

Ponencia : Determinación de la afectación a la disponibilidad de agua en torno a la mina Yanacocha, Cajamarca, con la aplicación de software libre e información secundaria.

Autor : Carlos Alberto Cerdán Moreno

e-mail : [ccerdan@gmail.com](mailto:ccerdan@gmail.com)

Área temática : Aplicación de tecnologías en el análisis geo-espacial

## RESUMEN

Con cierta regularidad, poblaciones aledañas a la mina Yanacocha han realizado diversos reclamos a la empresa, entre ellos supuestas afectaciones a la disponibilidad de agua, aduciendo la disminución de caudales de manantiales y/o canales de riego, e incluso el secado de los mismos.

Para determinar si existía tal afectación se realizó un balance hídrico en la zona, con información secundaria libremente disponible de la Autoridad del Agua, de la empresa Yanacocha y otros estudios.

El análisis de información de: a) precipitación en la zona de la mina; b) caudales de consumo; c) caudales de vertimiento de la mina; y d) información de EIAs y otros documentos de la mina; permitió estimar el área de terreno necesaria para captar el agua de lluvia y reponer estos consumos. Esta área es mucho más grande que el área de operación de la mina y por lo tanto ha permitido determinar que sí existe una afectación a la disponibilidad de agua en torno a las instalaciones de la mina y que esta afectación consiste, efectivamente, en la disminución del caudal de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, e incluso el secado de algunas de ellas.

**PALABARAS CLAVE:** Balance hídrico, Minera Yanacocha, Minería

### **ACERCA DEL AUTOR:**

Ingeniero civil con estudios de maestría en Desarrollo y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Cajamarca, especialista en Sistemas de Información Geográfica - Proceso de ZEE - OT de Cajamarca, de la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial, del Gobierno Regional Cajamarca.

# Determinación de la afectación a la disponibilidad de agua en torno a la mina Yanacocha, Cajamarca, con la aplicación de software libre e información secundaria.

Carlos Alberto Cerdán Moreno.  
Octubre 2015

## 1. Introducción

La mina Yanacocha inició sus operaciones el año 1993 y, desde entonces, los medios de comunicación han reportado que algunas poblaciones aledañas han realizado diversos reclamos a la empresa, entre ellos supuestas afectaciones a la disponibilidad de agua, aduciendo la disminución de caudales de manantiales y/o canales de riego, e incluso el secado de los mismos.

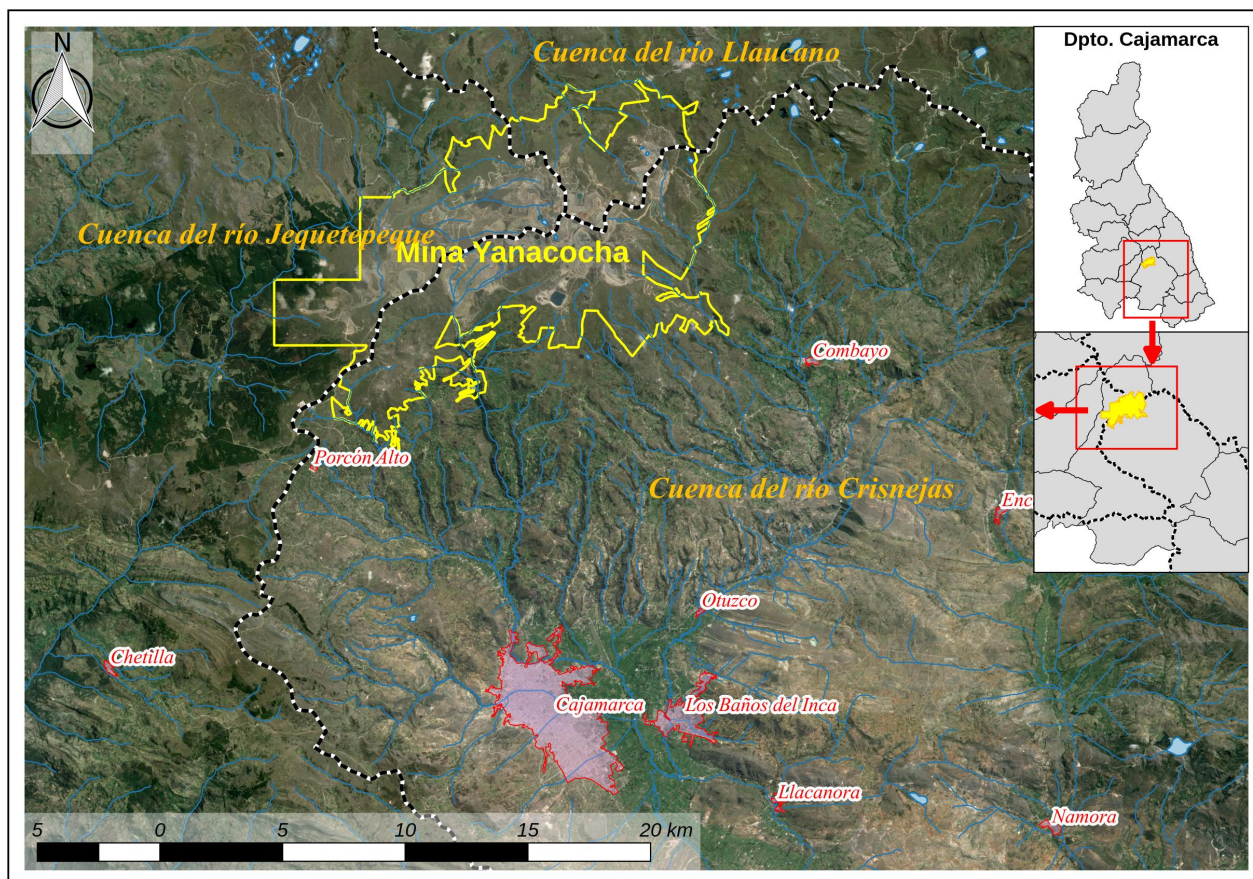


Figura 1: Ubicación de la mina Yanacocha

En mayo de este año hubo un reclamo por la disminución de aguas del canal Quishuar, ante el cual la empresa Minera Yanacocha ha manifestado que no ha afectado los derechos de uso de agua de la esta población y que desde hace varios años viene cumpliendo con las descargas de agua autorizadas, manteniendo los flujos identificados en sus EIAs de la zona<sup>1</sup>.

1 Minera Yanacocha. Comunicado disponible en <http://www.yanacocha.com/comunicado-canal-quishuar/>

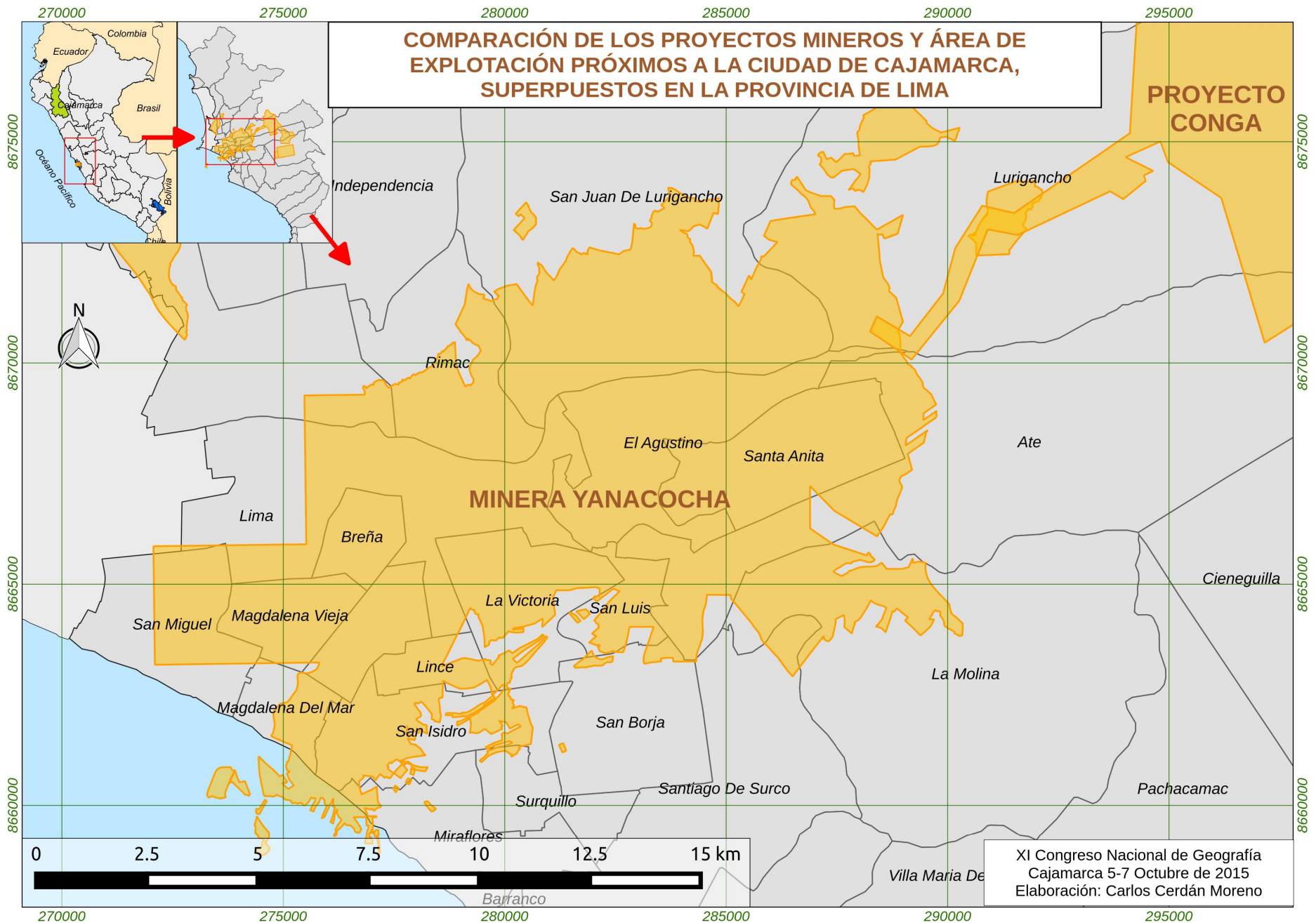


Figura 2: Comparación gráfica de la zona de explotación de la mina Yanacocha en la provincia de Lima

Estos incidentes, el reclamo y respuesta similar por parte de la empresa, se han sucedido en diferentes años y han motivado el presente trabajo, para determinar si efectivamente las operaciones de la mina Yanacocha están afectando la disponibilidad de agua en torno a su área de operaciones, para lo cual es necesario realizar un *balance hídrico* en la zona, en el que se compare demanda y oferta hídrica.

*La demanda hídrica* corresponde al agua que la mina consume y la que viene vertiendo alrededor de la zona de operaciones. Estas cantidades están documentadas por las correspondientes autorizaciones que ha expedido la Autoridad Nacional del Agua, en las que, además de la cantidad autorizada, se indica las coordenadas geográficas correspondientes.

*La oferta hídrica* tiene su origen en la cantidad de lluvia que cae en la zona, existiendo una relación directa de ambas cantidades, es decir, a mayor precipitación y/o, a mayor área receptora, mayor caudal ofertado.

Este trabajo trata sobre la comparación entre demanda y oferta hídrica en el área de la mina Yanacocha.

## 2. Demanda hídrica

En los últimos años, Minera Yanacocha ha incluido en sus Reportes de Sostenibilidad anual diversos indicadores de gestión ambiental. La cantidad de agua declarada sobre consumos y vertimientos está resumida en sus Reportes de Sostenibilidad. El último reporte disponible es del año 2013, con base en el cual se ha preparado la siguiente tabla:

**Tabla 1: Indicadores de Gestión Ambiental Hídrica 2013 - Mina Yanacocha**

GRI <sup>2</sup>	Descripción	Valor anual (m <sup>3</sup> x1000)	Caudal anual (lt/s)
EN8	Captación total de agua por fuentes.	53 078	1 683
EN10	Volumen de agua reciclada y reutilizada.	62 274	1 975
EN21	Vertimiento total de aguas residuales según su naturaleza y destino	49 780	1 579

*Fuente: Extraído del Reporte de Sostenibilidad 2013 [Yanacocha. 2013].*

Como se aprecia en la tabla 1, el año 2013 se captó un volumen de 53.1 millones de metros cúbicos, de los cuales, descontando el vertimiento de aguas residuales, se habrían consumido 3.3 millones de

2 Indicador sugerido por la Global Reporting Initiative. Guía disponible en <https://goo.gl/Cj9Ud>

m<sup>3</sup> (105 lt/s) en las operaciones de la mina durante el año 2013. Hay una diferencia con lo declarado por la empresa en su documento de Gestión del Agua, en donde se indica que el consumo de la mina es de 2 millones de m<sup>3</sup> (63.4 lt/s) [Yanacocha 2011].

El indicador EN10 corresponde a un volumen de agua declarado como de reciclaje continuo, que la empresa no considera como consumo por tal motivo. Las pérdidas por evaporación natural en el proceso de cianuración en los PADs, estarían contenidas en los 3.3 millones de m<sup>3</sup> calculados anteriormente.

**Tabla 2: Volúmenes de agua vertidos por la mina Yanacocha con autorización vigente de la Autoridad Nacional del Agua**

Resolución de permiso	Fecha expedición	Origen del agua a verter	Punto	Receptor	Vol. Anual Vertido (Millones de m <sup>3</sup> )	Caudal promedio anual (lt/s)
RD 052-2015-ANA-DGCRH	2015-02-24	Aguas residuales domésticas tratadas	STPCHL	Qda. Cushurubamba	0.003	0.09
RD 222-2014-ANA-DGCRH	2014-11-15	Aguas residuales domésticas tratadas del Campamento de Operaciones Km 37	PVQSH	Qda. Shoella	0.123	3.89
RD 285-2013-ANA-DGCRH	2013-10-29	Complejo de operaciones – Zona Oeste: Áreas operativas Cerro Negro, La Quinoa y su ampliación Sur, Yanacocha, San José, Carachugo y Maqui Maqui.	DCP-1	Qda. Pampa Larga	1.265	40.11
			DCP-3	Qda. Callejón	15.000	475.64
			DCP-4	Qda. Encajón	7.000	221.96
			DCP-5	Qda. San José	1.581	50.13
			DCP-6	Qda. Shilamayo	21.597	684.81
			DCPLSJ2	Qda. San José	1.107	35.09
RD 215-2013-ANA-DGCRH	2013-08-07	Complejo de Operaciones - Zona Este: Areas Operativas Carachugo, Chaquicocha, San José, Marleny - San José, Maqui Maqui de la Unidad Chaupiloma Sur	DCP8	Qda. Ocucha Machay	5.000	158.55
			DCP9	Qda. Amacocha Pachanes	8.000	253.67
			DCP10	Qda. Chaquicocha	10.000	317.09
			DCP11	Qda. La Shacsha	2.000	63.42
			DCP12	Río Colorado	2.000	63.42
			VERT. RSJ	Qda. San José	15.000	475.64
<b>Total</b>					<b>89.675</b>	<b>2843.51</b>

Fuente: Elaboración propia desde las resoluciones correspondientes de la ANA

A efectos de ubicar los puntos de descarga en un mapa, se buscó los permisos correspondientes expedidos por la Autoridad Nacional del Agua - ANA, en donde efectivamente están las coordenadas de los puntos de descarga y los volúmenes descargados, repartidos en cuatro Resoluciones, que en conjunto hace un volumen mucho mayor a lo declarado en el Reporte de Sostenibilidad 2013, tal como se aprecia en la tabla 2.

Salvo el punto DCP1, que es intermitente, todos son puntos emisores de flujo en régimen continuo, es decir, mantienen el caudal vertido durante todo el año.

Ante la diferencia entre el Reporte de Sostenibilidad 2013 y lo indicado por los permisos obtenidos por la empresa, cabe la pregunta ¿cuál es el volumen total **vertido**?. A falta de más información libremente disponible y dado su carácter oficial, se ha optado por asumir como correcto lo indicado por la ANA, es decir, los totales calculados en la tabla 2.

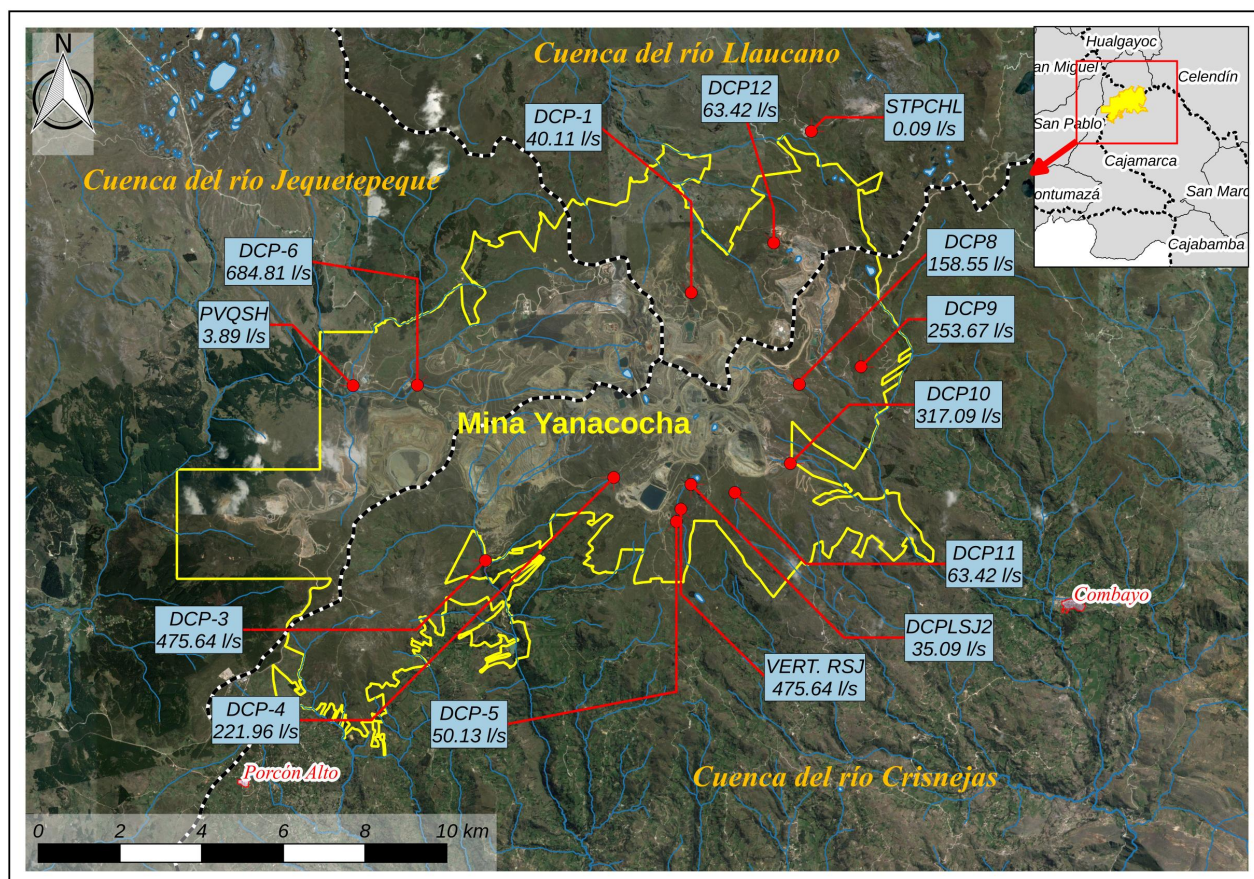


Figura 3: Puntos de descarga de agua - mina Yanacocha

En relación a los **consumos**, no se ha logrado ubicar una referencia actual en los permisos otorgados por la ANA, por lo cual en este caso se ha optado por considerar el volumen declarado (indirectamente) por la empresa, es decir el valor de 3.3 millones de m<sup>3</sup> determinados en la tabla N° 1, con lo cual, sumando vertimientos y consumo, se tendría que la demanda hídrica total es de 92.7 millones de m<sup>3</sup>.

### 3. Oferta hídrica

#### 3.1. Precipitación promedio anual

Para determinar la oferta hídrica, a falta de otra información lista para usar, libremente disponible, se optó por utilizar los modelos ráster de precipitación promedio WorldClim [Hijmans, R.J. et al. 2005] que tienen una resolución próxima a 1 Km<sup>2</sup>.

En el desarrollo de una propuesta conjunta del Gobierno Regional Cajamarca, SENAMHI y otras entidades para la instalación de nuevas estaciones meteorológicas, el SENAMHI brindó el modelo ráster de precipitación promedio anual de la parte cajamarquina de las cuencas Jequetepeque y Crisnejas, que elaboró esta entidad con una resolución más fina (30x30 m). Dada la oportunidad que esto significó, se ha comparado ambos modelos para validar la información WorldClim.

Para ambos modelos, en las zonas de las cuencas mencionadas, se obtuvo las denominadas “Estadísticas de zona” del programa QGIS y al ser comparadas se vio que, salvo la resolución espacial, estos modelos son equivalentes, con lo cual queda garantizado el modelo WorldClim para toda el área en las inmediaciones de la mina Yanacocha y desde este modelo se calculó la precipitación en los puntos de vertimiento y en sus hipotéticas áreas de recarga presentadas más adelante.

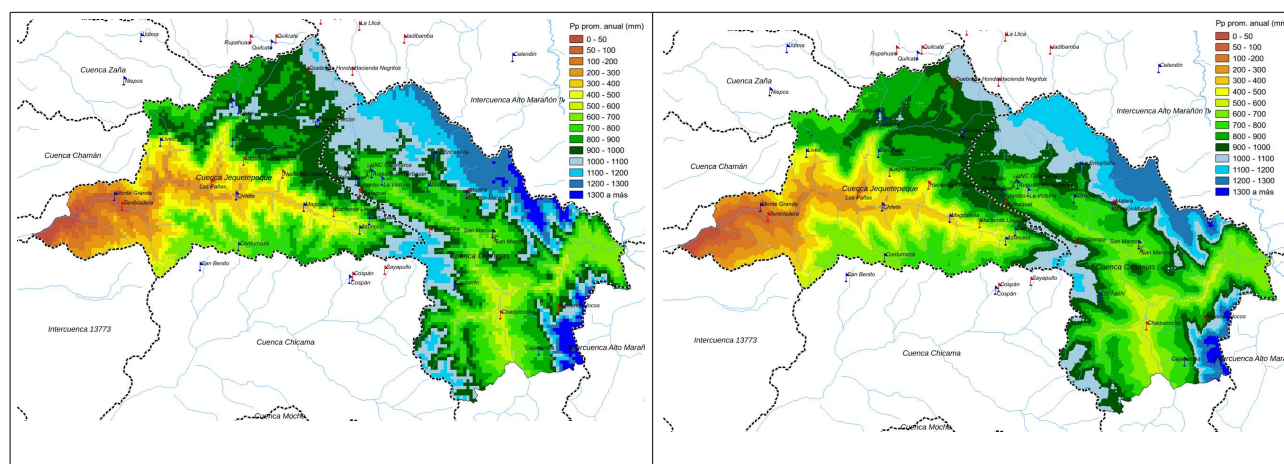


Figura 4: Modelos de precipitación promedio anual en la parte cajamarquina de las cuencas Jequetepeque y Crisnejas WorldClim (Izquierda) y SENAMHI (derecha).

**Tabla 3: Comparación de las estadísticas de zona – cuencas Jequetepeque y Crisnejas - de los modelos WorldClim y SENAMHI**

Estadístico	DESCRIPCIÓN	WorldClim	SENAMHI
N° celdas (und.)	Cuenta el número de celdas que abarca la vecindad	9 021	8 518 468
Suma (mm)	Calcula la suma de los valores de la vecindad	7 191 763	6 796 382 118
Promedio (mm)	Calcula el valor medio entre los valores de la vecindad	797	798
Mediana (mm)	Calcula el valor central entre los valores de la vecindad	839	839
Desviación estándar (mm)	Calcula la desviación estándar de los valores de la vecindad	293	293
Mínimo (mm)	Determina el valor mínimo en la vecindad	16	15
Máximo (mm)	Determina el valor máximo en la vecindad	1 390	1,390
Rango (mm)	Determina el rango de valores en la vecindad	1 374	1 375
Minoría (mm)	Determina el valor que ocurre con menos frecuencia en la vecindad	18	1 272
Mayoría (mm)	Determina el valor que ocurre con más frecuencia en la vecindad	707	941
Variación (und)	Determina el número de valores únicos en la vecindad	1 318	1 328

Fuente: elaboración propia

### 3.2. Evaporación y precipitación efectiva

El EIA Carachugo [MWH Perú. 2003] da cuenta que, en la zona de la mina, la evaporación llega a ser una parte significativa de volumen de agua que retorna a la atmósfera. Al respecto en dicho documento se indica:

#### 4.2.2.1 Precipitación

*(...)La precipitación acumulada durante los meses húmedos puede exceder los 200 milímetros (mm)/mes, mientras que durante los meses secos la precipitación mensual acumulada puede ser menor a 10 mm. La precipitación acumulada anual promedio durante el periodo de estudio fue de 1322 mm.*

#### 4.2.2.2 Evaporación

*(...) La evaporación es mayor durante los meses con precipitación mínima y vientos altos; de esta manera la mayor tasa de evaporación ocurre entre Agosto y Noviembre. La evaporación acumulada anual promedio dentro del período Abril 1993 a Diciembre del 2002 fue de 808 mm.* [MWH Perú. 2003]

De los datos anteriores se deduce que el porcentaje de evaporación promedio anual para la estación Carachugo es 61%.



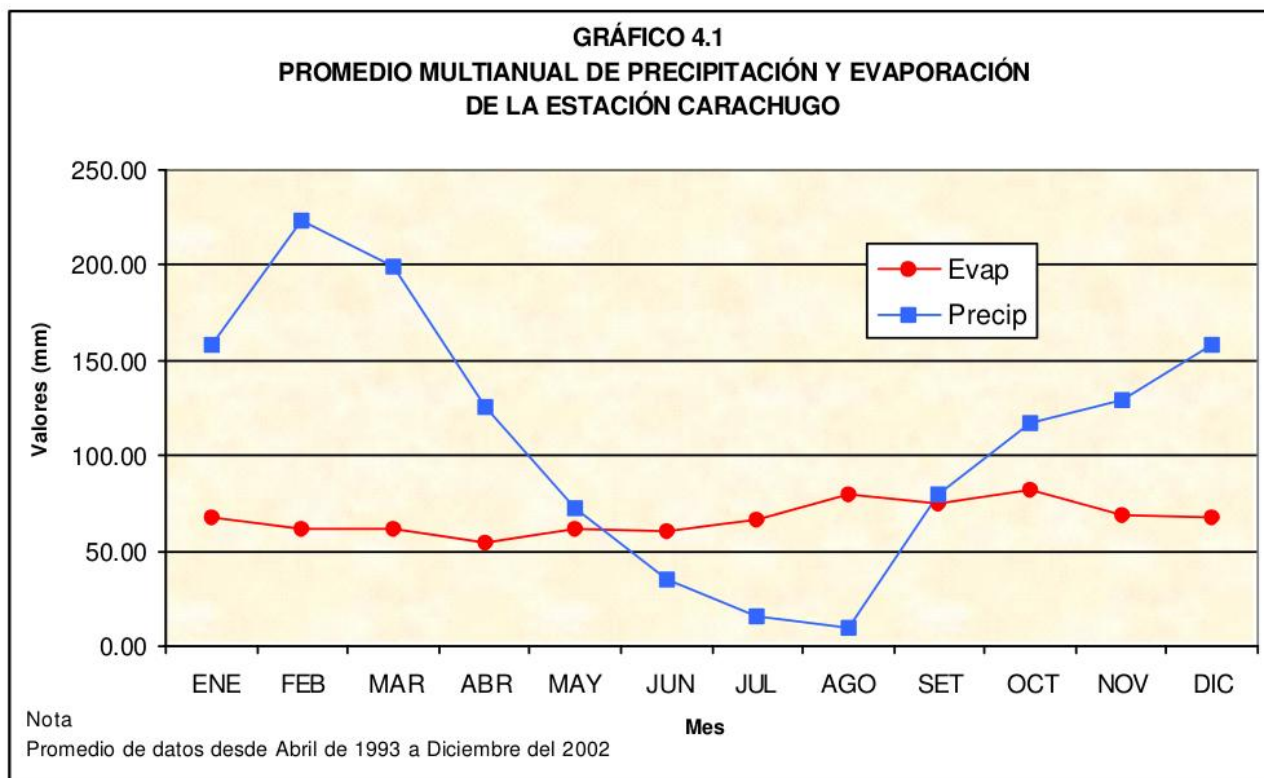


Figura 5: Precipitación y Evaporación promedios en la estación Carachugo. [MWH Perú. 2003]

Asimismo, al año 2007, en la ponencia “Gestión de los recursos hídricos en las cuencas con localización minera – caso Yanacocha” - página 30, la empresa indicaba que la evaporación correspondía al 50% de la precipitación, [Yanacocha 2007]; y el año 2011, en el folleto “Gestión del Agua en Yanacocha”, página 33, la estimación fue del 40% [Yanacocha 2011]. La versión digital de este último documento muestra una corrección en las estimaciones, apreciable cuando se abre el documento – página 33 con, por ejemplo la aplicación Inkscape o Corel Draw. Todos estos valores se muestran en la figura 6. Para las estimaciones realizadas más adelante se tomó como referencia los valores más actuales, es decir, la distribución de la precipitación es aproximadamente: (a) escorrentía: 20%, (b) Evaporación: 40% y (c) infiltración: 20% - Ver figura N° 7.



Figura 6: Distribución de la precipitación según versión de la empresa Yanacocha. (a) Año 2007. (b) Año 2011 - original. (c) Año 2011 - corregido.

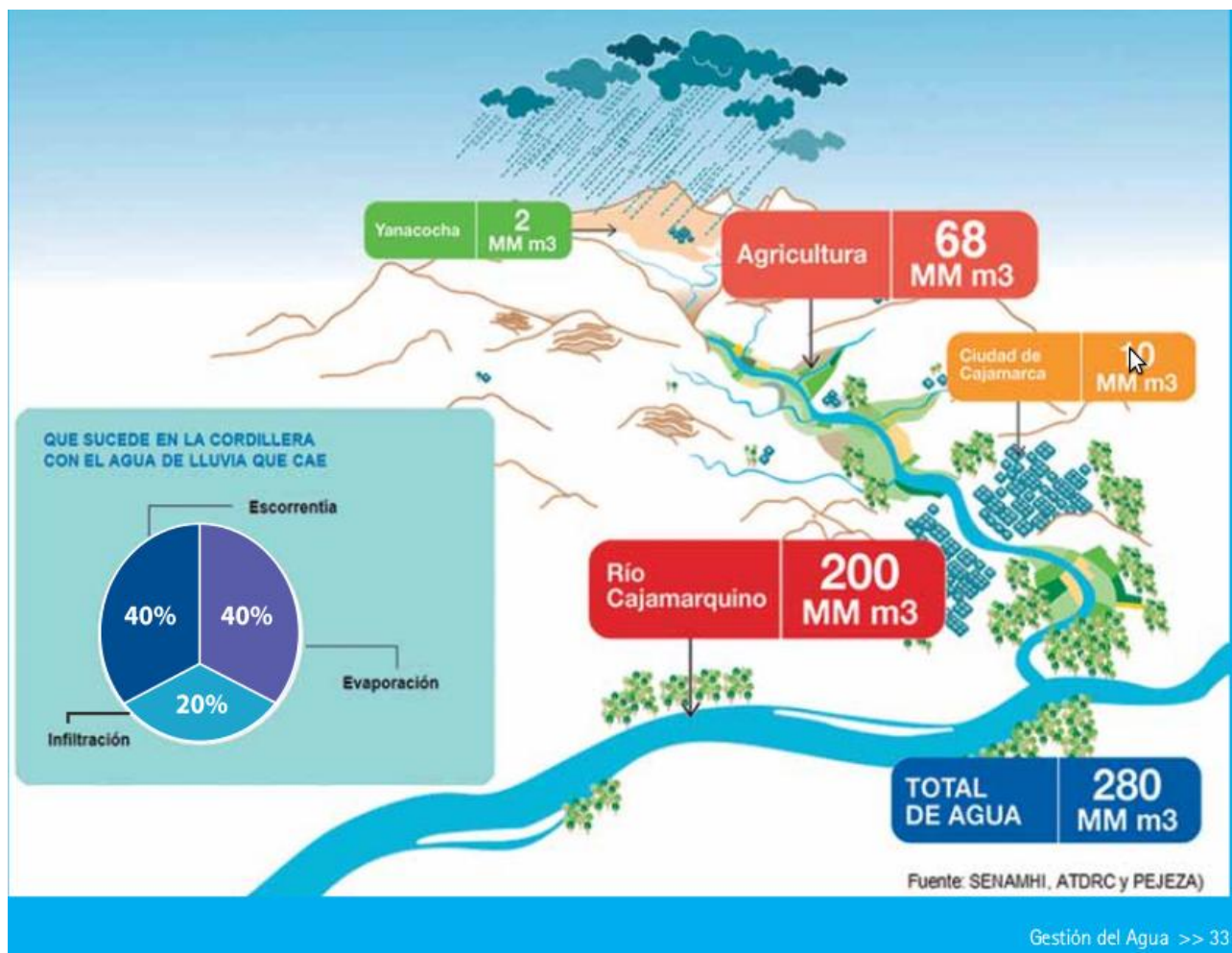


Figura 7: Distribución estimada del agua de lluvia. Fuente [Yanacocha 2011]

#### 4. Balance hídrico

La condición de partida para el balance hídrico según la figura 7 es:

$$\text{Precipitación} = \text{Evaporación} + \text{Esgurrimento} + \text{Infiltración} + \text{Consumos}$$

El agua de vertimiento de la mina corresponde a una parte de escurrimento y a otra parte de infiltración pues, por ejemplo, se bombea el agua que ingresa a los tajos tanto directamente por precipitación como el agua que escurre desde las paredes, por tanto se puede indicar que:

$$\text{Vertimiento} = \text{Esgurrimento}_v + \text{Infiltración}_v$$

El valor de  $\text{Esgurrimento}_v$  está limitado a un valor máximo correspondiente al drenaje de los terrenos que convergen en el punto de captación para cada vertedor. Como no se tiene la ubicación de estos puntos de captación, se tomará el punto de vertimiento a la vez como punto colector del drenaje de su respectiva cuenca, tal como se muestra en la figura 8.

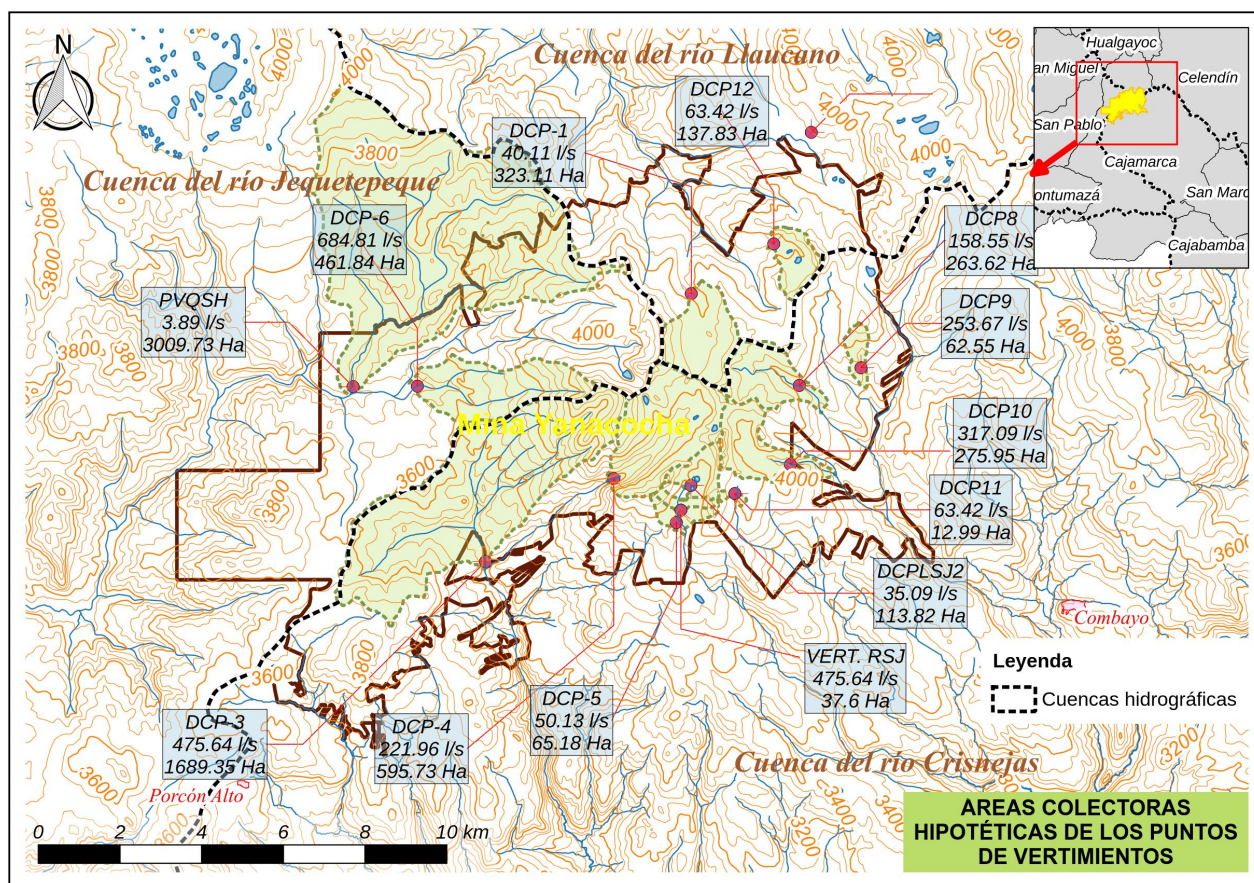


Figura 8: Áreas colectoras hipotéticas de los puntos de vertimiento

En esta etapa ya es posible hacer un primer balance para determinar si las cuencas colectoras de cada vertedor son suficientes para brindar el caudal vertido.

Considerando que, tal como manifiesta la empresa Yanacocha (figura 7), solo el 40% de la precipitación se convierte en escorrentía, obtenemos los resultados de la tabla 4, en donde se aprecia que, a excepción de los puntos PVQSH y DCP1, en todos los demás existe un déficit en el agua escurrida, esto es, el área colectora de los puntos de vertimiento es insuficiente para reponer la cantidad vertida. Para igualar estas cantidades faltaría un área adicional según lo indicado en la columna (i) de dicha tabla, siendo el caso más resaltante el subtotal de la parte de la cuenca del río Crisnejas, en la que estarían faltando 11,321 Ha.

**Tabla 4: Balance de agua vertida vs agua escurrida por cuenca colectora de vertedor**

Cuenca	Punto	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
		Volumen Vertido (m3)	Caudal Vertido (lt/s)	Precipitación promedio en cuenca colectora (mm)	Área colectora (Ha)	Volumen escurrido (40% de PP)	Caudal escurrido (lt/s)	Balance m3 (e) – (a)	Balance lt/s (f) – (b)	Área faltante (Ha)
Crisnejas	DCP 3	15,000,000	476	1,040	1,689	7,026,087	223	-7,973,913	-253	1,917
Crisnejas	DCP 4	7,000,000	222	1,141	596	2,719,252	86	-4,280,748	-136	938
Crisnejas	DCP 5	1,581,000	50	1,134	65	295,613	9	-1,285,387	-41	283
Crisnejas	DCP 8	5,000,000	159	1,166	264	1,228,996	39	-3,771,004	-120	809
Crisnejas	DCP 9	8,000,000	254	1,159	63	289,982	9	-7,710,018	-244	1,663
Crisnejas	DCP 10	10,000,000	317	1,157	276	1,276,545	40	-8,723,455	-277	1,886
Crisnejas	DCP 11	2,000,000	63	1,127	13	58,541	2	-1,941,459	-62	431
Crisnejas	DCP LSJ2	1,106,700	35	1,141	114	519,474	16	-587,226	-19	129
Crisnejas	VRT. RSJ	15,000,000	476	1,135	38	170,779	5	-14,829,221	-470	3,265
<b>Subtotal Crisnejas</b>		<b>64,687,700</b>	<b>2,051</b>		<b>3,117</b>	<b>13,585,269</b>	<b>431</b>	<b>-51,102,431</b>	<b>-1,620</b>	<b>11,321</b>
Jequetepeque	DCP 6	21,596,600	685	1,041	462	1,923,410	61	-19,673,190	-624	4,724
Jequetepeque	PVQSH	122,675	4	1,043	2,900	12,102,838	384	11,980,163	380	0
<b>Subtotal Jequetepeque</b>		<b>21,719,275</b>	<b>689</b>		<b>3,362</b>	<b>14,026,248</b>	<b>445</b>	<b>-7,693,027</b>	<b>-244</b>	<b>4,724</b>
Llaucano	DCP 1	1,264,800	40	1,151	323	1,487,922	47	223,122	7	0
Llaucano	DCP 12	2,000,000	63	1,178	138	649,179	21	-1,350,821	-43	287
<b>Subtotal Llaucano</b>		<b>3,264,800</b>	<b>104</b>		<b>461</b>	<b>2,137,101</b>	<b>68</b>	<b>-1,127,699</b>	<b>-36</b>	<b>287</b>
<b>Total</b>		<b>89,671,775</b>	<b>2,843</b>		<b>6,940</b>	<b>29,748,618</b>	<b>943</b>	<b>-59,923,157</b>	<b>-1,900</b>	<b>16,331</b>

Como estamos en la parte de cabecera de cuenca y por tanto ya no hay más disponibilidad de terreno aguas arriba de los puntos de vertimiento, se ha de sospechar que entonces los volúmenes de

agua faltante en este balance se obtienen del subsuelo y esto genera una mayor necesidad de área de terreno pues según el modelo de la figura 7, solo el 20% del agua precipitada se infiltra.

Asumiendo que toda el agua infiltrada puede ser conducida por bombeo hacia los puntos de vertimiento, un nuevo cálculo de áreas colectoras necesarias para que el agua se infiltre y luego sea bombeada hacia los puntos de vertimiento, y se complete así el caudal faltante, se presenta en la tabla 5 .

**Tabla 5: Determinación del área necesaria para cubrir, desde la infiltración, el volumen faltante**

Cuenca	Punto	(a)	(b)	(c)
		Volumen faltante (m <sup>3</sup> )	Precipitación promedio en cuenca colectora (mm)	Área necesaria para que se infiltre el volumen faltante (Ha)
Crisnejas	DCP 3	7,973,913	1,040	3,834
Crisnejas	DCP 4	4,280,748	1,141	1,876
Crisnejas	DCP 5	1,285,387	1,134	567
Crisnejas	DCP 8	3,771,004	1,166	1,618
Crisnejas	DCP 9	7,710,018	1,159	3,326
Crisnejas	DCP 10	8,723,455	1,157	3,771
Crisnejas	DCP 11	1,941,459	1,127	862
Crisnejas	DCP LSJ2	587,226	1,141	257
Crisnejas	VRT. RSJ	14,829,221	1,135	6,530
<b>Subtotal Crisnejas</b>		<b>51,102,431</b>		<b>22,641</b>
Jequetepeque	DCP 6	19,673,190	1,041	9,448
Jequetepeque	PVQSH	0	1,043	0
<b>Subtotal Jequetepeque</b>		<b>7,693,027</b>		<b>9,448</b>
Llaucano	DCP 1	0	1,151	0
Llaucano	DCP 12	1,350,821	1,178	574
<b>Subtotal Llaucano</b>		<b>1,127,699</b>		<b>574</b>
<b>Total</b>		<b>59,923,157</b>		<b>32,662</b>

Como se aprecia, hacia el lado de la cuenca del río Crisnejas es donde existe un mayor déficit de área de infiltración, y esta es relevante (22,641 Ha). En el mapa correspondiente se bosquejó el área correspondiente:

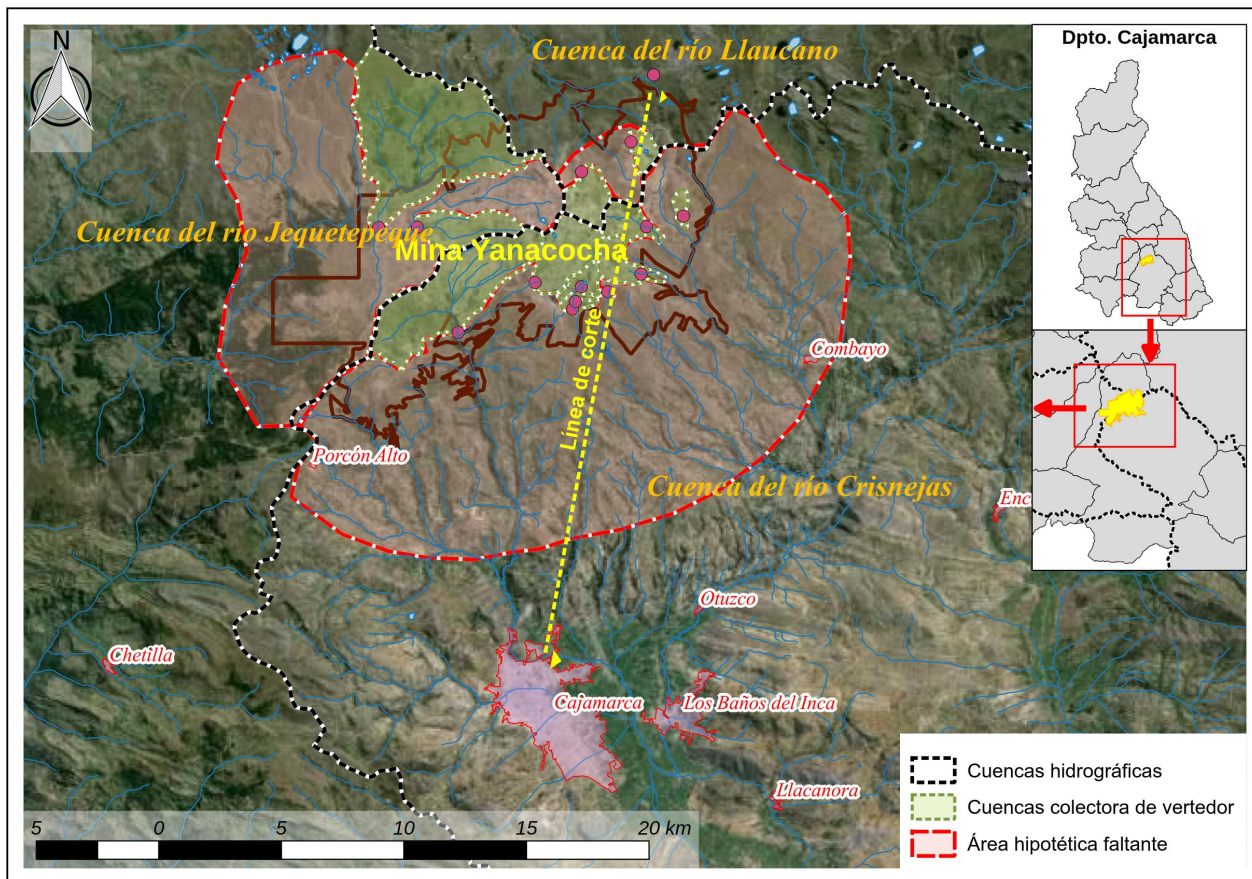


Figura 9: Área hipotética faltante para aportar agua por infiltración a los vertederos

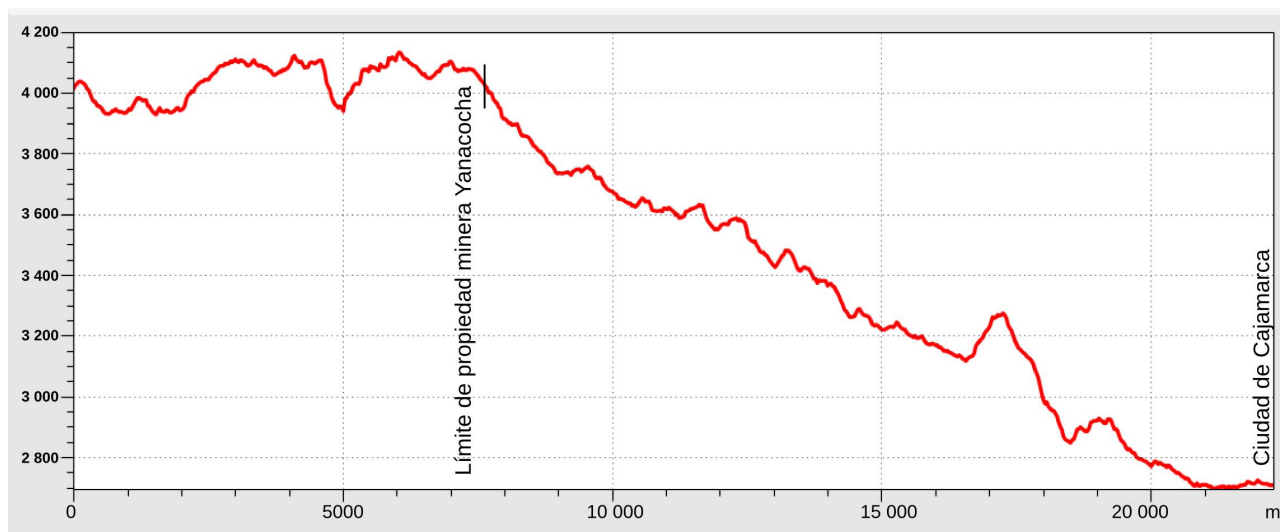


Figura 10: Corte longitudinal de la figura 10.

## 5. Descenso del nivel freático

En Yanacocha definitivamente se bombea el agua del subsuelo para controlar su ingreso a los tajos. Una descripción de los efectos en el nivel freático ha sido presentada en el EIA Suplementario Yanacocha Oeste, del cual se ha extraído los recortes presentados en las figuras 11, 12 y 13.

Según la resolución 0480-2010-GR-CAJ/DRA-ATDRC, en la propiedad de la empresa también se bombeaba agua con fines de riego y mineros. En este caso corresponde a un pozo tubular del que se extrae un caudal promedio anual de 569.25 lt/s. Lo que no se ha logrado averiguar es la profundidad desde la cual se bombea, y en qué otros puntos también se lo hace. Averiguarlo ayudaría a visualizar mejor los efectos con un perfil longitudinal como el mostrado en la figura 10. Mientras tanto los siguientes recortes nos pueden dar una idea de cómo es esta afectación.

**Área del Tajo La Quinua 1**

Los niveles de agua subterránea en la zona este de la Quinua 1 conformada por acuíferos de lecho rocoso (LQPW-01, LQPW-06, LQPW-08, LQPW-12), disminuyen desde aproximadamente 3,700 a 3,600 msnm, considerando el periodo de pre-minado y operaciones del Tajo La Quinua 1. Hacia el Este (LQPW-04, LOHG020-PW, LQPW-03), muestra un nivel de agua subterránea mayor, se observa además un descenso en el nivel de 3,750 a 3,680 msnm aproximadamente, este acuífero también está contenido en lecho rocoso, sílice masiva, flujo de lodo y argílica avanzada (ver Gráfico 3.38, *Variación del Nivel de Agua Subterránea en el Área de La Quinua 1*).

Una gradiente hidráulica se desarrolla dentro de los sedimentos de La Quinua 1 entre las fallas

---

*MWH PERÚ S.A. \* Calle Las Palmeras 428 San Isidro, Lima - Perú \* (51 1) 513-8700*

---

Febrero, 2006 *Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Oeste ♦ Página 205*

Figura 11: Descenso de nivel de agua subterráneo declarado en el EIA Yanacocha Oeste. Fuente: [MWH Perú. 2006]

Carbón y El Tapado, probablemente reflejando la secuencia más delgada de los sedimentos de La Quinua 1, que está presente en este bloque. Los niveles de agua en los sedimentos de La Quinua 1 disminuyen hacia el oeste y suroeste. La elevación de la napa freática en este sector (3,450 msnm) se aproxima al nivel de la Q. Encajón y Río Grande gradiente abajo y sugiere que el agua subterránea de La Quinua descarga en esta zona.

El bombeo de agua subterránea del Tajo La Quinua 1 tiene cierta influencia en los niveles de agua subterránea. En el Tajo La Quinua 1 el bombeo de agua subterránea se inició en setiembre de 2001. La tasa de bombeo aumentó progresivamente hasta casi 250 l/s durante el período de abril de 2002 a febrero de 2003. Desde febrero de 2003, la tasa global de bombeo ha variado entre aproximadamente 150 - 250 l/s

Figura 12: Caudal bombeado en el tajo La Quinua 1, año 2003. Fuente: [MWH Perú. 2006]

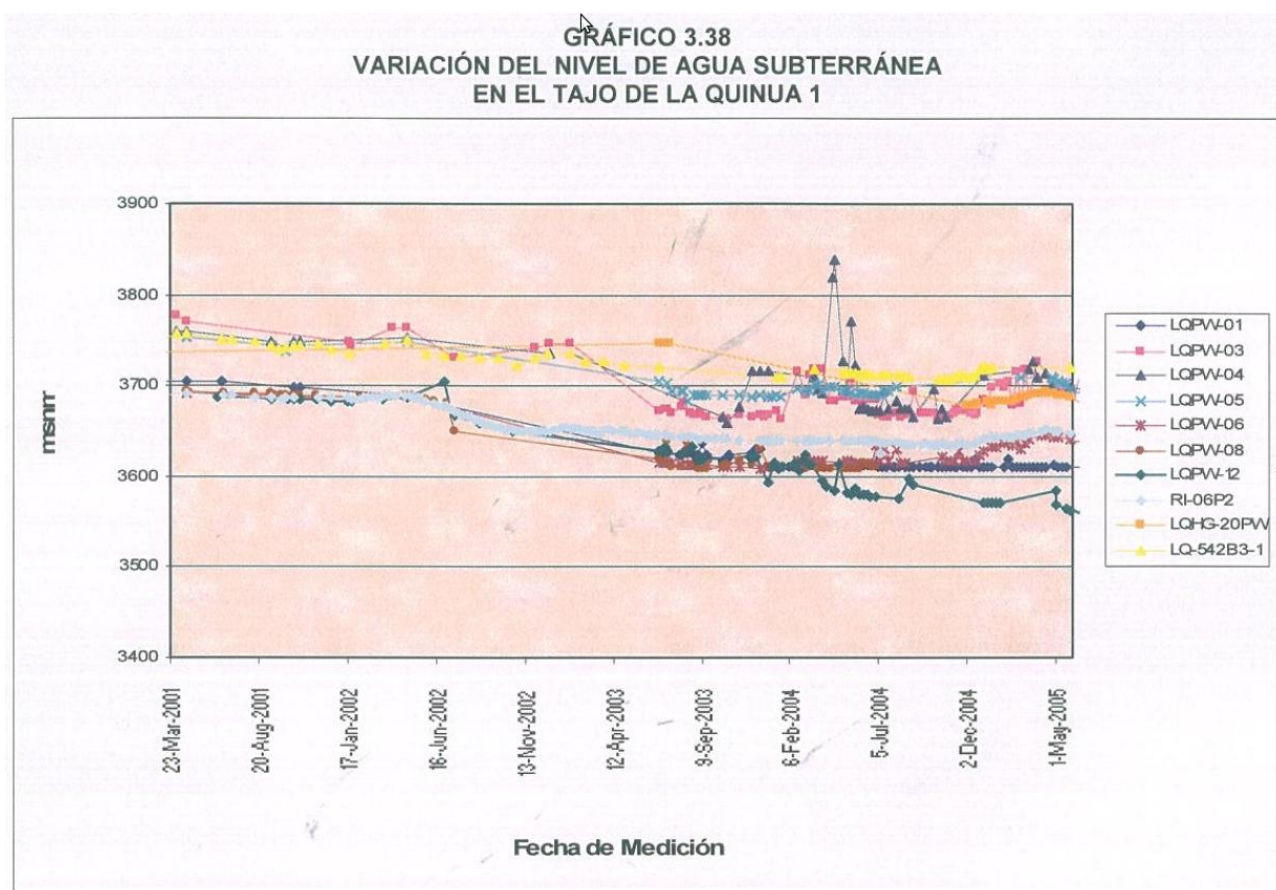


Figura 13: Registro histórico del descenso del nivel de agua subterránea en la zona del tajo La Quinua 1. En algunos casos los descensos superan los 100 metros. Fuente: [MWH Perú. 2006]



## 6. Los reclamos por agua

Algunos de los reclamos que se ha logrado ubicar en internet y en medios escritos son los siguientes:

**Setiembre 2006:** *Comuneros de Combayo: Yanacocha ha “desaparecido” muchas lagunas y manantiales de su entorno. Yanacocha califica de “incorrectas” denuncias por “desaparición” de lagunas y manantiales.*

Fuente: Servicio de información [GRUFIDES](#).

**Setiembre 2007:** *Comunidad campesina de Porcón se enfrenta a policía por escasez de agua causada por minera yanacocha*

Fuente: Servicio de información [GRUDIFES](#). Diario [La República](#).

**Marzo 2008:** *Afectación de agua canales Quishuar, Encajón Collotán, Llagamarca, San Martín . Secado de canal La Ramada*

Fuente: Servicio de información [GRUFIDES](#). Componente social [EIA Yanacocha Oeste](#) - pág. 19. [Red Verde Cajamarca](#).

**Octubre 2008:** *Desaparición de 5 manantiales en el sector La Shacsha. Protesta por la expansión de mina Yanacocha.*

Fuente: Servicio de información [GRUFIDES](#). Conflictos [mineros.net](#).

**Julio 2010:** *Usuarios de los canales La Toma y Tres Tingos comprobaron la desaparición de sus manantiales.*

Fuente: [El Moscón](#).

**Setiembre 2011:** *Disminución de caudal de laguna Totorococha y desaparición de manantiales.*

Fuente: Diario El Mercurio 27-09-2011.

**Enero 2014:** *Disminución de agua del centro poblado Tartar Chico por trabajos en tajo Chaquicocha.*

Fuente: Noticias SER.

**Abril 2015:** *Denuncian a minera Yanacocha por desaparecer manantial en caserío Zarcilleja.*

Fuente: [Red Verde](#).

Algunos de estos reclamos han podido ser ubicados en el mapa según el centro poblado correspondiente (ver figura 14), y en efecto caen dentro del área hipotética de afectación; sin embargo también hay que tener en cuenta que la afectación no necesariamente es en el mismo centro poblado resaltado, sino en una fuente fuera de él, como por ejemplo el canal Llagamarca, que tiene más de 10 Km de longitud y nace dentro de la actual propiedad de la empresa Yanacocha.

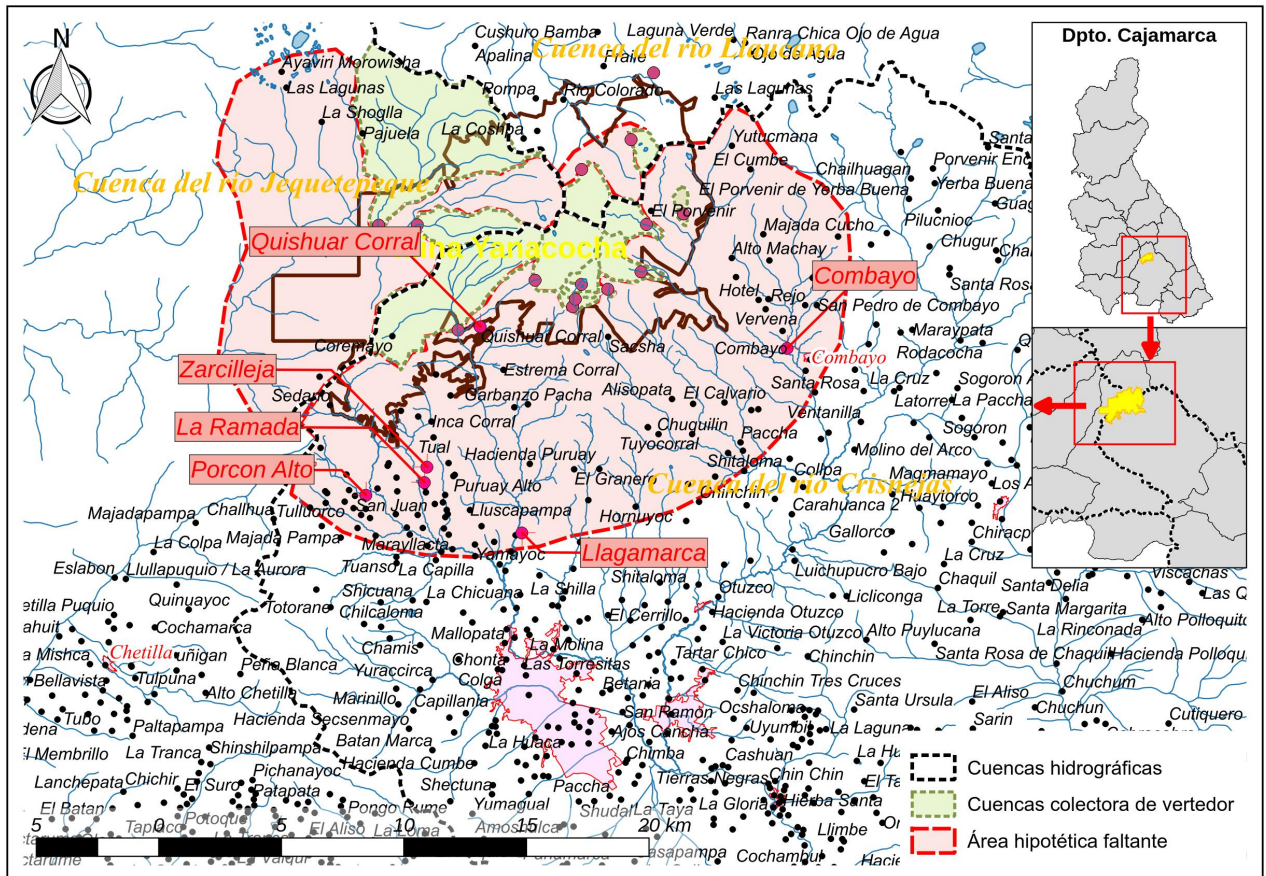


Figura 14: Resultados: centros poblados en los que hubieron reclamos por disminución del agua. Se muestran solo los centros poblados de la provincia de Cajamarca.

## 7. Discusión de resultados

Por supuesto que la realidad es mucho más compleja que las simplificaciones realizadas en el análisis presentado y el área de influencia hipotética necesaria para compensar el caudal bombeado hacia los puntos de descarga no necesariamente presentará una distribución homogénea, sino que dependerá de la disposición de la estratigrafía subyacente, de la permeabilidad de los estratos, de las fallas geológicas y demás factores subterráneos, así como de la cobertura vegetal, la pendiente del terreno y demás factores superficiales, pero a la luz del modelamiento realizado se puede afirmar que:

- 1) Existe un desbalance entre el volumen vertido en los puntos mostrados en este estudio, y el volumen que se puede recuperar por escurrimiento aguas arriba de estos puntos.
- 2) Este desbalance se compensa con el agua subterránea que es bombeada desde los tajos y otros puntos del terreno.
- 3) El bombeo del agua subterránea origina un descenso significativo del nivel freático, llegando a ser superior a los 100 metros (ver figuras 11, 12 y 13)

- 4) El descenso del nivel freático implica la necesidad de profundizar más los pozos para bombear un mismo caudal.
- 5) El descenso del nivel freático implica la afectación de manantiales y otras fuentes de agua que se alimentan del acuífero correspondiente.
- 6) Existe una afectación a la disponibilidad de agua en las zonas próximas a la mina Yanacocha.
- 7) Esta afectación corresponde a disminución de caudales y/o secado de fuentes de agua.

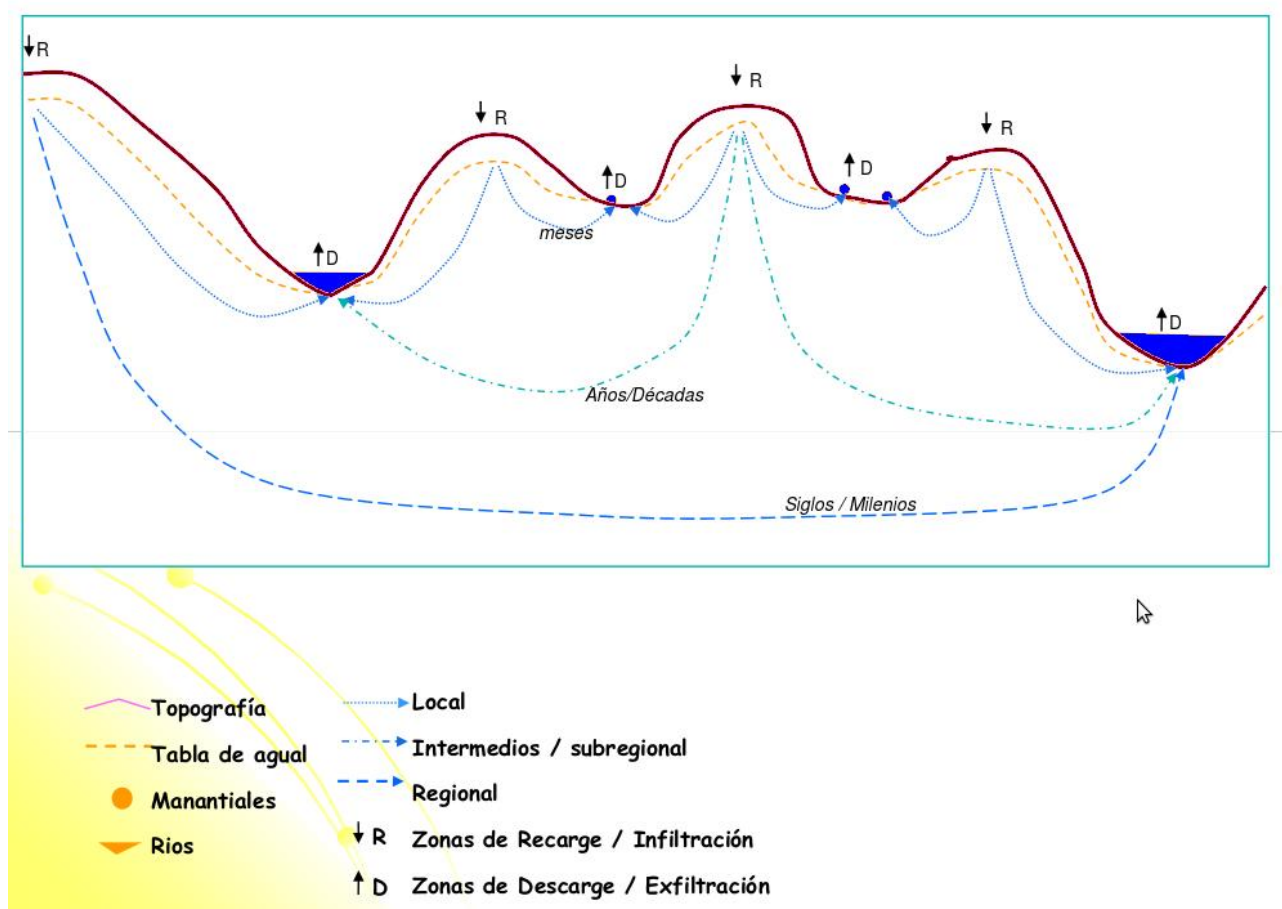


Figura 15: Sistemas de flujo de agua subterránea. Fuente: [Ríos, 2008]

Respecto al último punto, cabe citar la presentación que hizo la Ph.D Miriam Sánchez Ríos el año 2008, en la cual presenta un gráfico sobre los sistemas de flujo del agua subterránea (ver figura 15). en el cual se aprecia que el agua puede llegar a tardar años, décadas, o incluso siglos y hasta milenios para volver a aparecer. En efecto, según el EIA Yanacocha Oeste (pág. 195), la permeabilidad de los acuíferos de la zona varía entre 0.1 y 0.01 mm/s [MWH Perú. 2006]. Esto significa que para que el agua subterránea se traslade 1 Km, requiere entre 116 días ( casi 4 meses)

a 1,157 días (3.1 años) respectivamente. Frente a esto cabe preguntarse: ¿Cuáles serán los puntos más lejanos en donde vuelve a aflorar el agua que se infiltró en la zona de la mina Yanacocha? ¿cuánto tiempo se demora para ello?

Respecto a las posibles afectaciones, la empresa manifiesta:

***¿Cómo trabaja Yanacocha con el agua?***

*Es importante afirmar que no es lo mismo uso y consumo de agua, conceptos que muchas veces generan confusión y son utilizados por muchas personas para alarmar sin razón a la población. El “uso” es la utilización de agua y la posibilidad de que otras personas la utilicen. “Consumo”, en cambio, es utilizarla una sola vez sin posibilidad de dejarla disponible para nadie más.*

*Por medio del bombeo, Yanacocha retira el agua subterránea para realizar las actividades de minado, más no consume esta agua. Yanacocha tiene permisos de uso de agua subterránea otorgados por la autoridad competente de aproximadamente 570 litros por segundo. Sin embargo, esto no significa que Yanacocha consume toda esa agua, ya que la mayor parte es bombeada, tratada y descargada directamente a la misma cuenca. (Gestión del agua en Yanacocha - pág. 37. [Yanacocha 2011])*

## **8. Conclusiones**

Aunque no se ha podido cuantificar con detalle, los resultados de esta investigación confirman que existe una disminución de cantidad de agua en las fuentes dentro y alrededor de la mina, debido a sus operaciones. El solo hecho de “retirar” el agua subterránea y devolverla a un curso superficial de agua ya altera la disponibilidad del agua que alimentaban los acuíferos correspondientes.

Entonces, para cuantificar mejor estos efectos y tomar una decisión informada a detalle sobre cómo revertir y/o evitar esta afectación, es necesario realizar los estudios hidrogeológicos correspondientes, pues no es descabellado sopesar que incluso la actual disminución del agua fría disponible en el complejo turístico Baños del Inca esté relacionada con la actividad minera aguas arriba.

## **9. Agradecimientos**

Mi especial agradecimiento a los organizadores del XI Congreso Nacional de Geografía, Cajamarca 5-7 de Octubre de 2015, por el interés en este tema, que fue especialmente actualizado para ser presentado como ponencia en este evento. Mi agradecimiento al ing. Julio Urbiola del Carpio y el personal del SENAMHI por el modelo ráster de precipitación con el cuál se chequeó el modelo WorldClim. Muchas gracias a Diana Vela Almeida y Froukje Kuijk por compartir su trabajo, a la fecha todavía inédito, sobre la evaluación de los impactos de la minería en sistemas hidrológicos y orientarme así sobre los aspectos que anteriormente no había considerado.

## 10. Referencias

- Autoridad Nacional del Agua. Resolución Directoral 215-2013-ANA-DGCRH. 2013. [http://www.ana.gob.pe/media/731447/rd\\_0215\\_2013\\_ana\\_dgcrh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/731447/rd_0215_2013_ana_dgcrh.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. Resolución Directoral 285-2013-ANA-DGCRH. 2013. [http://www.ana.gob.pe/media/780563/rd\\_0285\\_2013\\_ana\\_dgcrh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/780563/rd_0285_2013_ana_dgcrh.pdf)
- Yanacocha. 2013: Minera Yanacocha S.R.L., Reporte de Sostenibilidad 2013, 2013, <http://www.yanacocha.com/wp-content/uploads/2010/04/2013-Reporte-de-sostenibilidad-Yanacocha.pdf>
- Yanacocha 2011: Minera Yanacocha SRL, Gestión del Agua en Yanacocha: cuidados, controles y generación de Activos Ambientales, 2011. <http://www.yanacocha.com.pe/wp-content/uploads/Folleto-Gesti%C3%B3n-del-Agua-en-Yanacocha.pdf>
- Hijmans, R.J. et al. 2005: Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas, 2005. <http://www.worldclim.org/>
- MWH Perú. 2003: MWH Perú S.A., Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Carachugo 2003, 2003
- Yanacocha 2007: Minera Yanacocha SRL, Gestión de los recursos hídricos en las cuencas con localización minera. Caso Yanacocha., 2007, <http://www.losandes.org.pe/publicaciones/foros-jornadas-y-eventos?download=284:gestion-de-los-recursos-hidricos-en-las-cuencas-con-localizacion-minera-luis-campos>
- MWH Perú. 2006: MWH Perú S.A., Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Oeste. Componente técnico ambiental, 2006
- Ríos. 2008: Ríos Sánchez, Miriam, Correlación de datos tomados por percepción remota con características hidrogeológicas., 2008, [http://www.geo.mtu.edu/rs4hazards/Project%20resources/XI%20Congreso%20Latinoamericano%20workshop/CORRELACION\\_HIDROGEOLOGICA.pdf](http://www.geo.mtu.edu/rs4hazards/Project%20resources/XI%20Congreso%20Latinoamericano%20workshop/CORRELACION_HIDROGEOLOGICA.pdf)