

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6909

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 26 DE MAYO, EN LOS SECTORES DE SAN MANUEL, NUEVA CORINA, TAMARATE, NUEVA ESPERANZA, PUCACURO Y LAGUNAS

Región Loreto
Provincia Alto Amazonas
Distrito Lagunas



**JUNIO
2019**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERORES	2
3. OBJETIVOS	5
4. ASPECTOS GENERALES	5
4.1. Ubicación y accesibilidad	5
4.2. Clima e hidrografía	7
5. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	7
6. ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
7. CONTEXTO SISMICO	14
8. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
9.- SUSCEPTIBILIDAD A LICUEFACCIÓN DE SUELOS	25
9. ZONA PROPUESTA PARA LA REUBICACIÓN	27
10. CONCLUSIONES	30
11. RECOMENDACIONES	30
12. REFERENCIAS	31

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 26 DE MAYO, EN SECTORES DE SAN MANUEL, NUEVA CORINA, TAMARATE, NUEVA ESPERANZA Y PUCACURO, LAGUNAS

DISTRITO DE LAGUNAS, PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS – REGIÓN LORETO

1. INTRODUCCION

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional; contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligros geológicos en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó a los ingenieros Norma Sosa Senticala, Davis Prudencio Mendoza y Anderson Palomino Tacuri, para realizar la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron los días 6 al 10 de junio del presente año, previa coordinación con el alcalde distrital de Lagunas Sr. Arri Pezo Murarayari; durante el recorrido por las zonas evaluadas se contó con la presencia del Sr. Renzo Soralez y otros pobladores quienes expusieron la problemática de la zona. Así también, se llevó a cabo una reunión in situ en los sectores de San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Nueva Esperanza, Pucacuro y Lagunas, donde se les expuso los trabajos que se realizarían.

La PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA a través del Ministerio de Energía y Minas, a raíz del reciente sismo ocurrido el 26 de mayo, solicitó al INGEMMET un informe técnico de los sectores afectados dentro del distrito de Lagunas, provincia Alto Amazonas y departamento de Loreto.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, los datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías), cartografía se proporciona una evaluación técnica que incluye resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad distrital de Lagunas, del distrito del mismo nombre, provincia Alto Amazonas, región Loreto.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

Existen trabajos previos que incluyen los sectores de San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Nueva Esperanza, Pucacuro y Lagunas del distrito de Lagunas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- Boletín N°134, serie A: Geología de los cuadrángulos de Lagunas, Río Cauchío, Santa Cruz, Río Sacarita, Río Samiria, Bretaña, Requena, Remoyacu, Angamos, Santa Isabel, Tamanco, Nueva Esperanza, Buenas Lomas, Laguna Portugal, Puerto Rico, Tabalosos, Curinga, Quebrada Capanahua, Quebrada Betilia y Río Yaquerana 11-l, 11-m, 11-n, 11-ñ, 11-o, 11-p, 11-q, 12-l, 12-m, 12-n, 12-ñ, 12-o, 12-p, 12-q, 13-ñ, 13-o, 13,p, 14-ñ, 14-o, 14-p, donde se describe la zona evaluada.
- Estudio de riesgos geológicos de la región Loreto (Medina, L. 2009), realiza el inventario de peligro geológicos y la zona de estudio fue ingresada a la base de datos geocientífica del INGEMMET con código de inventario 176031010, el paraje Puerto Santa Cruz, en Lagunas, es afectado por los denominados otros peligros geológicos de tipo: erosión fluvial. (figura 1).

- Estudio de riesgos geológicos de la región Loreto, por el Ingemmet – 2018, realiza el mapa de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial, donde se determina que los centros poblados:
 - San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Pucacuro, se ubica en una zona (Muy Alta susceptibilidad), peligros de tipo inundación.
 - Nueva Esperanza (Alta a Muy Alta susceptibilidad), peligros de tipo inundación.
 - Lagunas (Moderada a Muy Alta susceptibilidad); a peligros de tipo: inundación y erosión fluvial;. (Figura 2).



Figura 1. Mapa de inventario de peligros geológicos de la región Loreto (Medina,2009), menciona que el Puerto Santa Gema de Lagunas se encuentra afectado por erosión fluvial.

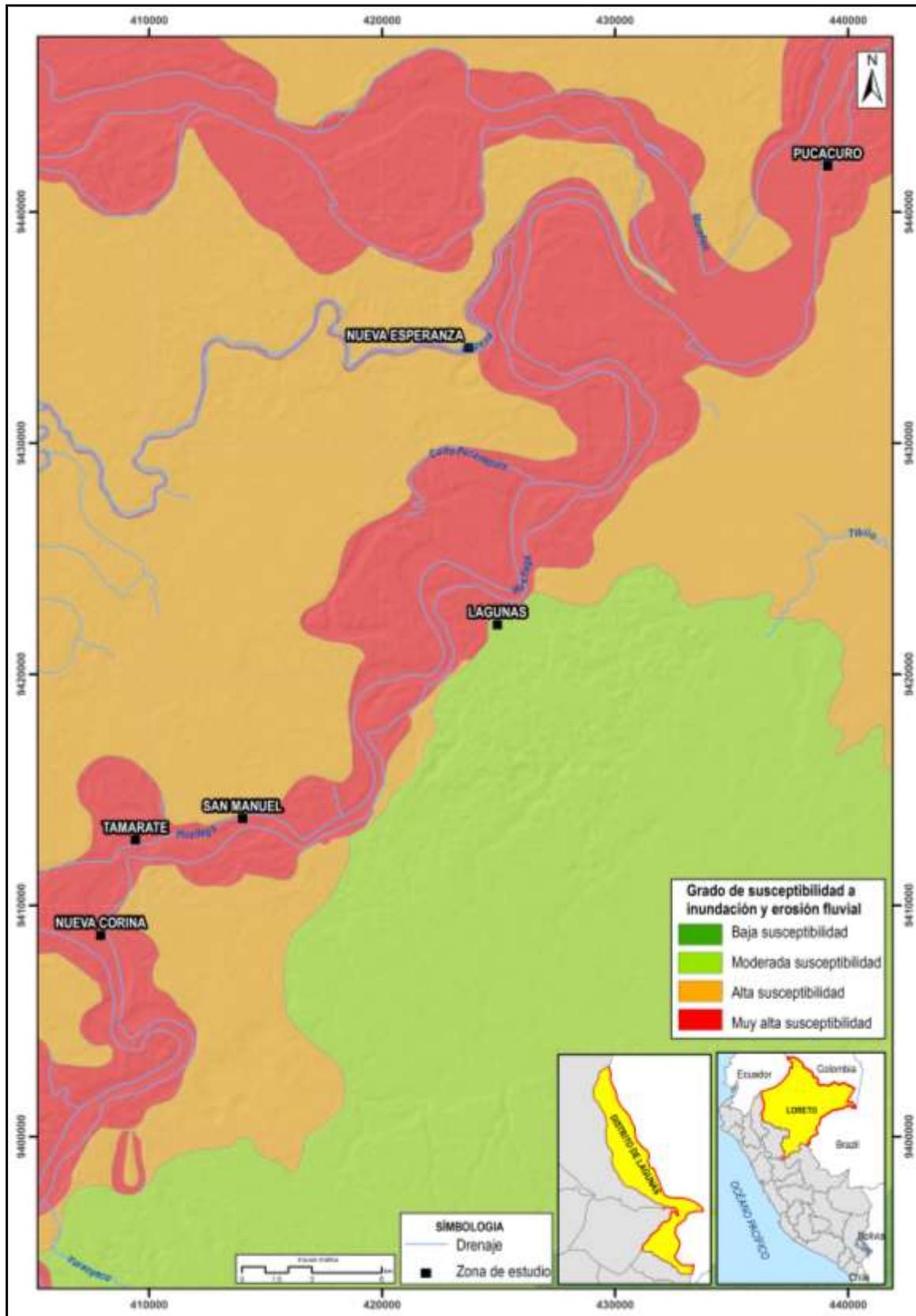


Figura 2. En el mapa de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial de la region Loreto, los sectores evaluados se encuentran sobre zonas de Muy Alto, Alto y Moderado grado de susceptibilidad a peligros de tipo: inundación y erosión fluvial. (Ingemmet, 2018).

3. OBJETIVOS

El objetivo de la presente evaluación técnica es:

- Identificar y tipificar los peligros geológicos, que afectaron algunos sectores del distrito de Lagunas, las causas de su ocurrencia de estos eventos.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes que sean empleadas en la reducción o mitigación del riesgo.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. Ubicación y accesibilidad

La zona evaluada está ubicada, en el Distrito de Lagunas, provincia Alto Amazonas, región Loreto (figura 3), se encuentra en las siguientes coordenadas UTM:

SECTOR	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
San Manuel	9413767	414019
Nueva Corina	9408715	407926
Tamarate	9412843	409419
Nueva Esperanza	9434125	423720
Pucacuro	9441996	439135
Lagunas	9422152	424962

Para acceder a la zona de estudio:

TRAMO		KM	TIPO DE TRANSPORTE	DURACIÓN
Lima	Loreto	1,018 km	Vía aérea	1h y 30
Loreto	Yurimaguas	131 km	Vía terrestre	3h
Yurimaguas	Lagunas	180 km	Vía fluvial	5h

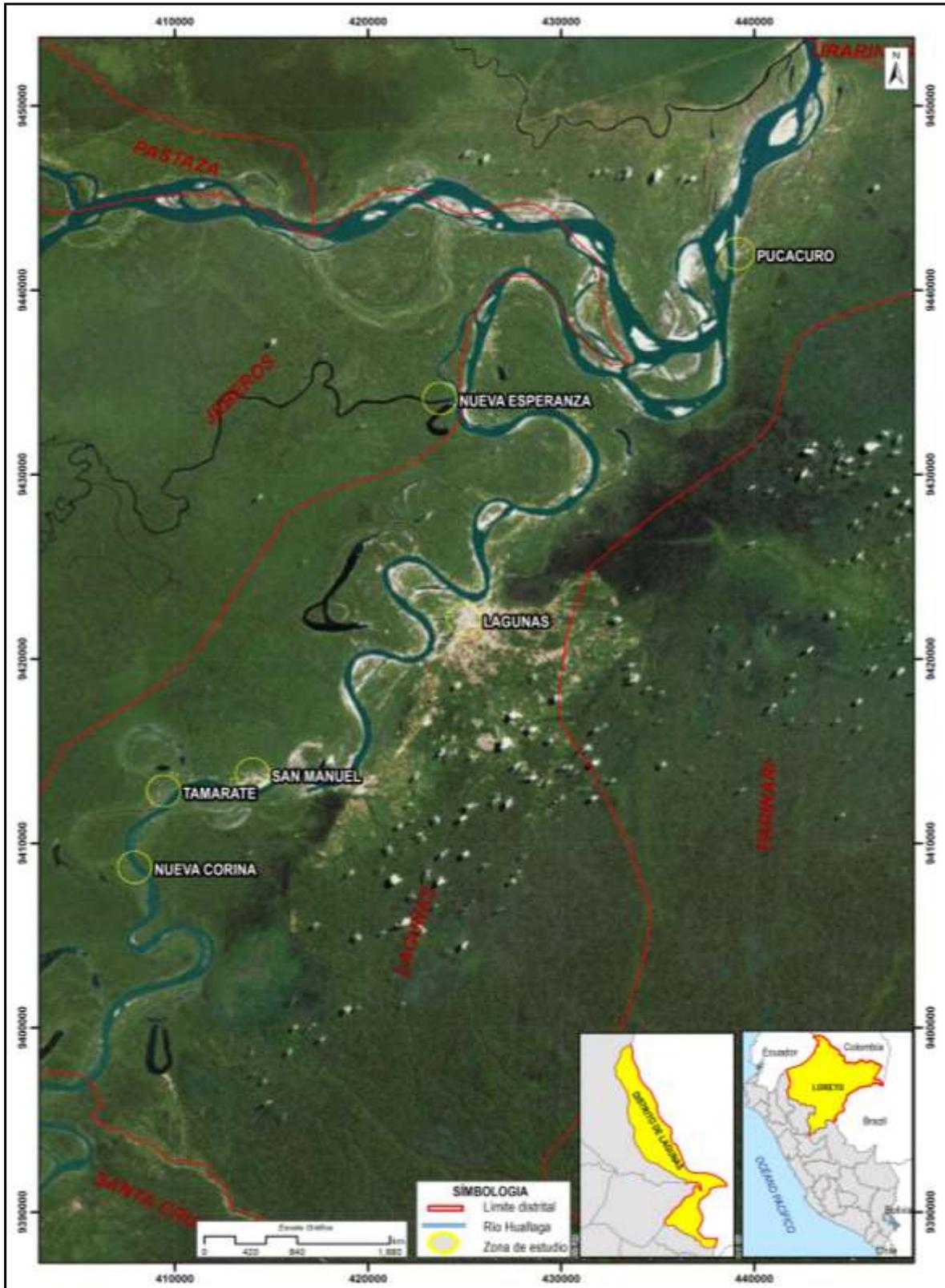


Figura 3. Mapa de ubicación de los sectores evaluados, en el distrito de Lagunas.

4.2. Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climática por el método de Thornthwaite), la zona evaluada presenta un clima muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones; humedad relativa calificada como muy húmeda. Las precipitaciones pluviales para periodos lluviosos normales pueden superar los 128 mm; y la temperatura fluctúa entre los 22 °C a 29 °C.

El área de estudio está comprendida dentro del sistema hidrográfico del río Amazonas (cuenca del río Amazonas), localizándose en ella las cuencas hidrográficas de los ríos Marañón, Huallaga, Ucayali y Yavari (frontera con Brasil), a su vez conformadas por las subcuencas de los ríos Aypena, Amanayacu y Shishinahua (cuenca Huallaga), todos ellos con un patrón de drenaje dendrítico a subparalelo y una disposición de sus canales fluviales de tipo meándrico.

5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La geomorfología en la zona evaluada, fue desarrollada por el INGEMMET, esta información se puede visualizar en la plataforma GEOCATMIN, descrito por (L. Medina 2018) y (G, Luque 2018).

La geomorfología de la zona evaluada es el resultado de procesos agradacionales, fue la disposición de sedimentos, arrancados de las zonas más elevadas y transportadas, quedando depositados y acomodados en sus formas actuales con ayuda del paso del tiempo, estas unidades geomorfológicas del terreno, se diferencian de acuerdo a sus características morfológicas, geológicas y origen (Verstappen & Van Zuidam, 1991; Martín-Serrano *et al.*, 2004).(Figura 6)

Terraza media aluvial: Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas luego de las zonas inundables o a mayor altura del lecho principal del río, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle, sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas y el asentamiento una parte del centro poblado Lagunas.



Figura 4. Muelle del centro poblado de Lagunas, viviendas asentadas sobre una terraza media aluvial (flechas de color amarillo) .

Terrazas bajas y medias aluvial con sectores pantanosos: Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación, son terrenos de superficie llana, presenta sectores inundados la mayor parte del año por la escasez o falta de redes de drenajes, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial de limos y arcillas, se aprecia en la zona de evaluación en el sector Nueva Esperanza, el cual ha sido disectado por las corrientes de los ríos Aypena y Huallaga.

Complejos de orillares meándricos antiguos: Consiste en cursos de agua abandonados muy antiguos, generado por las divagaciones de los ríos a través del tiempo, con una cubierta vegetal muy abundante, esta zona se puede apreciar cerca al centro poblado de San Manuel hacia el Nor-Oeste. (Foto 5)

Complejos orillares meándricos recientes: Consisten de cursos de agua abandonados por las divagaciones de los ríos a través del tiempo, esto es originado por la reducción de velocidad de los ríos y con materiales sedimentarios depositados en las curvas interiores de los ríos, donde los centros poblados Nueva Corina, Tamarate, San Manuel, Pucacuro y una parte del centro poblado de Lagunas se establecieron.



Figura 5. Complejo orillares meándricos recientes(flecha de color amarilla) y antiguos (flecha de color rojo) a la margen derecha de la localidad de Lagunas, (toma obtenida con el drone).

Isla fluvial: son elevaciones preexistentes del terreno que fueron rodeadas por las aguas del río, por acción de variación del cauce y posterior divagación, son procesos de los meandros abandonados y paleocauces, esta forma se da cuando un río corta el cuello de un meandro reduciendo su curso, lo que hace que el antiguo canal quede bloqueado y luego se separe del cauce.

Barras de arena: son depósitos de sedimentos de arena, fueron generados por haber obstáculos en el interior del canal junto con la disminución de la velocidad de la corriente, por descensos temporales del cauce quedando descubiertas en forma de barras.



Figura 6. Barras de arena en la margen izquierda de Nueva Corina (Flecha de color amarillo)

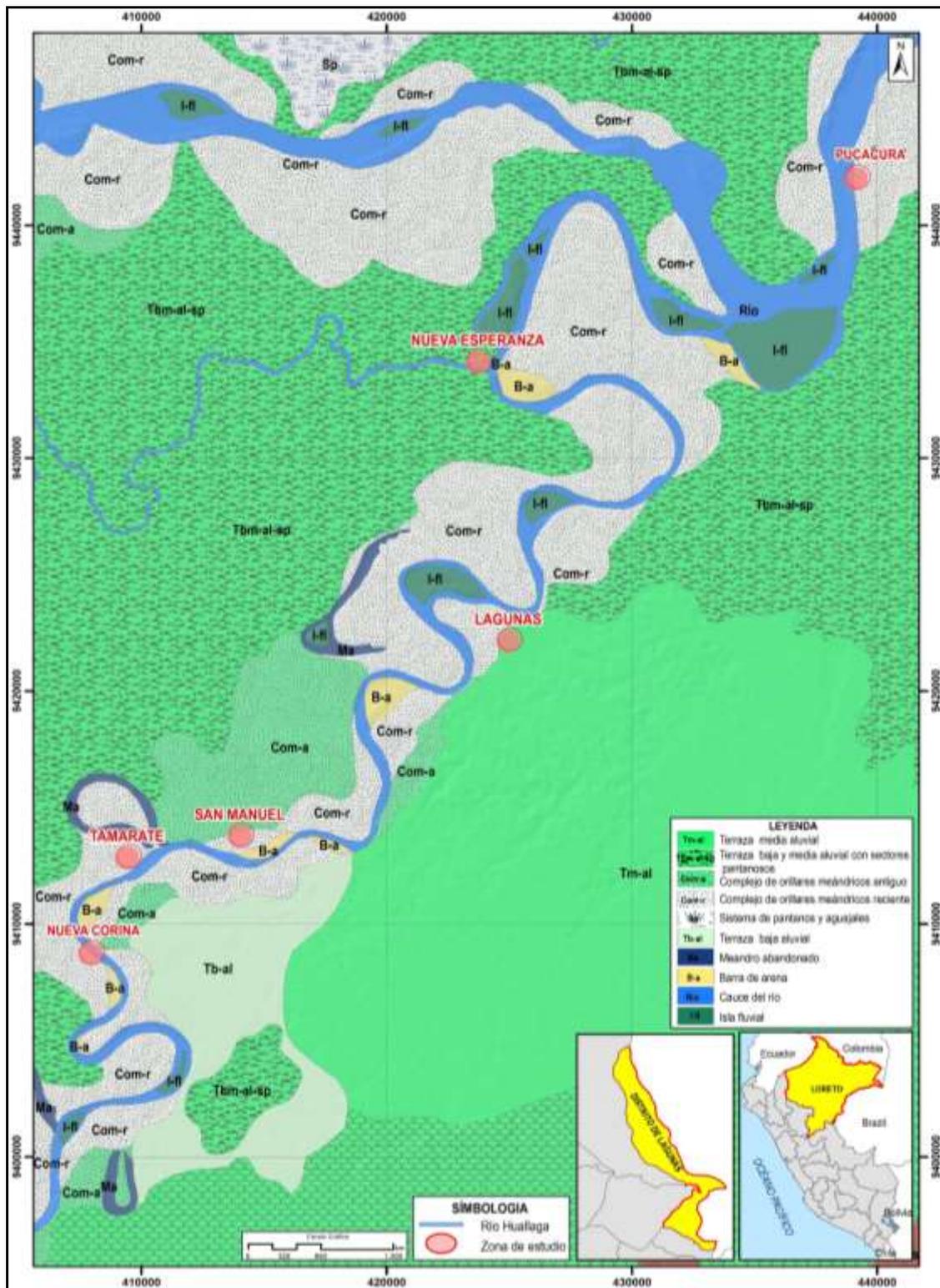


Figura 7. Unidades geomorfológicas del sector de Llagunas y alrededores.

6. ASPECTOS LITOESTRATIGRAFICAS

La geología descrita en el cuadrángulo Lagunas 11-L por (De la Cruz, N., *et al.* - INGEMMET), menciona que en el sector se tienen depósitos sedimentarios recientes, constituida por depósitos fluviales meándricos y lacustres.

6.1 Unidades Litoestratigráficas

Depósitos Cuaternario

Depósitos fluviales:

Se encuentran en las playas e islas, asociados a la dinámica del río Huallaga; tenemos los depósitos de llanura de inundación (temporal o estacional) y los depósitos point bar, que son aquellos que se acumulan en la parte interna de los meandros y contienen los sedimentos más gruesos de los transportados por la corriente.

Depósitos aluviales:

Son depósitos recientes poco consolidados, visibles a lo largo de los ríos Huallaga y Marañón formando terrazas, están constituidos por arcillas, limo arcillitas grisáceas en bancos masivos y bastante húmedos.

- **Qh-al1**, constituyen terrazas bajas, visibles en zonas de inundación, está compuesta por arcillas, limoarcillitas, con coloración de variados grises, se aprecian mayormente, al oeste de la margen izquierda del río Huallaga donde están asentados los Centros Poblados Evaluados.
- **Qh-al2**, forman depósitos más altos que Qh-al1, son de superficie plana o ligeramente ondulada no bien drenadas, se puede clasificar en dos tipos, Superficies Altas "Restingas", que son superficies inundables por lluvias extremas y Superficies Moderadamente Bajas, que son inundables por ocurrencia de lluvias normales.
- Estos depósitos son ocasionados por las inundaciones durante la crecida de los ríos, contienen abundante material en suspensión, está constituido por láminas de limoarcillitas que presentan grietas de desecación durante la temporada de estiaje, las que son estabilizadas por vegetación de crecimiento rápido

Depósitos antiguos, Estos depósitos se aprecian en la margen derecha del río Huallaga y en las zonas inundables, su edad ha sido asignada al Pleistoceno, porque se encuentra entre las Formaciones Ucayali y Ucamara, Los sedimentos que la conforman, están constituidos mayormente, por arenas de granulometría variada semiconsolidada, algunas veces se observa con algunos niveles de limos y arcillas

Depósitos Palustres

De acuerdo a su posición y formación se le asigna de edad holocénica, se caracteriza por localizarse en zonas plano depresionadas, está constituido por depósitos de limos y material arcilloso con abundante materia orgánica en estado de descomposición, esta formación litológica se desarrolla estrictamente en aguas tranquilas, casi estancadas, de drenaje muy pobre.

Depósitos Ucamara

Depósitos de origen lagunar, que corresponden a una unidad de edad pleistocénica, estos depósitos están constituidos por lodolitas gris claro, intercalados con niveles de areniscas cuarzosas de tonalidad que varían desde marrón a gris marrón.

Neógeno

Fm Ucayali:

Estos depósitos se encuentran al Este del centro poblado de Lagunas, compuesta de lodolitas amarillentas a rojizas, arenas de grano medio a grueso y conglomerados, su edad le atribuyen al Pleistoceno (Kummel, B. 1946). Se aprecia que una pequeña parte del centro poblado de Lagunas (la zona oriental del poblado) está asentado sobre esta formación.

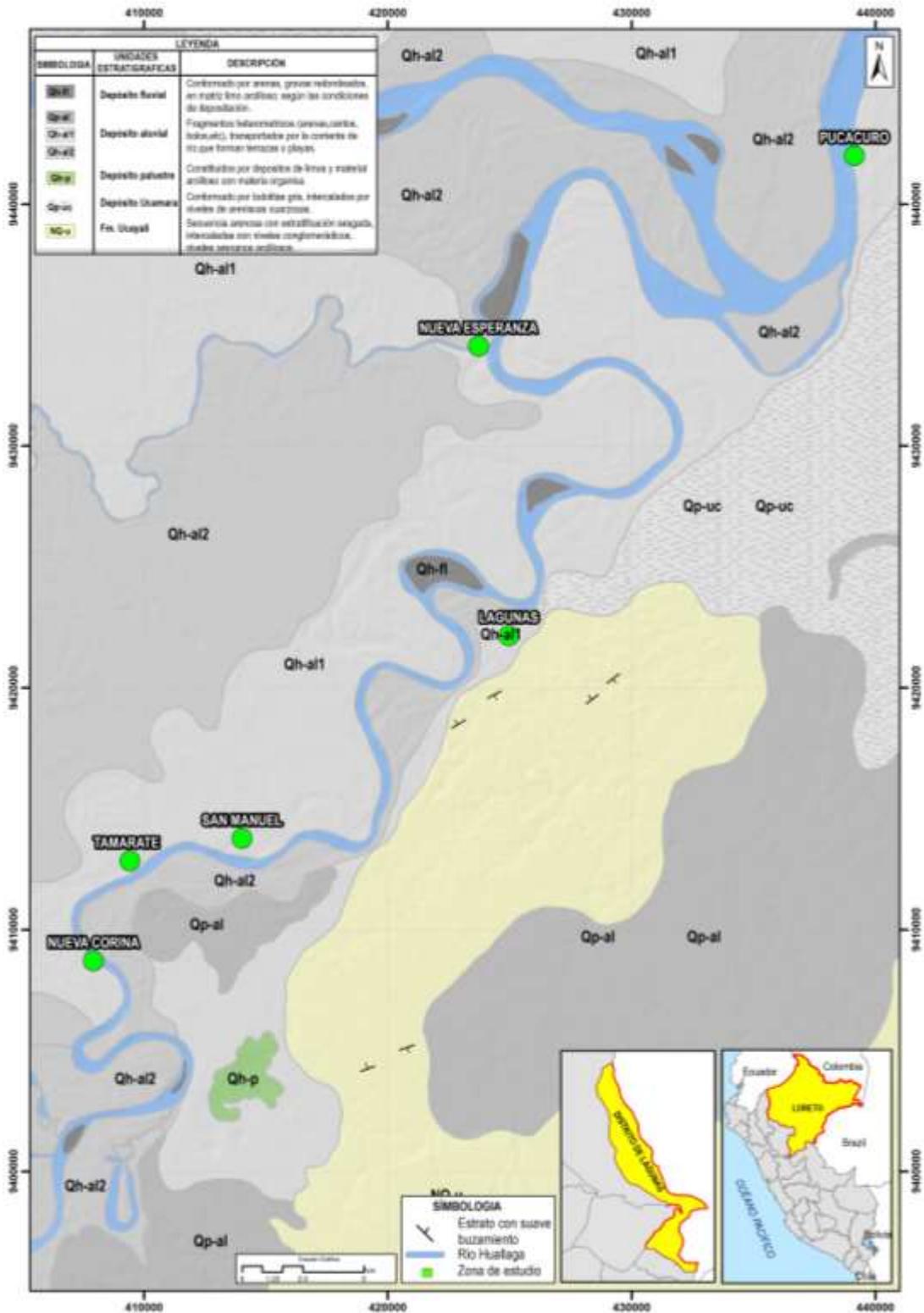


Figura.8. Mapa geológico (Modificado, De la Cruz, N., et al., 1999).

7. CONTEXTO SÍSMICO

El pasado 26 de mayo ocurrió un terremoto de magnitud 8, con un epicentro ubicado a 78 km al SE del distrito de Lagunas, departamento de Loreto, aproximadamente a una profundidad de 110 km dentro de la placa subductante de Nazca (fuente: USGS), este evento tuvo una duración aproximada de 2 min.

La litología del terreno, la elevada magnitud y el tiempo de duración de este evento fueron factores detonantes para la suscitación de fenómenos cosísmicos como: volcanes de arena, agrietamientos y asentamientos en el terreno, por lo que se cataloga a este tipo de terrenos altamente susceptible a la licuefacción de suelos.

Por otro lado, en las zonas evaluadas no se registraron pérdidas humanas, y los mayores daños se registraron principalmente a construcciones de material noble, que en contraste con las viviendas de los pobladores, que se encuentran construidas de madera, sufrieron daños menores.

INTENSIDAD

En los centros poblados mencionados anteriormente se pudo registrar fenómenos cosísmicos, producto de la licuefacción del suelo. Asimismo, se observó otros fenómenos relacionados, como árboles tumbados y desaparición fuentes de agua. Esta información ayudó a poder determinar una intensidad de "Destructiva a Muy destructiva" con la que afectó este evento sísmico, para lo cual se utilizó un cuadro de Intensidad asociado a efectos geológicos y geomorfológicos por sismos AEQUA.

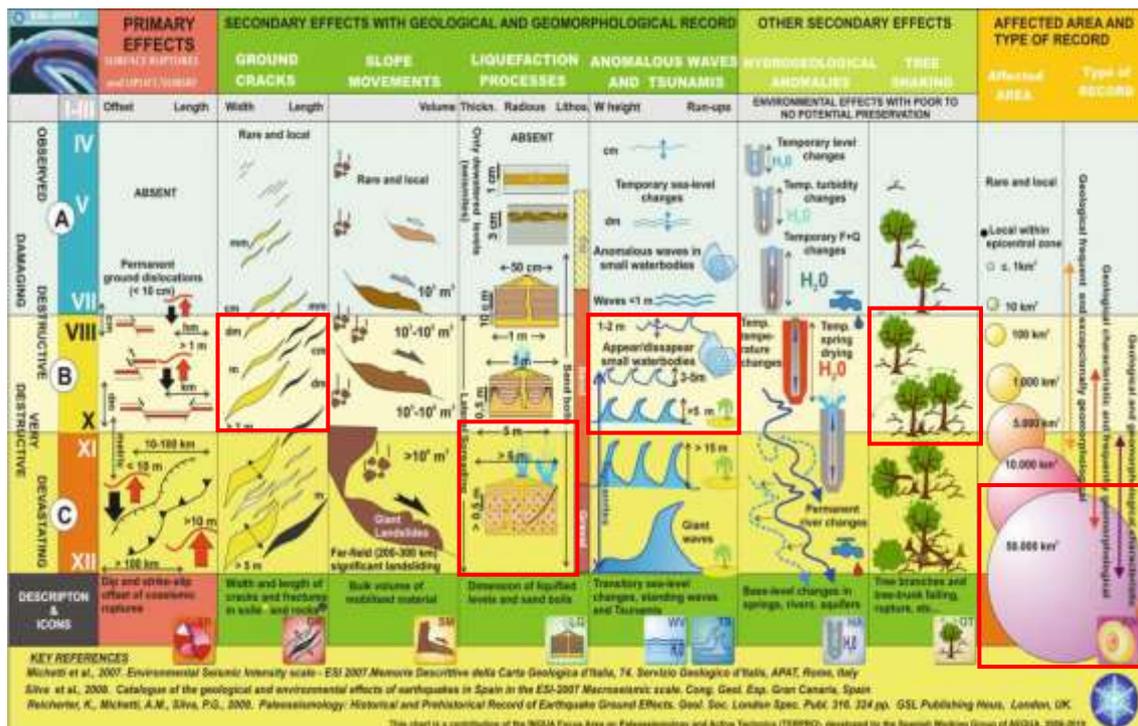


Figura.9. Con recuadros rojos están marcados los efectos cosísmicos observados. Cuadro de Intensidad sísmica AEQUA (Tovar, 2018).

Por otro lado, Instituciones internacionales como el Servicio geológico de Estados Unidos (USGS) muestra un mapa de intensidad (Figura.10), la cual guarda relación con la intensidad calculada a partir de los fenómenos cosísmicos observados en zona afectadas (Figura.9)

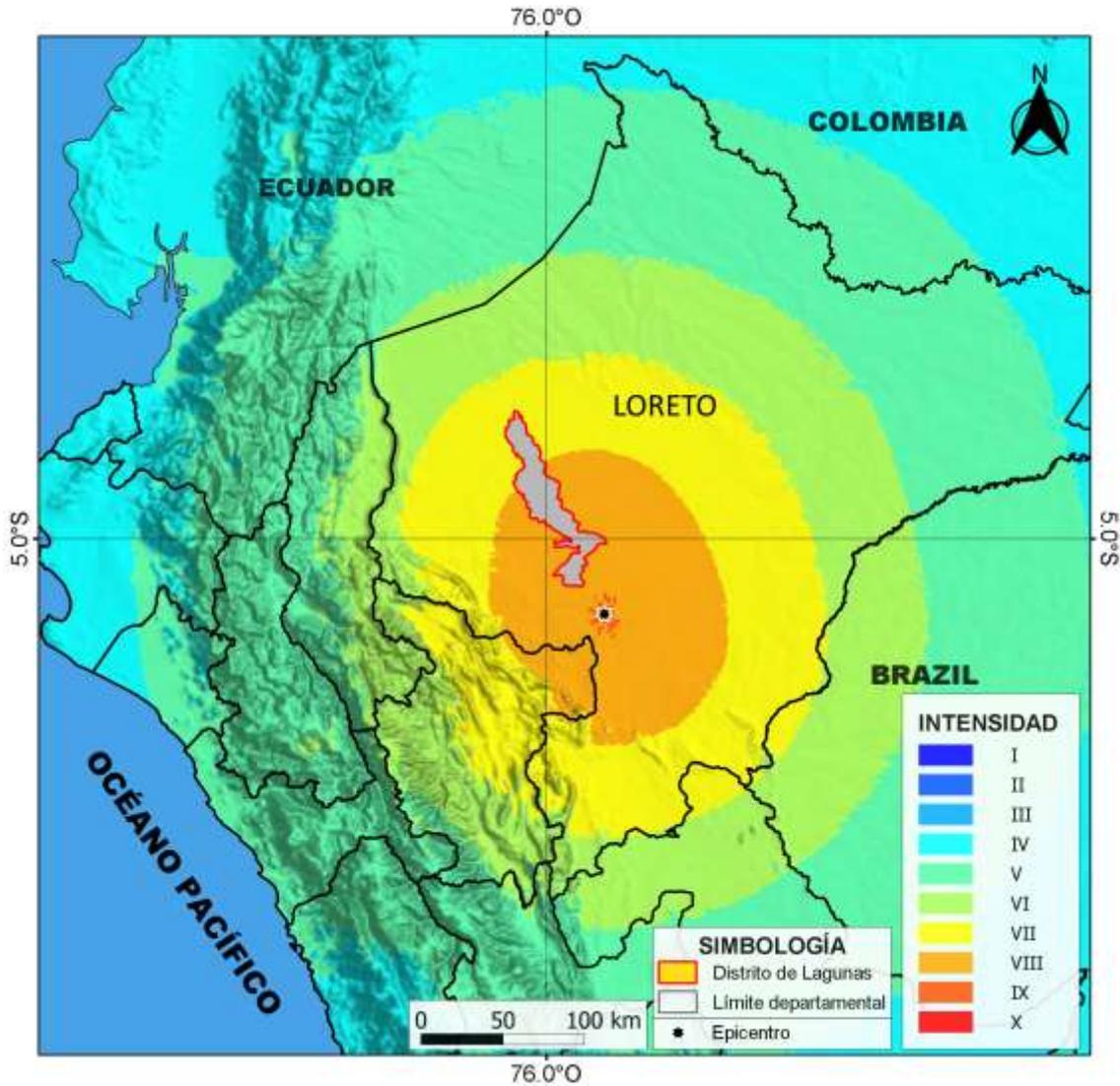


Figura.10. Mapa de intensidades del ultimo sismo de magnitud 8, con epicentro a 78 Km al SE de Lagunas, Loreto. Escala basada en Worder et al. (2012). Fuente: Modificado USGS.

8. PELIGROS GEOLOGICOS

El epicentro del sismo que ocurrió el 26 de mayo del 2019, se localizó al sur del distrito de Lagunas, (provincia de Alto Amazonas, región Loreto) con una magnitud de 8.00 grados en la escala de Richter (USGS), (IGP).

8.1. LICUEFACCIÓN DE SUELOS

En los poblados de San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Nueva Esperanza y Pucacuro se ha reportado la expulsión de arena y agua del subsuelo. Este proceso se dio por la vibración del terreno que se originó por el sismo del pasado 26 de mayo. Este fenómeno se reconoce como licuefacción de suelos. El fundamento teórico de la licuefacción se basa en que los sedimentos arenosos sin cohesión y los depósitos de limos suelen tener una resistencia alta al corte, soportando grandes cargas sin producirse alteraciones en su estructura interna. Pero, se puede producir la pérdida de resistencia de estos materiales cambiando su estado para pasar a comportarse como líquidos viscosos. El mecanismo que afecta a este cambio de estado de sólido a líquido es la licuación, que genera sedimentos licuefactados (Allen, 1977). Esta pérdida de cohesión, puede producir desplazamientos a favor de pendientes o inyecciones de materiales licuefactados en respuesta a gradientes de presión.

8.2. AGRIETAMIENTO DE SUELOS

En los trabajos de evaluación de daños, se observó grietas en el terreno con longitudes variables que van desde unos cuantos centímetros hasta varias decenas de metros, con aberturas de 5cm hasta 50cm, y con profundidades menores a 2 metros. La orientación de las grietas es sub paralela al cauce del río.

8.3. ASENTAMIENTO DEL SUELO

Es la deformación vertical en la superficie de un terreno proveniente de la aplicación de cargas o debido al peso propio de las capas.

Sector	Coordenadas		Observación	Grietas			Volcanes de arena
	x	y		Azímuth°	Apertura (cm)	Longitud (m)	Diametro (m)
Nueva Corina	407932.4833	9408608.683	Grieta en terreno	153	10		
	407917.5315	9408735.073	Grieta en terreno	157	15	100	
	407950.3775	9408575.372	Grieta en terreno	353	20	20	
	407944.1806	9408655.068	Grieta en terreno	168	20	20	
	407880.6068	9408654.646	Grieta con volcán de arena	140	20	20	5
	407919.1082	9408633.918	Grieta con volcán de arena debajo de la escuela 62457 Nueva Corina	160	15	10	2
	407936.8377	9408613.774	Volcán de arena				3
Tamarate	409058.7477	9412635.525	Grieta en terreno	50	50	30	
	409010.9661	9412745.448	Grieta con volcán de arena	74	50	3	5
	409025.7774	9412763.646	Grietas con tres volcanes de arena	11	20	20	5
	409167.0822	9412759.177	Grieta con volcán de arena	75	2	2	5
	409453.7836	9412847.55	Grieta con volcán de arena	59	15	5	3
	409130.2398	9412791.423	Volcan de arena				10
	409260.008	9412745.548	Volcán de arena				4
San Manuel	414244.6649	9413844.729	Grieta en terreno	90	25	150	
	414108.9716	9413873.992	Grieta en terreno	91	5	15	
	414085.7018	9413831.98	Grieta con volcán de arena	70	2	2	3
	414019.2561	9413813.662	Grieta con volcán de arena	80	20	10	2
	414105.5539	9413872.554	Volcán de arena				3
	414086.4281	9413888.137	Volcán de arena				2
Nueva Esperanza	423594.285	9434094.811	Grieta y asentamiento en el terreno	79	10	10	
	423671.2259	9434107.934	Grieta con volcán de arena	88	15	5	4
Pocacuro	439250.8661	9441991.196	Grieta en terreno	40	10	20	
	439356.6761	9442133.771	Grieta en terreno	217	15	5	
	439215.6912	9441987.419	Grieta en terreno	56	30	18	
	439275.5428	9441995.667	Grieta con volcán de arena	31	10	10	2
	439358.6083	9442138.368	Grieta con volcán de arena	40	15	10	2
	439284.5293	9441997.556	Volcán de arena				0.5
	439363.0313	9442141.588	Volcán de arena				5

Tabla N°1.- Medidas de grietas y volcanes de arena.

SECTOR SAN MANUEL

En este sector observamos grietas en el terreno, con longitudes mayores de 50m y con abertura que van desde los 5cm hasta 25cm, con dirección promedio N80°, sub-paralelas al río Huallaga. En estas grietas se observó la evidencia de la expulsión de arena y agua a causa de la licuefacción, esto proceso formó volcanes de arena con un radio promedio de 2 metros. Este proceso afectó 4 viviendas, (Foto 1 y 2).



Foto 1. Sector San Manuel, volcán de arena de 3 metros de diámetro.



Foto 2. Grietas del terreno con abertura que van desde 5cm a 25cm de abertura y 40m de longitud.

SECTOR NUEVA CORINA

En este sector observamos grietas en el terreno con longitudes menores a 100m, con aberturas que varían desde 10cm a 30cm, con dirección promedio de N155°, como en el caso anterior, estas son evidencias de la formación de volcanes de arena, estas estructuras tienen un radio promedio de 2m y un radio máximo de 5m. (Foto 4)

Este proceso afectó dos viviendas y la escuela primaria "N° 62457". (Foto 3)



Foto 3. Grieta profunda ubicada bajo el centro educativo N° 62457 compuesto de arena de grano fino con una disposición radial (volcán de arena).



Foto 4. Grietas paralelas a la margen al cauce del río Huallaga, se observan grietas en un ancho de 5 metros aledañas a la orilla, estas tienen aberturas de entre 10cm a 28cm y una profundidad de 30cm a 50cm.

SECTOR TAMARATE

Se encuentra ubicado a 450 m al oeste del margen izquierdo del río Huallaga.

En este sector observamos grietas con una longitud de más 20m, con aberturas que varían desde 5cm a 60cm, con rumbo promedio de N35°, en el movimiento sísmico por estas grietas se expulsó arena combinada con agua formando volcanes de arena con un radio promedio de 2 metros y un radio máximo de 5 metros. Además, se observó asentamientos del terreno. (Foto 5 y 6)

Este proceso afectó tres viviendas y el Jardín "EBR Lino Curitina Cartimari".



Foto 5. El piso de concreto del jardín EBR Lino Curitina Cartimari asentado y agrietado.

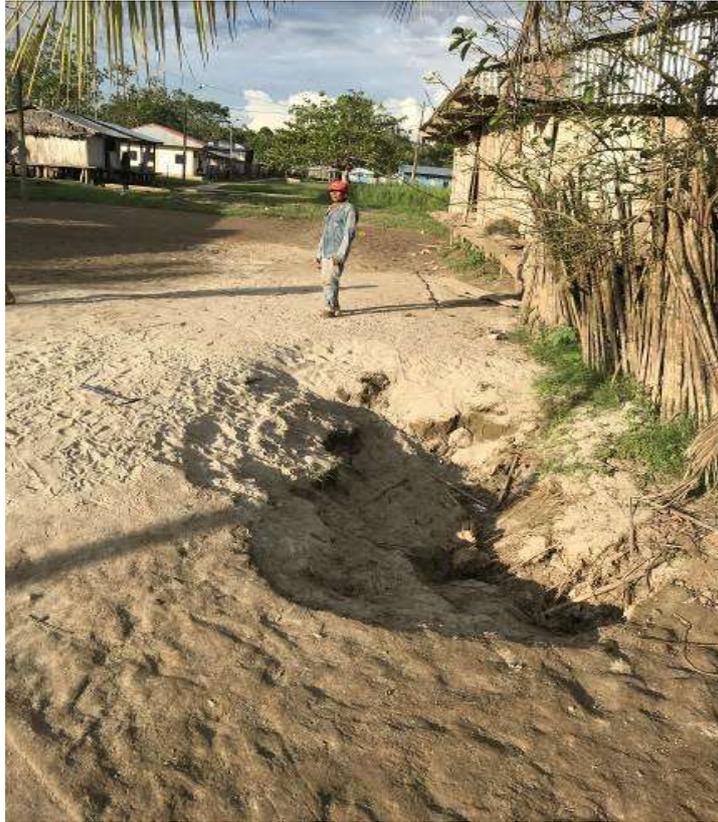


Foto 6. Volcan de arena con radio de 5m, su crater mide 2m con profundidad de 50cm. Esta estructura se localiza a un costado de una vivienda.

SECTOR NUEVA ESPERANZA,

Se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Aypena, cercano a la intersección con el río Huallaga.

En este sector observamos grietas en el terreno con longitudes menores de 60 m, se disponen en forma paralela a la orilla del río, con aberturas que varían desde 5cm a 20cm, presentan una dirección promedio de N 75°. (Foto 7).

Además, se observó grietas en el terreno que están ubicadas a 100m tierra adentro, con dirección N88°, se identificó volcanes de arena con diámetros comprendido entre 4m a 6m.

Este proceso afectó 4 viviendas y destruyó la estructura del C.E.P. N°62057 "Esperanza" (Foto 8)



Foto 7. Asentamiento del terreno en dirección del río Aypena,



Foto 8. Se observa el colapso de la infraestructura de concreto del C.E.P. N°62057 Esperanza.

SECTOR PUCACURO

Se encuentra en la margen derecha del río Marañón.

Se presentaron procesos de licuefacción de suelos, identificándose agrietamientos del terreno con longitudes comprendidas entre 5m a 20m, con aberturas comprendidas entre 5cm a 60cm, con dirección N50°. (Figura 11)

En algunos lugares se observó volcanes de arena, que tienen diámetro promedio de un metro, como máximo de 5 metros. En este sector el proceso de licuefacción de suelos afectó 5 viviendas, un centro educativo y puesto de salud.

La mayor distribución de las grietas provoco daños en mayor número de viviendas, principalmente por el proceso de licuefacción de suelos y el asentamiento del terreno.



Figura 11. Imagen tomada por el dron, se aprecian grietas en el terreno (líneas rojas) y los volcanes de arena además del colegio y la posta que quedaron con daños por el sismo.

CENTRO POBLADO DE LAGUNAS

El centro poblado Lagunas, se encuentra en la margen derecha del río Huallaga, parte se encuentra sobre un depósito de arenas, limos, y la otra sobre la Formación Ucayali (arenas con gravas y arcilla, no litificadas).

En el sector del puerto se registró agrietamientos en el terreno de forma continua paralela a la orilla del río Huallaga, en una distancia variable tierra adentro entre 50cm hasta 4m. Fue afectada una vivienda.(Foto 9)



Foto 9. vivienda ubicada a 4m del cauce, presenta grietas de 5cm -10cm de ancho, destruyó vereda de concreto.

A una distancia de más de 300m tierra adentro, existen estructuras que fueron afectadas, como la iglesia Matriz y la Glorieta de concreto del barrio I José Murayari. (Foto 10)



Foto 10. Colapso Glorieta de concreto del barrio I José Murayari, esta se ubica dentro de las siguientes coordenadas N9421132, E424512, esta se encuentra frente al centro de educación primaria N°62056.

Además, se observó viviendas con muros de material de barro compactado con una antigüedad mayor a 100 años (comentario del dueño de la vivienda), con paredes agrietadas y muros inclinados, ha quedado inhabitable, estas grietas son claramente producto del sismo, puesto que, se diferencia claramente que los muros paralelos a la dirección del epicentro NO-SE, son lo que presentan más daños, estas se ubican en las siguientes coordenadas UTM N9422043, E424782.(Foto 11)



Foto 11. Se observa grietas que afectaron la infraestructura de vivienda, ubicada entre la calle Jauregui y Fritz, actualmente está desocupada por seguridad.

Puntos de afectación identificados (Figura 13), muestra las afectaciones que se identificaron en el centro poblado de Lagunas;

- N9423197, E425810 grietas continuas a un metro del cauce, estas presentan una aberturas desde 4 cm a 20 cm, con longitudes entre 10m a 45m.
- N9422165, E425011, infraestructura de cuatro pisos, presenta grietas en las paredes; debido a eso el propietario paralizó la construcción.
- N9421135, E424512, Templo "Iglesia Matriz" de la comunidad actualmente inhabitable, presenta grietas en la estructura y paredes, de material de barro compactado, con una antigüedad suponemos mayor a 100 años, según información de la población..
- N9421132, E424512, Glorieta del Barrio I José Murayari, esta construida de hormigón, edificada recientemente, esta unidad se ubica frente al centro de educación primaria N°62056. a raíz del sismo colapsó.
- N9422043, E424782, vivienda inhabitable ubicada entre la calle Jauregui y Fritz, se observó muros inclinados y agrietados, las paredes son de barro compactado.
- N9422376, E424749, vivienda inhabitable, porque las paredes se encuentran inclinadas que pueden colapsar, estas viviendas tienen antigüedades <100 años, en el cruce de las calles Juan Vázquez y Miraflores.
- N9422127, E424590, colegio secundario "Centro Rural de Formación en Alteranza" se observó grietas entre las juntas y muros (vivienda y salones de C.E.) y agrietamientos en la uniones de las vigas de la capilla.

9.- SUSCEPTIBILIDAD A LICUEFACCIÓN DE SUELOS

Durante los trabajos en campo se pudo reconocer las zonas más afectadas y zonas que presentaron daños menores por los efectos cosísmicos (Tabla N°1), asimismo, pudimos identificar algunos rasgos geológicos como la litología del terreno, pendiente, la saturación agua, propias de sedimentos fluviales meándricos recientes. Este tipo de depósitos vienes a ser altamente susceptible a licuefacción de suelos como los muestra Pradel et al (2014).

Con esta información recabada, los mapas geológicos (Cuadrángulo 11-L) y geomorfológicos elaborados por INGEMMET, se identificaron zonas vulnerables a la licuefacción de suelos (Figura.12).

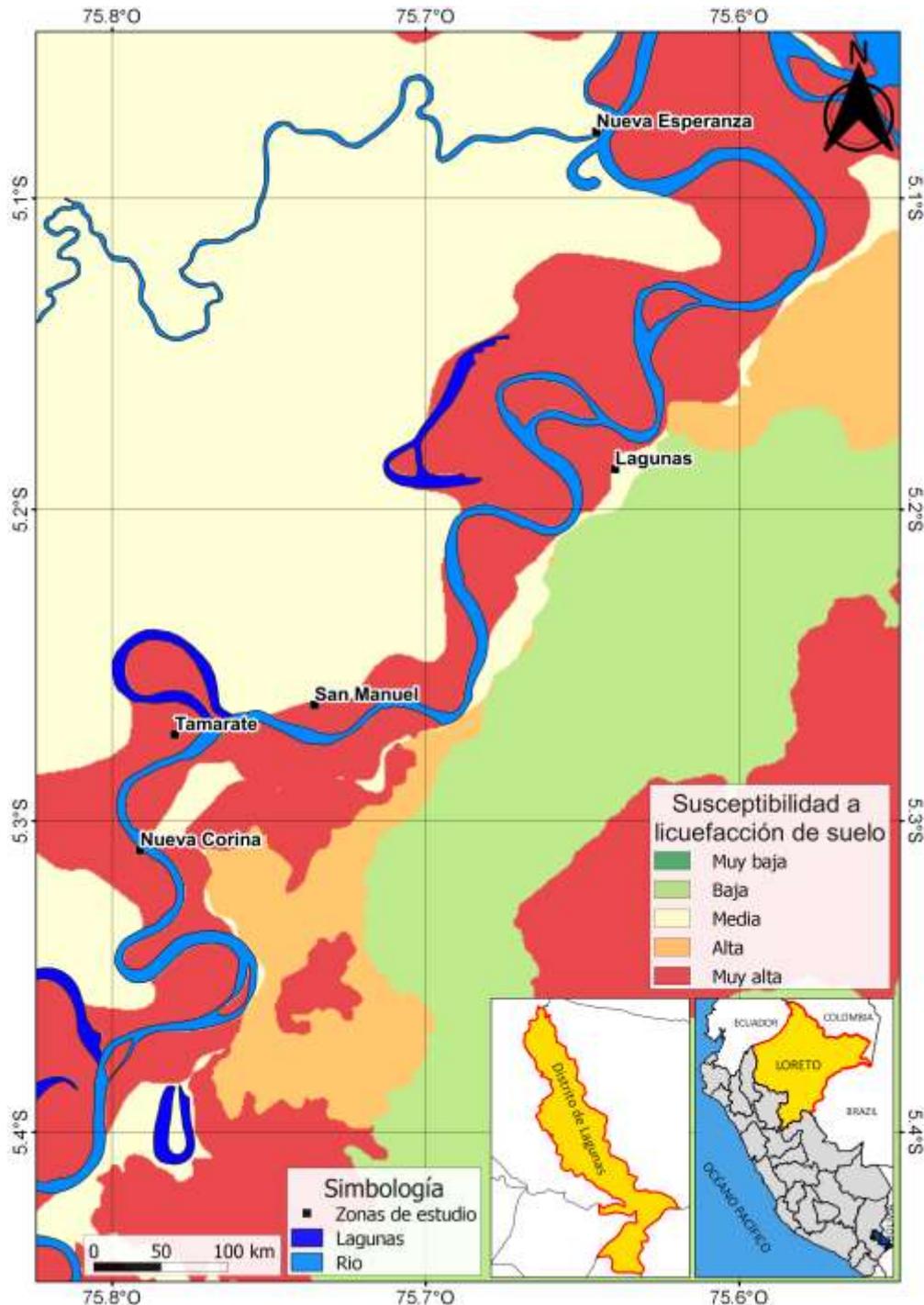


Figura.12. Mapa de susceptibilidad a licuefacción de suelos.



Figura 13. Sector de Lagunas, se muestran puntos de afectación, como viviendas, capilla y equipamiento de parques (Glorieta).

10. ZONA PROPUESTA PARA REUBICACIÓN

- Los pobladores del sector de Pucacura, por medidas de seguridad decidieron reubicarse a 450m NO de la ubicación actual,. La zona se encuentra en las siguientes coordenadas UTM Zona 18 sur. Tiene 5 628 m², el suelo está compuesto de arenas y limos muy consolidados, la zona fue utilizada con anterioridad como zona de cultivo de plátanos, para habilitar esta zona es necesario realizar estudios de suelos.

NORTE	ESTE	ALTITUD
9442241	439461	112
9442235	439392	
9442151	439395	
9442158	439465	

10.1. PROPUESTA POR LAS CONDICIONES GEOLOGICAS, GEOMORFOLOGICAS

Los centros poblados afectados, deberían ubicarse a una distancia de 500m, fuera del rango de la zona de saturación o en todo caso, en la terraza más alta.

- El centro poblado de Nueva Corina debería reubicarse por lo menos a unos 1.7km al Sur-Oeste del poblado actual, de acuerdo a la geomorfología y geología, por estar a más altura y tener más tiempo de consolidación.
- El centro poblado de Tamarate debería reubicarse por lo menos a unos 1.5km al Oeste del poblado actual, de acuerdo a la geomorfología geología, por estar a más altura y tener más tiempo de consolidación.
- El centro poblado de San Manuel debería reubicarse por lo menos a unos 0.3km al Nor-Oeste del poblado actual, de acuerdo a la geomorfología y geología, por estar a más altura y tener más tiempo de consolidación.
- Los barrios que se encuentran cerca de las orillas del centro poblado de Lagunas debería reubicarse al Sur-Este del poblado, de acuerdo a la geomorfología y geología, por estar a más altura y tener más tiempo de consolidación. (Figura 6)
- El centro poblado de Nueva Esperanza debería reubicarse por lo menos a unos 0.3km al Nor-Oeste del poblado actual, para retroceder de la orilla.
- El centro poblado de Pucacuro debería reubicarse por lo menos a unos 2km al Sur-Este del poblado actual, de acuerdo a la geomorfología y geología, por estar a más altura y tener más tiempo de consolidación.(Figura 7)



Figura 14. Zonas propuestas para los sectores: San Manuel, Nueva Corina, Tamarate y Lagunas.



Figura 15. Zonas propuestas para los sectores: Nueva Esperanza y Pucacuro.

10. CONCLUSIONES

Por lo observado en campo y lo detallado en los ítems anteriores se puede concluir que:

1. Los principales fenómenos observados después del movimiento sísmico fueron: licuefacción de suelos que generó agrietamiento del terreno, asentamientos y formación de volcanes de arena, que se encuentran cercanos a la orilla y de forma paralela.
2. Los terrenos que fueron afectados por la licuefacción de suelos, se encuentran sobre terrazas bajas formadas por los meandros, que están constituidas por arenas y limos. Esta unidad está saturada de agua.
3. Parte del centro poblado de Lagunas se encuentra asentada sobre la Formación Ucayali conformado por una secuencia de arenas con la intercalación de arcillas y gravas (no litificada), donde no se encontró volcanes de arenas.
4. Los volcanes de arena presentan diámetros comprendidos entre 1 m hasta 10 m, los cráteres tienen longitudes de 2 m, estas estructuras afectaron viviendas, centros educativos y postas médicas.
5. En los sectores de San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Nueva Esperanza y Pucacura, se identificó grietas en el terreno con longitudes hasta de 100m, con abertura de 15 cm y profundidades que van desde los 5cm a 2 m, por efecto de la licuefacción de suelos.
6. Los mayores daños registrados fueron en las construcciones de material noble como: El centro educativo en Nueva Esperanza, el centro de salud en Pucacuro, plazoleta en Lagunas y 3 viviendas con construcciones de barro compactado.
7. En el Puerto Lagunas, se han presentado agrietamiento en las orillas del terreno producto del movimiento sísmico, además son afectadas por la erosión fluvial (río Huallaga), por lo cual se considera como inestable.

11. RECOMENDACIONES

- Los centros poblados San Manuel, Nueva Corina, Tamarate, Nueva Esperanza y Pucacuro, deben ser reubicados alejados del cauce del río.
- Las futuras viviendas deben ubicarse por lo menos a una distancia mínima de 150 m de la margen del río, de prioridad sobre terrenos elevados.
- La posta de salud del sector Pucacuro, debe ser analizada por un ingeniero estructuralista para determinar la estabilidad de esta.
- Se recomienda realizar un estudio a detalle de los sectores evaluados.
- Los pobladores de los sectores evaluados deben organizarse y poner en práctica un sistema de alerta temprano, que permita informar rápidamente a los pobladores, en caso de producirse un evento de gran magnitud.

12. REFERENCIAS

- Allen, J.R.L. (1977) - The posible mechanics of convolute lamination in graded sand beds. *Journal of the Geological Society*, 134(1): 19-31.
- Borselli L. (2018-2019) Geotecnia I, parte V. Instituto de Geología, Fac. De Ingeniería, UASLP.
- De la Cruz, N., *et al.* (1999) Geología de los cuadrángulos de Lagunas, Río Cauchío, Santa Cruz, Río Sacarita, Río Samiria, Bretaña, Requena, Remoyacu, Angamos, Santa Isabel, Tamanco, Nueva Esperanza, Buenas Lomas, Laguna Portugal, Puerto Rico, Tabalosos, Curinga, Quebrada Capanahua, Quebrada Betilia y Río Yaquerana 11-l, 11-m, 11-n, 11-ñ, 11-o, 11-p, 11-q, 12-l, 12-m, 12-n, 12-ñ, 12-o, 12-p, 12-q, 13-ñ, 13-o, 13,p, 14-ñ, 14-o, 14-p – [Boletín A 134]
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Medina L. (2009) Estudio de Riesgos Geológicos de la región Loreto, Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.
- IGP, REPORTE SÍSMICO Sismo del 26 de mayo del 2019 Benavente, C., Delgado, G., García, B., Aguirre, E. & Audin, L. (2017) - Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa. INGEMMET, Boletín, Serie C:Geodinámica e IngenieríaGeológica, 64, 370 p.
- Pradel et al (2014) Impact of Anthropogenic Changes on Liquefaction along the Tone River during the 2011 Tohoku Earthquake, 2014 American Society of Civil Engineers, Natural Hazards Review.
- Tovar (2018), APLICACIÓN DE LA ESCALA ESI-2007 PARA EL ANÁLISIS DE EFECTOS MEDIO AMBIENTALES E INTENSIDADES EN LOS SISMOS: TUMACO (Mw = 8.1, 1979) Y ARMENIA (Mw = 6.1, 1999), COLOMBIA. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias Bogotá, Colombia

WEB

- <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ZIN/Pacaya/geolog%C3%ADa.htm>
- <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us60003sc0/executive>