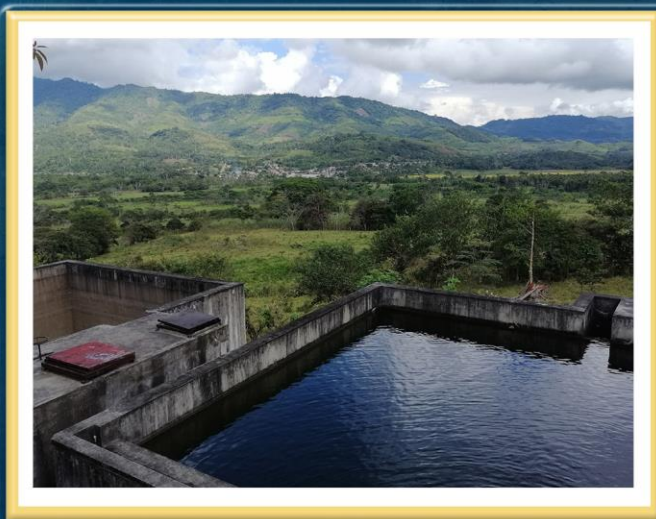


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7087**

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE SHUCSHUYACU

Región San Martín  
Provincia Moyobamba  
Distrito Jepelacio



## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.0 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
1.4 ACCESIBILIDAD .....	5
1.5 CLIMA.....	6
1.6 HIDROGRAFÍA.....	7
<b>2.0 METODOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
2.1 GABINETE I .....	7
2.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO .....	8
2.3 GABINETE II .....	8
<b>3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS .....	8
3.1.1 Formación Cushabatay .....	8
<b>4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....</b>	<b>11</b>
4.1 UNIDAD DE MONTAÑAS .....	11
4.1.1 Sub-unidad de Montañas y Colinas Estructurales en Roca Sedimentaria (RMCE-rs).....	11
<b>5.0 PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>13</b>
<b>6.0 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....</b>	<b>15</b>
<b>7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS.....</b>	<b>22</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de las causas que conllevaron al enturbiamiento del agua almacenada en el reservorio que abastece al sistema de agua potable del centro poblado de Shucshuyacu, perteneciente al distrito de Japelacio, provincia de Moyobamba, región San Martín.

El objetivo del informe es determinar las causas que generaron el enturbiamiento del agua de la quebrada Tioyacu Margen Derecha, cuya naciente es un manantial que descarga un acuífero sedimentario fisurado.

La geología de la zona está representada por rocas sedimentarias, tales como areniscas cuarzosas de grano medio a grueso y areniscas ferruginosas pertenecientes a la Formación Cushabatay del Grupo Oriente, por lo que la configuración morfológica está dominada por montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria.

El enturbiamiento del agua se debió a la descarga de sedimentos finos con alto contenido de óxido ferroso, que fueron arrastrados desde el interior de un acuífero sedimentario fisurado y descargados a través del manantial (1200 m s.n.m.) que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha, canalizándose a través de su cauce hasta alcanzar la captación (1076 m s.n.m.), a partir de donde fue conducido a través de la tubería que alimenta al reservorio (980 msnm), contaminándolo y tornando el agua de coloración anaranjado. Consecuentemente, en las viviendas del C.P de Shucshuyacu (950 m s.n.m.), emanaba agua color anaranjado, alarmando a la población.

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través del proyecto: ACT.7: Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional.

El Gobierno Regional de San Martín, por intermedio de la Oficina Regional de Seguridad y Defensa Nacional, solicita mediante Oficio N°071-2020-GRSM/ORSDENA de fecha 26 de junio del 2020 la evaluación geológica – geodinámica por movimientos en masa en la localidad de Shucshuyacu.

Para la evaluación de los peligros geohidrológicos el INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó al especialista Ing. Abraham Gamonal Sánchez para realizar la evaluación. Los trabajos de campo se efectuaron el día 2 de julio del 2020.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET y otras instituciones competentes, la interpretación de imágenes satelitales de la zona de estudio, preparación de mapas temáticos preliminares para trabajos de campo, toma de datos en campo, cartografiado geológico y geodinámico en campo, entrevista con los pobladores sobre el evento y finalmente la redacción del informe técnico.

Este informe, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Determinar las causas del enturbiamiento del agua de la quebrada Tioyacu Margen Derecha.
- Implementar medidas correctivas en forma puntual e integral, esto servirá para que las autoridades competentes actúen adecuadamente, en la prevención y reducción del riesgo de desastres en la zona evaluada.

## 1.2 ANTECEDENTES

- **Riesgo Geológico de la Región San Martín. Boletín N°42 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica (2010):** Indica que la zona de San Martín corresponde a una zona de muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa, debido a las condiciones del terreno favorables para la generación de estos eventos. Se recoge de este estudio, la caracterización hidrogeológica de la región San Martín.
- **Oficio N°0071-2020-GRSM/ORSDENA:** El Gobierno Regional de San Martín, por intermedio de la Oficina Regional de Seguridad y Defensa Nacional, solicitan al INGEMMET, la evaluación técnica con carácter de urgencia.
- **Oficio N°226-2020-EPS-M/GG:** Informe de resultados de análisis físico-químico de muestras de agua de captación y reservorio del sistema de agua potable del C.P. de Shucshuyacu.

## 1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicado a 2 km al este de la zona urbana del Centro Poblado de Shucshuyacu, distrito de Jepelacio, provincia Moyobamba, región de San Martín (figura 1 y cuadro 1).

Cuadro 1: Coordenadas de ubicación de la zona evaluada

Ubicación de Zona de Estudio	Coordenadas UTM, Datum WGS 84 - Zona 18S		
	Este (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m.)
Shucshuyacu	290161	9319249	950
Manantial - Naciente Qda. Tioyacu Margen Derecha	291973	9319703	1200
Captación	291547	9319558	1076
Reservorio	291350	9319530	980

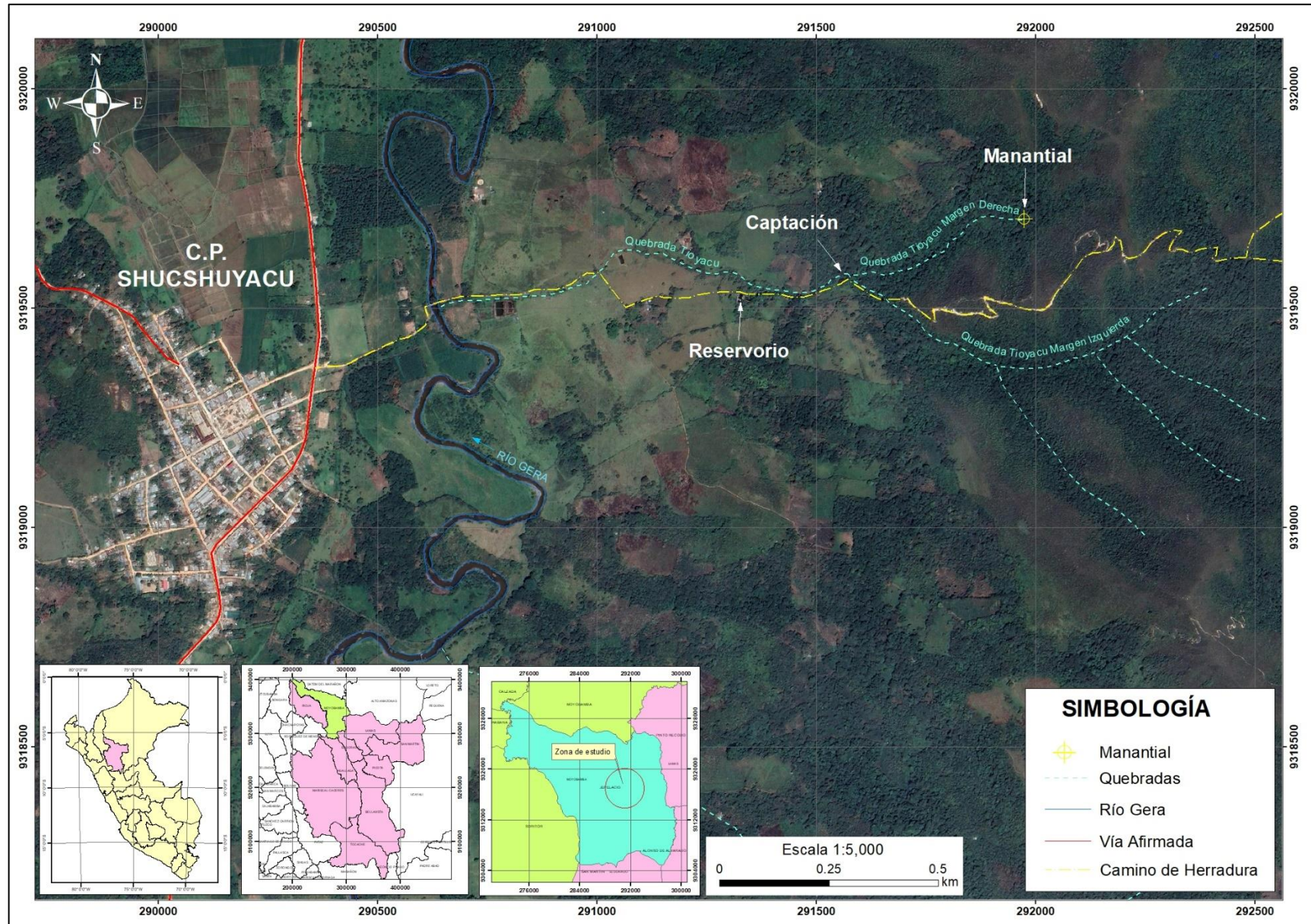


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

### 1.4 ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de evaluación se realiza a través de la carretera asfaltada Fernando Belaunde Terry, tramo Tarapoto – Moyobamba, se continúa por la vía asfaltada Moyobamba – Jepelacio. Finalmente, desde la ciudad de Jepelacio se toma la vía que conduce a la localidad de Shucshuyacu (fotografías 1 y 2), encontrándonos dentro del área de estudio.

El acceso se realiza siguiendo el itinerario indicado en el cuadro 2, partiendo de la ciudad de Tarapoto (figura 3); en un trayecto que demora aproximadamente 2 horas con 47 minutos (cuadro 3).

Cuadro 2: Ruta de acceso a la zona de evaluación.

Tramo	Distancia	Tiempo	Tipo de Acceso	Estado
Tarapoto - Moyobamba	112.00 km	2 horas	Carretera Asfaltada	Buena
Moyobamba - Jepelacio	15.70 km	30 min	Carretera Asfaltada	Buena
Jepelacio - Shucshuyacu	7.50 km	17 min	Carretera Afirmada	Regular



Fotografía 1. Municipalidad del Centro Poblado de Shucshuyacu. Coordinación con autoridades locales y regionales.



Fotografía 2. Plaza de armas del C.P Shucshuyacu.

## 1.5 CLIMA

El clima templado-cálido en la zona de estudio. La temperatura baja promedio anual es de 22.7°C a 22.9°C y la temperatura alta promedio anual es de 26.2°C a 26.5°C.

El periodo lluvioso se presente entre los meses de setiembre a mayo. La precipitación varía en toda la región San Martín, con mínimos de 500 mm a máximos de 3000 mm (figura 2). Sin embargo, para la zona de evaluación el rango de precipitación se encuentra entre 1000 a 1500 mm.



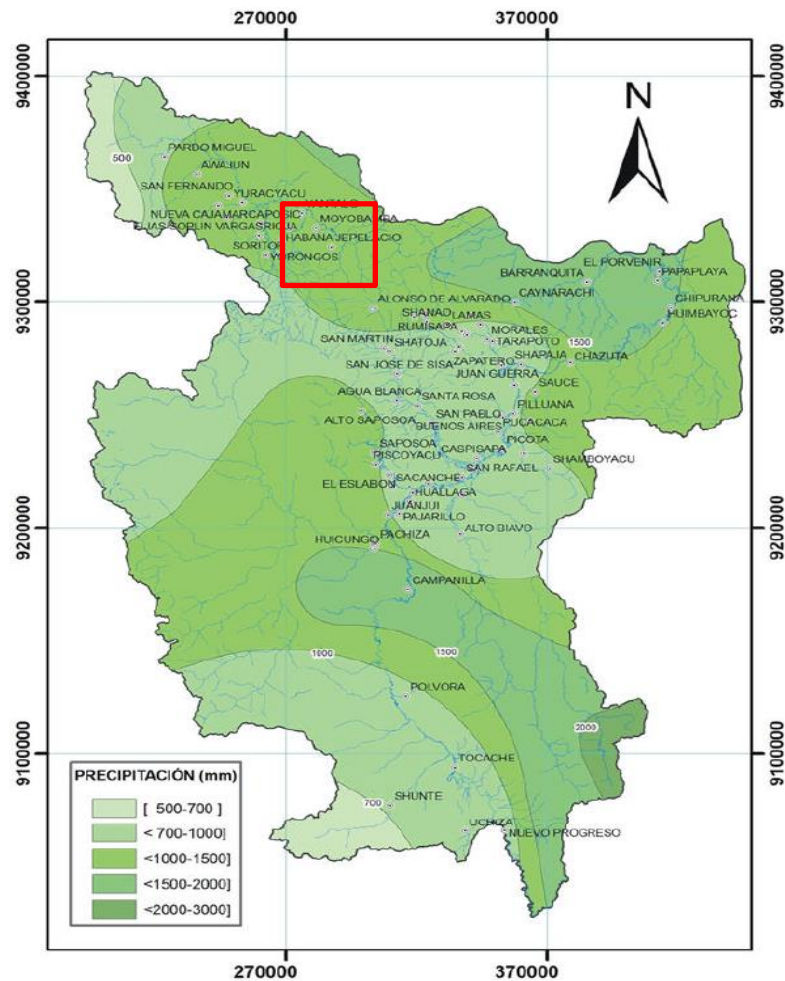


Figura 2. Mapa de precipitación anual, en el periodo lluvioso normal setiembre a mayo. Fuente: Atlas de Peligros Naturales del Perú – INDECI, 2003. Recuadro rojo indica la zona de evaluación.

## 1.6 HIDROGRAFÍA

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Gera, el cual fluye con una dirección sur a norte, y es alimentado por quebradas estacionales que se activan en temporada de lluvias y/o quebradas cuya nacimiento son surgencias de aguas subterráneas como es el caso de la quebrada Tioyacu.

## 2.0 METODOLOGÍA

El presente estudio, ha sido desarrollado en tres etapas principales, las que se indican a continuación:

### 2.1 GABINETE I

Consistió en la revisión de la información existente relacionado a las características geológicas regionales de la zona de estudio, disponibles en el Geoservidor del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), correspondiente al Cuadrángulo Geológico de Moyobamba, hoja 13-j, a escala 1:100,000. Se realizó la revisión de la información existente como: aspectos geológicos locales, geomorfológicos, hidrogeológicos

y reportes de peligros geológicos anteriores, entre otros.

## **2.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO**

Las actividades que se desarrollaron en esta etapa consistieron en:

- Entrevista con los pobladores respecto a la ocurrencia del evento.
- Evaluación morfológica de la zona de estudio.
- Reconocimiento en campo de la zona de reservorio y captación.
- Sobrevuelo con DRONE de la zona de reservorio y captación.
- Recorrido de la quebrada Tioyacu Margen Derecha hasta su nacimiento aguas arriba.
- Cartografiado de las unidades lito-estratigráficas aflorantes.

## **2.3 GABINETE II**

Esta etapa consistió en una primera instancia en el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales para la obtención de la ortofoto que fue complementada con imágenes satelitales disponibles en Google Earth para abarcar desde la zona de captación hasta la nacimiento de la quebrada Tioyacu Margen Derecha.

Posteriormente, juntamente con la información resultante de la etapa de campo, se procedió a elaborar las coberturas temáticas en formato SIG: Ubicación, geología regional, geomorfología y ubicación de las componentes del sistema de agua potable del C.P. de Shucshuyacu. Finalmente se redactó el informe técnico.

## **3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS**

### **3.1 UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS**

Se han identificado afloramientos de la Formación Cushabatay que juntamente con las formaciones Esperanza y Aguas Calientes, conforman el Grupo Oriente. Por otra parte, cubriendo el valle del río Gera se observan depósitos aluviales cuaternarios.

#### **3.1.1 Formación Cushabatay**

Está conformada por areniscas de cuarzo o cuarzo arenitas, con coloraciones blanco-amarillentas a rojizas o marrón. La mayoría de estas areniscas son bastante friables, aunque algunas tienen cemento hematítico. Puede encontrarse intercalaciones escasas con limoarcillitas y limolitas grises (figura 3).

En el reconocimiento de campo se han identificado estratos de areniscas ferruginosas, pues presentan en su composición elevado contenido de óxidos y fácilmente reconocibles por su color rojo a naranja (fotografías 3 y 4).



Fotografía 3. Estratos sub-verticales y sub-métricos de areniscas de la Formación Cushabatay.



Fotografía 4. Muestras de mano de areniscas ferruginosas, encontradas en afloramientos rocosos del manantial donde nace la quebrada Tioyacu Margen Derecha.

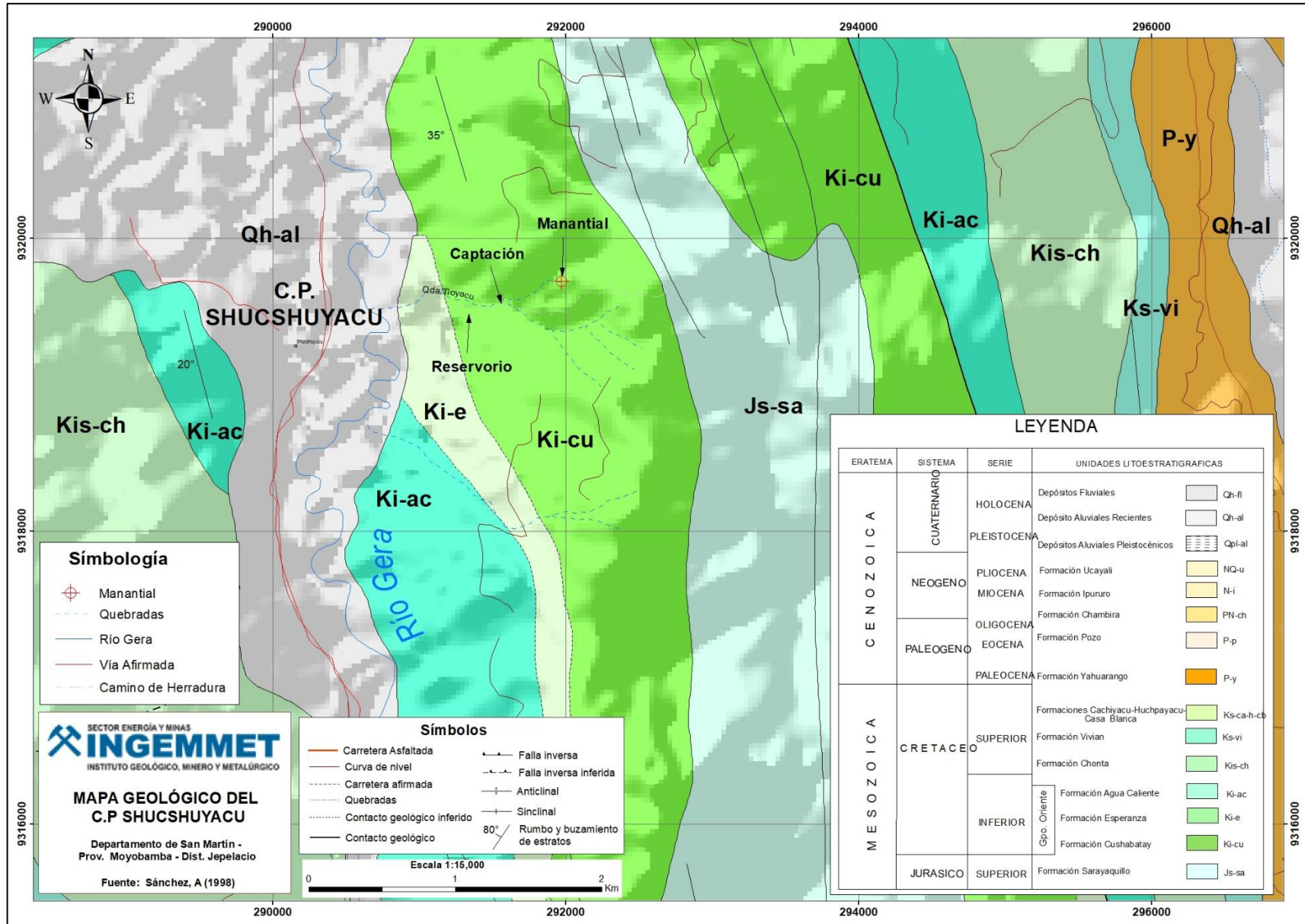


Figura 3: Geología regional de la zona de estudio.

## 4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1 UNIDAD DE MONTAÑAS

#### 4.1.1 Sub-unidad de Montañas y Colinas Estructurales en Roca Sedimentaria (RMCE-rs)

Constituye la unidad geomorfológica de mayor predominancia en la región San Martín y se encuentra distribuida entre alineamientos montañosos de secuencias sedimentarias con buzamientos de estratos que controlan la pendiente de las laderas.

Esta unidad se caracteriza por seguir un patrón estructural, es decir siguen una serie de anticlinales y sinclinales bordeando las zonas de montañas. Las rocas involucradas son de tipo sedimentario como areniscas del Grupo Oriente (fotografía 5 y figura 4).



Fotografía 5. Cadena de montañas y colinas que limitan el valle del río Gera.

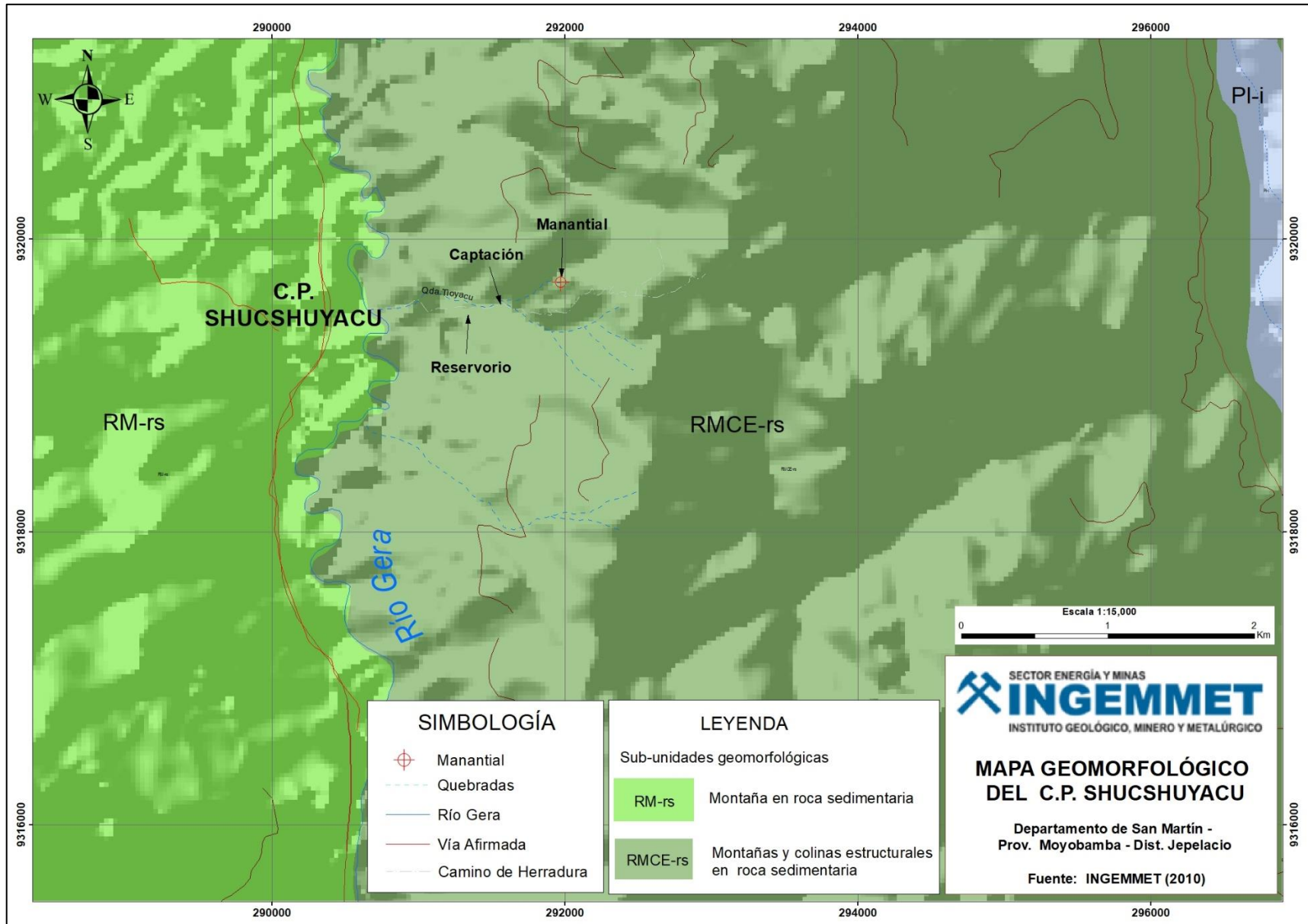


Figura 4: Geomorfología de la zona de estudio.

## 5.0 PELIGROS GEOLÓGICOS

En el marco del análisis regional acerca de la predisposición de la zona ante la ocurrencia de movimientos en masa, el área evaluada es calificada como de MEDIA SUSCEPTIBILIDAD (figura 5). Sin embargo, en la inspección de campo no se han observado eventos geodinámicos relacionados a movimientos en masa, debido a que las laderas de las montañas están conformadas por afloramientos rocosos del Grupo Oriente, de buena a regular resistencia (fotografía 6).



Fotografía 6. Laderas de montaña sin ocurrencia de movimientos en masa, a pesar de la deforestación a la que han sido sometidas.

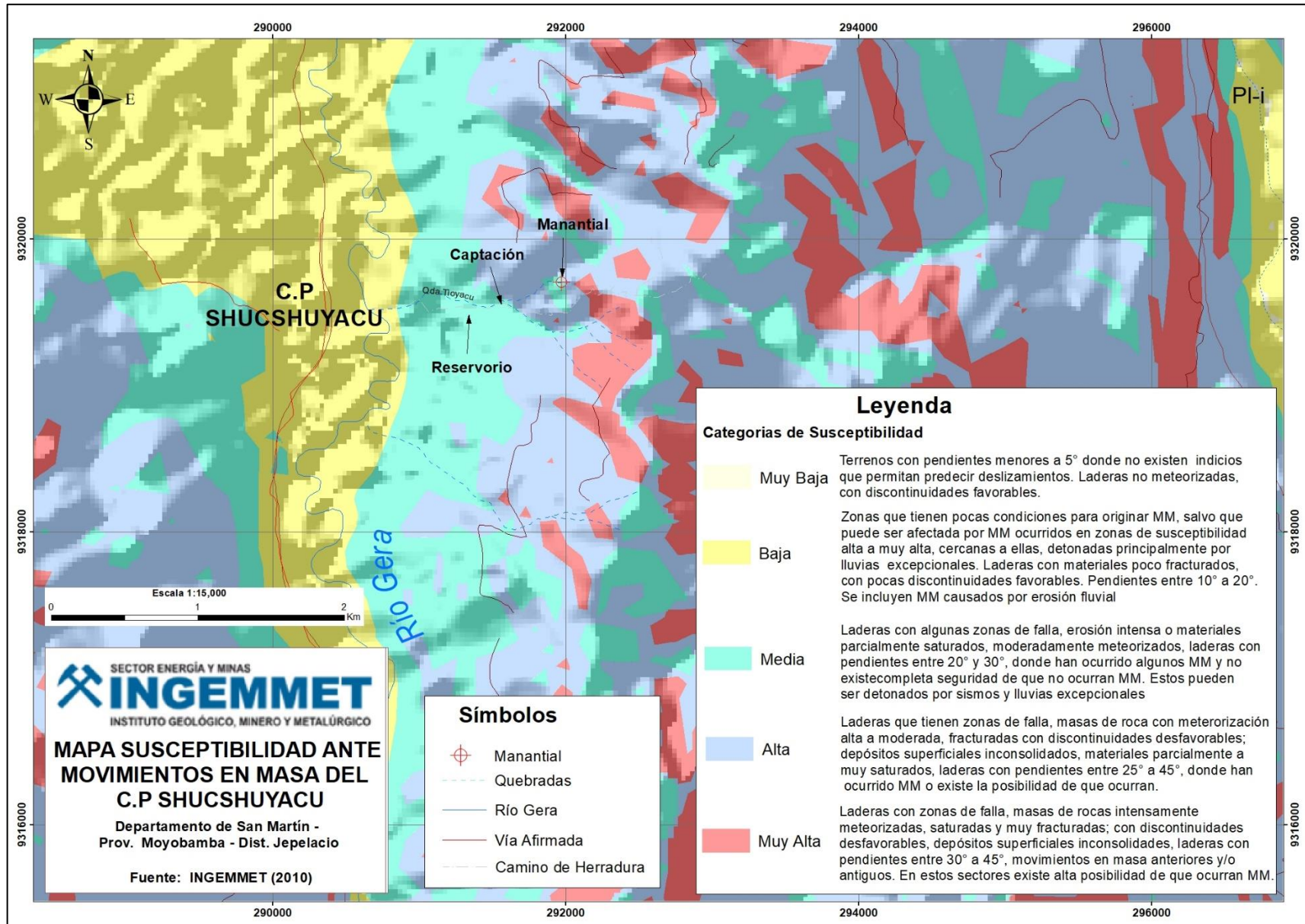


Figura 5: Susceptibilidad ante movimientos en masa de la zona de estudio. Fuente: INGEMMET, 2010.



## 6.0 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

En la zona de estudio, que comprende desde el nacimiento de la quebrada Tioyacu Margen Derecha hasta el reservorio de agua potable; afloran areniscas de la Formación Cushabatay, las cuales presentan un fracturamiento medio a regular, catalogada por INGEMMET, a escala regional, como unidad hidrogeológica de Acuífero Fisurado Sedimentario (AFSe), de importante interés hidrogeológico para almacenar y transportar los flujos subterráneos.

Una de las descargas de este acuífero fisurado, es el manantial ubicado en las coordenadas N9319703; E291973 y a una altitud de 1200 m s.n.m., que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha y cuyas aguas son captadas para abastecer el sistema de agua potable del C.P. de Shucshuyacu (figura 7).

Los afloramientos rocosos observados en las inmediaciones del manantial corresponden a areniscas ferruginosas de la Formación Cushabatay. Se les denomina ferruginosas por el alto contenido de óxidos en su composición, que le dan un color anaranjado característico (fotografías 7 y 8).

El agua proveniente de las lluvias se infiltra hacia el subsuelo, favorecido por buzamientos sub-verticales y fracturas secundarias de las rocas, y actúa como disolvente universal, por lo que los flujos de aguas subterráneas en este sector estarán adquiriendo la presencia de óxidos en su composición debido a que discurren por estas formaciones donde se evidencian el contenido de estas (areniscas ferruginosas). Esto ha generado el arrastre y posterior sedimentación de óxidos, que han rellenado fracturas y oquedades dentro del acuífero fisurado, posiblemente obstruyéndolas, aumentando la presión hidrostática y como resultado a esto, el arrastre de sedimentos finos con alto contenido de óxidos ferrosos (fotografía 9).

Dichos sedimentos, al ser descargados a través del manantial fueron canalizados por la quebrada Tioyacu Margen Derecha (fotografía 10), hasta alcanzar la zona de captación (fotografía 11), ingresando de esta manera a la tubería de conducción que alimenta el reservorio de agua potable (fotografía 12), por ende, contaminándola con sedimentos arcillosos ricos en óxidos, tornando las aguas de color anaranjado.

De la información vertida por los pobladores, quienes indican que este manantial mantiene un caudal constante en épocas de lluvia y estiaje, por lo que representa una componente de vital importancia para el abastecimiento de agua. Asimismo, refieren que este tipo de eventos, de enturbiamiento, se ha repetido en épocas anteriores, no afirmando en exactamente la fecha, por lo que podemos afirmar que este evento es recurrente cada cierto tiempo de años.

Finalmente, como una primera medida, se recomendó a las autoridades locales y regionales, la recolección de muestras de agua del reservorio y del manantial, a fin de que sean sometidas a un análisis químico. Dicha recomendación fue realizada, siendo recolectadas 04 botellas de plástico (02 muestras con repeticiones), tanto de la zona de captación y del reservorio (cuadro 3). Dichas muestras fueron analizadas para 5 parámetros físicoquímicos tales como: turbiedad, temperatura, pH, conductividad y sólidos totales disueltos.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Entidad prestadora de servicios de saneamiento Moyobamba – Gobierno Regional de San Martín (EPS Moyobamba S.A.).

El parámetro de turbiedad para la zona de captación resultó en 307 NTU, sobrepasando en

207 NTU al límite máximo permisible (LMP) que es de 100 NTU. Para los demás parámetros analizados los resultados estuvieron por debajo de los LMP (cuadro 4).

Cuadro 3: Ubicación de los puntos de muestreo de agua.

ID	DESCRIPCIÓN	H	X	Y	TIPO
1	Captación (Afloramiento)	1076	291547	9319558	MUESTRA 1
2	Reservorio	980	291350	9319530	MUESTRA 2

Cuadro 4: Resultados del análisis fisicoquímico de agua.

Manantial	Parámetros	Unidad	Resultados	Estándares de Calidad Ambiental Categoría 1	
				A1*	A2**
Quebrada Tioyacu (margen derecha 22-06-2020)	Turbiedad	NTU	307	5	100
	Temperatura	°C	20	Δ 3	Δ 3
	Potencial Hidrogeno	pH	6.41	6.5 - 8.5	5.5 - 9
	Conductividad	μS/cm	47.88	1500	1600
	Solidos totales Disueltos	mg/L	24.49	1000	1000
Quebrada Tioyacu (margen derecha 27-06-2020)	Turbiedad	NTU	-	5	100
	Temperatura	°C	20.3	3	3
	Potencial Hidrogeno	pH	5.51	6.5 - 8.5	5.5-9
	Conductividad	μS/cm	31.57	1500	1600
	Solidos totales Disueltos	mg/L	15.91	1000	1000
Quebrada Tioyacu (margen izquierda 01-07-2020)	Turbiedad	NTU	1.02	5	100
	Temperatura	°C	20.1	3	3
	Potencial Hidrogeno	pH	6.56	6.5 - 8.5	5.5-9
	Conductividad	μS/cm	15.14	1500	1600
	Solidos totales Disueltos	mg/L	8.27	1000	1000

\*A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

\*\*A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Fuente: Entidad prestadora de servicios de saneamiento Moyobamba – Gobierno Regional de San Martín.

Las características fisicoquímicas medidas no permiten establecer las características químicas propias del acuífero, el contenido de elementos y los probables sólidos suspendidos deberán medirse a través de una muestra para cuantificar la composición de metales totales y una muestra filtrada para metales disueltos, para conocer la composición que podría adquirir el flujo por el contacto agua roca dentro del acuífero, adicionalmente se podría hacer un análisis para la determinación de sólidos suspendidos totales.

Se recomienda monitorear por periodos prolongados el parámetro de turbiedad y conductividad eléctrica, acompañado de una muestra química considerando los eventos del ciclo hidrológico; en el grafico se muestran los límites establecidos por el ECA-Agua para el parámetro de turbiedad; de los resultados fisicoquímicos se observa que la muestra del 01-07-2020 la turbiedad es de 1.02NTU la cual está dentro de lo establecido por la norma pero puede ser a consecuencia de un evento hidrológico o la dirección y mezcla de flujos superficiales y subterráneos, figura 6.

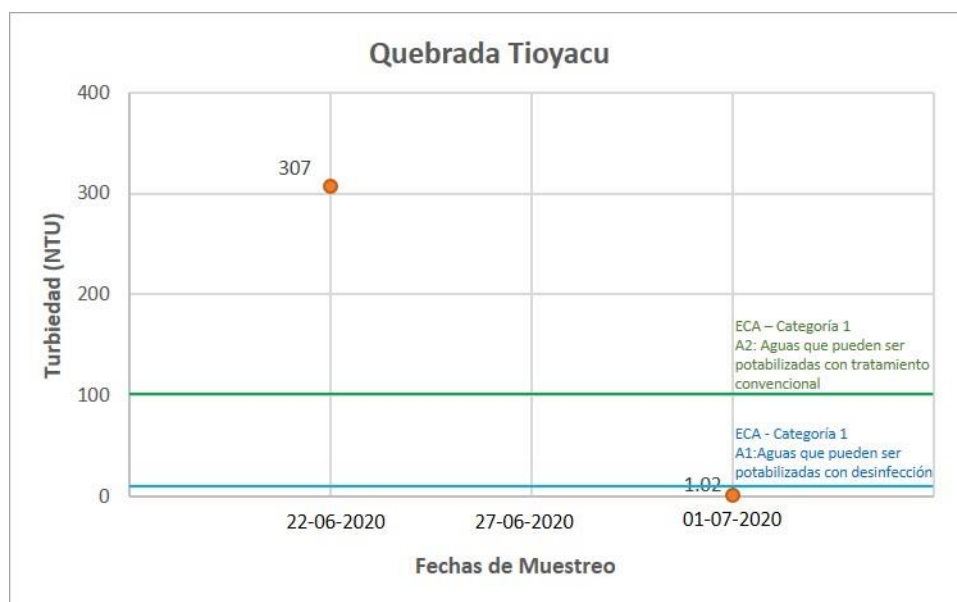


Figura 6: Límites establecidos para turbiedad según el ECA – Agua.



Fotografía 7. Autoridades locales con personal de INGEMMET, en el manantial que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha.



Fotografía 8. Vista del manantial que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha. Se observan escombros de areniscas ferruginosas de la Formación Cushabatay.



Fotografía 9. Sedimentos finos compuestos por arcillas y óxidos ferrosos, que le dan ese color anaranjado característico.



Fotografía 10. Presencia de sedimentos color anaranjado en el cauce de la quebrada Tioyacu Margen Derecha.



Fotografía 11. Captación el sistema de agua potable. Se ubica a 20 m aguas debajo de la confluencia de las quebradas Tioyacu Margen Derecha y Tioyacu Margen izquierda.



Fotografía 12. Reservorio del sistema de agua potable del C.P Shucshuyacu.

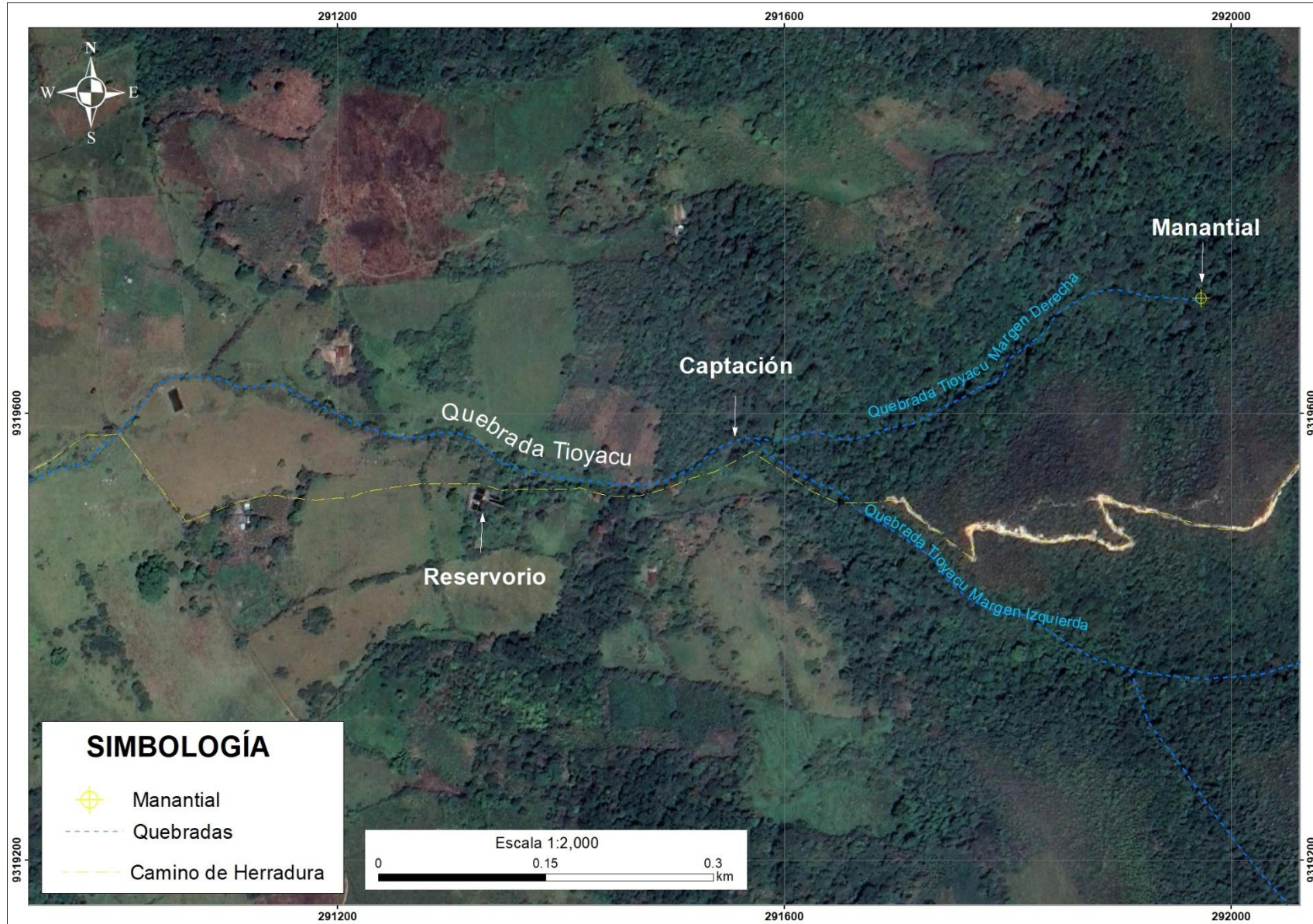


Figura 7: Vista en planta de la ubicación de las componentes hidráulicas del sistema de agua potable del C.P Shuchshuyacu.

## 7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS

Ante el evento descrito, se deberán implementar las medidas de mitigación que se indican a continuación:

- Mantener una vigilancia continua del sistema de agua potable, específicamente en la zona de captación y reservorio.
- Realizar una limpieza del cauce de la quebrada Tioyacu Margen Derecha, retirando los sedimentos arcillosos ricos en óxidos ferrosos. Esta limpieza incluye también la captación, la tubería de conducción y el reservorio.
- Como una medida estructural, ante futuros eventos similares, se deberá construir un reservorio de concreto a aproximadamente 30 m aguas abajo del manantial, donde las condiciones topográficas sean las adecuadas, a fin de que los sedimentos finos sean retenidos y sedimentados, dejando pasar por rebose el agua decantada, que contenga menor cantidad de sedimentos. Esto retendrá dichos contaminantes sólidos e impedirá que alcancen la zona de captación ubicada aguas abajo, evitando la contaminación del reservorio.



## CONCLUSIONES

- a) En la zona de estudio, que comprende desde el nacimiento de la quebrada Tioyacu Margen Derecha hasta el reservorio de agua potable; afloran areniscas de la Formación Cushabatay, pertenecientes al Grupo Oriente.
- b) La morfología corresponde a montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria que limitan el valle del río Gera, donde se localiza el C.P de Shucshuyacu.
- c) No se han identificado eventos de movimientos en masa.
- d) La zona evaluada se encuentra como un excelente Acuífero Fisurado Sedimentario (AFSe).
- e) El manantial que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha, se encuentra a una altitud de 1200 m s.n.m.
- f) La captación de agua potable, se ubica aguas abajo de la confluencia de las quebradas Tioyacu Margen Derecha y Tioyacu Margen Izquierda.
- g) Los afloramientos rocosos observados en las inmediaciones del manantial corresponden a areniscas ferruginosas de la Formación Cushabatay. Se les denomina ferruginosas por el alto contenido de óxidos en su composición, que le dan un color anaranjado característico.
- h) El flujo constante de agua que se infiltra hacia el subsuelo ha generado el arrastre y posterior sedimentación de óxidos, que han rellenado fracturas y oquedades dentro del acuífero fisurado, obstruyéndolas, aumentando la presión hidrostática y como resultado a esto, el arrastre de sedimentos finos con alto contenido de óxidos ferrosos.
- i) Los sedimentos descargados a través del manantial fueron canalizados por la quebrada Tioyacu Margen Derecha, hasta alcanzar la zona de captación, ingresando de esta manera a la tubería de conducción que alimenta el reservorio de agua potable, por ende, contaminándola con sedimentos arcillosos ricos en óxidos, tornando las aguas de color anaranjado.
- j) Según los testimonios de los pobladores el evento de enturbiamiento del agua con óxidos se ha repetido en épocas anteriores, no se tiene un registro de las fechas exactas, por lo que podemos afirmar que este evento es recurrente cada cierto tiempo de años.
- k) De los análisis fisicoquímicos (turbiedad, temperatura, pH, conductividad y sólidos totales disueltos), realizados por la Entidad prestadora de servicios de saneamiento Moyobamba – Gobierno Regional de San Martín (EPS Moyobamba S.A) y efectuados a muestras de agua recolectadas en la captación y reservorio, el parámetro de turbiedad para la zona de captación resultó en 307 NTU, sobrepasando en 207 NTU al límite máximo permisible (LMP) que es de 100 NTU. Para los demás parámetros analizados los resultados estuvieron por debajo de los LMP.

## RECOMENDACIONES

- a) Mantener una vigilancia continua del sistema de agua potable, específicamente en la zona de captación y reservorio.
- b) Realizar una limpieza del cauce de la quebrada Tioyacu Margen Derecha, retirando los sedimentos arcillosos ricos en óxidos ferrosos. Esta limpieza incluye también la captación, la tubería de conducción y el reservorio.
- c) Como una medida estructural, ante futuros eventos similares, se deberá construir un reservorio de concreto a aproximadamente 30 m aguas abajo del manantial, donde las condiciones topográficas sean las adecuadas, a fin de que los sedimentos finos sean retenidos y sedimentados, dejando pasar por rebose el agua decantada, que contenga menor cantidad de sedimentos. Esto retendrá dichos contaminantes sólidos e impedirá que alcancen la zona de captación ubicada aguas abajo, evitando la contaminación del reservorio.
- d) Realizar un estudio hidrogeológico a detalle del área de estudio, que comprenda la evaluación del manantial que da origen a la quebrada Tioyacu Margen Derecha.
- e) Los parámetros fisicoquímicos deberán ser tomados in-situ, puesto que los datos como Ph, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos e incluso turbidez pueden verse afectados en el tiempo y transporte hacia el laboratorio, si es que no se realizan los respectivos protocolos de muestreo.
- f) Se deberán realizar ensayos fisicoquímicos en muestras de agua del manantial para determinar las características iónicas o químicas propias del agua, específicamente para contenido de óxidos. Esto permitirá comprender de mejor manera el comportamiento del flujo subterráneo y conocer la posible fuente de recarga del acuífero.
- g) Realizar un análisis petrográfico y químico a las areniscas ferruginosas a fin de determinar las características físicas y químicas que la componen.



P.  
Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act. 11



-----  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## BIBLIOGRAFÍA

- Núñez, S. & Luque, G. Pari, W. (2010) Peligro Geológico en la Región San Martín. Boletín N°42 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGENMET).
- PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.
- Sánchez, A. (1998): “Geología del Cuadrángulo de Moyobamba, hoja 13-j, a escala 1:100 000 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGENMET).