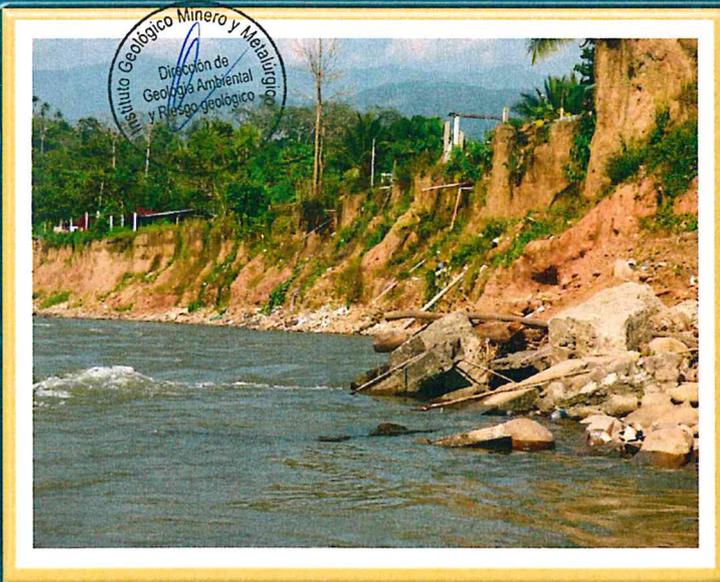


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6963**

# PELIGRO POR EROSIÓN FLUVIAL EN EL SECTOR DE TUNUANTUARI

Región Junín  
Provincia Satipo  
Distrito Vizcatan del Ene



DICIEMBRE  
2019

# PELIGROS POR EROSIÓN FLUVIAL EN EL SECTOR DE TUNUANTUARI

Distrito Vizcatan del Ene - Provincia Satipo – Región Junín

## RESUMEN

El poblado de Tunuantuari se encuentra asentado en la margen izquierda del río Ene y en la margen derecha del río Tunuantuari, sobre una terraza aluvial con altura entre 7 m a 10 m, conformada por arenas con gravas, poco compacta.

La terraza se formó por las migraciones del cauce del río Ene, es un terreno de fácil erosión.

Por otro lado, el río Ene es de tipo anastomosado, por lo cual durante su tiempo evolutivo genera cambios morfológicos en su cauce, que se manifiestan con las variaciones de dirección de los canales. Frente al sector de Tunuantuari, se está dando este fenómeno, pues, en el periodo lluvioso 2018-2019, un canal del río Ene migró hacia la margen izquierda.

Por lo observado en las imágenes satelitales de los años 2003, 2010, 2014 y 2019, frente a Tunuantuari, se parecía que el río Ene erosionó un tramo de 500 m y tierra adentro un máximo de 50 m, es muy probable que para la próxima temporada lluviosa siga el proceso de erosión, por lo cual es necesario la reubicación de la población asentada sobre la terraza.

Por las condiciones del terreno, como terraza constituida por gravas en material arenolimoso inconsolidado, de fácil erosión; la dinámica fluvial que está afectando severamente la terraza, es necesario la reubicación del centro poblado.

El sector asignado para la **reubicación** se encuentra sobre colinas sedimentarias, conformadas por secuencias de areniscas color rojizo, hacia la parte superior se aprecia un conglomerado. Esta última secuencia se encuentra conformada por clastos de formas redondeadas, con diámetros hasta de 20 cm, predominando los comprendidos entre 5 a 10 cm., están englobados en matriz areno-limosa, no se encuentra litificado.

Las laderas de los cerros presentan pendiente comprendida entre 10° a 15°, en algunos sectores se tienen formas planas que tienen pendiente menor a los 5°. Las primeras corresponden a los conglomerados y las segundas a secuencias de areniscas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los periodos lluviosos 2018-2019, el río Ene por la margen izquierda generó procesos de erosiones fluviales, que afectó al poblado de Tunuantuari.

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Vizcatan del Ene, mediante Oficio N°139-2019-MDVE/A de fecha 21 de mayo, dirigida al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitó la designación de un profesional, para realización de un informe técnico del sector de Tunuantuari, afectado por erosión fluvial.

El Presidente de la Plataforma de Defensa Civil Del Gobierno Regional de Junín, mediante Oficio N° 016-2019-GRJ/PRDC-PR, de fecha 11 de marzo, solicitó realizar estudios para el reasentamiento del centro poblado de Tunuantuari

Atendiendo a esta solicitud, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET comisionó a los Ings. Segundo Núñez Juárez y Dúlio Gómez Velásquez a realizar dicha evaluación.

Los trabajos de campo se realizaron el 07 de agosto del 2019, previas coordinaciones con el alcalde de Vizcatan del Ene, para ello se contó con la presencia de autoridades de la localidad en mención.

En este informe se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes que la municipalidad de Vizcatan del Ene, debe tomar en cuenta para la prevención y mitigación de los procesos geológicos ocurridos en su jurisdicción, para así evitar problemas futuros de esta índole.

### 1.1 Objetivos

- a) Realizar la evaluación geológica, para identificar los peligros geohidrogeológicos que afecta al poblado de Tunuantuari y la zona de reubicación.
- b) Determinar las causas y consecuencias de la ocurrencia, para brindar las conclusiones y recomendaciones respectivas.
- c) Realizar la cartografía de los peligros geológicos.
- d) Identificar zonas críticas peligro geológico.
- e) Generar información geocientífica que contribuya a los planes de prevención de desastres, ordenamiento territorial y desarrollo nacional.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

La localidad de Tunuantuari se ubica en la margen izquierda del río Ene y en la margen derecha del río del mismo nombre (Figuras 1 y 2), cuenta con una población de 900 habitantes, la labor principal que se dedican principalmente a la agricultura.

El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM:

- 599587 E, 8655678 N
- 600362 E, 8655779 N
- 600467 E, 8654844 N
- 599709 E, 8654761 N

La zona de reubicación se encuentra en las siguientes coordenadas:

- 598848 E, 8655959 N
- 598843 E, 8655722 N
- 598396 E, 8655731 N
- 598401 E, 8655968 N.

A una altitud promedio 500 m s.n.m.

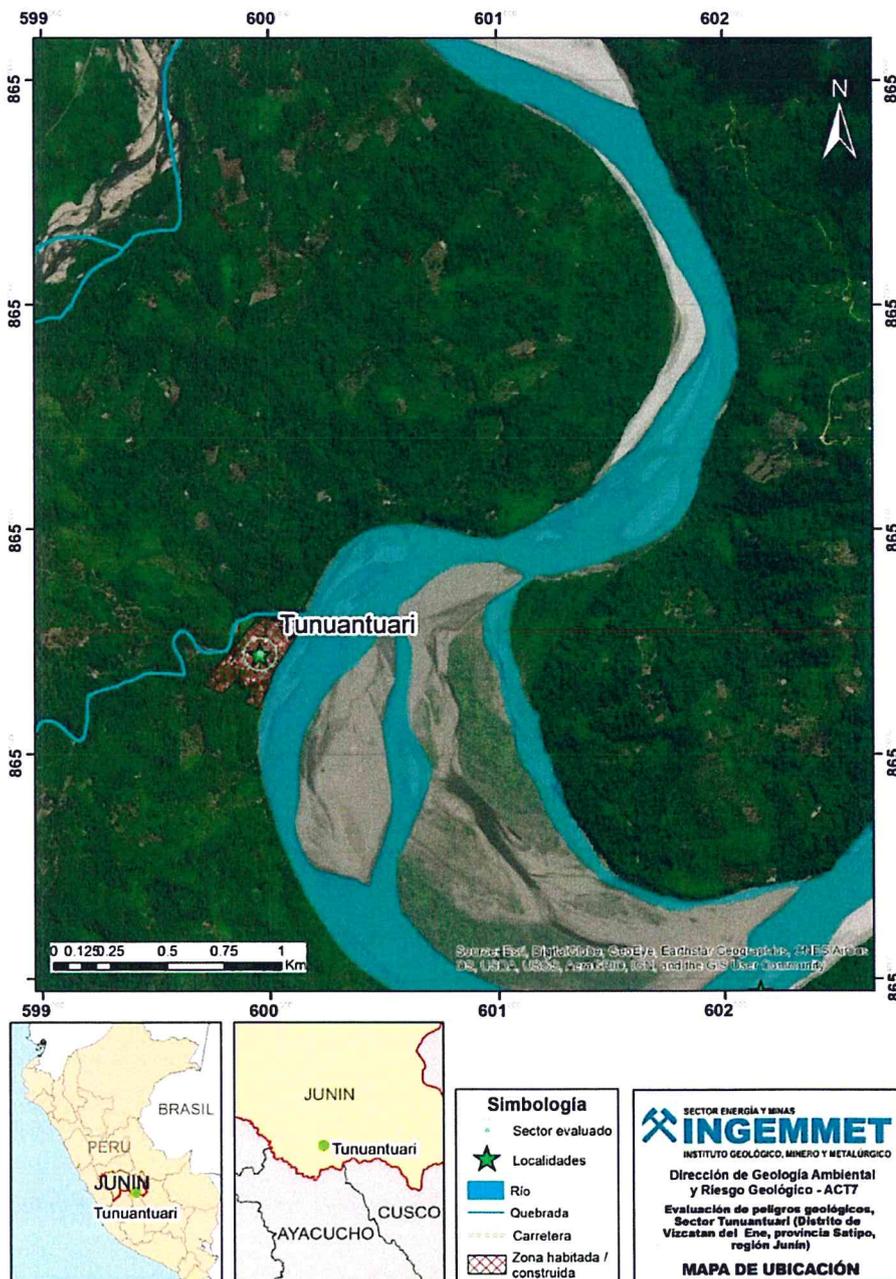


Figura 1: Mapa de ubicación.



Figura 2: Imagen del Google Earth, se muestra la ubicación de la localidad de Tunuantari (margen izquierda del río Ene y margen derecha del río Tunuantari).

Se accede la siguiente manera:

Ruta	Vía	Distancia	Tiempo
Ayacucho-Tambo-Desvío Pichari	Carretera asfaltada	170 Km.	4 horas
Desvío Pichari-Río Apurímac-Pichari	Carretera afirmada	15 Km.	20 minutos
Pichari – Puerto Ene	Carretera asfaltada	30 Km	1 hora
Puerto Ene-Tunuantuari	Vía Fluvial (Deslizador 40)		1 hora (traslado aguas abajo). 1:30 (traslado aguas arriba).

### Clima

La zona presenta un **clima** tropical y húmedo. Actualmente no cuenta con una estación hidrometeorológica. Sin embargo, de la estación de Pichari, la más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se tiene registrada precipitaciones de 2184,6 mm anuales (SENAMHI, 2018).

La localidad de Tunuantari (Figura 1 y 2), se encuentra en la margen izquierda del río Ene, ubicándose sobre áreas susceptibles a procesos de erosión fluvial.

### 3. MORFOLOGÍA Y DRENAJE FLUVIAL

Para entender los procesos de erosión fluvial, ocurridos en el área de estudio, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje y comportamiento fluvial que presentan el río Ene.

#### a. Conceptos generales

El término río anastomosado es empleado para describir un complejo de depósito fluvial de gradiente muy bajo (0.09 - 0.012 m/km), en donde se interconectan una serie de canales de muy alta sinuosidad, angostos y relativamente profundos.

Además, en estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales en estos sistemas son rellenados con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno-arcillosos de muro natural. Por otra parte, en las planicies de inundación, los depósitos característicos los constituyen materiales limo-arcillosos finamente laminados, incluyendo depósitos finos de pantanos con un alto contenido de materia orgánica (Smith, 1980).

Estas corrientes presentan canales múltiples, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación, menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce, siendo la deposición en el fondo de sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, la principal responsable de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce (figura 3). A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos, puede llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primera y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río (Smith, 1980).

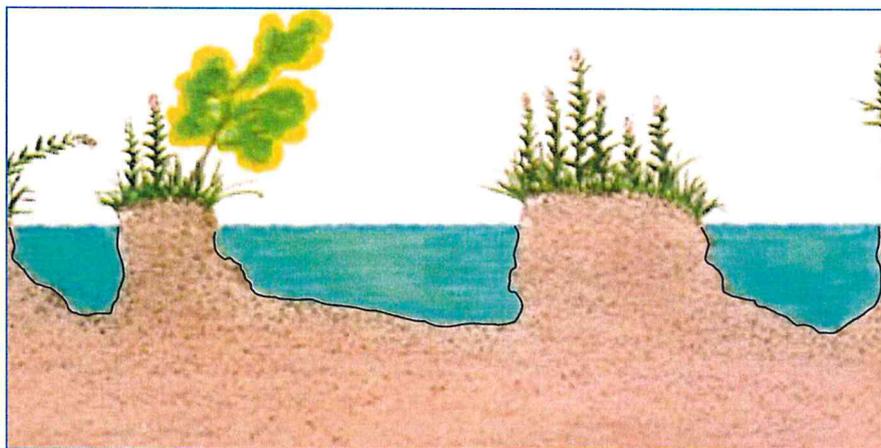


Figura 3. Perfil esquemático de un río anastomosado.

Díez-Herrero *et al.* (2008), clasifica a los ríos de tipo anastomosados, por el tipo de sinuosidad, en baja y alta (según la forma de los canales); y por la multiplicidad de ellos, que puede ser sencilla a moderada.

### 3.1 Río Ene

El río Ene, en el sector de Tunuantuari, se comporta como río anastomosado (figura 4), por ello que a través del tiempo, los islotes, barreras de arena y canales van a sufrir cambios.

De la imagen satelital 2014, se puede decir que el cauce del río Tunuantuari, frente al poblado del mismo nombre, presenta un ancho de 1 100 m, donde se han formado islotes de formas alargadas (lenticulares) con longitudes hasta de 1000 m, y anchos hasta de 400 m (Figura 4).

Del análisis multitemporal, de los años 2003, 2010 y 2014, (Figura 4), muestra que las variaciones del cauce del cauce del río Ene, no tienen patrón definido.

Por lo observado en la imagen setiembre 2003, en el periodo de estiaje, en el cauce del río se formó una amplia zona sedimentada, dando lugar a la formación de una isla con un ancho hasta de 800 m, está en la actualidad no existe, se tienen varios canales e islas de menores dimensiones.

En el 2010, se formaron tres islas frente a Tunuantuari, con anchos y largos variables, de formas alargadas.

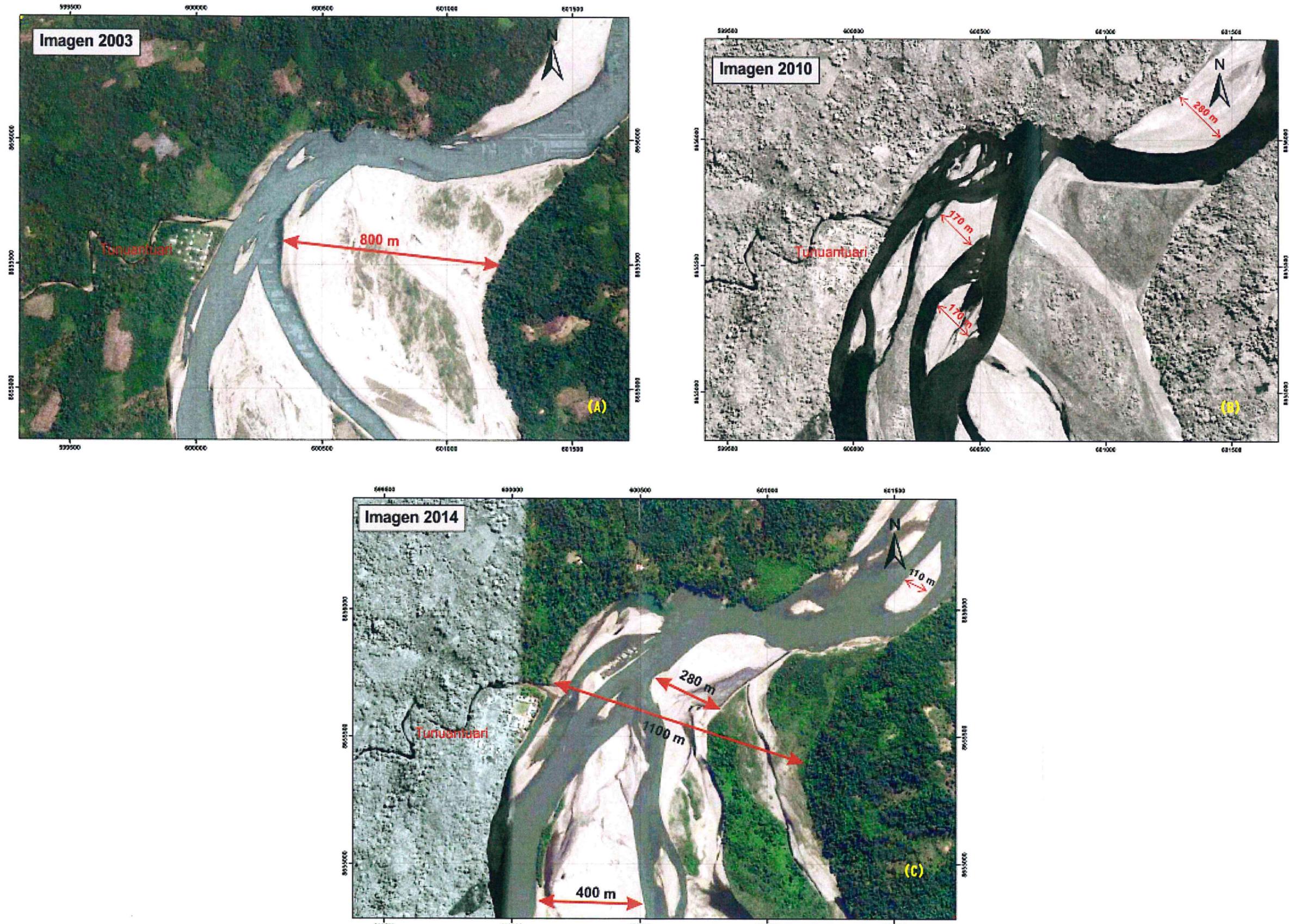


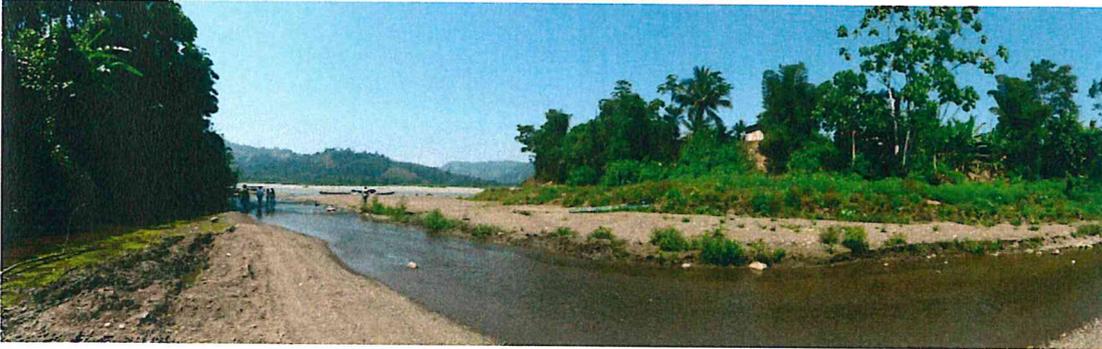
Figura 4. Se muestran las variaciones del cauce del río Ene, de los años 2003 (A), 2010 (B) y 2014 (C).

### 3.2 Río Tunuantuari

Este río presenta un drenaje rectilíneo (fotografía 1), las corrientes se caracterizan por tener una sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir, un único canal.

Por ser un río juvenil, con perfil típico en “V”, generalmente son muy inestables, y tienden a evolucionar a otros tipos de río.

En la zona de estudio; por la margen izquierda se tiene un afloramiento de areniscas y la margen derecha un depósito aluvial de fácil erosión.



*Fotografía 1: Desembocadura del río Tunuantuari*

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área de estudio se ubica en la Cordillera Oriental del Perú, disectada por varios cursos de ríos y quebradas.

En la zona, se exhiben valles con vertientes escarpadas o pendientes muy fuertes modeladas en rocas sedimentaria; los cauces de los ríos descienden con pendiente baja hacia la vertiente del Atlántico.

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación.

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

### 4.1 Unidad de Colinas

Corresponde a una cadena de cerros que presentan menor altura a 300 metros desde el nivel de base local (FAO, 1968).

## **Subunidad Colinas-lomadas en rocas sedimentarias**

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente menores a 20°.

Parte del sector de Tunuantuari está asentado sobre colinas sedimentarias, disectada por el río Tunuantuari.

### **4.2 Geoformas de origen particular**

Para este caso se refiere a las geoformas de origen depositacional, formadas por la actividad fluvial, se distinguen las siguientes subunidades (figura 5):

#### **a) Subunidad de islas fluviales (Is)**

A lo largo del río Ene, frente a Paquichari se identificaron islas fluviales, tienen formas alargadas y lenticulares, miden hasta 900 m, y anchos de hasta 270 m.

Las dimensiones de estas geoformas varían en el tiempo.

#### **b) Sub unidad de barras de arena (Ba)**

Estas se encuentran en las márgenes del río o en los bordes la de las islas, generalmente son de formas alargadas, con anchos hasta de 190 m.

#### **c) Subunidad de cauce de río abandonado (C1)**

Estos tienen formas de alargadas, con anchos hasta de 50 m. Se encuentran en procesos de extinción (sedimentados), en algunos casos ya no tienen comunicación con el cauce principal del río.

#### **d) Subunidad de cauce de río reciente (C2)**

Es por donde actualmente circula el agua, tienen anchos hasta de 250 m, cuando varían bruscamente dan lugar a la formación de cauces abandonados.

### **4.3 Unidad de Planicies**

Esta unidad es de origen depositacional, presentan una pendiente menor a los 5°, para nuestro caso se ha diferenciado una terraza aluvial.

#### **a) Terraza aluvial (Ta)**

Se encuentra en la margen derecha del río Ene, se caracteriza por presentar altura menor a 10 m, conformada por arenas con gravas, no consolidada, es de fácil erosión.

Su origen está relacionada a antiguos cauces del río Ene

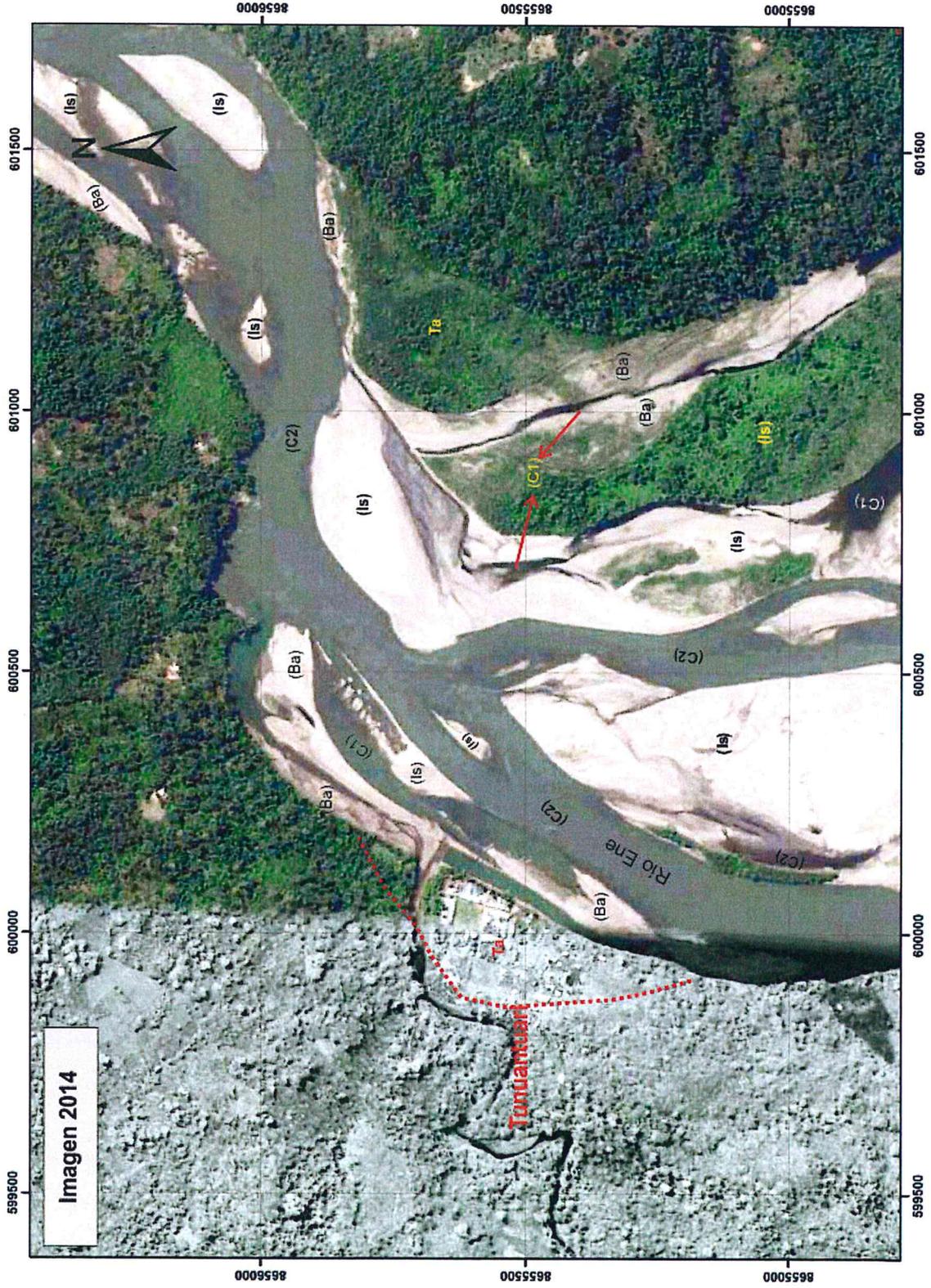


Figura 5. Se muestran las subunidades formadas por la acción fluvial reciente y antigua.

- (Is) Isla
- (Ba) Barra de arena
- (C1) Cauce antiguo
- (C2) Cauce reciente
- (Ta) Terraza alta.

#### 4 ASPECTOS GEOLÓGICOS

En sector de Tunuantuari se tienen las siguientes unidades (Figura 6).

##### a) Grupo Ambo (Ci-a)

Se tienen afloramientos del Grupo Ambo en los alrededores del sector Paquichari, se caracterizan por presentar areniscas con intercalaciones de arcillitas, son de tonalidades grises, con capas de espesores hasta de 50 cm.

##### b) Grupo Yahuarango (PN-ya)

En los alrededores del sector Tunuantuari se tienen afloramientos de areniscas, están litificadas, son de tonalidades rojizas (fotografía 2).

En la zona de reubicación, se identificó arenisca color amarillento, con intercalación de arcillitas. También se apreció algunos niveles de conglomerados, que presentan clastos de formas redondeada no mayores a 40 cm, formas redondeadas.



*Fotografía 2: Afloramiento de areniscas en las inmediaciones del sector de Tunuantuari.*

##### c) Deposito aluvial (Qh-al1)

Está conformado por arena moderadamente compacta, con algunos niveles de conglomerado en matriz arenosa, es de fácil erosión (fotografía 3).

Los fragmentos de roca que conforman la grava, son de formas redondeadas a subredondeadas, con tamaños en longitud de hasta de 20 cm, predominado los de 10 cm, la naturaleza de los fragmentos es variada, la matriz que los engloba es arena gruesa a fina.

##### d) Deposito aluvial (Qh-al2)

Está representado por los islotes y barras de arena que se forman en el cauce del río Ene, tienen formas lenticulares que varían en el tiempo. Está conformada por gravas en matriz arenosa, los fragmentos de roca son de forma redondeada a subredondeada, esporádicamente se presentan bloques.

Las terrazas formadas en ambas márgenes del río Ene, indican las variaciones del caudal, generalmente están conformadas por grava y arena.

Las islas (figura 5) se disponen en formas paralelas a la dirección de la corriente de agua, son de formas lenticulares.



*Fotografía 3: Depósitos aluviales, conformados por arenas y gravas.*

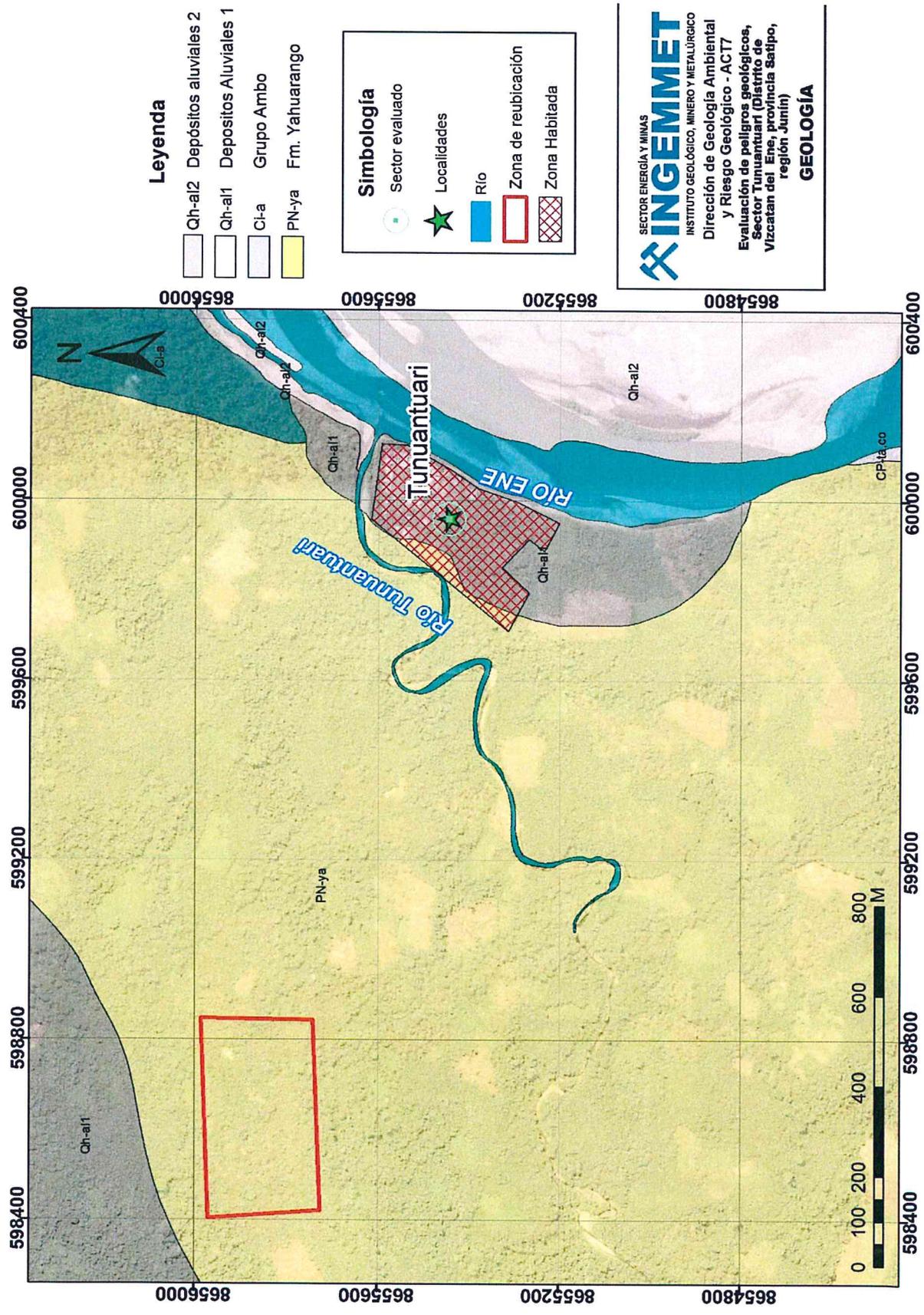


Figura 6. Mapa geológico

## 5 PELIGROS GEO-HIDROGEOLÓGICOS

Muchas poblaciones ocupan áreas que pueden ser afectadas por peligros geológicos, como son antiguos cauces de quebradas, llanura de inundación, terrazas bajas del valle, laderas inestables, etc.

Según Luque, A. *et al*, 2018, el sector de Tunuantuari, está considerado como un área de susceptibilidad media a los movimientos en masa, de susceptibilidad alta a media a erosiones fluviales.

El área de Tunuantuari se encuentra asentada en parte sobre una terraza antigua, formada por depósitos dejados por los ríos Ene y Tunuantuari. La terraza presenta una altura hasta de 10 m, está conformada por secuencias de arenas con gravas no compactas, de fácil erosión.

### 5.1 Erosión fluvial

Por lo observado en las imágenes satelitales de los años 2003, 2010, 2014 y 2019, frente a Tunuantuari, se parecía que el río Ene, ha mostrado variaciones, esto se manifiesta por los cambios morfológicos de su cauce (figura 5).

Según versiones de los pobladores de Tunuantuari entre el 2018-2019 durante el periodo lluvioso enero-marzo, uno de los brazos del río Ene está migró hacia la margen izquierda, esto ocasionó erosión en la terraza en un tramo de 500 m y tierra adentro un máximo de 50 m. Afectó severamente las viviendas que se encontraban cerca del borde de la terraza (fotografías 4 y 5, figura 7 y 8).

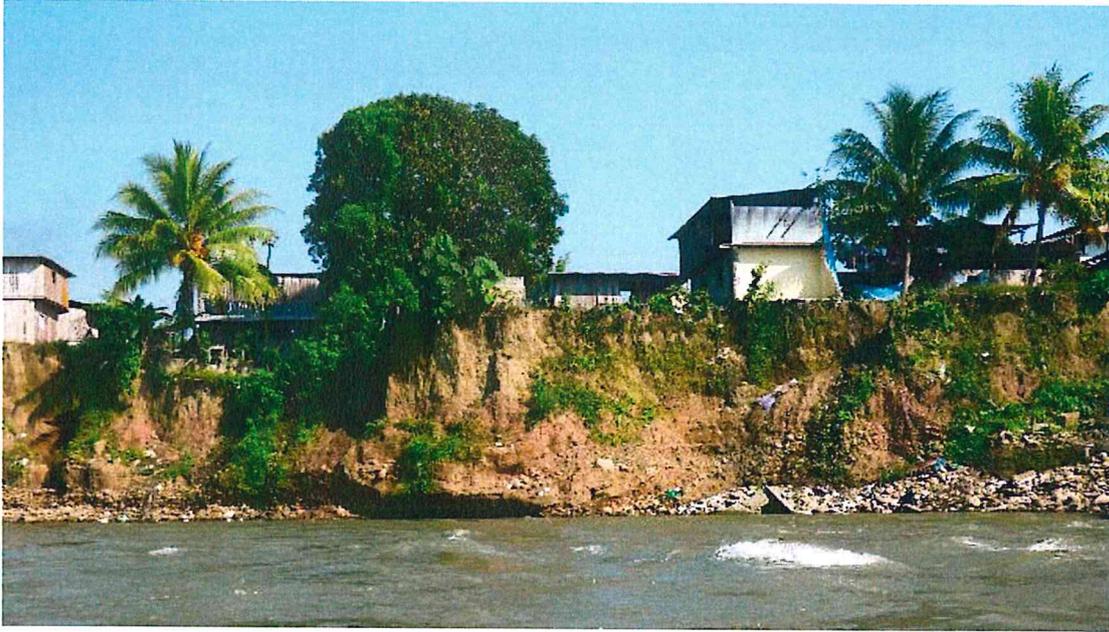
Es muy probable que para la próxima temporada lluviosa siga el proceso de erosión. Por lo cual es necesario la reubicación de las viviendas que se encuentran asentadas sobre la terraza aluvial.

En el nuevo borde del acantilado, se apreció parte de las viviendas afectadas y en lecho del río los restos de algunas viviendas destruidas (muros y ladrillos). (fotografías 4 y 5).

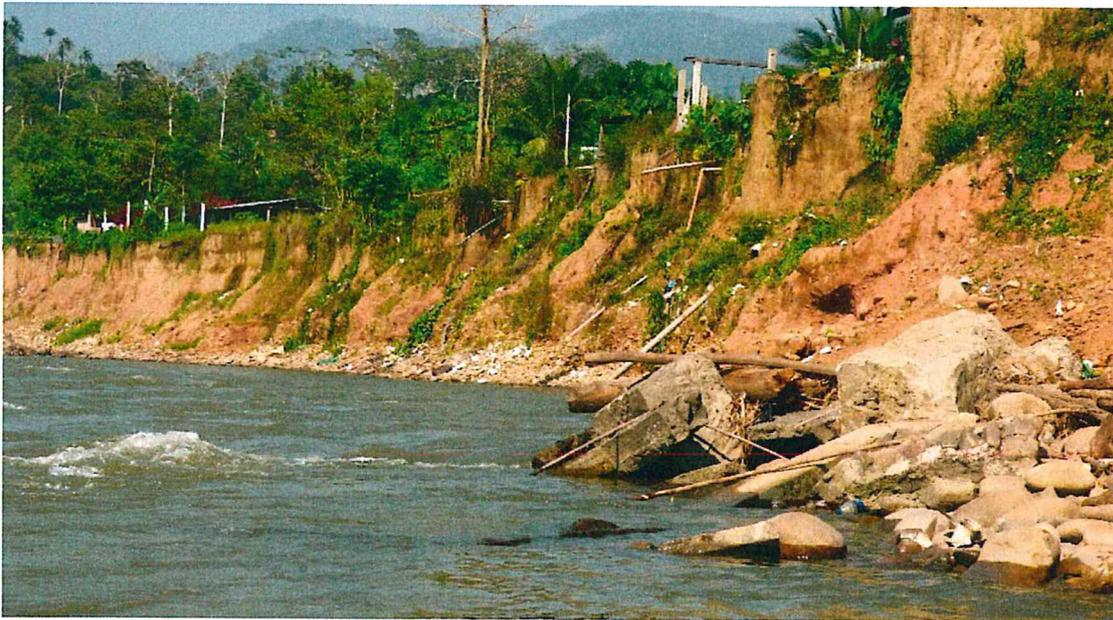
#### **Causas de la erosión:**

- a) Terraza conformada por arenas y gravas de fácil erosión.
- b) Colmatación del canal del río Ene cercano al sector de Tunuantuari, que obligo que el río migre de la margen derecha a la izquierda.

El factor desencadenante, fueron las precipitaciones pluviales, en el periodo lluvioso.



*Fotografía 4: Se aprecia viviendas sin base, tramo erosionado.*



*Fotografía 5: Se observa el tramo erosionado por el río Ene, en el cauce del río se observan restos de paredes de las viviendas destruidas.*

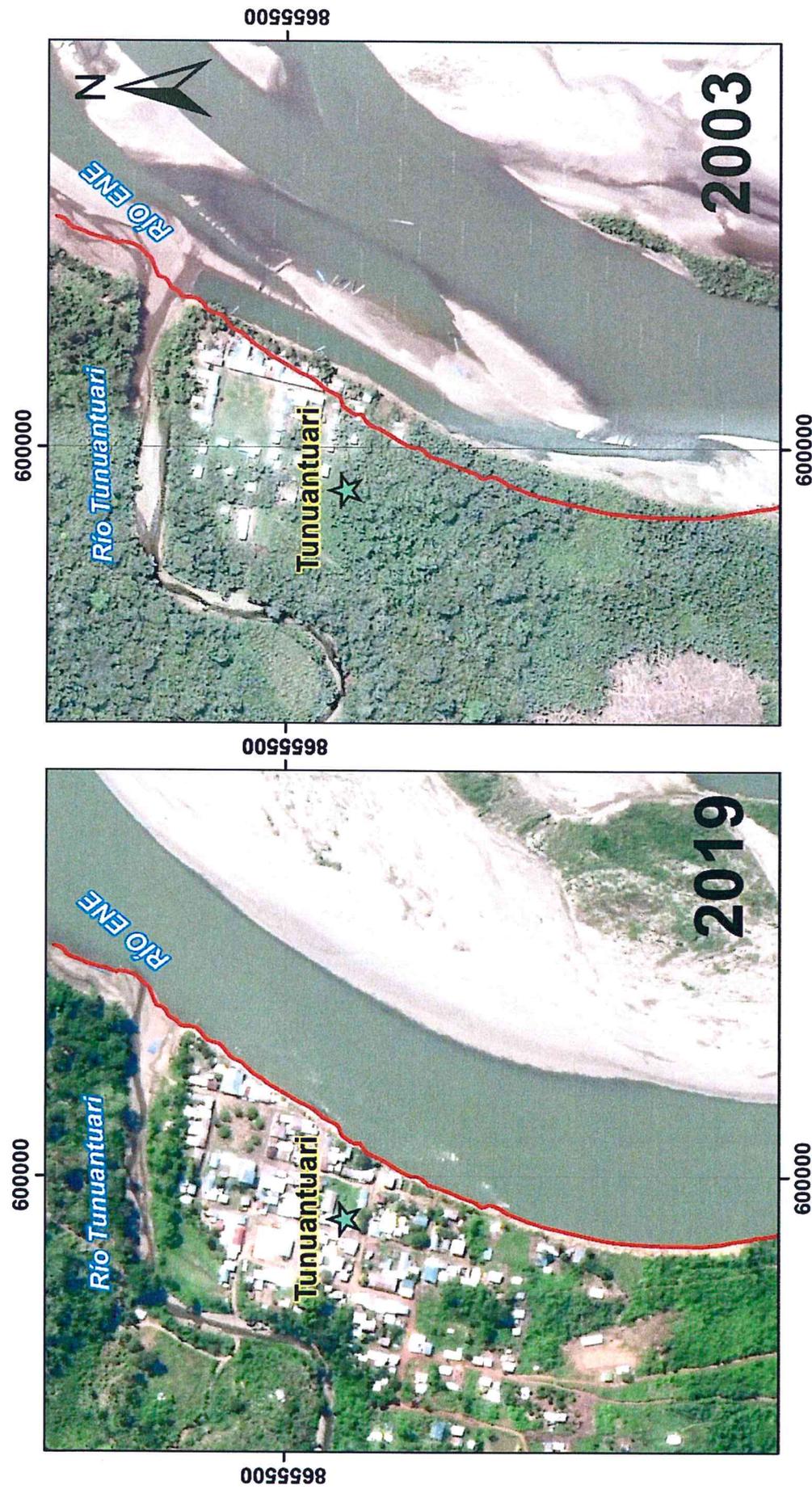


Figura 7. Comparación de las imágenes satelitales de los años 2003 y 2019, se aprecia la expansión urbana y la zona erosionada (línea roja).



Figura 8. Imagen satelital del año 2014, se zona afectada por la erosión fluvial.

**Condiciones actuales del poblado:**

- a) El poblado de Tunuantuari está asentado sobre una terraza aluvial, la cual no se encuentra litificada, es de fácil erosión.
- b) Viviendas ubicadas en el borde del acantilado.
- c) La tendencia de la dirección del canal del río Ene es hacia la margen izquierda.
- d) En este sector, el cauce del río Ene cambia bruscamente de dirección de noroeste a noreste, por ende, la fuerza erosiva incide en la margen izquierda.
- e) El cauce del río en este sector presenta un ancho hasta de 1000 m, donde se encuentran canales, que varían de dirección constantemente.

Las condiciones actuales del terreno nos indica que es una zona inestable, por lo cual es necesario que las viviendas que se encuentran sobre la terraza deben ser reubicadas.

## 6 ZONA DE REUBICACIÓN

Se encuentra entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84):

- a) 598848 E, 8655959 N
- b) 598843 E, 8655722 N
- c) 598396 E, 8655731 N
- d) 598401 E, 8655968 N.

Altitud 540 m s.n.m.

Esta zona se ubica hacia el NOO, a una distancia de 1,400 m, se accede a la zona tomando la trocha carrozable hacia Canayre.

El sector asignado para la reubicación se encuentra sobre colinas sedimentarias, conformadas por secuencias de areniscas color rojizo, hacia la parte superior se aprecia un conglomerado. Esta última secuencia está conformada por clastos de formas redondeadas, con diámetros hasta de 20 cm, predominando los comprendidos entre 5 a 10 cm., están englobados en matriz areno-limosa, no se encuentra litificado.

Las laderas de los cerros presentan pendiente comprendida entre 10° a 15°, en algunos sectores se tienen formas planas que tienen pendiente menor a los 5°. Las primeras corresponden a conglomerados y las segundas a secuencias de areniscas. (figuras 09 y 10).

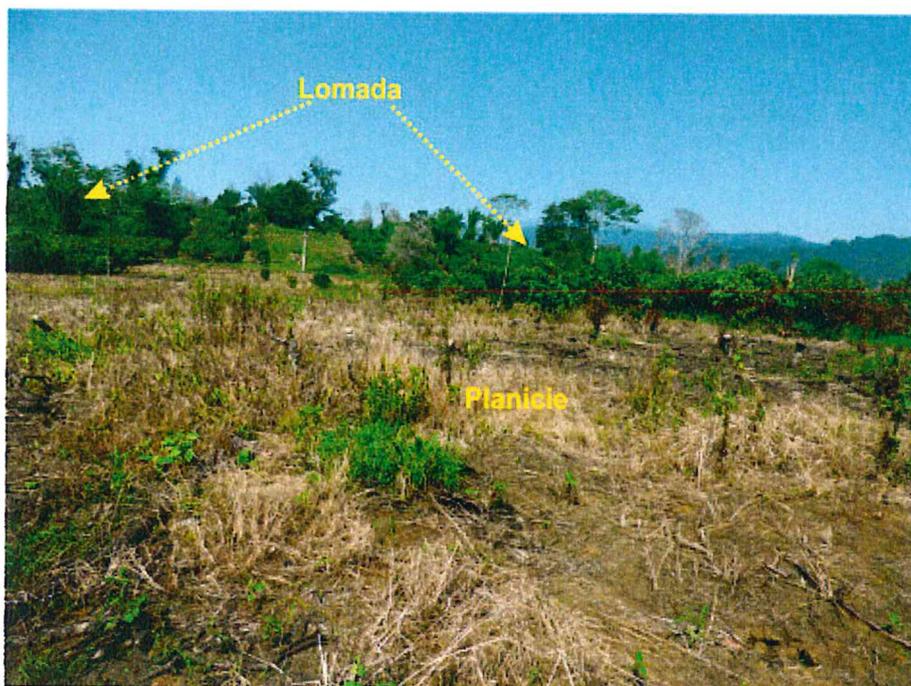


Figura 09: Se aprecia las lomadas, parte plana.

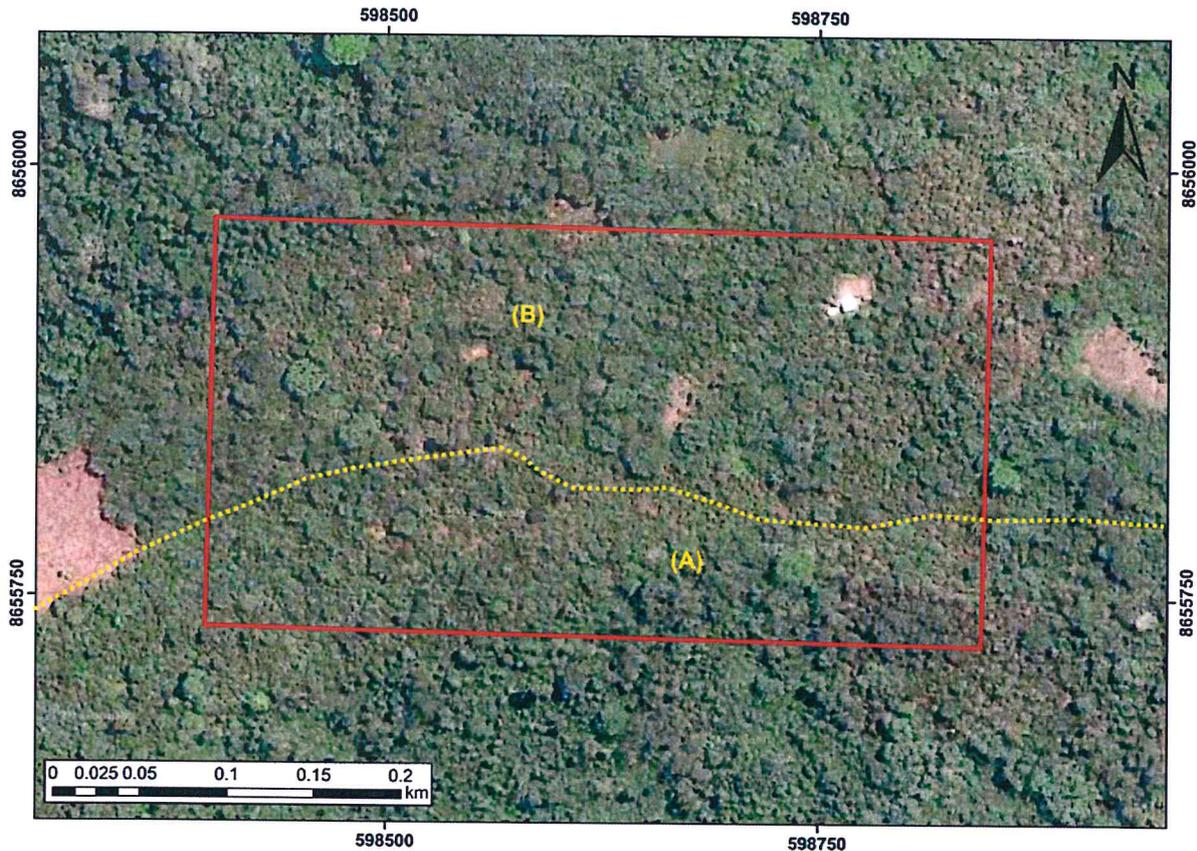


Figura 10. Delimitación de las pendientes del terreno.  
 (A) Área con pendiente menor de 10°.  
 (B) Área con pendiente menor de 5°.

Las elevaciones de las colinas son menores a 50 m, la cumbre de los cerros, presentan pendientes suaves, menores a los 5°, tienen formas alargadas.

Se tienen unas quebradas, cercanas a la zona de reubicación no profundas que disectan las lomadas, no se apareció generación de flujos de detritos. En la actualidad en la zona no se observaron procesos de movimientos en masa que le puedan afectar.

### 6.1 Condiciones de habilidad

Para habilitar la zona de reubicación es necesario realizar lo siguiente:

- a) Estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo.
- b) Reforestar la zona aledaña de la zona de reubicación.
- c) No realizar cortes de talud indebidos en las laderas.
- d) Hacer una planificación urbanística de la zona.
- e) Las tuberías de agua y desagüe, del futuro asentamiento, deben estar en buenas condiciones para evitar la infiltración de agua en el subsuelo.
- f) Antes de ser ocupado el terreno por la población, debe realizarse un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al subsuelo. De no realizarse esto, en un futuro, el suelo se va a saturar y se desestabilizará.



*Figura 11: Se observa los cambios de pendiente del terreno.*

## CONCLUSIONES

- a) El sector de Tunuantuari, está asentado sobre una terraza aluvial, que fue afectado por procesos de erosión fluvial provenientes del río Ene, durante los periodos lluviosos de los años 2018-2019. El sector afectado es un tramo de 500 m y tierra adentro hasta en 50 m.
- b) Una de las causas del proceso de erosión fluvial, son los cambios morfológicos del río Ene, pues, uno de los canales del río migró hacia la margen izquierda, en donde se encuentra el poblado de Tunuantuari.
- c) Es muy probable que para la próxima temporada lluviosa (2020) el río siga con dirección noroeste, es decir hacia la margen izquierda, esto nuevamente afectaría severamente al centro poblado de Tunuantuari, por lo cual se le considera como de **peligro muy alto**.
- d) Estos cambios morfológicos que tiene el cauce del río, son difíciles de controlarlos, por ser ríos con anchos hasta de 1000 m, de varios canales, los cuales varían por su carga de agua y sedimentos.
- e) El factor desencadenante está relacionado con las intensas lluvias que ocurren entre los meses de diciembre a abril.
- f) Condiciones de estabilidad:
  - Tunuantuari está asentado sobre una terraza aluvial, la cual no se encuentra litificada, es de fácil erosión.
  - La tendencia de la dirección del canal del río Ene es hacia la margen izquierda.
  - En este sector, la dirección del cauce del río Ene cambia bruscamente, de noroeste a noreste, por lo cual la erosión va a incidir más sobre la margen izquierda.
  - El cauce del río en este sector presenta un ancho hasta de 1000 m, donde se encuentran canales, que varían de dirección constantemente.

## RECOMENDACIONES

- a) Reubicar a la población que se encuentra sobre la terraza aluvial (90%) de Tunuantuari, porque es muy probable que con el próximo periodo lluvioso, puede seguir el proceso y afectar a dicha población.
- b) La zona de reubicación se encuentra entre las siguientes coordenadas (Figura 10):
- 598848 E, 8655959 N
  - 598843 E, 8655722 N
  - 598396 E, 8655731 N
  - 598401 E, 8655968 N
- c) Para habitar la zona de reubicación se debe implementar:
- Estudio de suelos para determinar la capacidad portante del suelo.
  - Reforestar la zona aledaña de la zona de reubicación.
  - No realizar cortes de talud indebidos en las laderas.
  - Hacer una planificación urbanística de la zona.
  - Las tuberías de agua y desagüe, del futuro asentamiento, deben estar en buenas condiciones para evitar la infiltración de agua en el subsuelo.
  - Antes de ser ocupado el terreno por la población, el sector debe contar con drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al subsuelo. De no realizarse esto, en un futuro, el suelo se va a saturar y se desestabilizará.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET



Ing. SEGUNDO ALFONSO NUÑEZ JUAREZ  
Jefe de Proyecto. Evaluación de Peligros  
Geológicos a Nivel Nacional  
INGEMMET

## REFERENCIAS

- Luque, G. & Rosado, M. (2014). Zonas críticas por peligro geológico en la región Junín, Informe Técnico. INGEMMET Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 48 P.
- Monge, R., Valencia, M. y Sanchez, J. (1998). Geología de los cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 120. 253 p.
- Villota, H. (2005) Geomorfología Aplicada A Levantamientos Edafológicos Y Zonificación De Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia. 183 p.