



**10/07/2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE  
SAN MARCOS**

**12/07/2014**



# **El agua en el proyecto Conga: mitos y realidades**

**Rafael Fernández Rubio  
Prof. Dr. Ingeniero de Minas**

**Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente  
Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid**

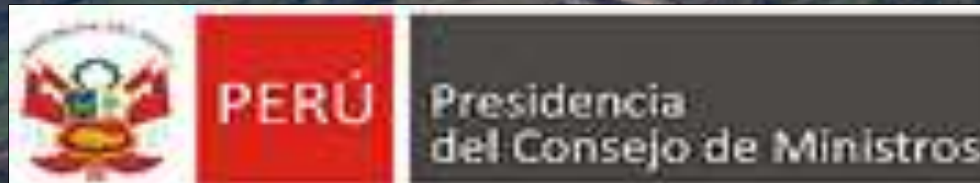
**Dedicatoria:**

**A los hombres y mujeres  
de buena voluntad...**



**la verdad os hará libres... (San Juan, 8: 32)**

# Presidencia del Consejo de Ministros Perú



## **PERITAJE INTERNACIONAL** **COMPONENTE HÍDRICO DEL** **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **PROYECTO MINERO CONGA**

**Febrero - Abril de 2012**

# **Autores del Peritaje**

**Portugal**

**Prof. José Martins Carvalho**  
**Dr. en Geociencias**

**España**

**Prof. Rafael Fernández Rubio**  
**Dr. Ingeniero de Minas**

**España**

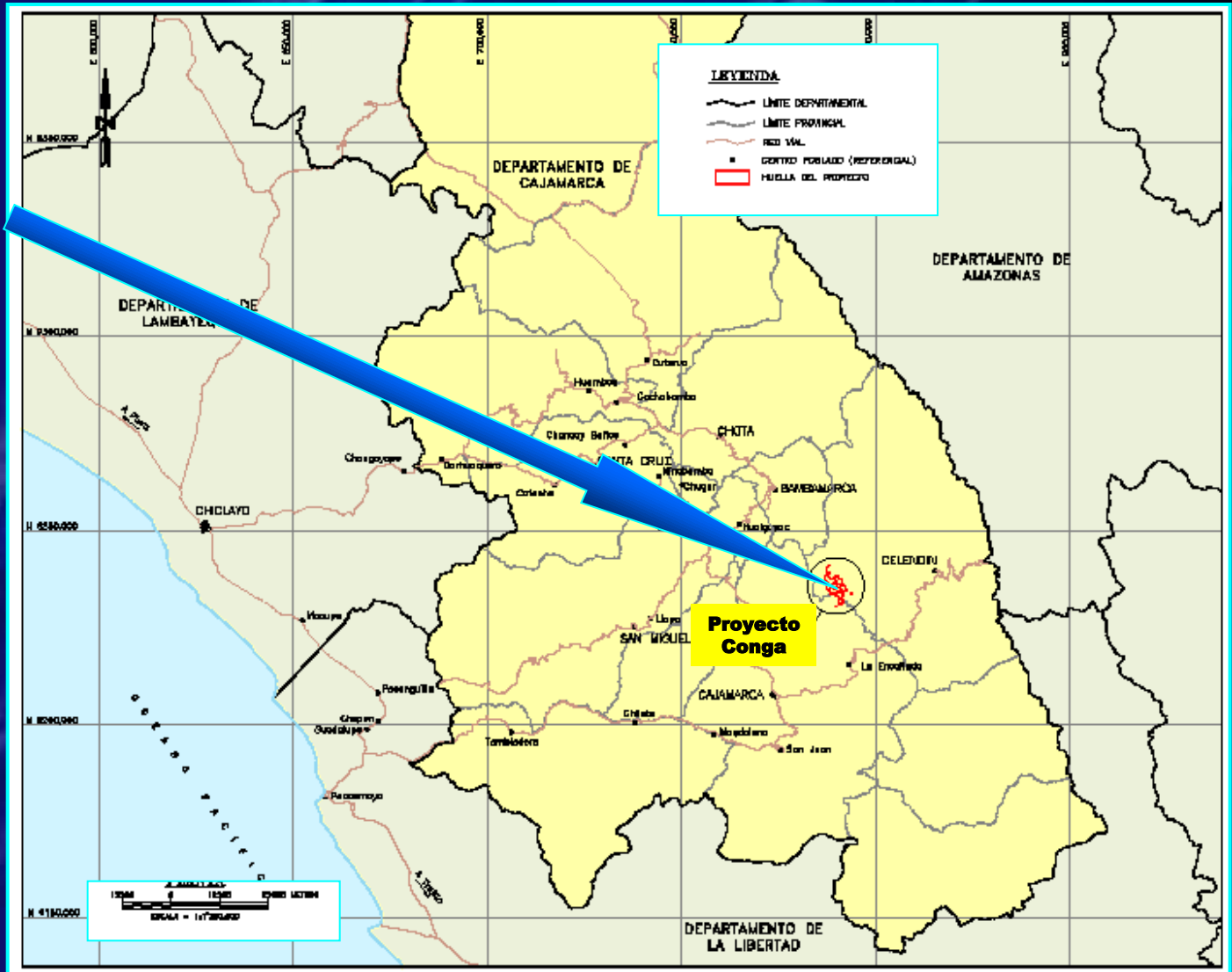
**Prof. Luis López García**  
**Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**



HOMBRE, NO TIENES PORQUÉ DESCONFIAR. SI HAY ALGUNA DUDA EN EL ESTUDIO AMBIENTAL, ESTOS SEÑORES LA ACLARARÁN.



# Ubicación del área de estudio



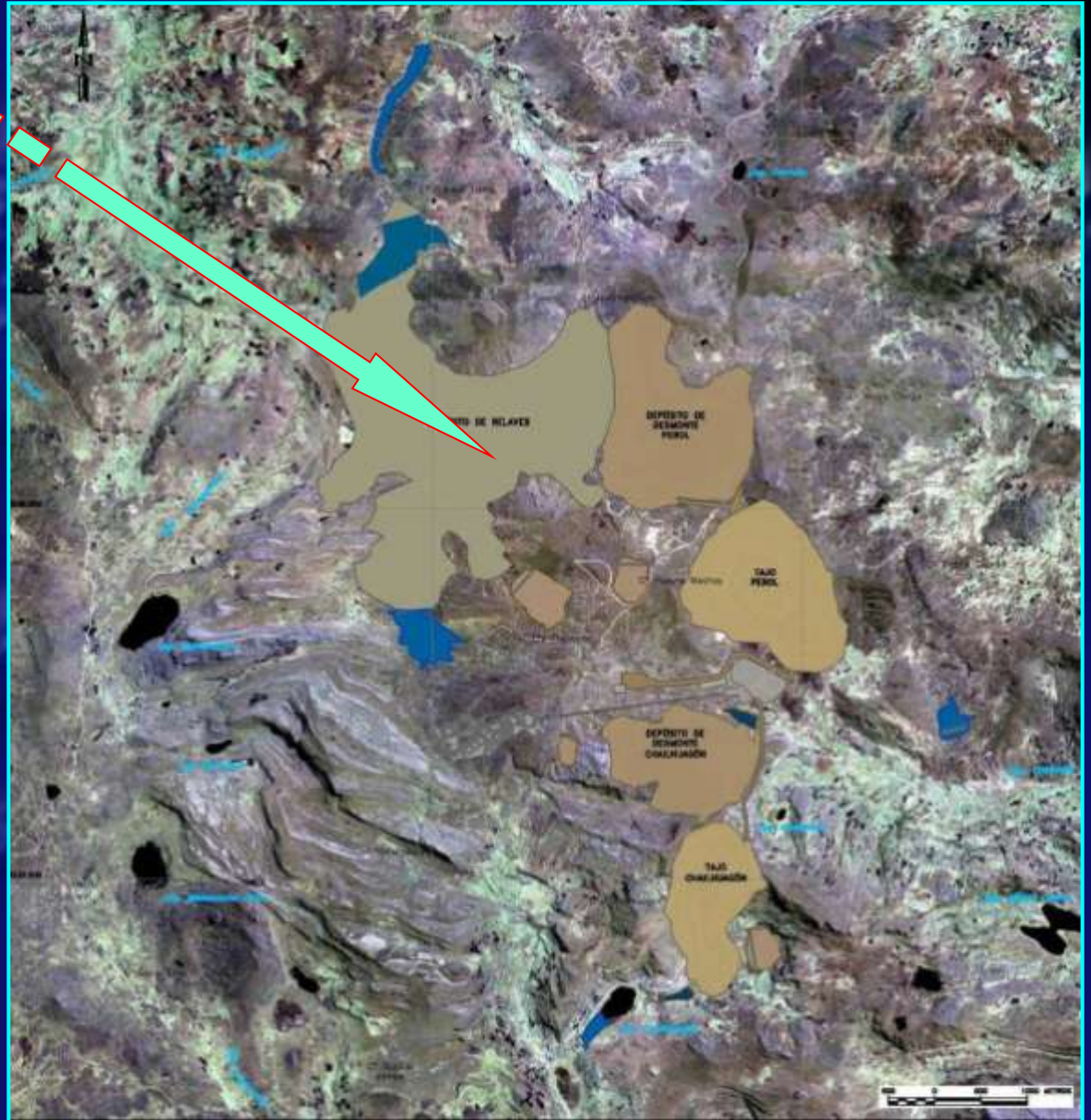
## Departamento de Cajamarca

# Elementos principales del Proyecto

## Huella del Proyecto

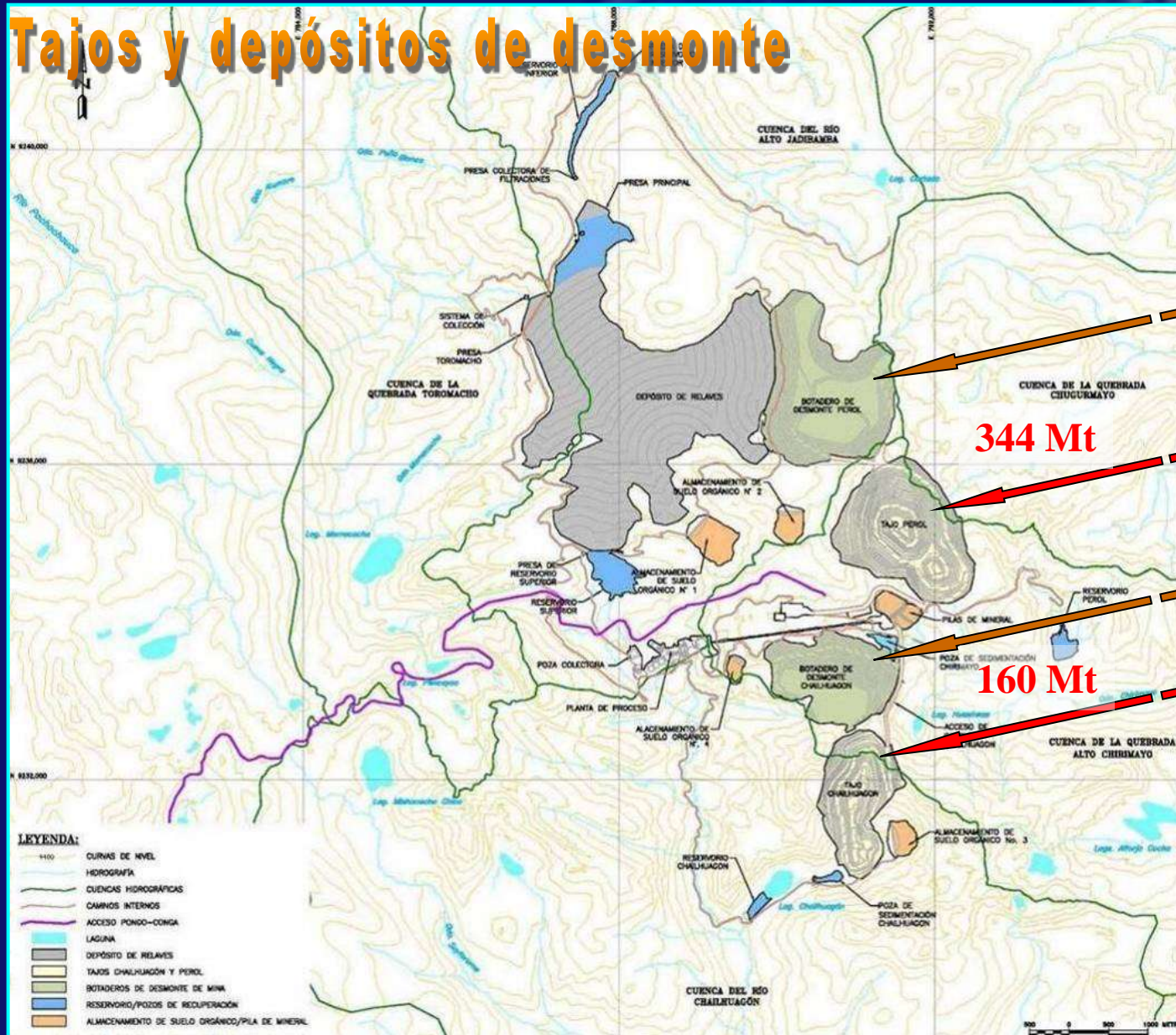
Superficie: 700 ha

Volumen de relaves: 315 Mm<sup>3</sup>



# Elementos principales del Proyecto

## Tajos y depósitos de desmonte



Depósito Perol

344 Mt

Tajo Perol

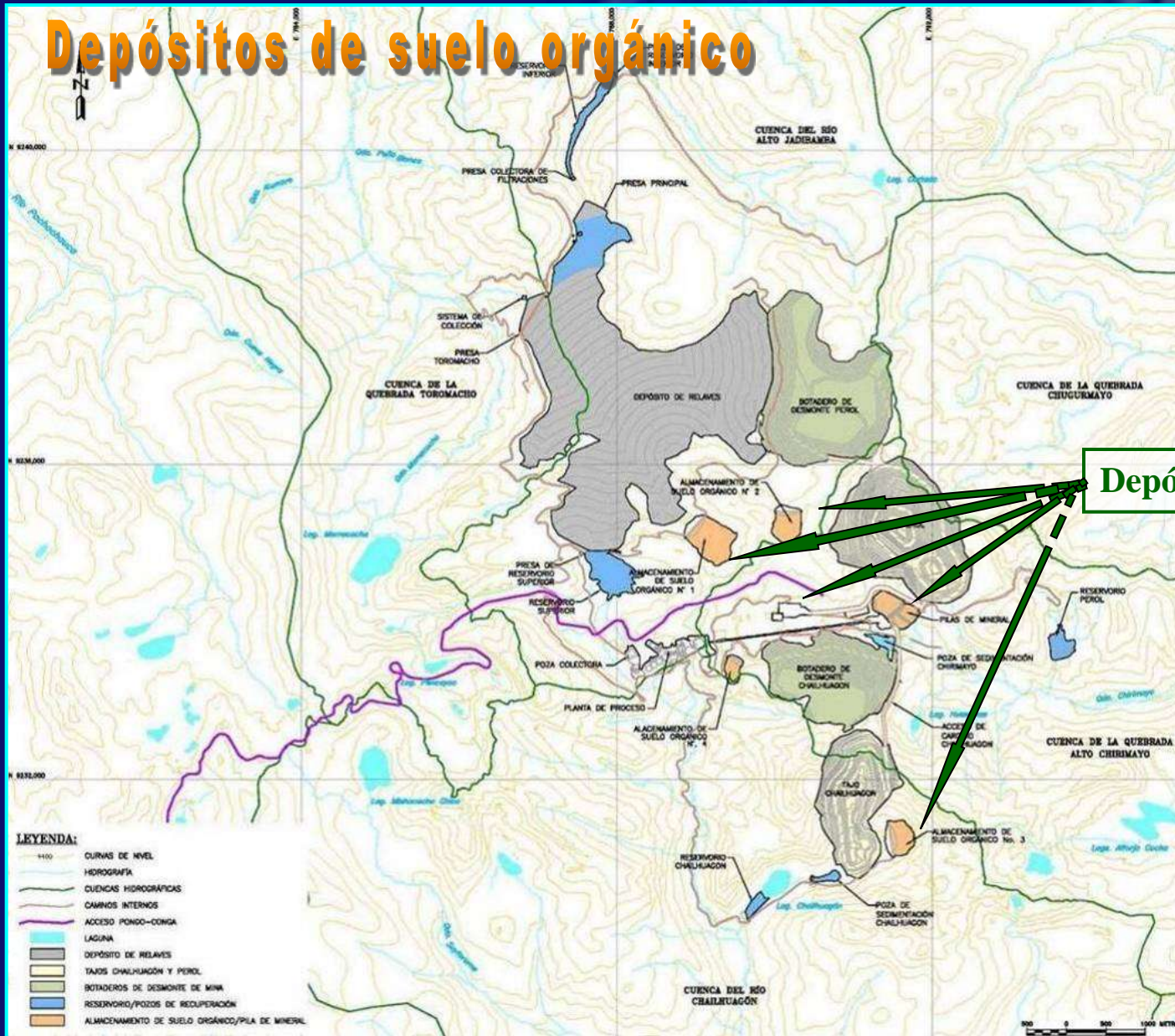
Depósito Chailhuagón

160 Mt

Tajo Chailhuagón

# Elementos principales del Proyecto

## Depósitos de suelo orgánico



Depósitos de suelo orgánico

# Hidrología de superficie

## Actividades desarrolladas en el Peritaje Internacional (I)

- **Recopilar y analizar la información hidrometeorológica e hidrológica.**
- **Caracterizar y modelizar la hidrología de las subcuencas.**
- **Estimar los caudales mínimos en el estado actual.**

# **Evolución de la precipitación con la altitud**

## **Aportes en las cabeceras de las cuencas andinas**

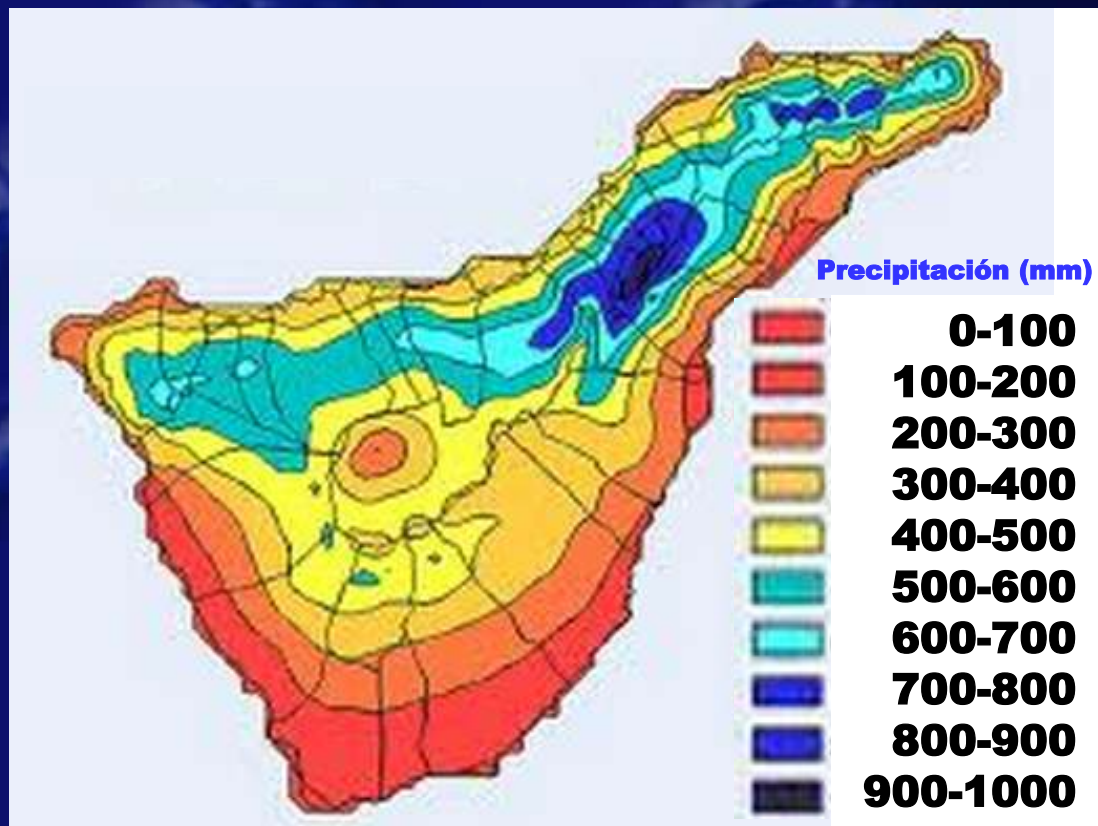


**Mar de nubes en los Ándes de Cajamarca**

# Evolución de la precipitación con la altitud

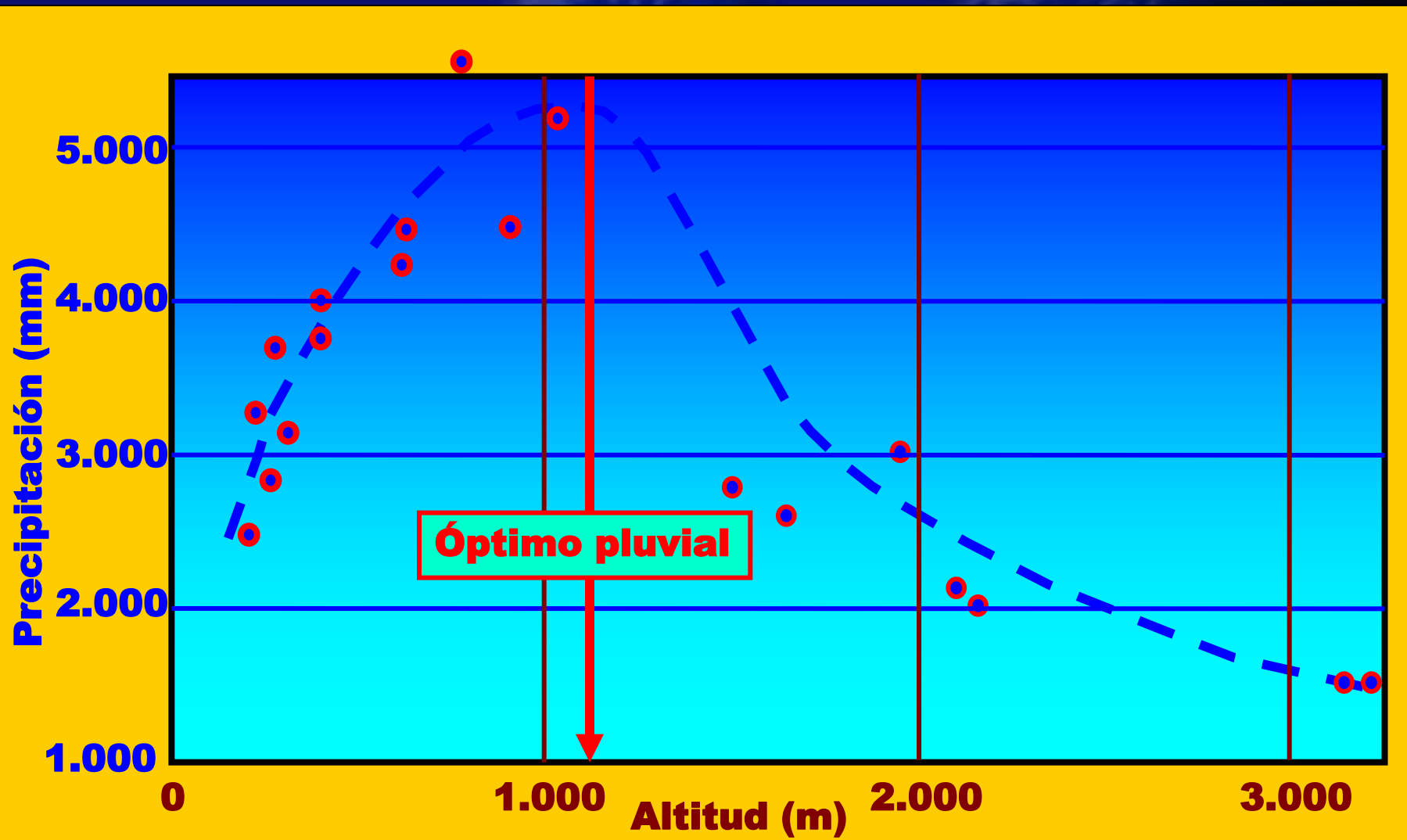


Isla de Tenerife  
Islas Canarias



Daniel López [www.elcielodecanarias.com](http://www.elcielodecanarias.com)

# Evolución de la precipitación con la altitud



Colombia - Ecuador

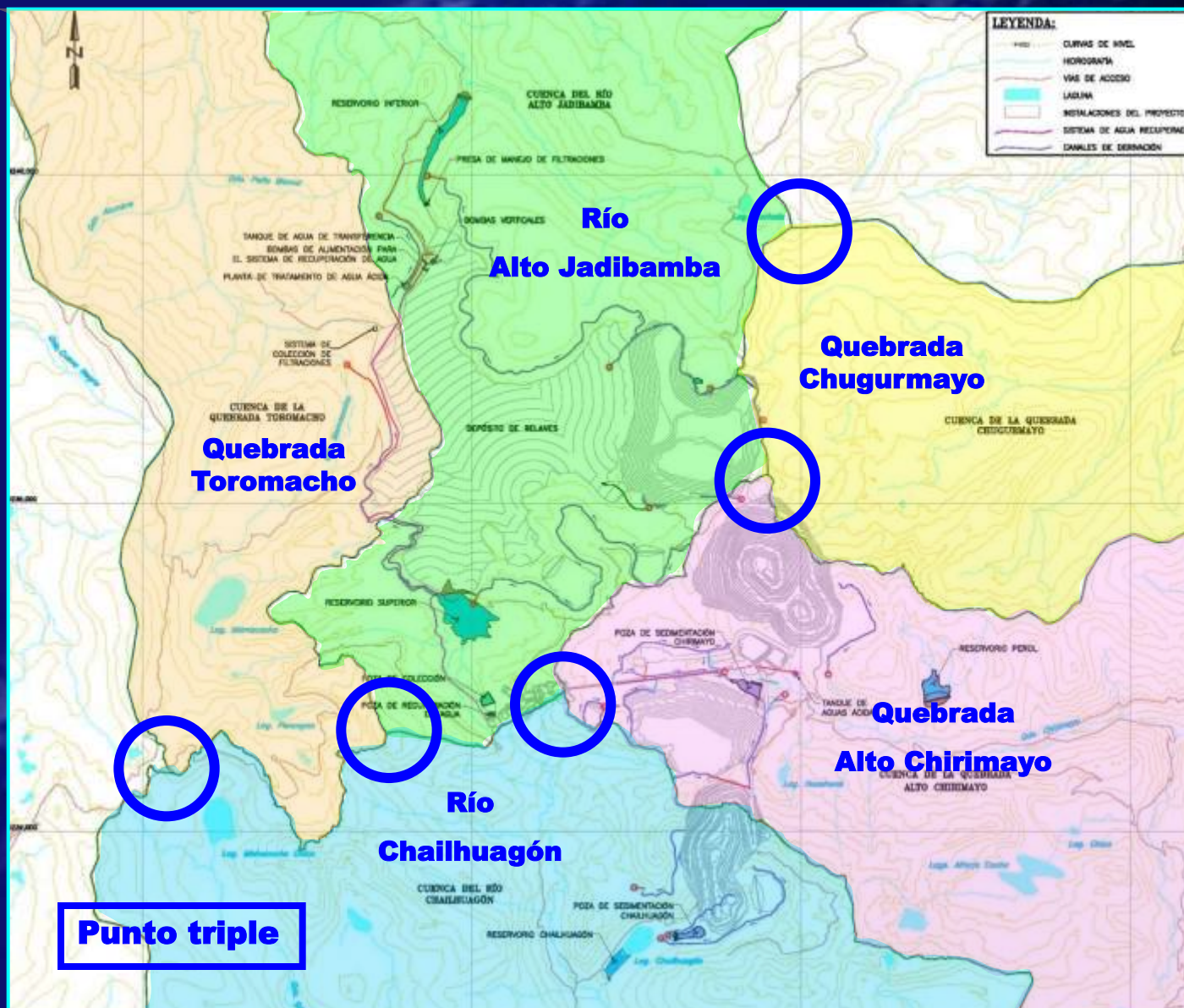
# Evolución de la precipitación con la altitud



▪ La estación **New Minas Conga** está 300 m por encima de la **Old Minas Conga**...

▪ pero recibe 100 mm/año menos de precipitación...

# Contexto hidrológico



# Cabeceras de cuenca

- **Ley de Recursos Hídricos (Ley 29338). Artículo 75:**

***“El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho.”***

- **Comentarios:**

- **Es inexacto:** las aguas “*se originan*” en cualquier lugar de la cuenca en el que se produzca precipitación.
- **Es desproporcionado:** en las cabeceras andinas no se producen los **mayores aportes hídricos**.
- **Es ambiguo:** no define los límites de las cabeceras de cuenca.
- **Es inconcreto:** no establece el criterio para su delimitación.

# Cabeceras de cuenca

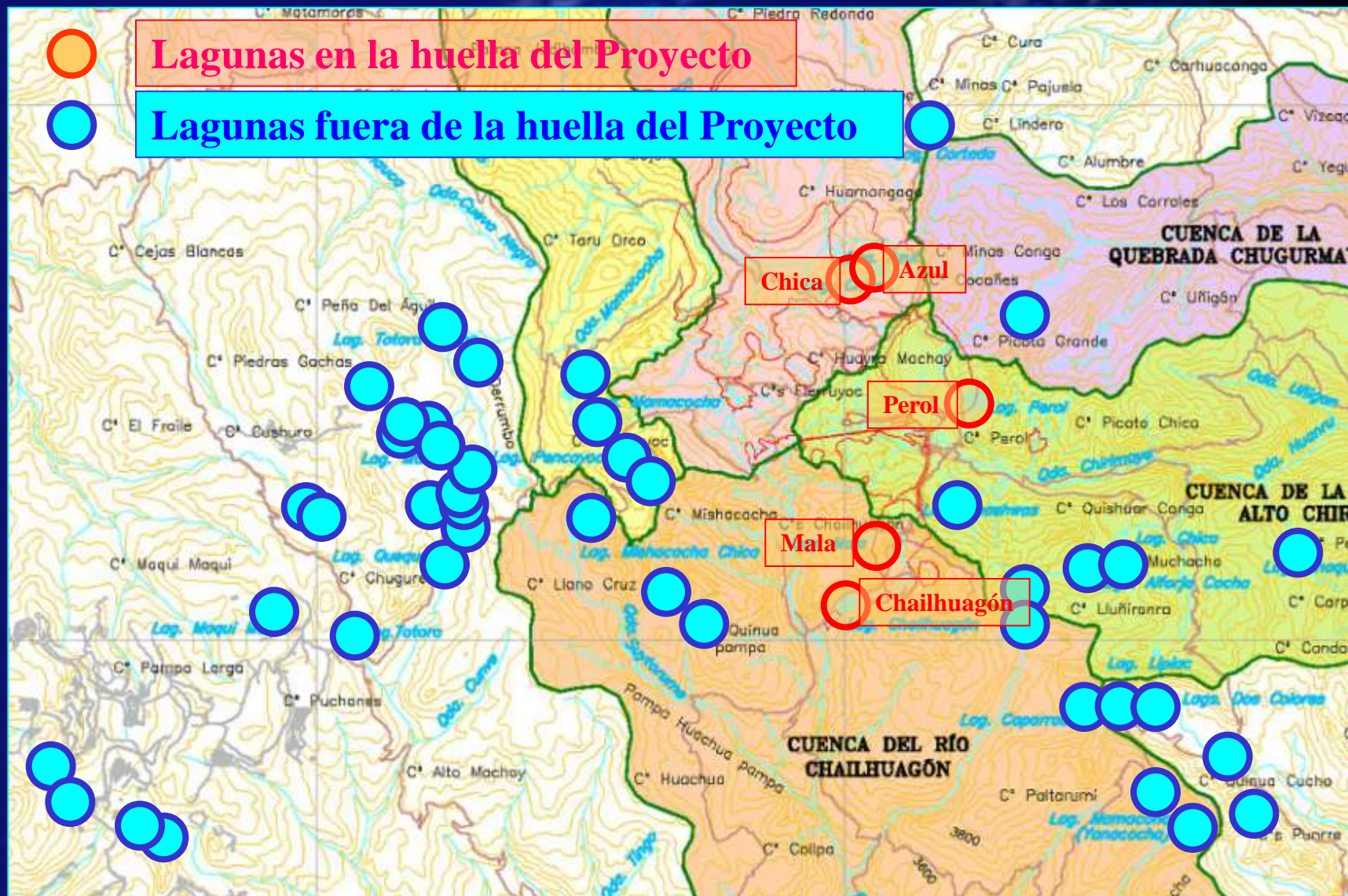


- **La precipitación en las cabeceras de cuencas andinas es menor que en altitudes más bajas como consecuencia del "óptimo pluvial".**
- **Los aportes de agua a la cuenca son función de: precipitaciones, área contribuyente, características hidroclimáticas, morfológicas, edáficas, hidrogeológicas,...**

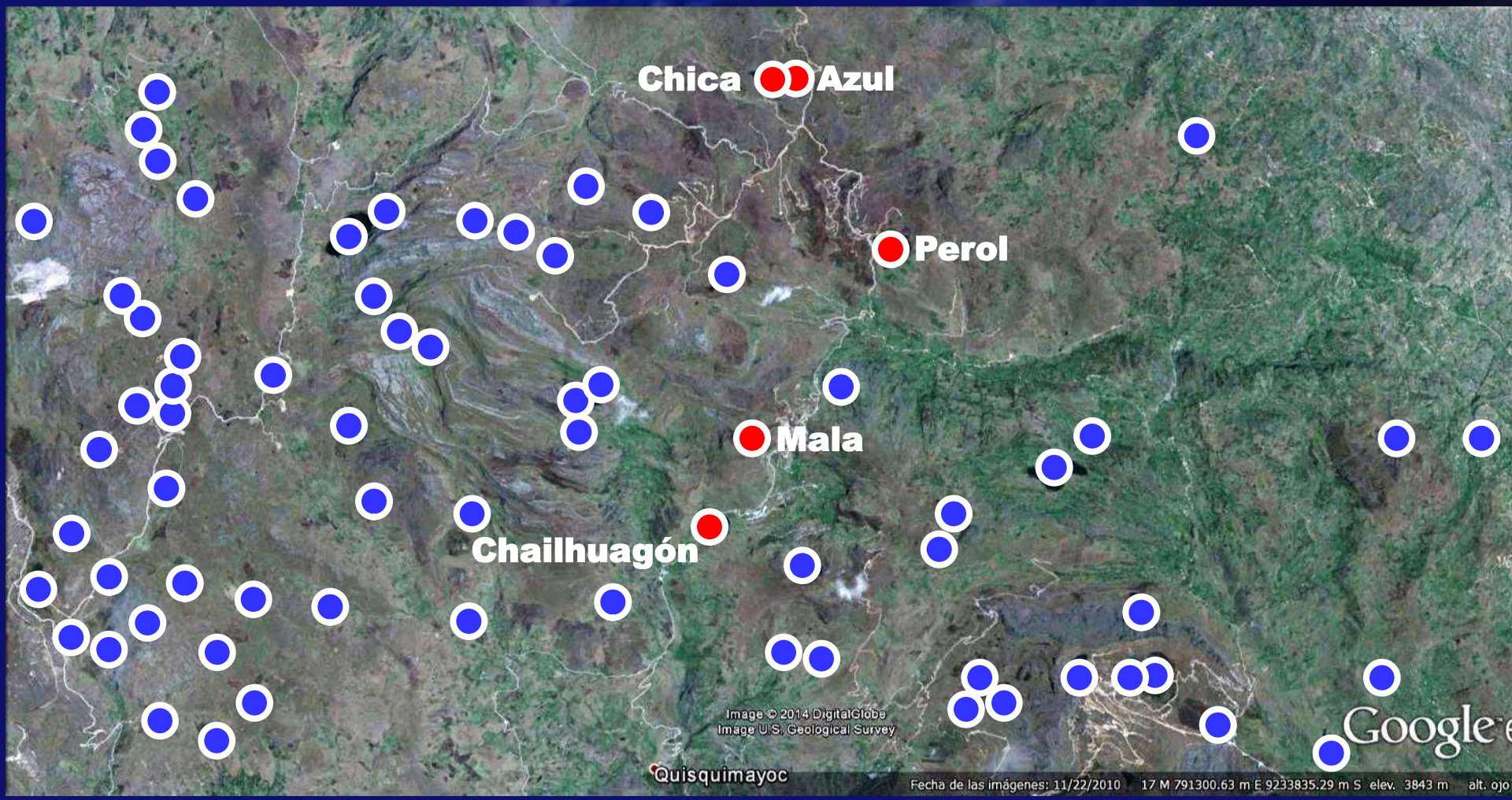
# Localización de lagunas



# Localización de lagunas



# Localización de lagunas



● Lagunas en la huella del proyecto

# Hidrología de superficie

## Actividades desarrolladas en el Peritaje Internacional (II)

- Definir la afección del Proyecto a los caudales de quebradas y ríos.
- Analizar la capacidad de los reservorios propuestos para aportar caudales de compensación.
- Proponer medidas de gestión hídrica.

# Hidrología de superficie

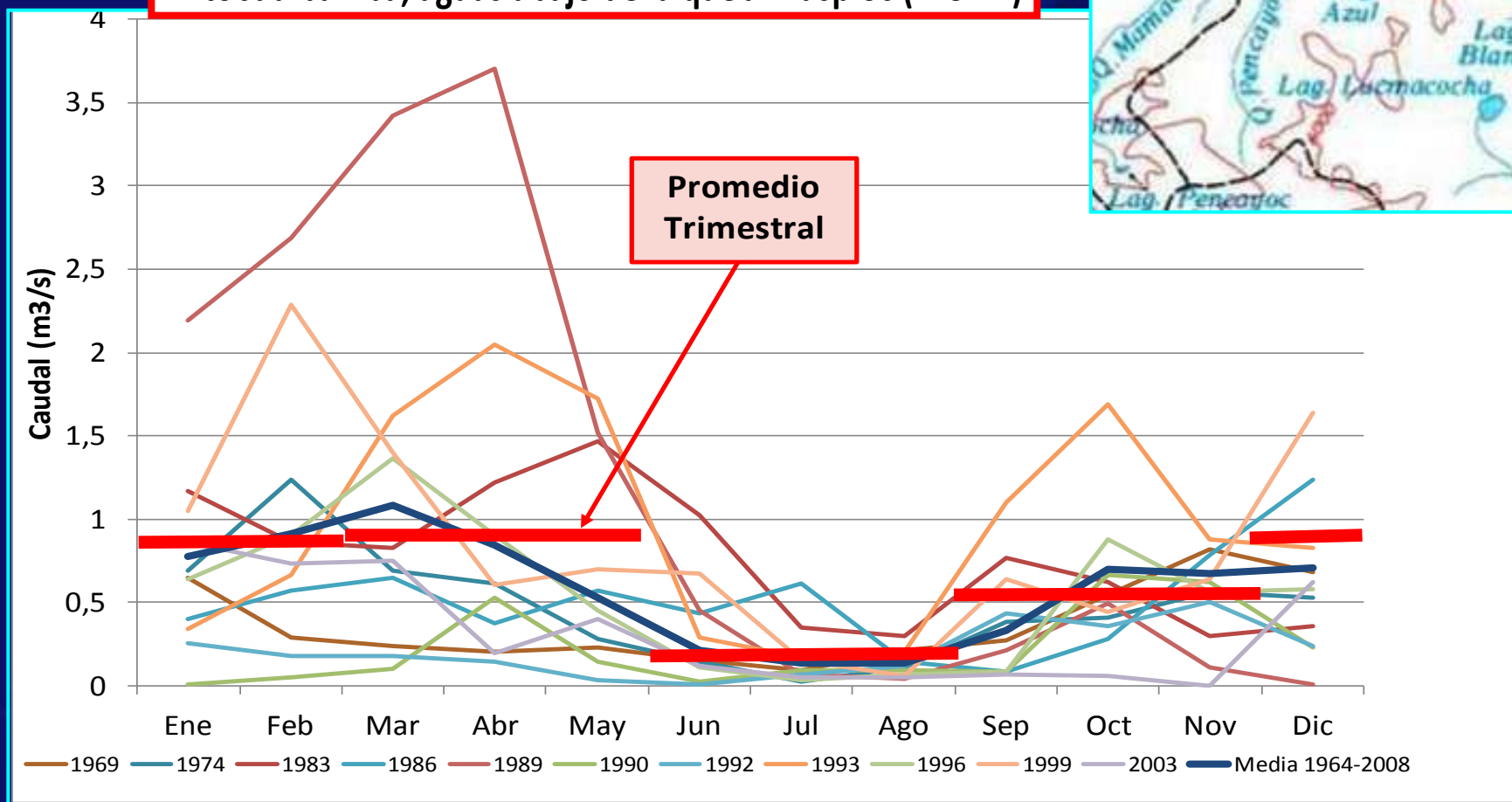
## Estudio de caudales de escorrentía superficial

- **Se han completado series de lluvia mediante métodos estadísticos de correlación.**
- **Se han estimado caudales en las subcuencas mediante modelos lluvia-caudal diario (previo ajuste).**
- **Se han calculado en las subcuencas los caudales bajos en la situación actual.**

# Hidrología de superficie

## Constatación de la irregularidad hidrológica

Caudales de años seleccionados de la serie 1964-2008 en Alto Jadibamba, aguas abajo de la queb. Lluspioc (MC-11)



# Hidrología de superficie

## Consecuencias de la irregularidad hidrológica

- **Existen grandes diferencias de caudales entre épocas húmedas y secas:**
  - **En épocas húmedas sobra agua y se producen daños e inundaciones (por no existir regulación).**
  - **En épocas secas los cauces tienen un caudal mínimo, insuficiente para atender a las demandas.**
- **Problemas causados por caudales muy bajos:**
  - **Situación de estrés hídrico.**
  - **Falta agua para abastecimiento y/o riego.**

***“...del millón y medio de personas  
que viven en Cajamarca  
solo el medio millón tiene agua potable”***

**Julio Navarro Falconí,  
Director de Gestión del Conocimiento y Coordinación.  
Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

**16/06/2012**

**<http://todosobreelproyectoconga.wordpress.com/>**

**Población:**

<b>Cajamarca</b>	<b>180.000 habitantes</b>
<b>Hualgayoc</b>	<b>95.000 habitantes</b>
<b>Celendín</b>	<b>90.000 habitantes</b>
<b>Total</b>	<b>365.000 habitantes</b>

**Con un ratio de 120 litros-día x habitante, la laguna del Perol, agotándola, daría apenas para 18 días de suministro.**

# Bofedales



**Humedales típicos de las alturas andinas, sobre los 3.800 metros de altura, que albergan praderas de vegetales hidrofíticos, con humedad permanente.**

**Reciben aguas pluviales, de deshielo glaciar y de escorrentía superficial y subterránea.**

**La putrefacción de la vegetación origina ciénagas y turberas, con desarrollo frecuente de ácidos húmicos que afectan negativamente a la calidad de sus aguas.**

# Hidrología de superficie

## Bases para las propuestas compensatorias



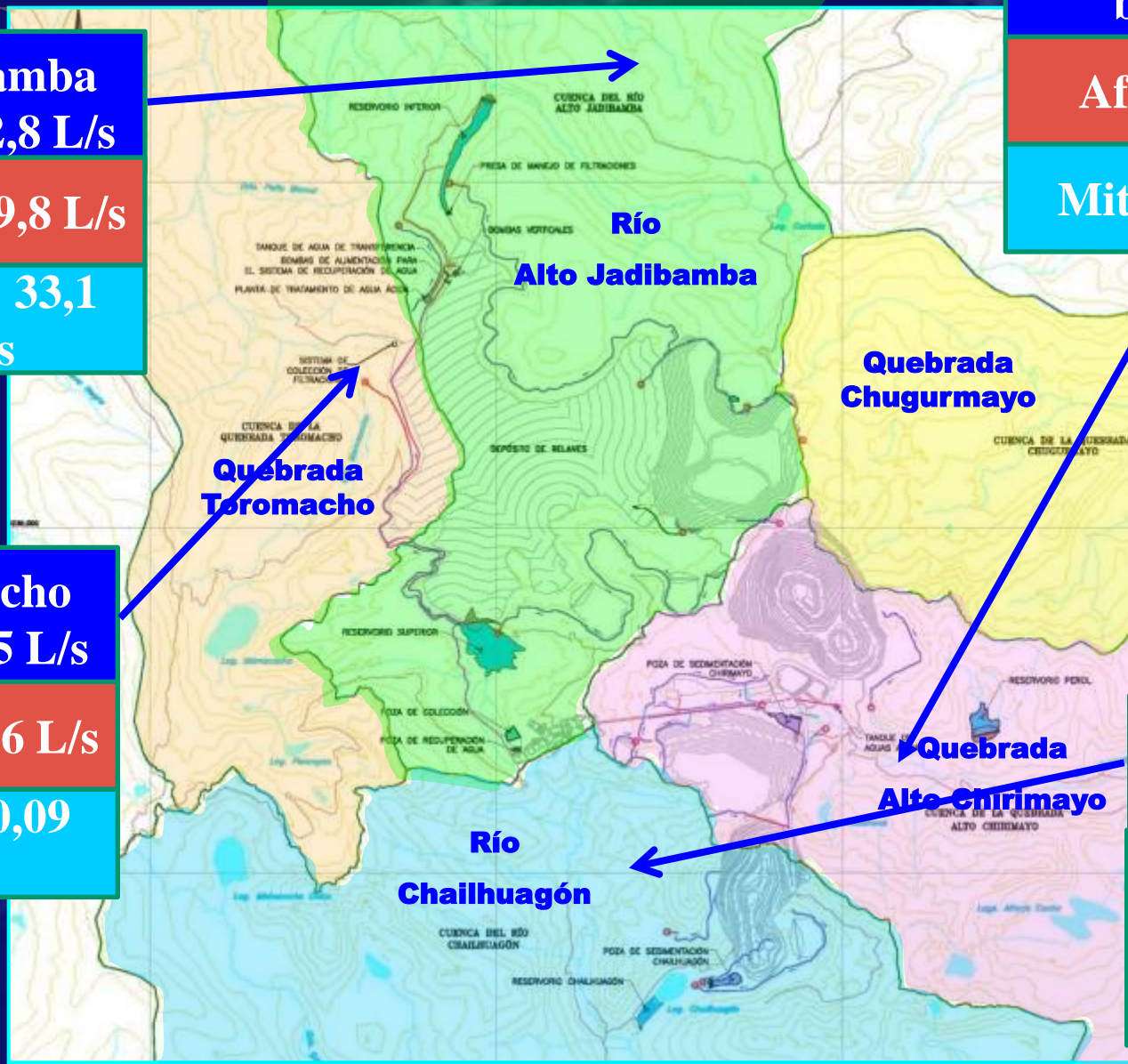
- **Estudio del balance hídrico de los reservorios propuestos.**
- **Estudio de la capacidad de los reservorios para aportar el caudal de mitigación.**

**Hidrología de superficie**

**Caudales bajos**



# Hidrología de superficie



**Jadibamba**  
 Act. 42,8 L/s  
 Afec. 19,8 L/s  
 Mitig. 33,1 L/s

**Caudales bajos**  
**Afección**  
**Mitigación**

**Chirimayo**  
 Act. 19,8 L/s  
 Afec. 12,5 L/s  
 Mitig. 7,3 L/s

**Toromacho**  
 Act. 0,15 L/s  
 Afec. 0,06 L/s  
 Mitig. 0,09 L/s


**Chailhuagón**  
 Act. 19,4 L/s  
 Afec. 2,7 L/s  
 Mitig. 9,7 L/s

# Hidrología de superficie

## Afección y mitigación

- **Afecciones del Proyecto (reducción de caudal): se aplica al caudal actual el coeficiente área afectada / área total:**
  - Las afecciones se valoran entre 0,06 L/s y 19,8 L/s, según subcuenca.
  - En el río Cajamarca, bajo el Chonta, el caudal bajo es superior a 300 L/s, y la afección de apenas 17 L/s (inferior al 5 %).
- **Medidas de mitigación: Caudal a aportar de los reservorios, en la época seca, para compensar las afecciones:**
  - Entre 0,09 L/s y 33,1 L/s.

# Compensación de afecciones a partir de reservorios

An aerial photograph of a large, dark, irregularly shaped reservoir situated in a lush green mountain valley. The reservoir is surrounded by steep, grassy slopes and a dirt road. In the background, there are more mountains and a cloudy sky.

- **En el Alto Jadibamba: Inferior y Superior.**
- **En el Alto Chirimayo: Perol.**
- **En el Chailhuagón: Chailhuagón.**

# Papel de los reservorios

- **Compensar las afecciones del Proyecto a los caudales naturales.**
  - **Garantizar la disponibilidad de caudales de mitigación.**
  - **Cumplir una función ecosistémica.**
  - **Disponer de agua para atender demandas de usuarios y/o aumentar la dotación y la producción agrícola.**
- 
- **Se recomienda ampliar la capacidad prevista.**
  - **En el Alto Chirimayo habría que construir otro reservorio más.**

# Hidrología de superficie

**En Alto Jadibamba se puede llegar hasta el canal Jerez Jadibamba**

**En Alto Chirimayo hasta el canal Lozano Izquierdo**



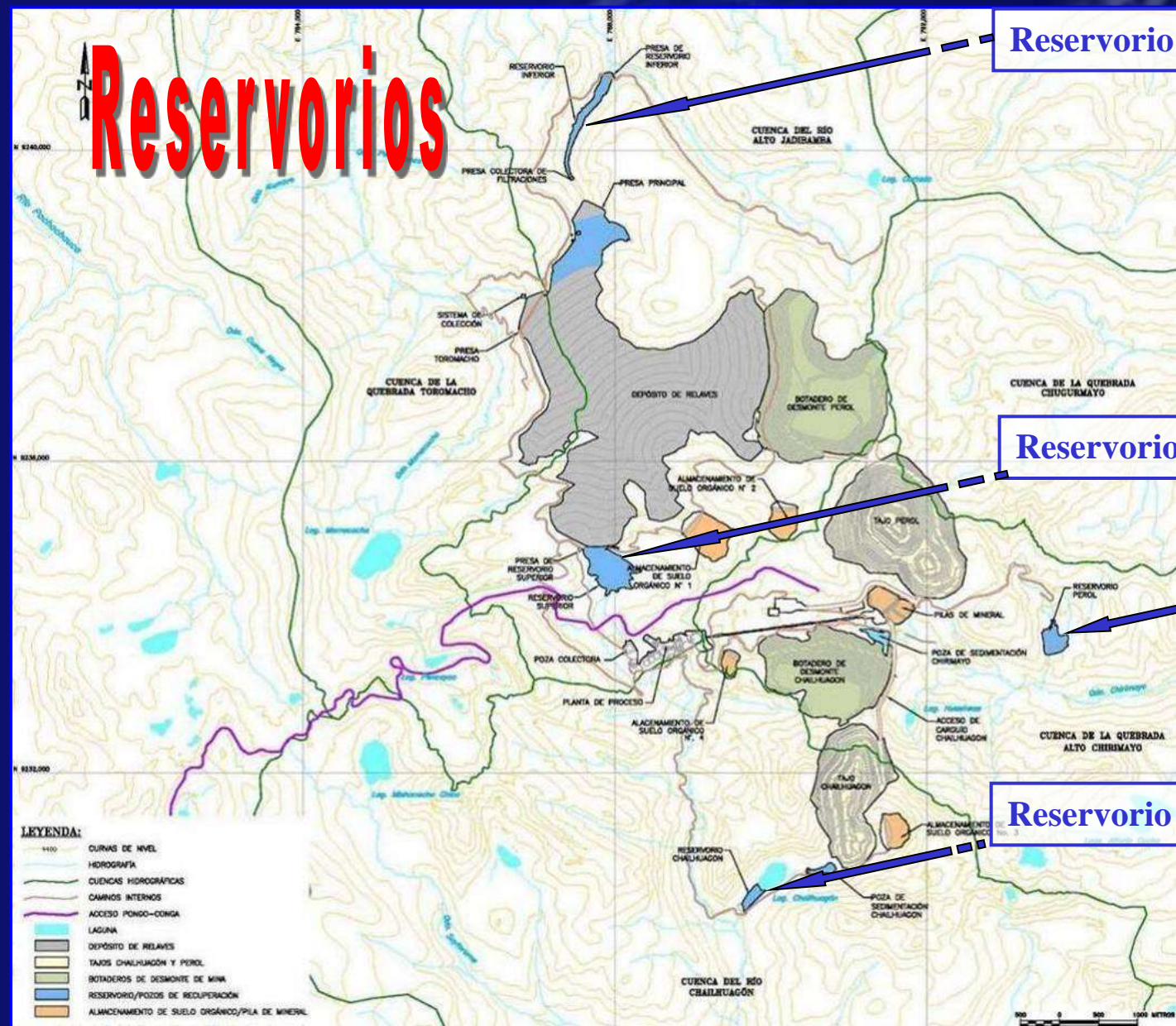
## Posibles usuarios del agua regulada

**En Chailhuagón, hasta el canal Dos Tingos**

**Habrá que definir los usuarios del agua regulada: ANA y estudio de oferta-demanda**

# Elementos principales del proyecto

## Reservorios



**Reservorio Inferior**

**1.000.000 m<sup>3</sup>**

**Reservorio Superior**

**7.600.000 m<sup>3</sup>**

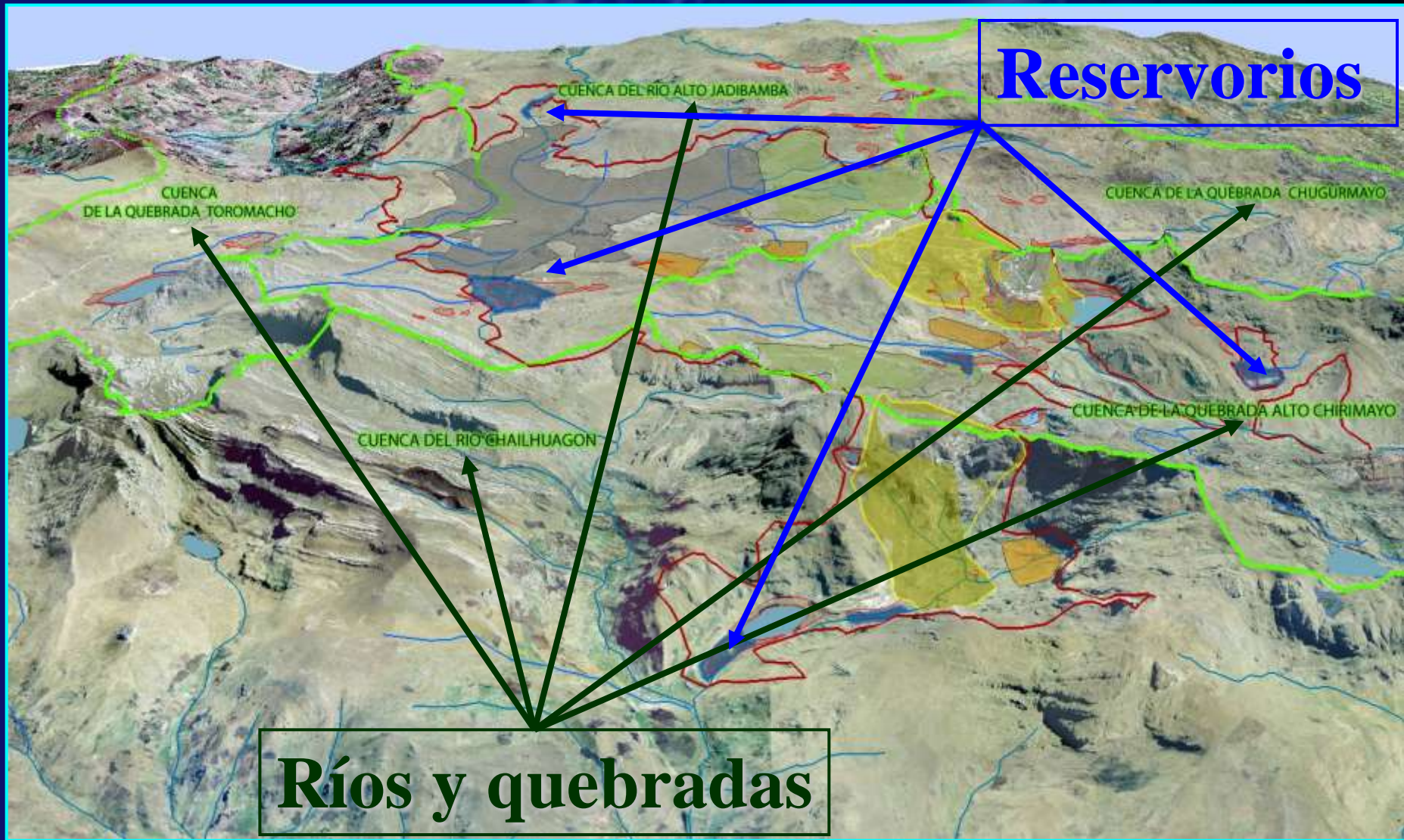
**Reservorio Perol**

**800.000 m<sup>3</sup>**

**Reservorio Chailhuagón**

**2.600.000 m<sup>3</sup>**

# Ríos / quebradas versus reservorios



# Capacidades de almacenamiento de agua superficial

## Etapa pre-mina

Laguna	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Perol	800.000
Chica	100.000
Azul	400.000
Mala	100.000
Chailhuagón	1.200.000
<b>Total</b>	<b>2.600.000</b>

## Etapa mina

Reservorio	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Perol	800.000
Superior	
Chailhuagón	2.600.000
Inferior	1.000.000
<b>Total</b>	<b>4.400.000</b>

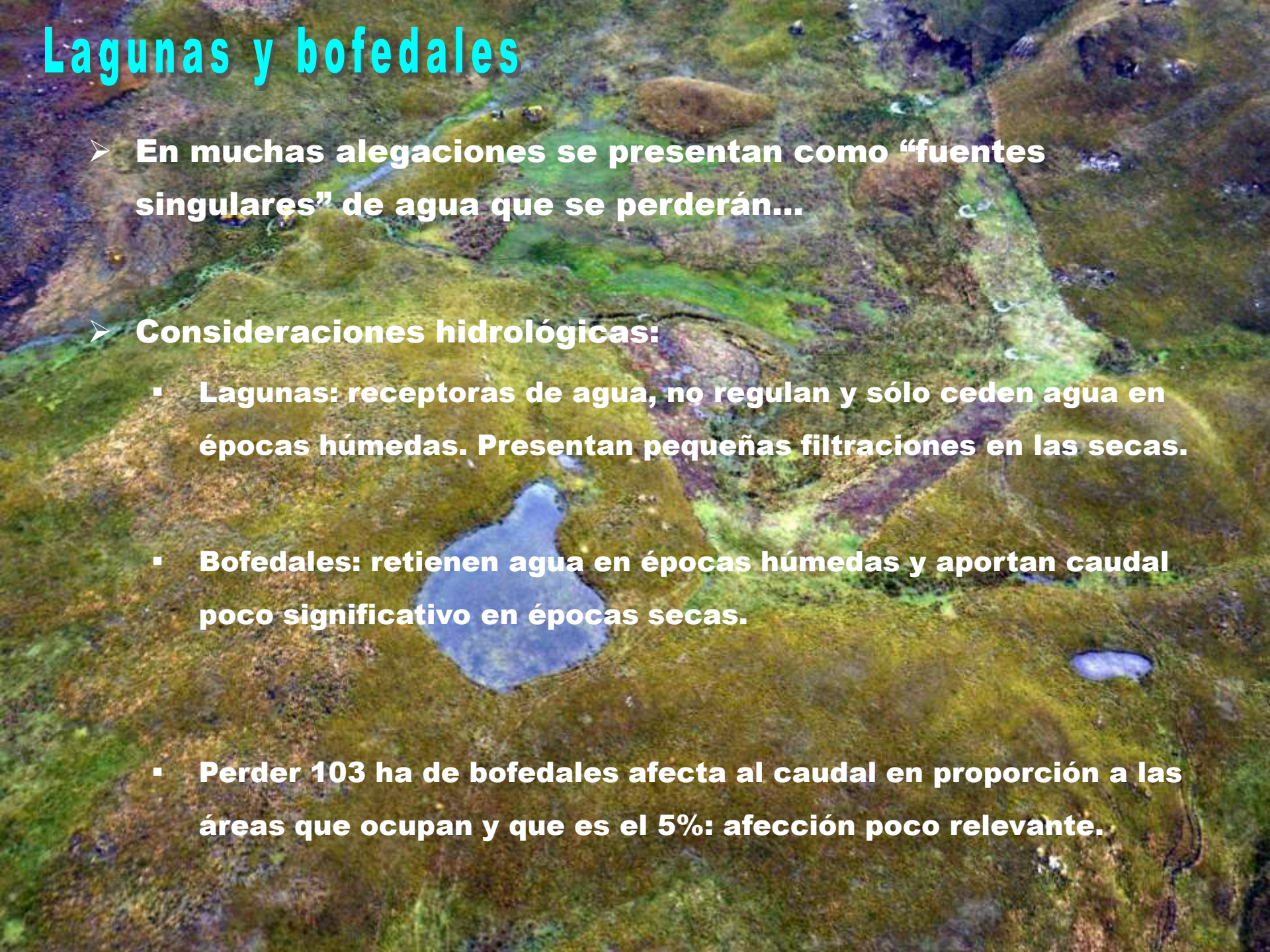
## Etapa post-mina

Capacidad (m <sup>3</sup> )
800.000
7.600.000
2.600.000
1.000.000
<b>12.000.000</b>

Capacidad proyectada Chailhuagón: 1.430.000 m<sup>3</sup>

Elaboración: Peritaje Internacional

# Lagunas y bofedales

An aerial photograph of a wetland landscape. The terrain is covered in dense, low-lying vegetation in shades of green and brown. Several small, irregularly shaped water bodies, likely lagunas or bofedales, are scattered across the landscape. Some are larger and more prominent, while others are smaller and more numerous. The overall appearance is that of a complex, interconnected water system within a natural environment.

- **En muchas alegaciones se presentan como “fuentes singulares” de agua que se perderán...**
- **Consideraciones hidrológicas:**
  - **Lagunas: receptoras de agua, no regulan y sólo ceden agua en épocas húmedas. Presentan pequeñas filtraciones en las secas.**
  - **Bofedales: retienen agua en épocas húmedas y aportan caudal poco significativo en épocas secas.**
  - **Perder 103 ha de bofedales afecta al caudal en proporción a las áreas que ocupan y que es el 5%: afección poco relevante.**

# Calidad de las aguas superficiales

## Calidad del agua en bofedales

pH de 3,0 a 6,4, con valores medios de 3,1 a 4,2  
No apta para consumo humano, animal o riego



**Calidad bacteriológica:**

**Agentes patógenos:**  
coliformes,  
enterococos,  
*Escherichia coli*,...

## Calidad química:

**Agua inadecuada para la vida animal.**

**Alcalinidad inferior a 20 equivalentes de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ :**

- **en todas las muestras de la laguna Azul y la laguna Chica.**
- **en parte de las aguas de las quebradas Toromacho y Chirimayo y en algunos canales.**





**Fauna piscícola: sólo poblaciones bajas de:**

- trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)
- bagre (*Astroblepus sp.*)

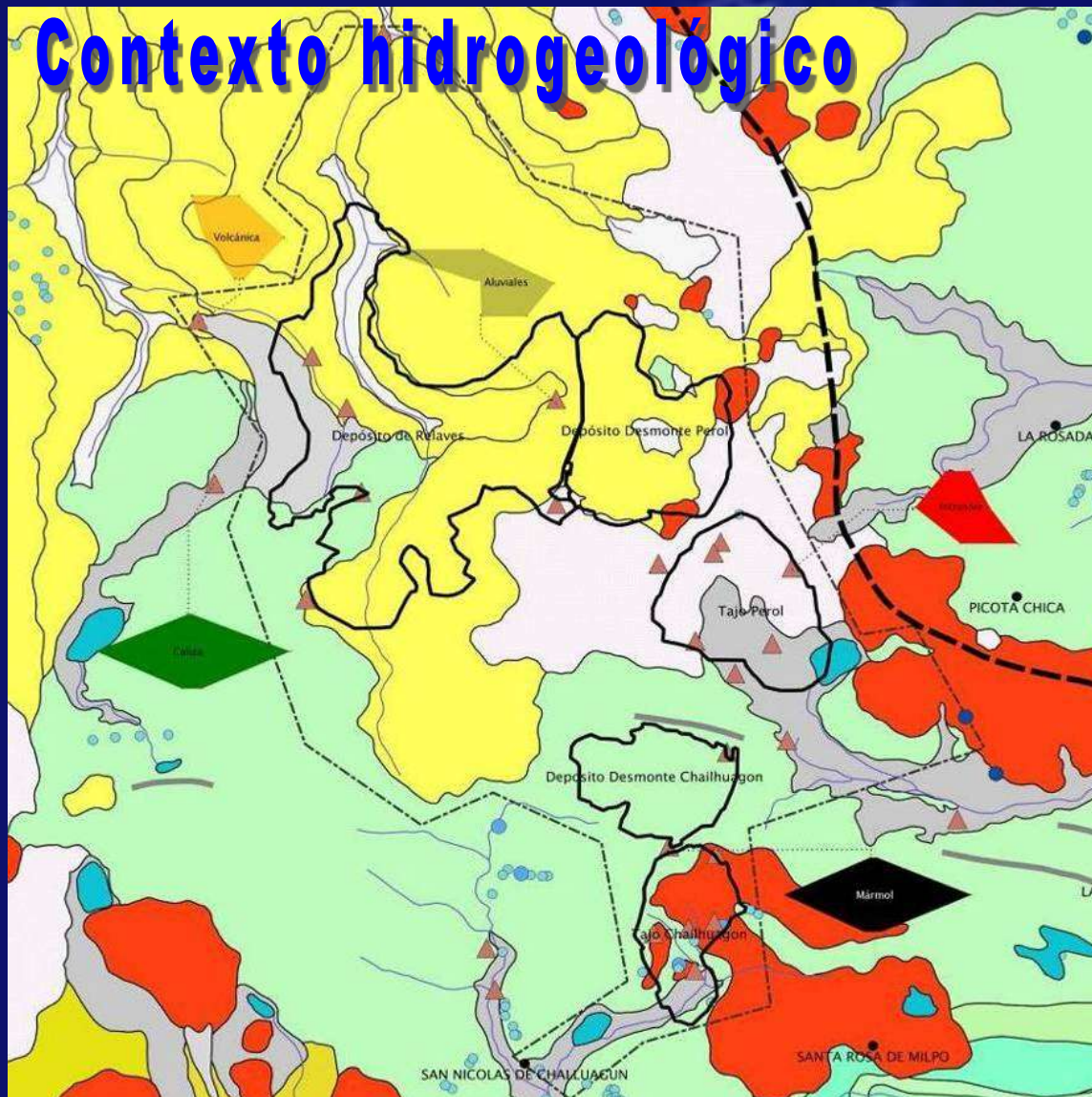
# Actividades desarrolladas en el Peritaje Internacional

## Aguas subterráneas



# Aguas subterráneas

## Contexto hidrogeológico



Geología	Caracterización Hidrogeológica
Dep. Aluviales	Acuífero
Dep. Fluvioglaciares	Acuífero
Dep. Morrénicos	Acuitardo
Volcánico Yamacocha	Acuitardo
Volcánico Frailones	
Volcánico Tual-Puruay	
Formación Cajamarca	Acuífero fracturado cárstico
Grupo Quilquiñan	Acuitardo
Grupo Pulluicana	Acuitardo
Formación Pariatambo	Acuitardo
Formación Chulec	Acuitardo
Formación Inca	Acuitardo
Formación Farrat	Acuífero fracturado
Formación Carhuaz	Acuitardo
Alteración Hidrotermal	Acuitardo
Formaciones Intrusivas	

# Comportamiento hidrogeológico

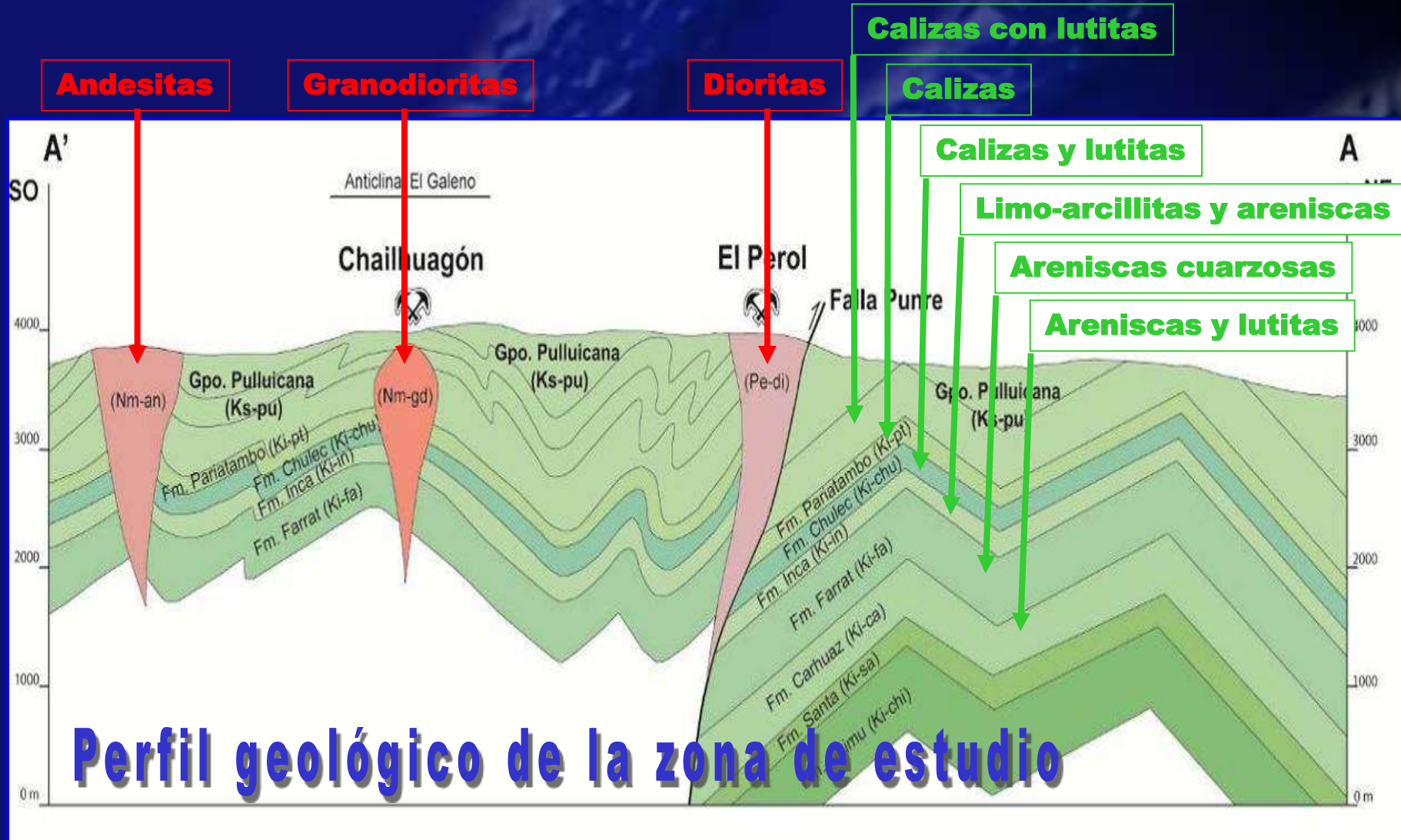
**Acuíferos:** capaces de almacenar y transmitir agua:

Calizas, areniscas, pumitas, granitos, granodioritas, dacitas y andesitas.

**Frecuentemente confinados por acuitardos, que disminuyen drásticamente su recarga y circulación.**

**Acuitardos:** capaces de almacenar agua pero que la transmiten muy lentamente (baja permeabilidad): lutitas, cineritas, depósitos fluvioglaciales, morrenas y bofedales.

# Contexto hidrogeológico



# Comportamiento hidrogeológico



**Arcillas, gravas y bloques.**

**Gravas , arenas y arcillas.**



**Depósitos cuaternarios en el Alto Jadibamba.**



**Interestratificación de calizas y lutitas del Cretácico, en la zona de Chailhuagón.**



**Formaciones volcánicas (pumitas y cineritas) al noroeste de El Perol.**

# Comportamiento hidrogeológico

An aerial photograph showing a rugged volcanic landscape. The terrain is covered with a mix of dark, jagged basaltic rock formations and lighter-colored, more eroded areas. The vegetation is sparse and appears as patches of green and brown. The overall appearance is that of a high-altitude, post-volcanic environment with distinct geological features.

**Tobas basálticas alternando  
con cineritas y alteritas.**



**Rocas compactas y fisuradas, frecuentemente con intercalaciones de baja permeabilidad o “colgadas”.**

# Comportamiento hidrogeológico



**Calizas con permeabilidad por fisuras.**

**Escaso desarrollo de la karstificación.**



**Calizas del Cretácico en el entorno de la laguna de Chailhuagón.**



**Rocas intrusivas (dioritas) al este de El Perol.**

# Condicionantes al comportamiento hidrogeológico



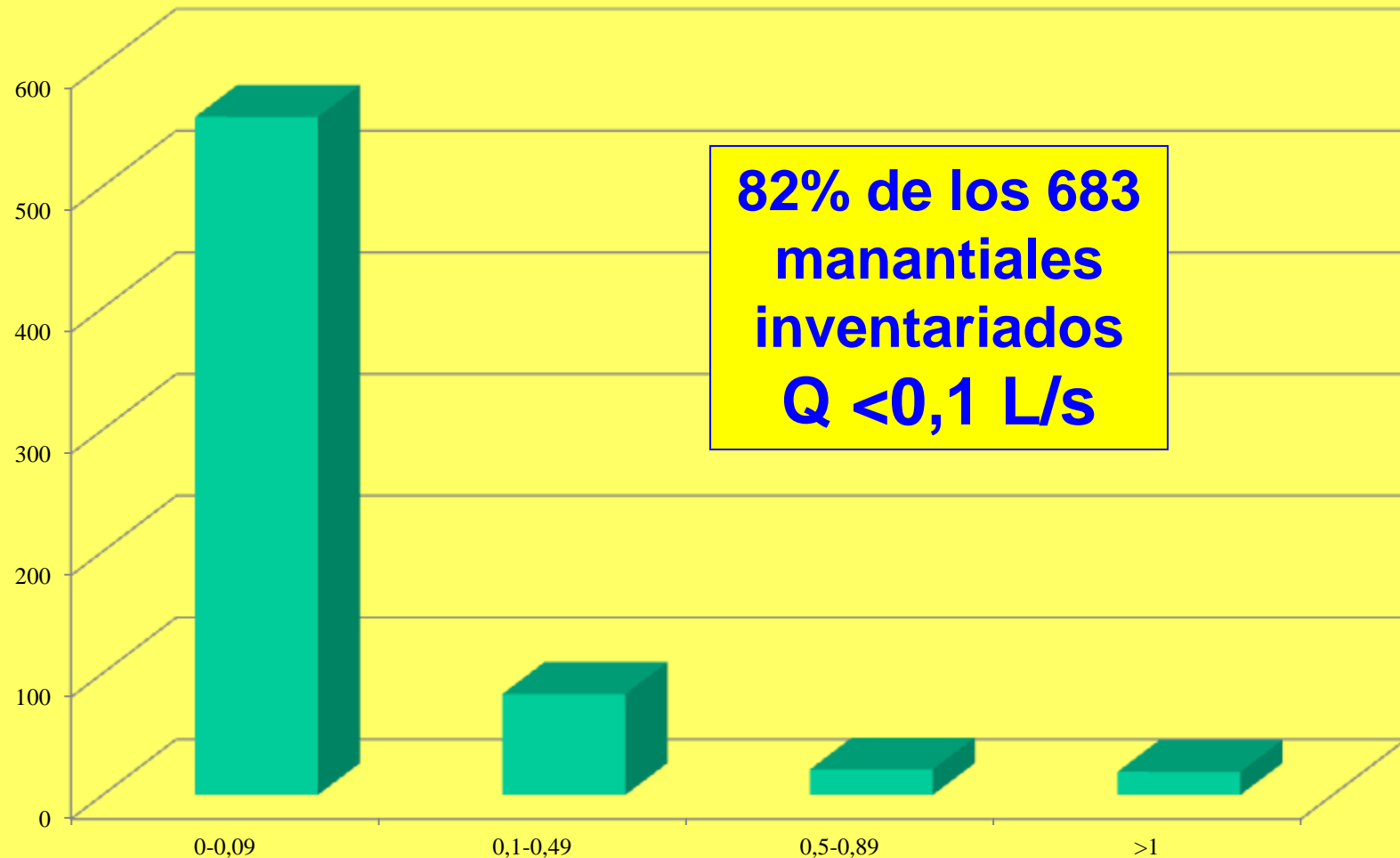
**Rocas intrusivas con permeabilidad por fisuras.**

**Rocas intrusivas granodioritas de Chailhuagón.**

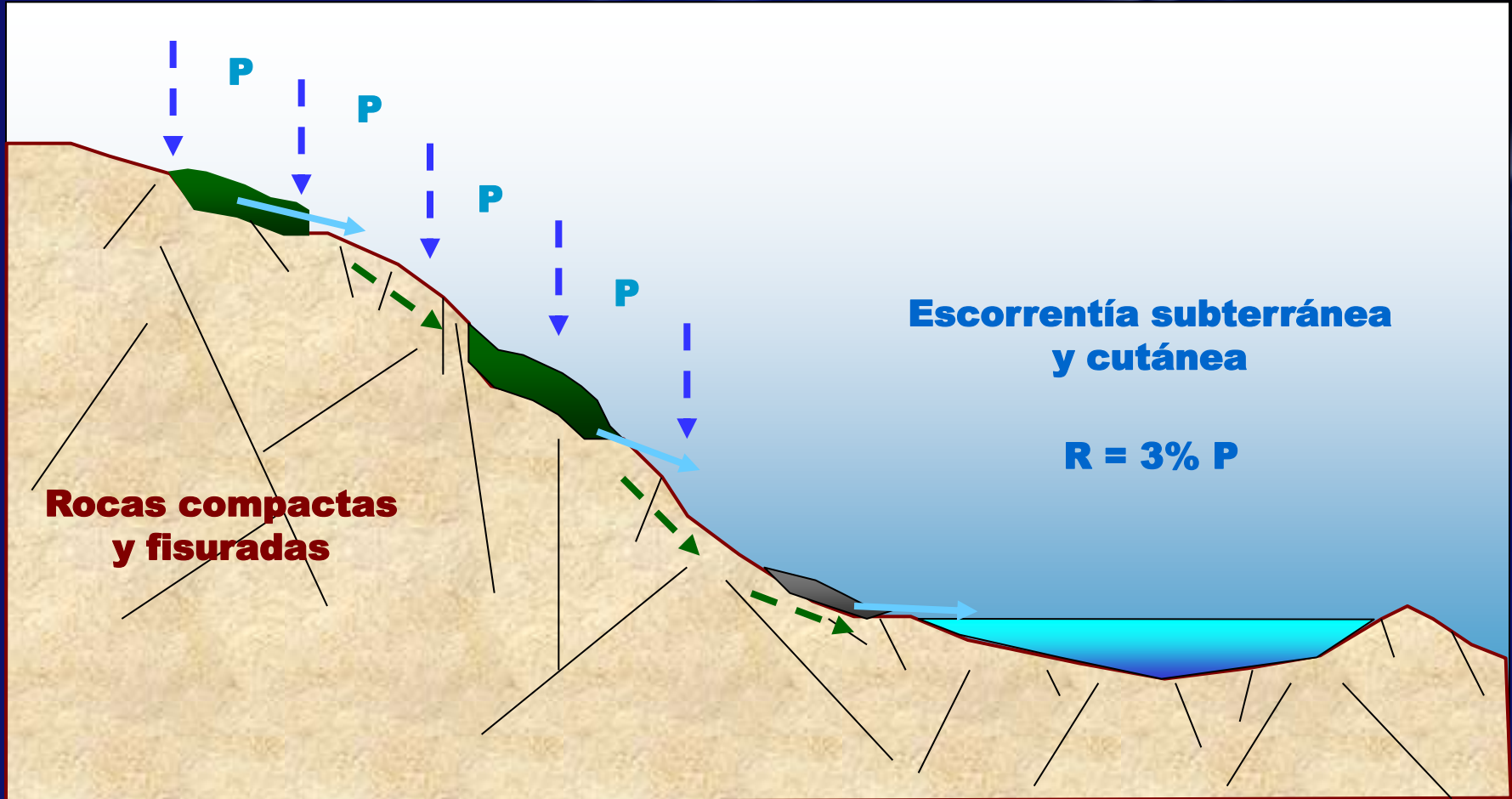


# Caudales de los manantiales

Caudales de los manantiales del area de Conga  
(L/s)




# Descomposición de la precipitación



La escorrentía subterránea (R) es del orden del 3% de la precipitación (P), y se ubica prioritariamente en el acuífero cutáneo. La recarga profunda no es significativa.

# Calidad de las aguas subterráneas y cutáneas

A landscape photograph showing a grassy hillside with a small pond and a body of water in the background. The hillside is covered in green grass and scattered rocks. A small, shallow pond is visible in the lower left, surrounded by rocks. In the background, a larger body of water is visible under a clear sky.

**Calidad hidroquímica:**

**Total de sólidos disueltos suele ser de muy bajo a bajo, aunque también hay valores que superan los 4.000 mg/l (no aptas para consumo humano).**

# Calidad de las aguas subterráneas y cutáneas



## Calidad química:

**La mayoría de los metales reglamentados para los ECA en la Categoría 1 - subcategoría A1, se muestran por debajo de los valores máximos establecidos.**

**Sin embargo, en una serie de muestras de agua de pozos, se exceden los contenidos en Al, As, Fe, Hg, Pb y Mn.**


# Calidad de las aguas subterráneas y cutáneas

A photograph of a small waterfall cascading over dark volcanic rocks in a grassy, hilly landscape. The water is white and frothy as it falls. The surrounding area is covered in green grass and some taller, dry-looking plants. The sky is overcast and grey.

## Calidad bacteriológica:

**Los coliformes totales y fecales generalmente son bajos; pero, como consecuencia de la influencia humana y/o Animal, con frecuencia, se presentan excedencias del ECA de coliformes fecales, en algunos puntos de aguas cutáneas y subterráneas.**

# Calidad de las aguas subterráneas y cutáneas

An aerial photograph of a vast, green, hilly landscape. The terrain is covered in dense vegetation, likely grass or low shrubs. In the distance, a dark rectangular area is visible, possibly a field or a small town. The sky is overcast and grey.

**Metales pesados:**  
frecuentemente por encima de ECA Categoría 1.

**Coliformes:**  
a veces por encima de los límites establecidos.

# Conclusiones

- **Los reservorios garantizan los caudales de mitigación y dejan margen de mejora a la gestión del agua.**
- **Se debe estudiar la posibilidad de otro reservorio complementario en la quebrada Alto Chirimayo.**
- **El impacto positivo de los reservorios será importante y multiplicador, por ser las primeras obras de regulación en este entorno.**
- **La gestión adecuada de los reservorios podrá aportar agua regulada a muchos usuarios, incluso con mayor dotación.**

**La escorrentía de base de quebradas y ríos acusa un fuerte estiaje, por la inexistencia de acuíferos subterráneos que aportarían poder regulador al sistema hídrico superficial.**

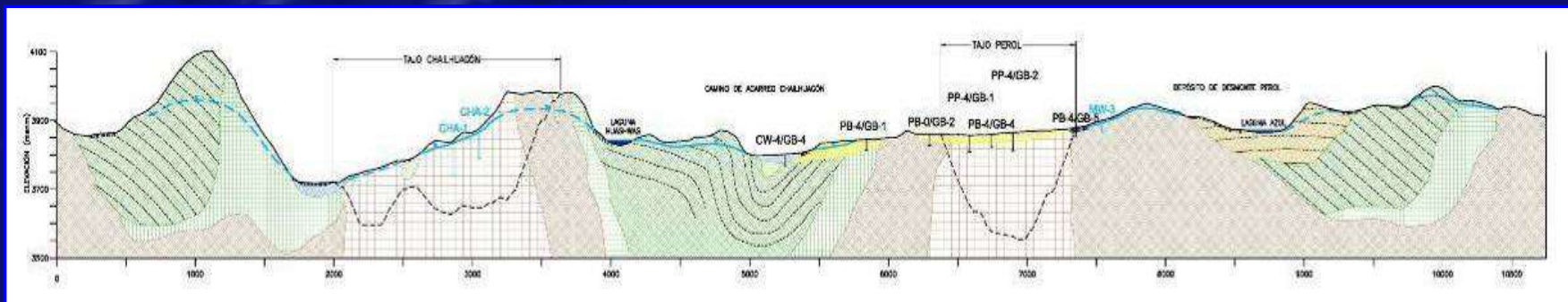
**La estructura geológica, compartimentada por materiales de muy baja permeabilidad, no favorece la existencia de acuíferos de entidad.**

# Conclusiones

**Las aguas de los manantiales inventariados son en general hiposalinas, revelando circuitos hidrogeológicos cortos y poco profundos.**

**Las permeabilidades son bajas y el sistema hidrogeológico está compartimentado.**

**Se prevén afecciones del Proyecto pequeñas y poco significativas.**



**Las lagunas, ubicadas sobre limolitas y depósitos glaciares de baja permeabilidad, tienen conexión hidráulica muy limitada con los potenciales acuíferos.**



# Propuestas de gestión del agua

- **Es imprescindible el seguimiento y control para:**
  - **Comprobar el cumplimiento de las previsiones.**
  - **Informar de forma transparente a la población.**
  - **Registrar datos y actualizar estudios para mejorar progresivamente el conocimiento hidrológico de la zona.**
  
- **Se requiere:**
  - **Ampliar la red de registro de datos, sobre todo de caudales.**
  - **Sistematizar el análisis de datos y la edición y difusión de informes.**
  - **Incluir la participación de comunidades, instituciones y universidades.**

# Propuestas de gestión del agua

- Control y análisis sistemático y participativo de la hidrología del sistema:
  - ✓ Red de control hidrometeorológico.
  - ✓ Protocolos de análisis de datos y emisión de informes, con umbrales de alerta sobre fallos en las previsiones o anomalías de funcionamiento.
- Gestión participativa de los reservorios, bajo control de la ANA, para atender demandas de agua de los usuarios.
- Aumento de la capacidad de los reservorios, tras el estudio individualizado, para incrementar su impacto positivo.

# Propuestas de gestión del agua

Construcción de reservorios.



**Laguna-reservorio de Chailhuagón**

# Propuestas de gestión del agua

**Construcción de una red de amunas para sembrar y cosechar aguas.**

# Propuestas de gestión del agua

**Perforación de taladros subhorizontales de captación controlada, para atender necesidades locales.**





**A la Presidencia del Consejo de Ministros,  
por confiar este Dictamen Técnico.**

**Al Ministerio de Minas y Energía,  
por autorizar esta presentación.**

**Al Instituto de Ingenieros de Minas del Perú,  
y a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos,  
por invitar a este presentación.**

**Sulpayki !!!**

**Yuspagara !!!**

**Muchas gracias !!!**

**Prof. Dr. Ing. de Minas Rafael Fernández Rubio**

**rfrubio@gmail.com**

**Lima, julio de 2014**

