

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7595

EVALUACIÓN GEOLÓGICA POR PRESENCIA DE FALLA GEOLÓGICA

Departamento: San Martín

Provincia: Moyobamba

Distrito: Moyobamba



FEBRERO
2025

EVALUACIÓN GEOLÓGICA POR PRESENCIA DE FALLA GEOLÓGICA

Distrito y Provincia Moyobamba, departamento San Martín

Elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET

Equipo técnico:

Gabino Fabrizio Delgado Madera

Referencia bibliográfica

Delgado, F. (2025). Evaluación geológica por presencia de falla geológica, distrito y provincia Moyobamba, departamento San Martín. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Informe Técnico N° A7595, 25 p.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ASPECTOS GENERALES:	6
3. CONTEXTO GEOMORFOLOGICO Y GEOLÓGICO	7
3.1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO:.....	7
3.2. CONTEXTO GEOLÓGICO:.....	8
3.2.1. Mesozoico.....	9
3.2.2. Cenozoico	10
4. CONTEXTO ESTRUCTURAL	11
4.1. Falla Naciente	11
4.2. Falla Salabamba.....	11
4.3. Fallas Indoche.....	11
4.4. Fallas Palmeras.	11
5. SISMICIDAD	12
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
7. CONCLUSIONES.....	18
8. RECOMENDACIONES.....	18
9. REFERENCIAS	20
ANEXOS (Mapas).....	21

RESUMEN

La provincia de Moyobamba presenta antecedentes de importantes sismos que generaron pérdidas humanas y ocasionaron daños en viviendas y en diferentes infraestructuras generando así cuantiosas pérdidas económicas. La zona de estudio se encuentra ubicado al oeste de la ciudad de Moyobamba, este lugar presenta una diferencia de alturas que varían entre los 2370 m s.n.m. y los 800 m s.n.m., la temperatura anual varía entre 18° C y 30° C, presenta lluvias desde finales de setiembre hasta marzo.

En cuanto al contexto geomorfológico, la zona de estudio se encuentra ubicada en la zona subandina externa donde destacan las unidades de montañas, colinas, lomadas, abanicos de piedemonte, terrazas aluviales y las llanuras aluviales e inundables. Las pendientes del terreno varían desde llanas (0° - 1°) hasta muy fuertes o escarpadas (25° - 45°). Geológicamente, en la zona de estudio se llegaron a identificar desde rocas Triásicas hasta depósitos cuaternarios pleistocenos y holocenos.

En un contexto estructural, esta zona presenta fallas importantes como Naciente, Salabamba, Indoche y Palmeras; a su vez presenta una intensa actividad sísmica siendo los últimos eventos fuertes entre ellos los sismos ocurridos en 1990 y 1991 cuyas magnitudes llegaron a ser > 6 Mw y los mecanismos focales señalan que el movimiento fue inverso.

Durante los trabajos de campo se reconoció la falla Palmeras, que se encuentra en el flanco este de la depresión de Rioja, actualmente tiene movimientos de tipo normal y afecta depósitos recientes. Esta falla presenta dirección N 160° con buzamiento 47° hacia el suroeste. Aunque tenga evidencias de actividad neotectónica, se deberán realizar estudios más detallados como trincheras paleosismológicas y estudios geofísicos, incluyendo no solo a la falla Palmeras sino a todas las fallas mencionadas en esta evaluación técnica.

De acuerdo a la evaluación se concluye que, el área de estudio ubicada en la provincia de Moyobamba tiene antecedentes de eventos sísmicos importantes los cuales afectan a todas las poblaciones debido a que están emplazados sobre depósitos cuaternarios, por tal motivo esta área de estudio se considera como **Zona Crítica** ante la generación de eventos sísmicos, los cuales ponen en **Peligro Alto** a todas las poblaciones de este sector incluyendo ciudades importantes como Rioja y Moyobamba.

1. INTRODUCCIÓN

La cordillera de los Andes se encuentra en un margen tectónico activo debido a que ocurre el proceso de la subducción, en donde, la placa de Nazca se subduce por debajo la placa Sudamericana desde ~50 Ma (Pardo-Casas y Molnar, 1987) con una tasa de convergencia de ~62 mm. yr⁻¹ (Villegas-Lanza et al., 2016). Este proceso da origen a la formación de los Andes y a la sismicidad. Existen dos tipos de sismicidad: i) Los sismos de subducción que ocurren a lo largo de la zona de subducción y llegan a generar sismos de magnitudes >8Mw, y ii) Los sismos corticales que ocurren en continente y se dan por la reactivación de fallas geológicas, llegan a generar magnitudes hasta de 7Mw, por lo general son sismos superficiales, pero igual generan pérdidas humanas y cuantiosas pérdidas económicas.

El INGEMMET, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos-Act16” y contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico por movimientos en masa y por reactivación de fallas geológicas (sismos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

En ese entender el alcalde de la Municipalidad Provincial de Moyobamba, mediante Oficio N° 548-2024-MPM/A, solicita la Evaluación de Peligros Geológicos en la Provincia de Moyobamba, departamento San Martín. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – DGAR, comisionó al geólogo Gabino Fabrizio Delgado Madera, especialista en movimientos en masa, para realizar la evaluación en el área mencionada. Los trabajos se realizaron del 09 al 12 de octubre del presente año, previa coordinación con personal de la indicada municipalidad. En dicha evaluación se contó con la participación de los señores Carlos Panduro y Ocmin Grandez Segundo de las Unidades de Gestión Riesgo y Gestión Territorial de la Municipalidad Provincial de Moyobamba, respectivamente. Se contó también con Adan Castillo Ruiz y Esgar Diaz Gonzales, Teniente Gobernador y Agente Municipal del caserío El Naranjal.

El presente informe contiene documentación obtenida en campo y revisión de información geológica y cartográfica (boletines técnicos, topografía e imágenes satelitales) que permitieron la evaluación del peligro en la Provincia de Moyobamba, y su influencia en la población e infraestructura. Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Provincia de Moyobamba e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

2. ASPECTOS GENERALES:

El área de estudio se encuentra en la provincia de Moyobamba, departamento de San Martín (Figura 1). Las coordenadas del área de estudio se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación del área de estudio

Puntos Extremos	Coordenadas UTM (WGS84); Zona 18L	
	X	Y
NO	252087	9343008
SO	252087	9311933
SE	284044	9311933
NE	284044	9343008

Para llegar a esta zona de estudio se accedió desde Lima a Tarapoto por vía aérea, luego se continuo el recorrido por la carretera asfaltada Fernando Belaunde Terry hasta la ciudad de Moyobamba.

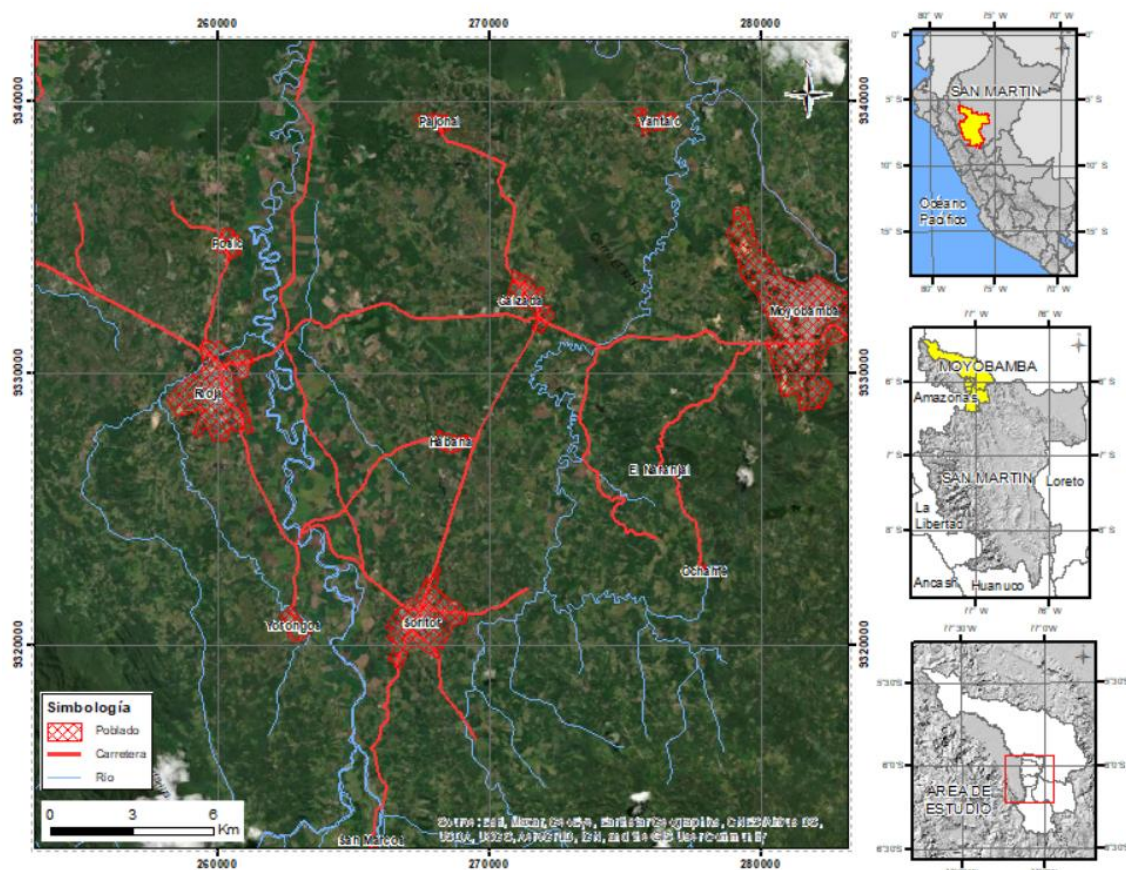


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la provincia de Moyobamba, departamento San Martín

La zona de estudio presenta alturas que varían entre los 2370 m s.n.m. (Cerro Andarilla al suroeste del área de estudio) y los 800 m s.n.m. (Río Mayo); a esta

altura se emplazan poblados importantes como Moyobamba, Rioja, entre otros. La temperatura en Moyobamba es variada durante el año está entre 18° C y 30° C. Entre agosto a octubre son considerados los meses más cálidos. El mes más frío es junio con una temperatura mínima de 18° C. Las lluvias se presentan desde finales de setiembre hasta mediados de marzo.

3. CONTEXTO GEOMORFOLOGICO Y GEOLÓGICO

3.1. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO:

En base a la información obtenida del GEOCATMIN, en la zona de estudio se encuentra ubicada en la zona subandina externa (Rodriguez et al., 2017), donde se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas (Figura 2): Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs), Montaña en roca sedimentaria (RM-rs), Colina estructural en roca sedimentaria (RCE-rs), Colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs), Lomada en roca sedimentaria (RL-rs), Monte isla (MO-i), Abanico de piedemonte (Ab), Terraza aluvial (T-al), Llanura o planicie inundable (PI-i) y Llanura o planicie aluvial (PI-al).

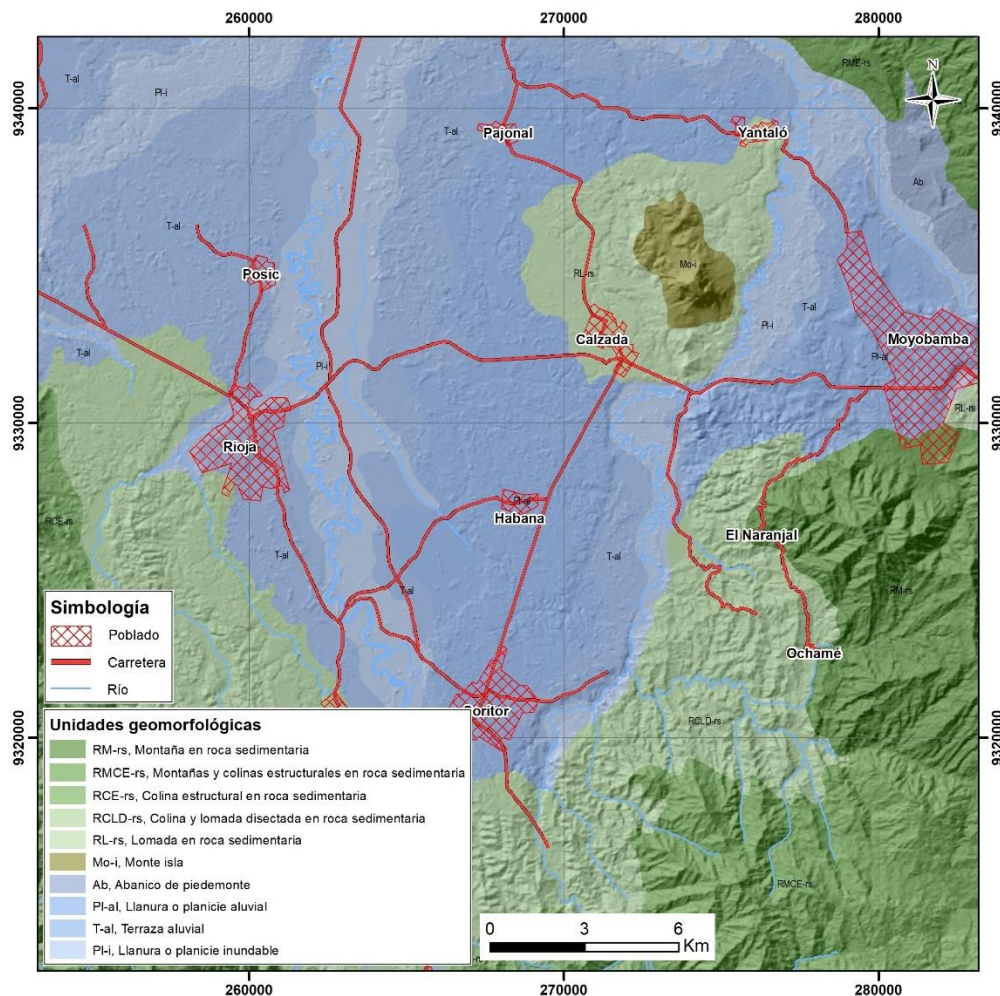


Figura 2. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.

Las pendientes de terreno son variadas en la zona de estudio (Figura 3), en la zona de terrazas y llanuras aluviales presentan pendientes que corresponden a terreno llano (0° - 1°) y terreno inclinado con pendiente suave (1° - 5°), las colinas presentan pendientes moderadas (5° - 15°) y las montañas presentan pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes o escarpadas (25° - 45°) (Figura 3).

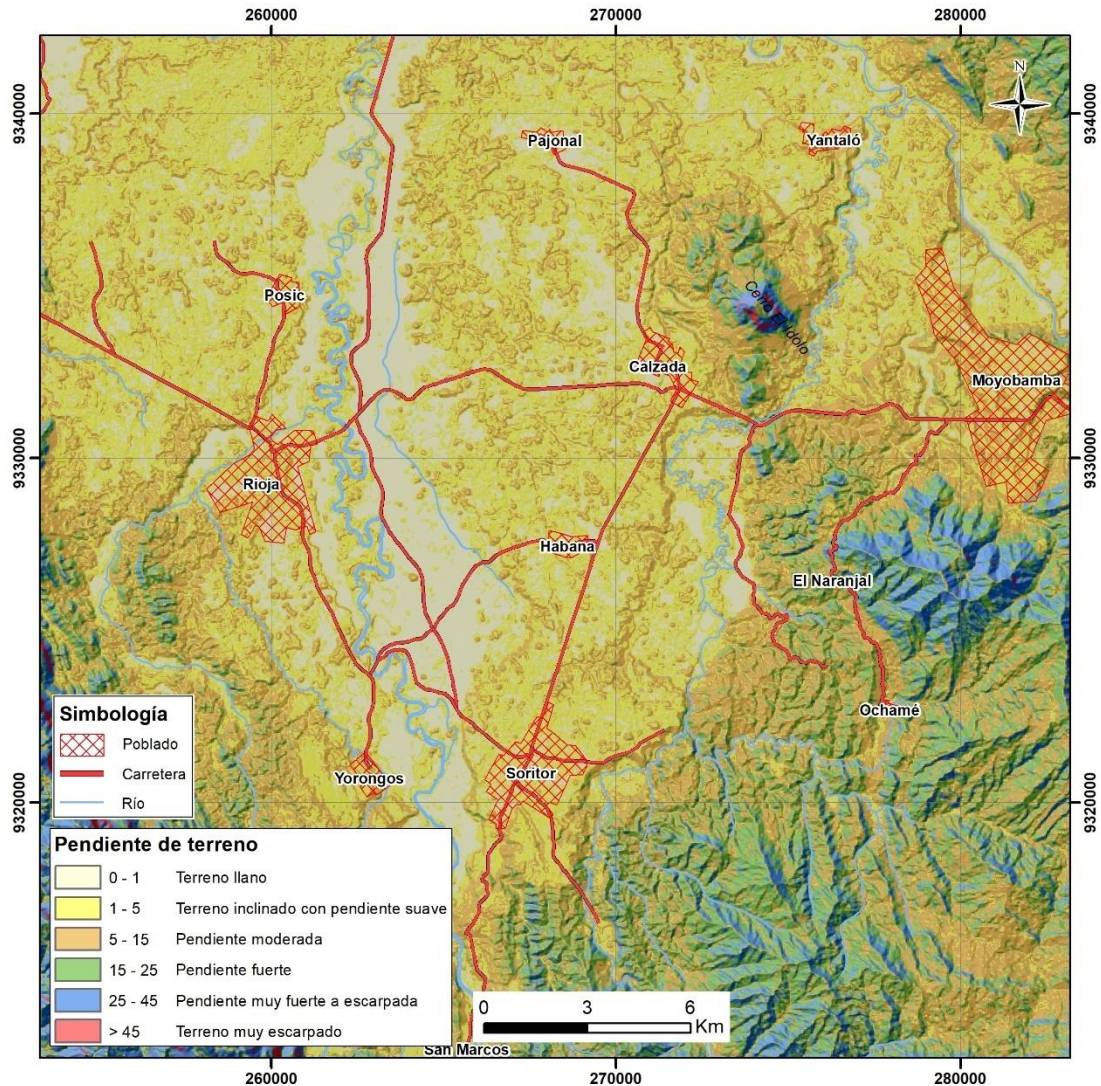


Figura 3. Mapa de pendientes del área de estudio.

3.2. CONTEXTO GEOLÓGICO:

En el área evaluada afloran rocas con edades del Triásico hasta depósitos cuaternarios (GEOCATMIN - INGGMMET) las cuales se describen a continuación (Figura 4):

3.2.1. Mesozoico

3.2.1.1. Grupo Pucará: Este grupo de rocas está conformado por diferentes formaciones sedimentarias:

- **Formación Chambará (Ts-ch):** Está conformada por calizas recrystalizadas grises, masivas con coloraciones superficiales beige a marrón claro, se encuentran plegadas y presentan contenido de fósiles y con algunos niveles de calizas dolomíticas
- **Formación Aramachay (Ji-a):** Esta formación está constituida por areniscas bituminosas con diseminación de sulfuros, presenta niveles en bancos de calizas masivas grises.
- **Formación Condorsinga (Ji-c):** Suprayace en concordancia a la formación Aramachay, está constituida de calizas de color gris claro, con algunos sectores blanquecinos, además se pueden encontrar venillas de cuarcitas.

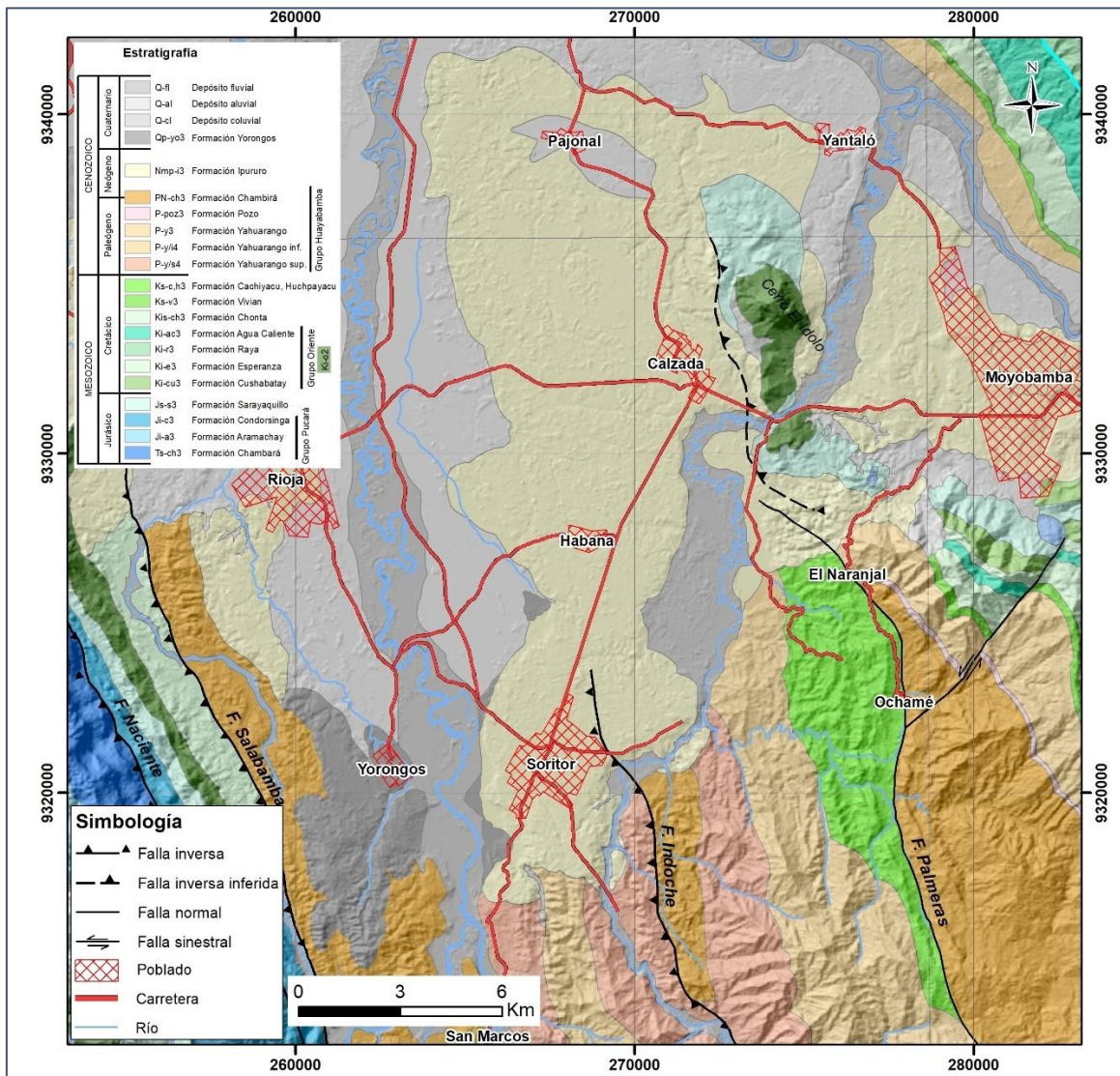


Figura 4. Unidades estratigráficas y principales fallas en el área de estudio.

- 3.2.1.2. Formación Sarayaquillo (Js-s):** Esta formación se encuentra en discordancia sobre la formación Condorsinga, está compuesta de areniscas de grano fino a medio de color pardo a rojizo, presenta estratificación cruzada con niveles de lutitas rojas y limolitas rojas.
- 3.2.1.3. Grupo Oriente (Ki-o):** Corresponde a rocas cretácicas compuestas de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con alternancia de limolitas hacia el techo.
- 3.2.1.4. Formación Chonta (Kis-ch):** Está constituida de calizas verde amarillentas, se encuentra en forma masiva a veces nodulosa; se observa en algunos sectores se intercalan con lutitas verdes y areniscas finas.
- 3.2.1.5. Formación Vivian (Ks-v):** Esta formación suprayace en concordancia a la formación Chonta, está compuesta de areniscas cuarzosas finas de color blanco, presenta una textura sacaroide.
- 3.2.1.6. Formación Cachiyacu-Huchpayacu (Ks-c,h):** Esta formación está compuesta por lutitas moradas intercalado con niveles de calizas, presenta un contenido de gasterópodos y carófitas.

3.2.2. Cenozoico

- 3.2.2.1. Formación Yahuarango (P-y):** Esta formación se encuentra en discordancia angular sobre rocas cretácicas, presenta dos miembros:
- **Miembro inferior (P-y/i):** Este miembro hacia la base presenta secuencias de lutitas rojas con niveles de areniscas, mientras que hacia la parte superior presenta areniscas arcóscicas con niveles aislados de lutitas.
 - **Miembro superior (P-y/s):** Este miembro presenta intercalación de lutitas violáceas y rojo ladrillo, con presencia de estratos en bancos delgados de arenisca con base erosiva
- 3.2.2.2. Formación Chambirá (PN-ch):** Esta formación se encuentra en discordancia sobre la formación Yahuarango, está compuesta de lutitas rojas intercaladas con lutitas verdes, yesos y areniscas.
- 3.2.2.3. Formación Ipururo (Nmp-i):** Esta formación se encuentra en discordancia angular con la formación Chambirá, está compuesta de Limos con clastos blandos de lutitas de color verde, están intercaladas con areniscas con matriz arcillo arcóscicas.
- 3.2.2.4. Depósitos cuaternarios:** Estos depósitos se encuentran en la Depresión de Rioja, donde se observan depósitos pleistocenos y holocenos entre ellos:
- **Formación Yorongos (Qp-yo):** Corresponde a depósitos aluviales y conglomerados con clastos subangulosos a medianamente litificados con matriz limosa y clastos de areniscas cuarzosas.
 - **Terrazas fluviales (Qp-te):** Vienen a ser terrazas pleistocenas compuestas de gravas, arenas, limos y limoarcillitas.

- **Depósitos coluviales (Q-cl):** Son depósitos coluviales compuestos de clastos de diversos tamaños (angulosos, subangulosos) englobados en una matriz limoarenosa formados al pie de las laderas. Estos depósitos son utilizados en su mayoría como terrenos de cultivo.
- **Depósito aluvial (Q-al):** Estos depósitos corresponden a acumulaciones de gravas, polimícticas, arenas, limos con clastos subredondeados, estos mayormente se ubican en las quebradas.
- **Depósito fluvial (Q-fl):** Estos depósitos corresponden a gravas con clastos redondeados envueltos en una matriz arenosa con pequeños lentes arenosos que se encuentran a lo largo de los ríos formando terrazas.

4. CONTEXTO ESTRUCTURAL

En la zona de estudio se encuentran fallas importantes (Figura 4) las cuales reconoce y describe Rodríguez et al., (2017), estas son:

4.1. Falla Naciente.

Rodríguez et al., (2017) señalan que esta falla es parte del sistema estructural que separa la Zona Subandina Interna y la Zona Subandina Externa. El movimiento de esta falla es inverso, y se extiende a lo largo de 33 km, manteniendo una dirección preferente N 145°, buzando al SO y con una vergencia al NE.

Rodríguez et al., (2017) indican que el movimiento inverso, probablemente, se originó en el Eoceno, pero solamente se tienen registros a partir del Mioceno, época en que controló la sedimentación de las formaciones Yorongos e Ipururo que afloran en la depresión de Rioja.

La falla Naciente es también llamada Shintari por Macharé et al. (2009) que concluyen que esta activa y presenta comportamiento transcurrente con movimiento sinistral.

4.2. Falla Salabamba.

Rodríguez et al., (2017) indican que esta falla tiene una longitud ~18 km, tiene una dirección N 155°, buza al SO y tiene vergencia al NE. También señalan que esta falla se originó en el Mioceno como producto de la inversión tectónica de esta falla.

Se encuentra al este de la falla Naciente y según Rodríguez et al., (2017) formarían parte de un mismo sistema de fallas, es un ramal. Tiene un movimiento inverso.

4.3. Fallas Indoché.

Rodríguez et al., (2017) atribuyen que estas fallas se originaron en el Mioceno luego del plegamiento de la Formación Yahuarango. El movimiento de esta falla es inverso, tiene una dirección preferente N 155°, buza al SO y su vergencia es al NE.

4.4. Fallas Palmeras.

Estas fallas se extienden hasta el cuadrángulo de Moyobamba, también, llamada Falla Bellavista-Aguas Calientes-Soritor (Sánchez y Herrera, 1998).

Sánchez y Herrera (1998) señalan que tiene un rumbo N 20° O (dirección N 160°), tiene una longitud > 80 km. Mencionan además que regionalmente está asociada a la cadena montañosa de Bellavista-Agua Blanca, sigue paralela al rumbo e inclinación de los estratos en el flanco este del anticlinal homónimo, comportándose como falla subvertical con movimientos normales e invertidos; en relación con las variaciones del pliegue anticlinal la zona de debilidad del Anticlinal Bellavista aparentemente está en la secuencia pelítica de la Formación Pozo.

En los cuadrángulos Moyobamba y Rioja, esta falla evidencia un movimiento inverso, superponiendo rocas cretácicas, sobre la Formación Chambira, pero en campo se evidencia movimientos normales afectando depósitos recientes.

5. SISMICIDAD

Para conocer acerca de la sismicidad del área de estudio se descargó datos sísmicos a través del sistema EarthScope Consortium Web Services (<https://service.iris.edu/>) los que se muestran en la tabla 1 y en la figura 5.

Tabla 1. Sismos históricos con epicentros en el área de estudio (Figura 5)

Fecha (UTC)			Hora (UTC) (h:m:s)	Coordenadas		Prof. (km)	Mag. Mw
Año	Mes	Día		Latitud	Longitud		
2011	5	20	20:11:34	-6.168900	-77.182100	41.00	3.4
1998	7	10	20:56:26	-6.125700	-77.086200	35.40	4.8
1998	3	10	08:43:28	-5.949400	-76.964300	37.10	3.7
1991	5	4	13:00:52	-6.057800	-77.120500	33.00	5.0
1991	4	21	18:11:03	-6.019400	-77.068000	40.80	4.9
1991	4	9	17:41:33	-6.011800	-77.044400	34.70	4.6
1991	4	9	15:35:22	-5.975000	-77.013800	43.80	4.7
1991	4	8	10:40:21	-6.051300	-77.000600	33.00	4.8
1991	4	7	23:16:25	-6.008700	-77.198800	17.70	5.0
1991	4	7	00:40:57	-5.961900	-77.000400	46.90	4.4
1991	4	6	14:21:47	-6.053400	-77.023500	40.10	5.1
1991	4	5	17:13:57	-6.084800	-76.989600	48.50	5.2
1991	4	5	04:19:49	-5.969900	-77.100100	17.20	6.9
1991	4	4	16:08:19	-6.023700	-77.090400	35.40	5.2
1991	4	4	15:23:20	-6.040200	-77.129600	20.70	6.5
1990	6	15	07:21:57	-6.195000	-77.116800	40.30	4.8
1990	6	9	01:14:35	-6.080400	-77.139200	30.00	5.5
1990	6	8	21:30:45	-6.138400	-77.105100	46.90	5.0
1990	6	6	02:01:09	-6.146100	-77.205500	35.50	5.1
1990	6	4	23:00:14	-6.033700	-77.048900	34.70	4.7
1990	6	3	07:57:28	-6.053900	-77.095800	45.30	4.7
1990	6	3	00:55:16	-5.982700	-77.164900	43.30	4.8
1990	5	30	16:49:25	-6.045400	-77.126100	10.40	5.4
1990	5	30	09:53:16	-6.044100	-77.087200	42.00	4.8
1990	5	30	05:36:22	-6.000400	-77.123800	42.70	4.7
1990	5	30	02:34:02	-6.030700	-77.214200	24.20	6.6

Fuente: <https://service.iris.edu/>

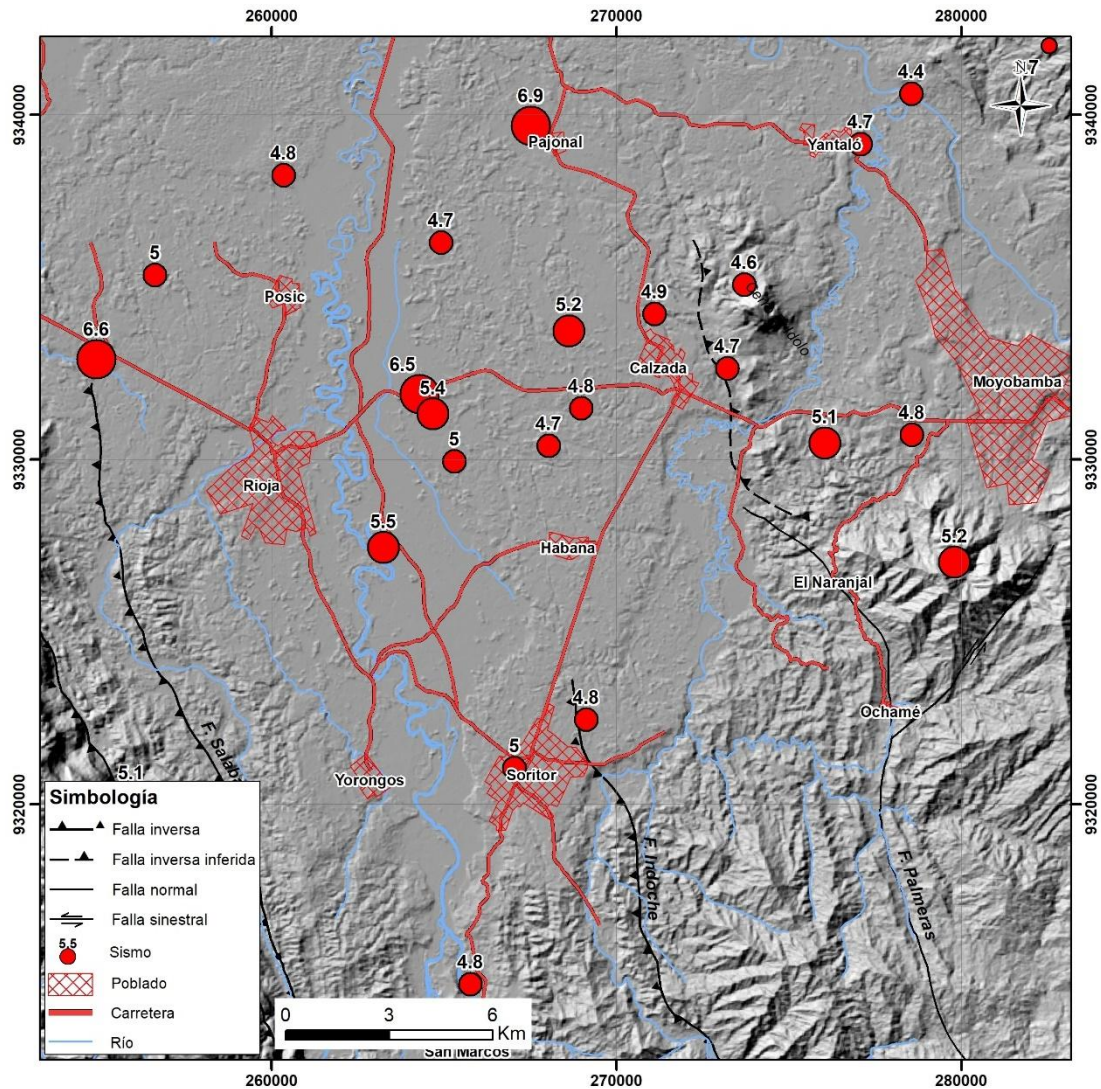


Figura 5. Sismos históricos ocurridos en la zona descargados del sistema EarthScope Consortium Web Services (<https://service.iris.edu/>).

Los eventos sísmicos más importantes fueron los ocurridos el 30 de mayo de 1990 y 4, 5 de abril de 1991.

El 30 de mayo de 1990 a horas 2:34 am. (29 de mayo de 1990, 21:34 hora Perú) ocurrió un sismo de magnitud 6.6 Mw (USGS) con epicentro en 6.03° latitud Sur y 77.21° longitud Oeste a una profundidad focal de 24 km. Este sismo causó 70 muertes y ocasionó daños a 6,000 viviendas de las 20,000 existentes en el área epicentral. La mayoría de las viviendas estaban construidas con adobe y tapial. En el sector de Soritor se observó la intensidad máxima promedio que fue de VII MMI (Alva Hurtado et al, 1990; Huaco et al, 1990; Torres et al, 1990).

En 1991 se produjeron dos sismos, el primero ocurrió el 4 de abril de 1991 a horas 15:23 (4 de abril de 1991, 10:23 hora Perú) con una magnitud 6.5 Mw (USGS) con epicentro en 6.04° latitud Sur y 77.13° longitud Oeste a una profundidad focal de 21 km, mientras que el segundo sismo ocurrió el 5 de abril de 1991 a horas 4:19 (4 de abril de 1991, 11:19 hora Perú) con una magnitud 6.9 Mw (USGS) con epicentro en 9.97° latitud Sur y 77.10° longitud Oeste a una profundidad focal de 17 km. La

intensidad máxima del segundo sismo fue de VII MMI (Huaco et al, 1992). Este sismo produjo la muerte de 53 personas, 252 heridos y daños severos en 8000 viviendas en el área afectada.

Según Tavera et al., (2001) y el USGS se señala que los mecanismos focales de los sismos corresponden a fallas inversas (Figura 6).

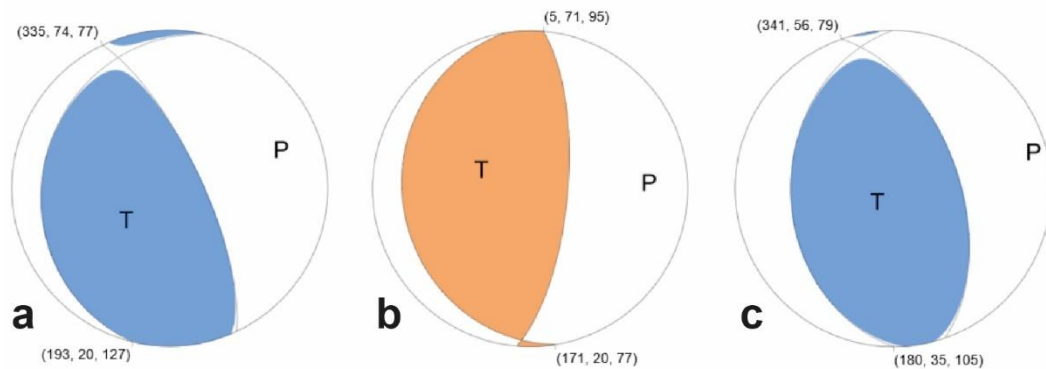


Figura 6. Mecanismos focales inversos. a) Sismo del 30 de mayo de 1990. b) Sismo 4 de abril de 1991. c) Sismo 5 de abril de 1991. (Fuente: USGS)

Por otra parte, Lara y Alva Hurtado (1992) señalan que los sismos de 1990 y 1991 ocurrieron por la reactivación de las fallas Pucatambo y Angaísa respectivamente (Figura 7), estas no se describen en el presente informe porque no están dentro del área de estudio.

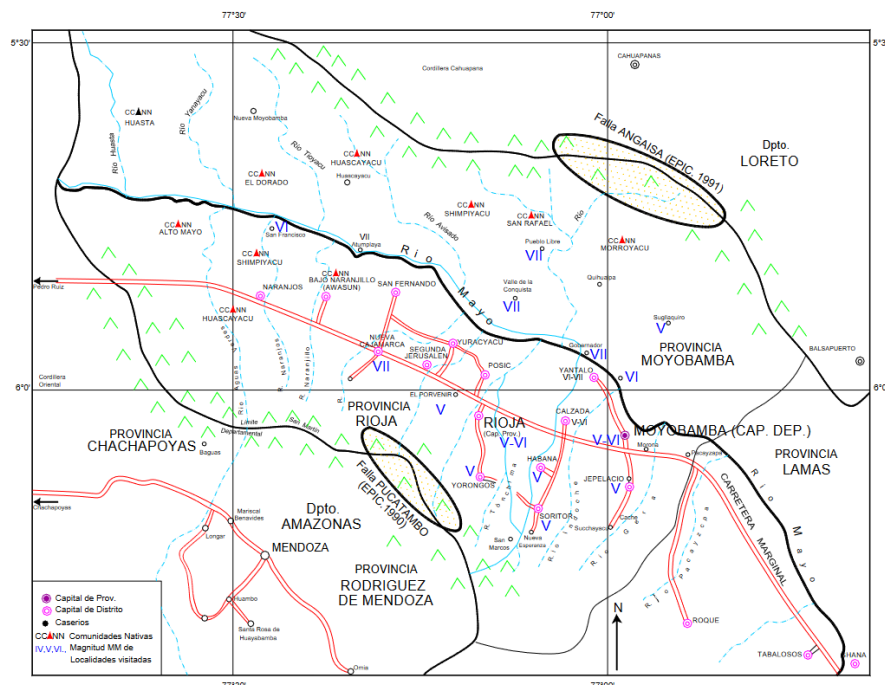


Figura 7. Posibles fallas que originaron los sismos de 1990 y 1991 según Lara y Alva Hurtado (1992). (Tomado de Lara y Alva Hurtado, 1992).

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Uno de los peligros más importantes en el mundo que generan cuantiosas pérdidas económicas y pérdida de vidas humanas son los sismos y estos se generan debido a la reactivación de fallas geológicas en continente o sismos de subducción.

Una falla se define como una superficie de discontinuidad sobre la cual ha ocurrido desplazamiento de cizalla (Keary, 1993) o viene a ser una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelo a la fractura (Bates y Jackson, 1980 y <http://www.data.scec.org/glossary.html>).

Por otro lado, en esta parte de los Andes ocurren movimientos tectónicos recientes conocidos como neotectónica. Obruchev (1948) indica que la neotectónica corresponde al estudio de los movimientos tectónicos que han ocurrido desde el Paleógeno-Neógeno: 5-66 millones de años) hasta el Cuaternario (hace 2.58 Ma). Aunque, Slemmons et al., (1991) redefinen el intervalo temporal indicando que la neotectónica corresponde a procesos tectónicos ocurridos después del Mioceno (hace 5.3 Ma).

Actualmente, el concepto de neotectónica más aceptado es el de Stewart y Hancock, (1994) donde señalan que la neotectónica corresponde al estudio de procesos y estructuras que se han propagado o reactivado dentro del campo de esfuerzos-deformación que indican que es activo en la actualidad. A este concepto se le suma los términos tectónica activa y falla activa. Según la National Research Council (1986) definen que la tectónica activa son movimientos tectónicos que se espera que ocurran en un intervalo de tiempo que afecta a la sociedad. El termino falla activa tiene varias definiciones, entre ellas Bonilla (1982) lo define como *“aquella falla que ha experimentado al menos un movimiento en los últimos 35000 años y al menos dos en los últimos 500000 años, es decir durante el Pleistoceno”*.

Por otro lado, Benavente et al., (2021) indican que una falla activa se refiere a fallas o escarpes de fallas que presentan suficientes indicios de haberse originado o reactivado durante el Cuaternario.

Durante los trabajos de campo se ha podido identificar evidencias de una falla geológica entre los sectores de Calzada, El Naranjal y Ochamé (Figura 8). El trazo corresponde a la falla Palmeras. Se hizo el reconocimiento en campo y un levantamiento fotogramétrico con Drone, el procesamiento de estas fotografías se realizó en el programa Agisoft, llegando a obtener un DEM y una ortofoto de 30 cm de resolución (Figura 8).

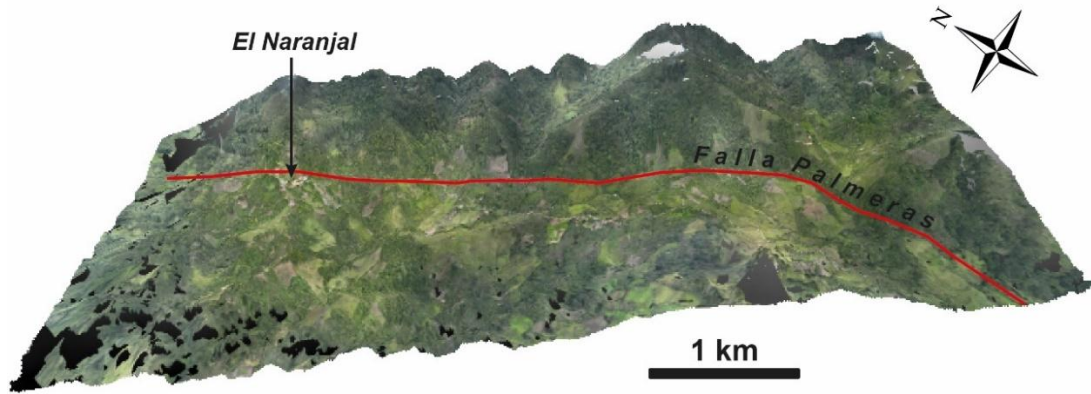


Figura 8. Ortofoto del sector Naranjal donde se observa el trazo de la falla Palmeras (Línea roja).

Esta falla tiene todas las características de ser de tipo normal, presenta dirección N 160° con buzamiento 47° Oeste (Fotografía 1). Esta falla presenta facetas triangulares y afecta depósitos cuaternarios (Figuras 9 y 10).



Fotografía 1. Plano de la falla Palmeras, presenta una dirección N 13° y su buzamiento hacia el Suroeste.



Figura 9. Vista del trazo de la falla Palmeras (Línea entrecortada roja), las flechas rojas indican el buzamiento de la falla.



Figura 10. Trazo de la falla Palmeras afecta depósitos coluviales, donde se resalta facetas triangulares.

7. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación del peligro geológico, se emite las siguientes conclusiones:

- a) El área de estudio se encuentra en la provincia de Moyobamba, departamento San Martín. Según las unidades morfoestructurales se encuentra localizada en la zona subandina externa.
- b) Debido a que se encuentra en una zona de depresión la pendiente de terreno corresponde a un terreno llano (0° - 1°) y terreno inclinado con pendiente suave (1° - 5°), a su vez las colinas presentan pendientes moderadas (5° - 15°), mientras que las montañas presentan terrenos con pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes o escarpadas (25° - 45°).
- c) El contexto geológico de la zona de estudio muestra que afloran rocas con edades desde el Triásico correspondientes al Grupo Pucará, hasta depósitos cuaternarios.
- d) El contexto estructural muestra que por esta zona se encuentra muchas fallas importantes, entre ellas se tiene las fallas Naciente, Salabamba, Indoché y Palmeras.
- e) El área de estudio presenta una importante sismicidad. Los sismos más destacados son los ocurridos en los años 1990 y 1991. Estos eventos sísmicos ocasionaron la muerte de personas y generaron daños en infraestructuras (viviendas e instituciones educativas). Los mecanismos focales de estos sismos indican que el movimiento fue inverso.
- f) Por la presencia de fallas activas, que detonan los sismos, la falla Palmeras, está considerada como falla inversa; sin embargo, las evidencias en campo señalan que esta falla viene a ser de tipo normal. Tiene una dirección N 160° con buzamiento 47° hacia el Oeste.
- g) Por lo explicado, el área de estudio ubicado en la provincia de Moyobamba tiene antecedentes de eventos sísmicos importantes los cuales afectaron a todas las poblaciones generando muertes y destrucción de viviendas debido a procesos de licuefacción de suelos ya que están emplazados sobre depósitos cuaternarios. Por estos motivos el área de estudio evaluada se considera como **Zona Crítica** ante la generación de procesos de licuefacción de suelos producidos por eventos sísmicos, los cuales ponen en **Peligro Alto** a todas las poblaciones de este sector incluyendo ciudades importantes como Rioja y Moyobamba.

8. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar estudios más detallados de Neotectónica, se debe realizar trincheras paleosismológicas para poder identificar eventos antiguos (paleosismicidad), fechar y obtener la recurrencia sísmica de la activación de las fallas.
- b) Se debe de realizar estudios geofísicos para conocer cómo se encuentran las fallas en profundidad.

Debido a los antecedentes de sismos fuertes ocurridos en este lugar (años 1990 y 1991) se recomienda:

- c) **Construcciones sismo-resistentes:** Se debe proponer que las viviendas tengan uno o como máximo 2 pisos, debido al tipo de suelos que presenta esta zona de estudio, en su mayoría son depósitos inconsolidados. Es en este tipo de depósitos donde las ondas sísmicas se amplifican. Se debe aprovechar los materiales locales como la madera para tener construcciones flexibles.
- d) **Planes familiares de emergencia:** Cada familia debe de contar con planes de evacuación, para ello se debe de hacer el reconocimiento de los lugares seguros y planificar rutas de evacuación ante futuros eventos sísmicos.
- e) **Simulacros, capacitación y difusión:** Realizar simulacros de día y de noche, para que las personas estén preparadas y poder actuar correctamente de ocurrir algún evento sísmico. Además, las capacitaciones deben de incluir que hacer antes durante y después de un sismo.
- f) **Kit de emergencia:** Se debe de tener siempre listo una mochila de emergencia, donde se incluya artículos de primeros auxilios, agua, alimentos no perecederos, linterna, radio de baterías, y copias de documentos importantes. Estos suministros deben ser renovados periódicamente.
- g) **Zonas de seguridad:** Se debe de crear espacios abiertos y zonas seguras de evacuación.



Dr. Gabino Fabrizio Delgado Madera

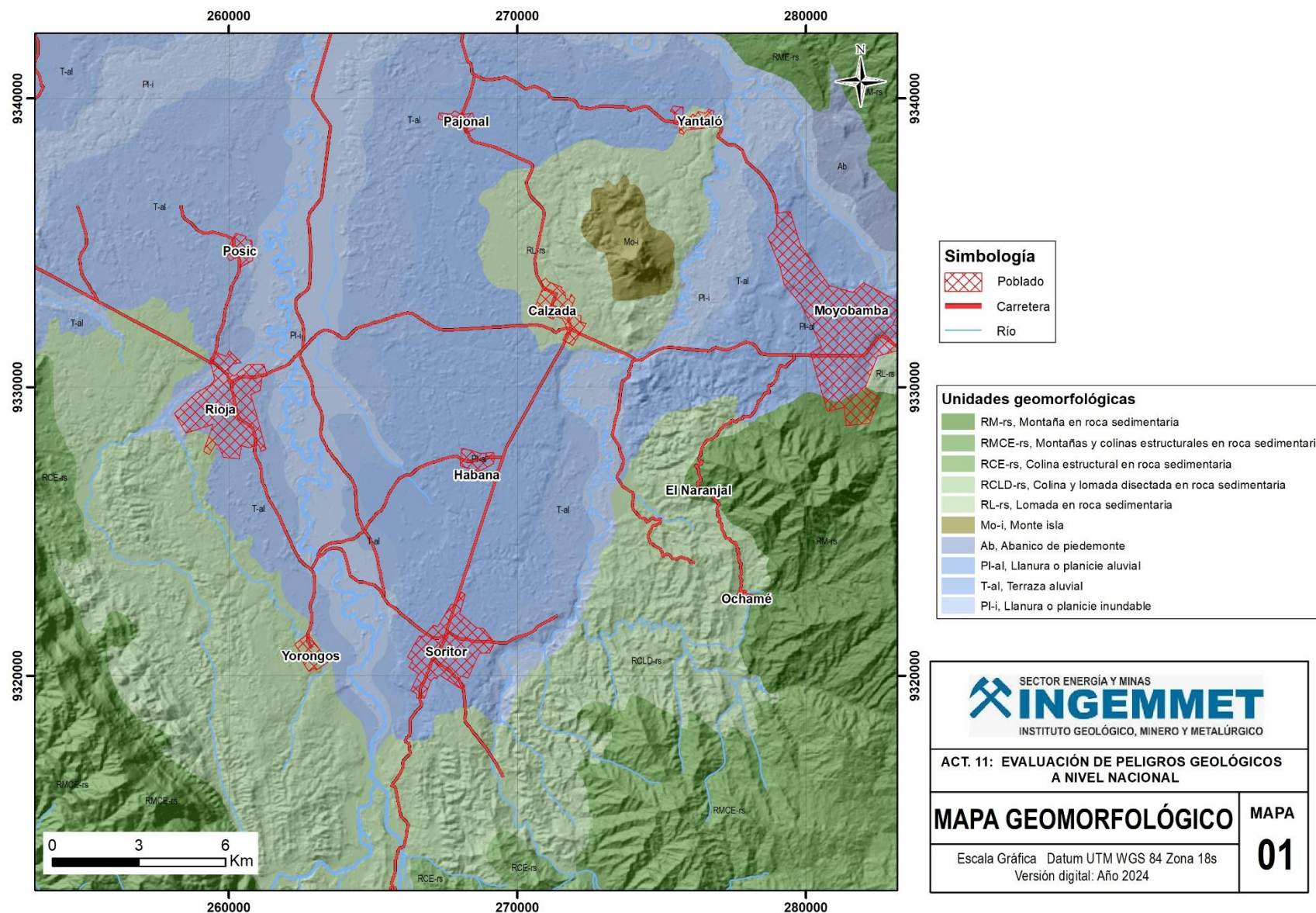


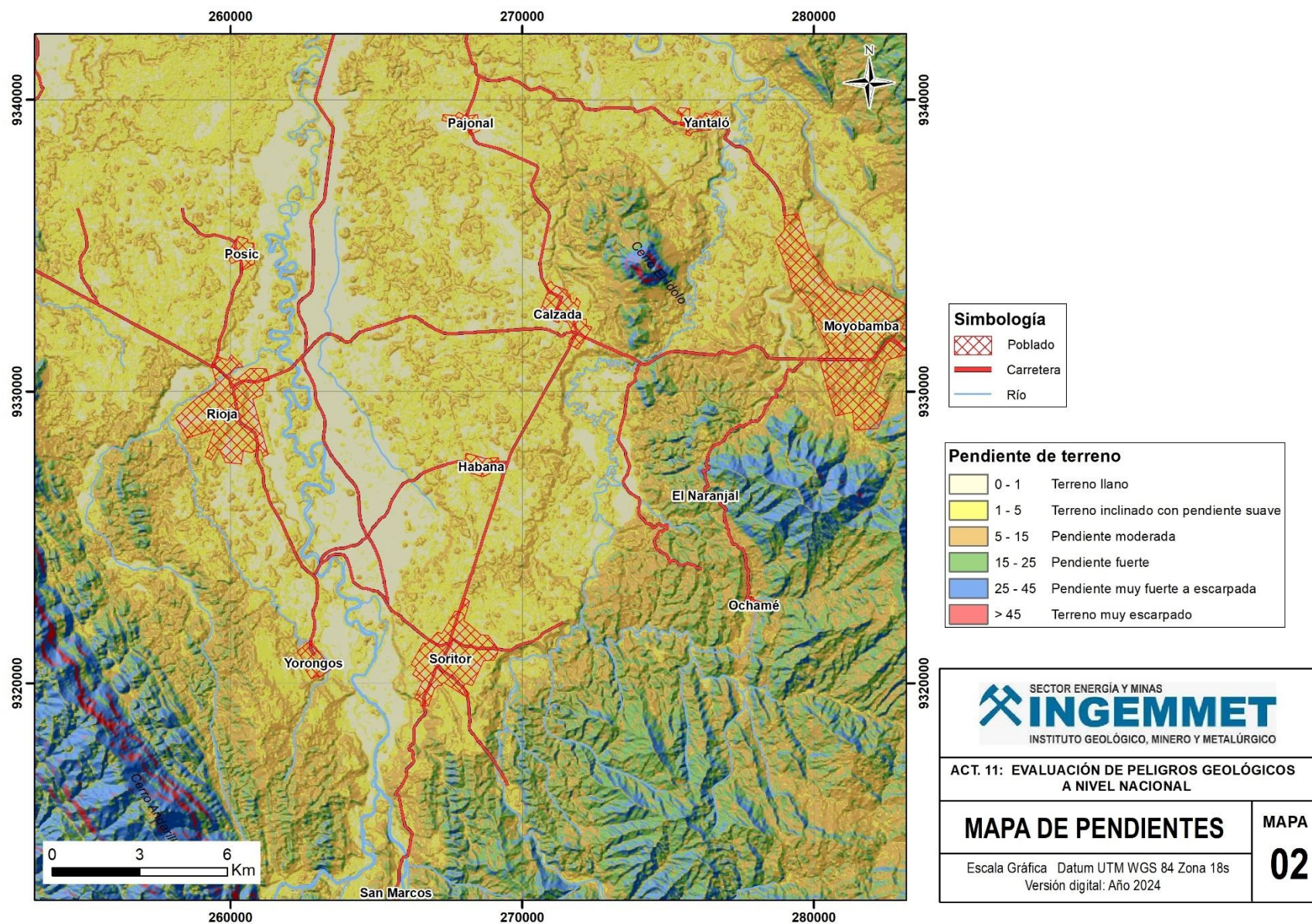
Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

9. REFERENCIAS

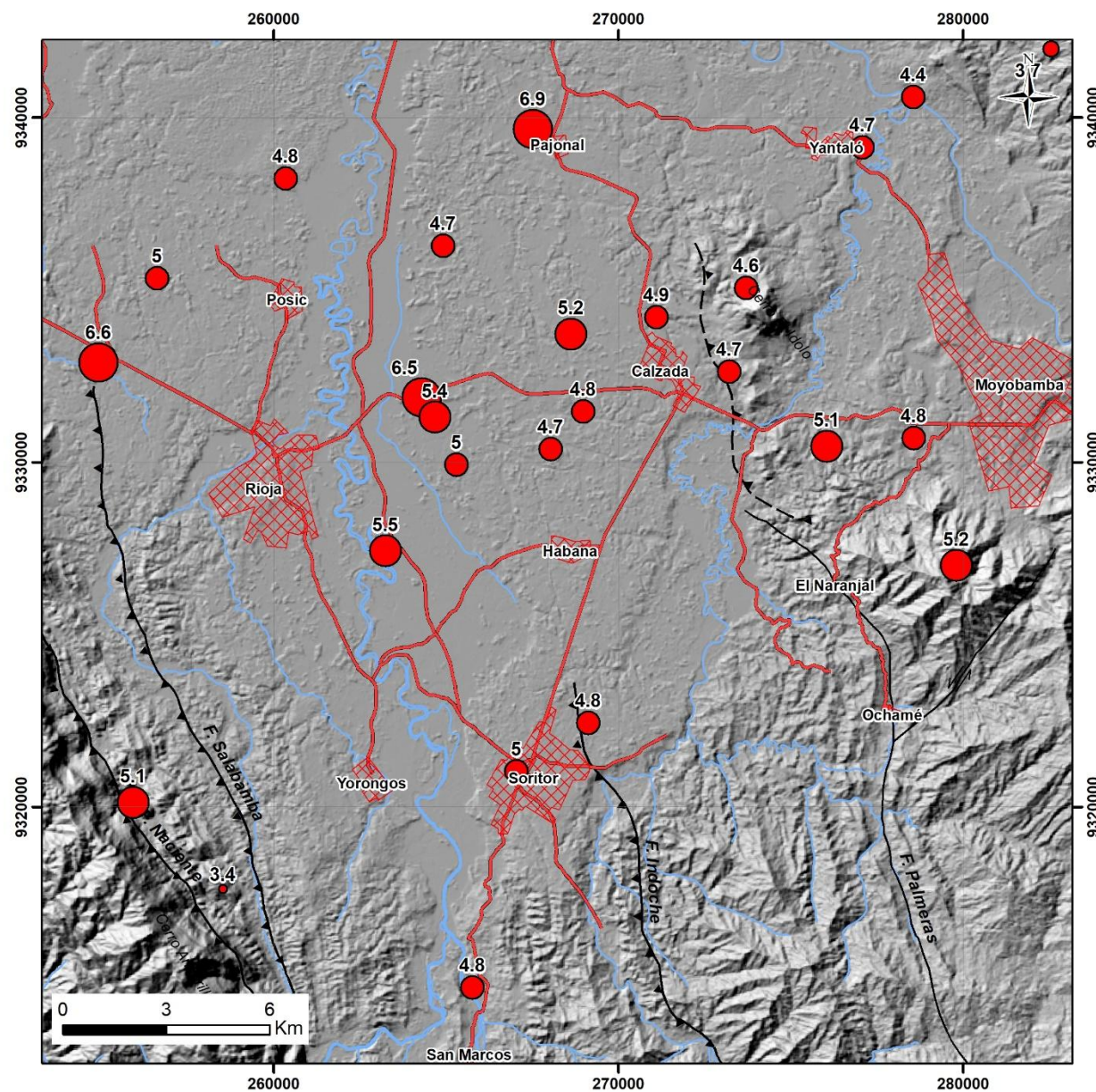
- Alva-Hurtado J.E., A. Giesecke & R. Rios, 1990. Rioja earthquake of may 29, 1990. Report prepared for CERESIS, Lima, Peru, June.
- Bates, R.L, Jackson J.A., (1980). "Glossary of Geology", 2 nd ed. American Geological Institute, Falls church, Va., 751 pp.
- Benavente, C.; García, B.; Rosell, L.; Aguirre, E. & Palomino, A. (2021). Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Moquegua. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 79, 161 p., 1 mapa.
- Bonilla, M.G. (1988) - Minimum earthquake magnitude associated with coseismic surface faulting. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 25(1): 17-29.
- Huaco P., L. Ponce, F. Monge, J. Gomez & E. Daza, 1990. Seismic intensities caused by the may 29, 1990 earthquake in the cities of Moyobamba, Rioja and Soritor. Geophysical Institute of Peru, Lima, Peru, December.
- Huaco, P., Ponce, L., Marín, G., Gómez, J., & Fernández, E. (1992). Intensidades Sísmicas en Areas Urbanas y Regionales del Sismo del 5 de Abril de 1991 en el Departamento de San Martín (Perú). Instituto Geofísico del Perú.
- Keary, P. 1993. The encyclopedia of the solid earth sciences. Blackwell, Oxford: 713 p. UK.
- Lara Montani, J. L., & Alva Hurtado, J. E. (1992). Microzonificación Sísmica de la ciudad de Moyobamba. In Conferencia nacional de ingeniería civil, 9 (pp. 23-40).
- Macharé, J., Benavente, C., & Audin, L. (2009). Síntesis descriptiva del mapa neotectónico 2008. INGEMMET Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 40.
- Obruchev, V.A. (1948) - Osnovnyje certy kinetiki i plastiki neotektoniki. Izvestiya Akademii Nauk UzSSR Sertiya. Geologicheskaya, 5: 13-24.
- Pardo-Casas, F., & Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since Late Cretaceous time. Tectonics, 6(3), 233-248.
- Rodríguez, R.; Cueva, E.; Sánchez, E.; Ojeda, D., Fabian, C. & Giraldo, E. (2017) - Geología del cuadrángulo de Rioja, Hoja 13i. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 150, 82 p., 4 mapas (Escala 1:50 000)
- Sánchez Fernández A. W. & Herrera Tufino I. 1998. — Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui 13-j, 14-j y 15-j. [Boletín A-122]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET.
- Slemmons, D.B.; Engdahl, E.R.; Zoback, M.D. & Blackwell, D.D., eds. (1991) - Neotectonics of North America. Boulder, CO: Geological Society of America, 498 p.
- Stewart, I.S. & Hancock, P.L. (1994) - Neotectonics. En: Hancock, P.L., ed. Continental deformation, New York: Pergamon Press, p. 370-409.
- Tavera, H., Buforn, E., Bernal Esquia, Y. I., & Antayhua Vera, Y. T. (2001). Análisis de los procesos de ruptura de los sismos ocurridos en 1990 y 1991 en el Valle del Alto Mayo (Moyobamba-Perú). Boletín Sociedad Geológica del Perú, vol 91, pp 55-68.
- Torres R., Y. Ishiyama, J.E. Alva-Hurtado, Y. Kumagai, S. Fukumoto, V. Chariarse, J. Meneses, J. Sato & I. Arce, 1990. 1990 Rioja, Peru earthquake. Report of the evaluation teams. CISMID, Faculty of Civil Engineering, National University of Engineering. Lima, Peru, June.
- Villegas-Lanza, J. C., Chlieh, M., Cavalié, O., Tavera, H., Baby, P., Chire-Chira, J., & Nocquet, J. M., 2016. Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust, rigid motion of the Peruvian Sliver, and Subandean shortening accommodation. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 121(10), 7371-7394.

ANEXOS (Mapas)









Simbología

- ▲ Falla inversa
- ▲ Falla inversa inferida
- Falla normal
- ↔ Falla sinistral
- 5.5 Sismo
- ▨ Poblado
- Carretera
- Río

