



“BASE DE DATOS DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS PRINCIPALES VERTIENTES DE LA CIUDAD DE LA PAZ”

AUTOR

Carvajal G.⁶

SUMMARY

The study developed the characterization of groundwater from springs that serve laundries on the slopes of the La Paz city; these laundries were implemented in some cases by the Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, others are clandestine laundries. For the project was also considered others non – specific uses. 15 springs were selected and thus 15 sites including 3 physical parameters, 13 chemical parameters and 2 bacteriological parameters were determined. From the analyzed results, these waters presented no suitable physicochemical and bacteriological properties for human consumption. Because of the 15 springs just 7 meet the physical and chemical requirements specified in Rule 512 NB Bolivian “Water Supply Requirements” and none of bacteriological results is within the limits established by the “Drinking Water Standard Bolivian NB 512 Requirements” . But according to the results and the current use given to these waters from the springs studied are laundry and car activities for which no present risk. Furthermore, according to the results the parameters calcium, magnesium and total hardness, these are within the limits established by the Bolivian Standard NB 512.

RESUMEN

Se llevó a cabo la caracterización de las aguas subterráneas proveniente de vertientes que abastecen principalmente a lavanderías en las laderas de la ciudad de La Paz, estas lavanderías fueron implementadas en algunos casos por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz y otras son lavanderías clandestinas; para el proyecto se consideraron además vertientes sin un uso específico. Se seleccionaron 15 vertientes y por tanto 15 puntos de muestreo de las cuales se determinaron 3 parámetros físicos, 13 parámetros químicos y 2 parámetros bacteriológicos. De los resultados analizados, estas aguas presentaron propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas no aptas para consumo humano. Ya que, de las 15 vertientes solo 7 cumplen con los requisitos físicos químicos especificados por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos” y de los resultados bacteriológicos ninguno se encuentra dentro de los valores límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”. Sin embargo de acuerdo a los resultados y el uso actual que se da a estas aguas provenientes de las vertientes estudiadas son para lavado de ropa y automóviles actividades para las que no presentan riesgo alguno. Además, de acuerdo a los resultados los parámetros calcio, magnesio y dureza total, estas están dentro de los valores límites establecidos por la Norma Boliviana NB 512.

Palabras Clave: Vertiente. Calidad de agua.

1. Introducción

El proceso de crecimiento de la urbe paceña ha sido vertiginoso sobre sus laderas ubicadas al este y oeste de su eje central, determinado por una población de escasos recursos proveniente de las zonas rurales del altiplano, que se incorpora a la ciudad atraída por las promisorias mejores condiciones sociales y económicas, asentándose sobre terrenos inestables, considerados oficialmente como “no urbanizables”.

En La Paz, los recursos hídricos constituyen un elemento frágil, y esto se debe en parte a que este recurso es escaso; es evidente que en los últimos años en la ciudad de La Paz se ha incrementado notablemente la demanda de agua para usos múltiples, el gobierno a través de sus instituciones también ha mostrado su interés y preocupación en el tema de la gestión de los recursos hídricos como un elemento importante para dotar de agua segura a la población actual y a las futuras generaciones. La zona cuenta con una importante recarga anual proveniente de una extensa red hídrica que drenan las áreas montañosas vecinas. La red de ríos permanentes en las zonas altas y las crecidas de verano que se infiltran en los terrenos de elevada permeabilidad de la cuenca, permite la acumulación de importantes reservas de agua subterránea, que afloran a través de vertientes en todo el valle de La Paz. El flujo subterráneo está bien definido por las fuertes pendientes existentes hacia la zona más deprimida del valle. La creciente demanda de agua para uso doméstico, sobre todo durante las dos últimas décadas, ha provocado un desabastecimiento casi total en los principales núcleos poblacionales. La reserva de agua superficial ha disminuido notablemente. Por esta razón se ha visto la necesidad de investigar recursos de agua subterránea en la cuenca del valle de La Paz. Muchas vertientes de agua nacen en la zona cordillerana de La Paz. Esta agua es clasificada como dulce, tanto en las vertientes que nacen de las rocas sedimentarias como en las rocas volcánicas, las aguas de la zona de la cordillera cumplen las exigencias necesarias para su consumo, tal es

el caso de las vertientes de la zona de Cotahuma de las que se abastecen varios sistemas de agua de consumo.

Además de utilizar el agua de las vertientes como fuentes de agua de consumo, las lavanderías populares son otro de los usos que se ha dado a las aguas provenientes de las vertientes especialmente en las laderas de la ciudad de La Paz.

En La Paz hay lavanderías populares que usan, principalmente, agua de vertientes, donde las amas de casa y lavanderas independientes comparten un punto de encuentro y ahorran dinero.

El fenómeno se expandió en los últimos años, en especial en las laderas de la ciudad, donde se han multiplicado los lavatorios de cemento construidos por los propios vecinos, la iglesia o el programa edilicio Barrios de Verdad.

Su uso está organizado por turnos fijos, de modo que las madres aprendieron a compartir, a esperar y a acelerar en el aseo de la ropa.

2. Objetivos

Objetivo general

Implementar una base de datos de calidad de agua de las principales vertientes de la ciudad de La Paz, convirtiéndola en una herramienta de recolección, actualización y mantenimiento de toda la información relativa al agua subterránea de la ciudad de La Paz, asimismo, diseñar un sistema de monitoreo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integral de los recursos hídricos. Las aguas subterráneas en la ciudad de La Paz en general están muy poco estudiadas y poco se conoce del potencial de este recurso.

Objetivos específicos

- Identificar las principales vertientes de la cuenca de la ciudad de La Paz.

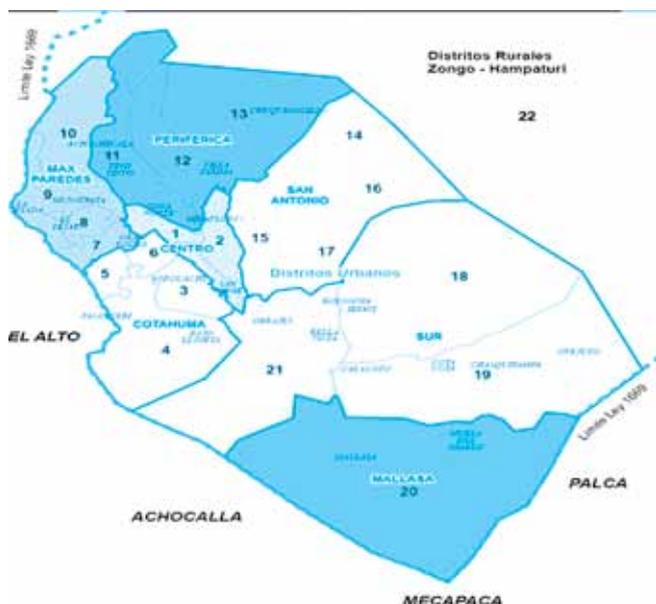
- Determinar la calidad del agua de las vertientes identificadas.
- Generar una base de datos de la calidad del agua.
- Estudiar la variabilidad de la calidad del agua.
- Determinar si estas aguas son aptas para consumo

3. Metodología

A nivel de gabinete

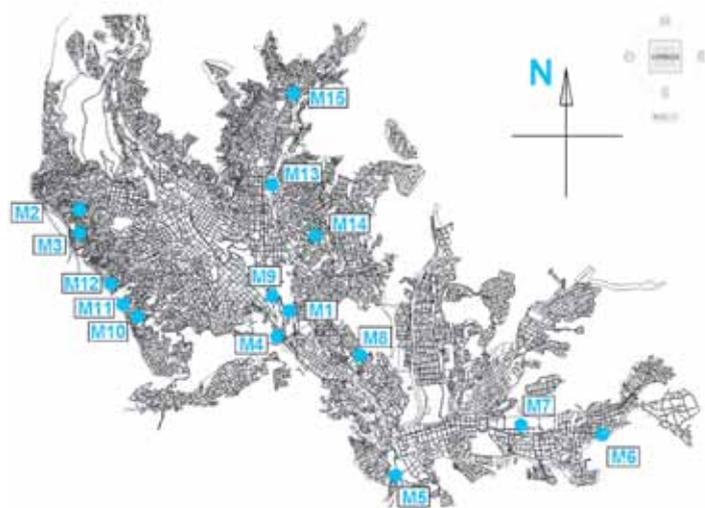
Inicialmente se procedió a la tarea de recopilación de información como ser: Informes y documentos, cartográficos, geológicos, hidrográficos, además se ha revisado material bibliográfico de diferentes fuentes, para el área del proyecto, esta labor fue acompañada por reuniones y encuentros con profesionales que de alguna u otra manera tienen afinidad con el sector de los recursos hídricos subterráneos. Posteriormente los datos fueron clasificados, sistematizados evaluados y analizados con la finalidad de elaborar un informe sobre el Acuífero subterráneo de la ciudad de La Paz.

A nivel de campo



Se han realizado visitas de reconocimiento por el área del sistema de acuífero subterráneo, comenzando por la zona Norte y terminando en

la zona sur de la ciudad de La Paz, que abarca la superficie correspondiente al valle de La Paz, en esta región se apreció la zona de recarga de los glaciares "Chacaltaya", "Tuni Condoriri", "Huayna Potosí", y precipitaciones pluviales en la ciudad de El Alto ingresando, por los Macrodistrictos de "Max Paredes" "Periférica" y "Cotahuma", recorriendo los macrodistritos de "San Antonio", "Centro", hasta llegar a los Macrodistrictos de "Sur" y "Mallasa" (ver mapa arriba); con la siguiente distribución de vertientes: dos en el distrito 2, uno en el distrito 4, cuatro en el distrito 8, uno en el distrito 12, uno en el distrito 16, uno en el distrito 17, dos en el distrito 19, y tres en el distrito 21. (ver mapa a continuación). La segunda fase del estudio comprendió la identificación de las vertientes en los diferentes distritos con un total de 15 vertientes. Posteriormente se realizó la toma de muestras de agua correspondientes, para el análisis físico químico y bacteriológico en laboratorio y su posterior interpretación de resultados.



Mapa de Planimetría de la ciudad de La Paz con ubicación de vertientes

4. Resultados

Para el objetivo específico de este proyecto se recolectaron muestras puntuales, de las diferentes vertientes, dos recipientes por punto. Para los que se determinaron los parámetros siguientes: Color verdadero, Turbiedad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendido, Sólidos Disuelto, Conductividad, pH, Calcio Magnesio, Dureza

total, Alcalinidad total, Alcalinidad de bicarbonato, Alcalinidad de carbonato, Alcalinidad de hidróxido, Hierro total, Manganeso total, Sulfato, Nitrato, Cloruro, Sodio, Potasio, Bacterias Coliformes totales, Escherichia coli.



Color verdadero.- La variación del color verdadero está entre un rango de 2,5 UCV y 10 UCV, con un valor alto en la muestra M8 correspondiente a la vertiente "Kollpa jahuirá", esto se debe a que la muestra fue tomada aguas abajo de la vertiente, ya que el ojo de la vertiente se encuentra en un lugar inaccesible, sin embargo, todos los resultados de los análisis se encuentran dentro del valor límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos" cuyo valor límite es de 15 UCV.

Turbiedad.- La variación de la turbiedad está entre un rango de 0,26 UNT y 20,2 UNT, con un valor alto en la muestra M8 correspondiente a la vertiente "Kollpa jahuirá", al igual que en el parámetro color se debe a que la muestra fue

tomada aguas abajo de la vertiente, ya que el ojo de la vertiente se encuentra en un lugar inaccesible, sin embargo todos los resultados se encuentran dentro del valor límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos", con excepción de la muestras M8 y M11 que superan el valor límite de 5 UNT

Sólidos Totales.- La variación de los sólidos totales está entre un rango de 123,00 (mg/l) y 1.589,00 (mg/l), con valores altos en las muestras M4 y M8 correspondiente a las vertientes "Cementerio Jardín" y "Kollpa jahuirá" respectivamente,

Sólidos Suspendedos.- La variación de los sólidos suspendidos está entre un rango de 1,00 (mg/l) y 20,00 (mg/l), con valores altos en las muestras M7 y M8 correspondiente a las vertientes "Waña Jahuirá" y "Kollpa jahuirá" respectivamente

Sólidos Disueltos.- La variación de los sólidos disueltos está entre un rango de 120 (mg/l) y 1584 (mg/l), con valores altos en las muestras M4 y M8 correspondiente a las vertientes "Cementerio Jardín" y "Kollpa jahuirá", sin embargo todos los resultados se encuentran dentro del valor límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos", con excepción de las muestras M4 y M8 que superan el valor límite de 1000 (mg/l)

Conductividad.- La variación de la conductividad está entre un rango de 88,40 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y 2412 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), con valores altos en las muestras M4 y M8 correspondiente a las vertientes "Cementerio Jardín" y "Kollpa jahuirá", sin embargo todos los resultados se encuentran dentro del valor límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos", con excepción de las muestras M4 y M8 que superan el valor límite de 1500 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

pH.- La variación del pH está entre un rango de 6,17 y 8,6, con un valor bajo en la muestra M15 correspondiente a la vertiente "Minasa", sin embargo todos los resultados se encuentran

dentro de los valores límite establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos", con excepción de las muestras M15 que se encuentra por debajo del valor límite de 6,5

Calcio.- La variación del ion calcio está entre un rango de 9,62 (mg Ca²⁺/l) y 67,33 (mg Ca²⁺/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 200 (mg Ca²⁺/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Magnesio.- La variación del ion magnesio está entre un rango de 3,89 (mg Mg²⁺/l) y 29,16 (mg Mg²⁺/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 150 (mg Mg²⁺/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Dureza Total.- La variación de la dureza total está entre un rango de 46 (mg CaCO₃/l) y 286 (mg CaCO₃/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 500 (mg CaCO₃/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Alcalinidad Total.- La variación de la alcalinidad total está entre un rango de 20 (mg CaCO₃/l) y 904 (mg CaCO₃/l), con un valor alto en la muestra M4 correspondiente a la vertiente "Cementerio Jardín", sin embargo todos los resultados se encuentran dentro del valor límite de 370 (mg CaCO₃/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos", con excepción de la muestra M4 que superan el valor límite

Hierro Total.- La variación del hierro total está entre un rango de < 0,05 (mg Fe/l) y 0,14 (mg Fe/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 0,3 (mg Fe/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Manganeso Total.- La variación del manganeso total, en todos los casos es menor al valor mínimo detectable < 0,05 (mg Mn/l), las que se encuentran dentro del valor límite de 0,10

(mg Mn/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Sulfato.- La variación del sulfato está entre un rango de 4,47 (mg SO₄²⁻/l) y 363,25 (mg SO₄²⁻/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 400 (mg SO₄²⁻/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos",

Nitrato.- La variación del nitrato está entre un rango de 6,81 (mg NO₃⁻/l) y 102,69 (mg NO₃⁻/l), con valores altos en las muestras M1, M7, M8, M9, M13, M14 y M15 correspondiente a las vertientes "Zabaleta", "Waña Jahuirá", "Kollpa jahuirá", "Gruta de Lourdes", "Mariscal Brown", "Oscar Alfaro" y "Minasa" respectivamente, cuyos resultados se encuentran por encima del valor límite de 45 (mg NO₃⁻/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Cloruro.- La variación del cloruro está entre un rango de 5,75 (mg Cl⁻/l) y 147,45 (mg Cl⁻/l), con valores que se encuentran dentro del valor límite de 250 (mg Cl⁻/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Sodio.- La variación del sodio está entre un rango de 6,70 (mg Na/l) y 470 (mg Na/l), con valores altos en las muestras M4 y M8 correspondiente a las vertientes "Cementerio Jardín" y "Kollpa jahuirá" respectivamente, sin embargo los resultados se encuentran dentro del valor límite de 200 (mg Na/l) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos"

Potasio.- La variación del potasio está entre un rango de 1,2 (mg K/l) y 29,00 (mg K/l),

Coliformes Totales.- La variación de las bacterias coliformes totales están entre un rango de < 1,0 (U.F.C. / 100 ml) y 5,2 x 10³ (U.F.C. / 100 ml), con valores < 1,0 (U.F.C. / 100 ml) en la muestras M3 y M15 correspondiente a las vertientes "Alto Tejar" y "Minasa", sin embargo todos los resultados se encuentran fuera del valor límite de 0,0 (U.F.C. / 100 ml) establecido por la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable"

Requisitos”, con excepción de las muestras M3 y M15 que están por debajo valor mínimo detectable 1,0 (U.F.C. / 100 ml)

Escherichia Coli.- La variación de las bacteria Escherichia coli está entre un rango de < 1,0 (U.F.C. / 100 ml) y $5,0 \times 10^1$ (U.F.C. / 100 ml), con valores < 1,0 (U.F.C. / 100 ml) en la muestras M3, M4, M5, M7 y M15 correspondiente a las vertiente “Alto Tejar”, “Cementerio Jardín”, “Gramadal”, “Waña Jahuirá” y “Minasa” , sin embargo todos los resultados se encuentran fuera del valor límite de 0,0 (U.F.C. / 100 ml) establecido por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”, con excepción de las muestras M3, M4, M5, M7 y M15 que están por debajo valor mínimo detectable 1,0 (U.F.C. / 100 ml)

Propiedades fisicoquímicas de las aguas de vertiente

Las propiedades físico-químicas del agua de las vertientes M2, M3, M5, M6, M10 y M12 se en-

cuentran dentro de los límites permisibles por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”, no así de las vertientes M1, M4, M7, M8, M9, M11, M13, M14 y M15 en las cuales algún parámetro esta fuera de los límites permisibles por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”.

Propiedades bacteriológicas de las aguas de vertiente

Las propiedades bacteriológicas del agua de las vertientes M3 y M15, se encuentran dentro de los límites permisibles por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”, no así de las vertientes M1, M2, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11, M12, M13 y M14 y en la cuales algún parámetro esta fuera de los límites permisibles por la Norma Boliviana NB 512 “Agua Potable Requisitos”. Las tablas a continuación resumen los resultados.

Tabla 1, 2, 3. Resultados de las muestras analizadas

Codi-go de muestra	Color verdadero (UCV)	Tur-biedad (UNT)	Sólidos totales (mg)	Sólidos suspendi-dos (MG)	Sólidos disueltos (MG)	Conductivi-dad 25°C (µS/cm)	pH (T-25,0°C)	Calcio (mg Ca ²⁺ /l)	Magnes-dio (mg Mg ²⁺ /l)	Dureza total (mg CaCo ₃ /l)
M1	2,5	2,88	590	6	584	712,20	6,78	56,11	29,16	260
M2	2,5	0,94	213	5	208	256,00	8,03	19,54	7,53	80
M3	2,5	0,62	131	4	127	152,60	7,25	12,42	3,89	47
M4	5	1,24	1589	5	1584	2412,00	7,89	56,11	34,3	240
M5	5	0,42	555	8	547	88,40	7,31	52,10	17,01	200
M6	5	1,88	174	2	172	257,60	7,03	20,04	9,96	91
M7	5	0,26	299	13	286	409,20	7,43	30,46	17,98	150
M8	10	20,2	1354	20	1334	1872,20	8,61	36,07	4,86	110
M9	5	1,48	669	1	668	838,60	8,07	67,33	28,67	286
M10	2,5	0,56	161	1	160	203,20	6,64	12,02	7,29	60
M11	5	5,34	123	3	120	155,22	6,46	9,62	5,35	46
M12	5	2,66	134	2	132	172,26	6,96	18,44	4,37	64
M13	5	1,82	367	3	364	494,40	7,74	32,06	18,47	156
M14	2,5	0,88	377	1	376	431,60	7,33	31,26	17,98	152
M15	2,5	0,38	418	2	416	493,40	6,17	42,48	17,98	180
Valores limite Normas NB 512	15	5			1000	1500	6,5=9,0	200	150	500

Código de muestra	Cloruro (mg Cl/l)	Sodio (mg Na/l)	Potasio (mg k/l)	Bacterias Coliformes totales (U.F.C. /100 ml)	Escherichia coli (U.F.C. /100 ml)	Magnesio total (mg Mn/l)	Sulfato (mg SO ₄ 2/l)	Nitrato (mg NO ₃ ² /l)
M1	38,49	50,40	17,2	4,4x10 ³	1,7x10	< 0,05	157,85	73,43
M2	14,49	19,10	4,4	1,9x10 ²	5,8x10	< 0,05	42,31	30,62
M3	5,75	12,80	3,7	<1	<1	< 0,05	24,76	10,10
M4	147,45	470,00	29,0	4,6x10 ³	<1	< 0,05	202,71	15,47
M5	75,48	116,80	6,0	1,0x10 ⁰	<1	< 0,05	120,19	19,98
M6	14,75	18,60	1,2	5,2x10 ³	9,0x10 ⁰	< 0,05	36,22	00,98
M7	23,49	24,20	2,6	3,0x10 ²	<1	< 0,05	51,92	45,12
M8	48,98	260,00	4,0	4,0x10 ²	4,0x10 ⁰	< 0,05	363,25	102,69
M9	41,49	64,96	15,6	4,0x10 ²	1,0x10 ⁰	< 0,05	181,09	81,96
M10	19,74	14,40	1,8	1,0x10 ³	4,4x10 ¹	< 0,05	11,89	38,46
M11	19,49	12,40	2,3	1,0x10 ³	2,8x10 ¹	< 0,05	4,47	21,31
M12	6,25	6,70	2,0	9,0x10 ²	5,0x10 ⁰	< 0,05	38,22	6,81
M13	31,24	44,80	5,0	1,0x10 ³	3,0x10 ⁰	< 0,05	83,00	67,10
M14	40,99	24,40	6,4	2,0x10 ²	3,2x10 ¹	< 0,05	39,10	75,15
M15	31,24	27,60	5,0	<1	<1	< 0,05	105,00	71,38
Valores límite Normas NB 512	250	200			0,3	0,1	400	45

Código de muestra	Color verdadero (UCV)	Turbiedad (UNT)	Sólidos totales (mg)	Sólidos suspendidos (MG)	Sólidos disueltos (MG)	Conductividad 25°C (µS/cm)	pH (T-25,0°C)	Calcio (mg Ca ²⁺ /l)	Magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	Dureza total (mg CaCO ₃ /l)
M1	2,5	2,88	590	6	584	712,20	6,78	56,11	29,16	260
M2	2,5	0,94	213	5	208	256,00	8,03	19,54	7,53	80
M3	2,5	0,62	131,0	4	127	152,60	7,25	12,42	3,89	47
M4	5	1,24	1589	5	1584	2412	7,89	56,11	34,3	240
M5	5	0,42	555	8	547	88,40	7,31	52,10	17,01	200
M6	5	1,88	174	2	172	257,60	7,03	20,04	9,96	91
M7	5	0,26	299	13	286	409,20	7,43	30,46	17,98	150
M8	10	20,2	1354	20	1334	1872,20	8,61	36,07	4,86	100
M9	5	1,48	669	1	668	838,60	8,07	67,33	28,67	286
M10	2,5	0,56	161	1	160	203,20	6,64	12,02	7,29	60
M11	5	5,34	123	3	120	155,22	6,46	9,62	5,35	46
M12	5	2,66	134	2	132	172,26	6,96	18,44	4,37	64
M13	5	1,82	367	3	364	494,40	7,74	32,06	18,47	156
M14	2,5	0,88	377	1	376	431,60	7,33	31,26	17,98	152
M15	2,5	0,38	418	2	416	493,40	6,17	42,48	17,98	180
Valores límite Normas NB 512	15	5			1000	1500	6M5=9M0	200	150	500

5. Conclusiones

Desde el punto de vista físico químico las aguas analizadas no son aptas para el abastecimiento urbano dado que la mayoría de las muestra superan el nivel máximo admisible en ion nitrato y sodio, además de estar contaminadas bacteriológicamente. En relación con la calidad de agua para uso de lavado de ropa se tiene que, en general, el empleo de las aguas analizadas no ocasionaría inconveniente alguno.

La contaminación es de naturaleza local, principalmente de origen fecal, cuyas fuentes son los sistemas de alcantarillado sanitario, y de alguna manera, el agua superficial contaminada por las descargas de los sistemas de alcantarillado sanitario. Existe un alto contenido de bacterias coliformes.

6. Bibliografía

Custodio E.; Llamas M. Hidrología subterránea, Ediciones Omega, S.A. – Casanova, 220 – Barcelona – 11, 1976.

Romero J. Calidad del Agua, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Alfaomega 1999.

MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PÚBLICAS, VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS, Norma Boliviana (NB 512) "Agua potable requisitos" IBNORCA, Año 2003.