

# Nuevos hallazgos en la Prospección por Tierras Raras en el Perú

(Geología y Exploraciones – Geología Económica de yacimientos minerales metálicos y no metálicos)

Jhonny Santos Torre Antay<sup>1</sup>, Jesús Fuentes Palomino<sup>2</sup> y Mario Carpio Ronquillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Autor: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Sede Canadá 1470, San Borja-Lima, Perú (jtorre@ingemmet.gob.pe y 989085191)

<sup>2</sup> Coautor 1: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Sede Canadá 1470, San Borja-Lima, Perú (jfuentes@ingemmet.gob.pe y 979327715)

<sup>3</sup> Coautor 2: E Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Sede Canadá 1470, San Borja-Lima, Perú (mcarpio@ingemmet.gob.pe y 997284832)

## RESUMEN

En los años 2018 y 2019, el programa de Rocas y Minerales Industriales (RMI) de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) del INGEMMET, realizó trabajos de campo y luego en el 2021 publicó dos boletines respecto a la Prospección de Litio en el Perú; donde se determina potenciales ocurrencias primarias de tierras raras relacionadas a ambientes geológicos de pegmatitas tipo NYF (Niobio, Ytrio y Flúor), asociados a magmas metaluminosos, peraluminosos, peralcalinos y alcalinos.

Algunas de las ocurrencias primarias de tierras raras también están relacionadas a stocks y batolitos de tendencia alcalina a peralcalina, los mismos que principalmente se presentan a lo largo de la Cordillera Oriental y que genéticamente estuvieron relacionados a contextos tectónicos extensionales (rift abortado) durante el Pérmico y el Triásico.

En el sur del Perú, en base a los resultados actuales, el potencial por tierras raras sería de medio a muy alto, en pegmatitas tipo NYF, relacionadas mayormente a los ambientes geológicos favorables, ubicados en la Cordillera de la Costa y Cordillera Oriental (Carpio et. al., 2021, enlace web: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3075>).

Mientras en el centro y norte del Perú, el potencial es Baja (B) y Muy Baja (MB), ligado a las pegmatitas NYF, ubicadas en la Cordillera Oriental, Cordillera Blanca y Cerro Los Amotapes (Carpio et. al., 2021, enlace web: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3542>).

Para determinar los nuevos hallazgos en la prospección por tierras raras en el Perú, acorde a los ambientes geológicos que albergan tierras raras con valores anómalos procedentes de pegmatitas

Tipo NYF y Mixto (LCT y NYF) se consideraron diversos indicadores como caracterización geoquímica (elementos mayores, elementos menores y trazas), mineralogía, petrografía (caso Pegmatitas Sipina, en Atico-Camaná); asimismo la interpretación tectónica - estructural y la caracterización litológica, alteraciones y mineralizaciones y sus elementos guías.

## 1. Introducción

Las tierras raras son consideradas como críticas por los principales países como potencias industriales, como Estados Unidos, Unión Europea y Australia, han cobrado gran relevancia a nivel mundial, en primer lugar, por su rol esencial en tecnologías modernas, transición energética y sistemas de defensa; en segundo lugar, por la vulnerabilidad de su suministro en la alta demanda (IEA, 2022; USGS, 2022; Geoscience Australia, 2022).

Las tierras raras (TR), son muy buenos conductores de electricidad y destacan por sus propiedades magnéticas. Son imprescindibles en la electrónica de última generación, los superconductores, instrumentos leds, fabricación de láseres, etc. (figura 1).



**Figura 1.** Aplicaciones de las tierras raras. Imágenes cortesía de Johnson Matthey Plc, Mercedes-Benz e Ingrey Publishing.

Se clasifican en tres grandes grupos:

- Tierras Raras Ligeras o LREE: Lantano, Cerio, Praseodimio y Neodimio.
- Tierras Raras Intermedias o MREE Europio, Samario y Gadolinio.
- Tierras Raras Pesadas o HREE: Terbio, Disprobio, Holmio, Erblio, Tulio, Yterbio y Lutecio.

Los depósitos de origen primario de Tierras Raras, están asociados a rocas ígneas alcalinas y carbonatitas, las cuales contienen LREE, mientras las rocas peralcalinas están enriquecidas en Ytrio, HREE y Zirconio (Castor & Heidrick, 2006). Existen otras ocurrencias primarias asociadas a depósitos tipo IOCG, skarns, vetas y pegmatitas (tabla 1, Anexo III). Finalmente, existen depósitos secundarios, del tipo placer y lateritas, siendo las más comerciales las que se encuentran en la línea costera (Castor & Hedrick, 2006).

El trabajo se enfocó en la prospección por tierras raras, y ha comprendido la descripción las características geológicas, geoquímicas y mineralógicas de los hallazgos de minerales asociados (fosfato, apatito, fluorapatito, anfíboles: pargasita, fluorpargasita, richterita; piroxenos: tirodita, protoenstaita; turmalina: uvita, micas: annita, moscovita, flogopita, fluorannita, biotita; arcillas: montmorillonita, entre otros) en diversas zonas del país. Se analizaron las muestras por distintos métodos (ICP-MS, ICP-AES e ICP-OES), la mayoría se sometieron a pruebas específicas para determinar el contenido de TREO (Óxidos de tierras raras), asimismo estudiar la fertilidad, fraccionamiento geoquímico de magmas residuales.

Como resultado del estudio, se identificaron cuatro segmentos con ocurrencias de tierras raras en el Perú, registrando contenidos de valores de tierras raras ligeras (LREE) entre el rango 185 ppm hasta 1818 ppm evidenciando un potencial variable en la Cordillera de la Costa, Corallera Oriental, Altiplano y Cerros Amotapes.

El estudio representa un primer paso para conocer el potencial por tierras y orientar futuras investigaciones mayormente en las regiones de Arequipa, Cusco, Puno, Huánuco, Pasco, Junín, Piura, Tumbes, Huancavelica, Ayacucho, entre otras regiones.

## 2. Objetivos

- El objetivo general del presente trabajo es mostrar los resultados alcanzados en los nuevos hallazgos de tierras raras en los ambientes geológicos favorables procedentes de las pegmatitas NYF (Niobio, Ytrio y Flúor).
- Como objetivo específico es mostrar las características geológicas, geoquímicas, mineralógicas y su distribución espacial de las ocurrencias de tierras raras las unidades morfoestructurales y litogenéticos de interés.
- Generar oportunidades de negocios con este nuevo hallazgo de tierras raras en el Perú.
- Dar a conocer, la importancia de las tierras raras como minerales industriales o “no metálicos” en el avance tecnológico.
- Fomentar la investigación geocientífica e inversión minera sostenible a nivel país.

## 3. Compilación de Datos y Desarrollo del Trabajo

### 3.1 Compilación de Datos

La base de datos proviene del programa RMI (Rocas y Minerales Industriales o No Metálicos) de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME)-INGEMMET, ocupa casi el 17% del total (2896 datos), de información validada e interpretada, publicados en los boletines: “Prospección de litio en el sur del Perú” y “Prospección de litio en el centro y norte del Perú”. El resto de la información obtenida, aun sin validar e interpretar, proviene de otros programas y/o actividades de la DRME (Geoquímica en 12.7%, Metalogenia+ATPM en 63.8%) y DGR (6.5%).

Para la clasificación de los ambientes geológicos (intrusivos, volcánicos y metamórficos) que albergan tierras raras contenidas en pegmatitas de tipo NYF (Niobio, Ytrio, Flúor) y Mixto (LCT y NYF), se tomaron en cuenta lo siguiente:

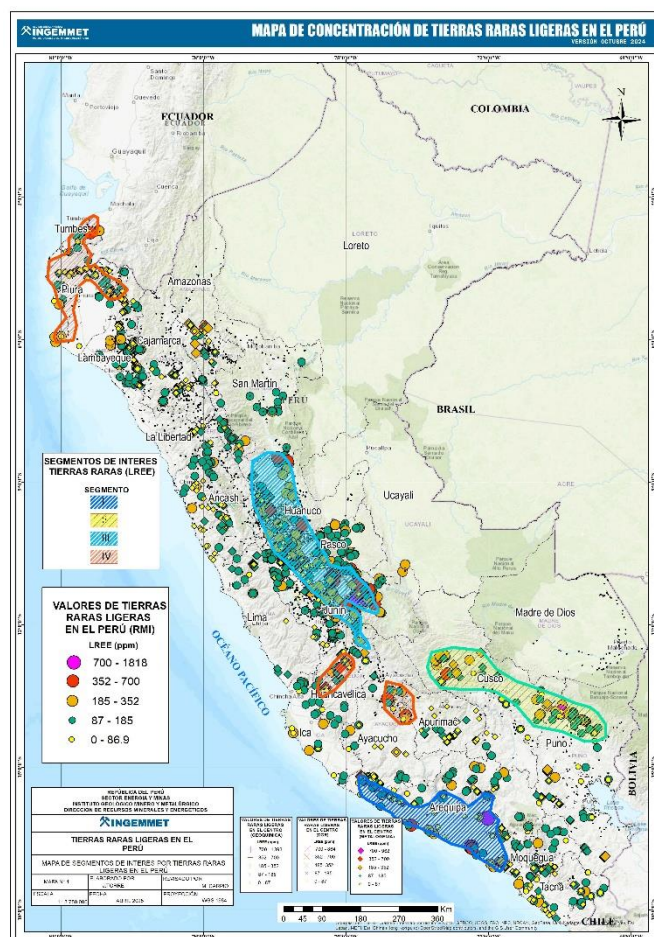
- ✓ La geoquímica de elementos (diagrama Ringwood, diagrama A-B de Debon & Le Fort, diagrama ISA vs Índice Agpaítico, diagrama de ambiente, diagrama Pearce, diagrama de circulación de fluidos hidrotermales, diagrama de discriminación, diagrama de estado de oxidación vs. contenido de agua).
- ✓ La geoquímica de minerales (feldespatos, micas y coltán).
- ✓ La fertilidad de rocas intrusivas tipo granitos, sienita nefelina, entre otros y fraccionamiento geoquímico.
- ✓ Los valores anómalos en ppm de elementos pathfinder's para los tipos de depósitos de tierras raras en relación a pegmatitas tipo NYF:  $Ta > 35$ ,  $Nb > 70$ ,  $Ti > 1000$ ,  $Y > 50$ ,  $Sc > 75$ , **TREO > 300**,  $Zr > 400$ ,  $U > 20$  y  $Th > 40$ . Además de la abundancia de los elementos móviles:  $P > 3000$  ppm (JTorre, 2021, valores proporcionables respecto al Anexo III y la abundancia de la corteza continental).

De acuerdo a los aspectos señalados, en la figura 2, se deduce la clase de procedencia de las pegmatitas tipo NYF en relación a los ambientes geológicos: Muy alta (MA), Alta (A), Media (M), Baja (B) y Muy Baja (MB), áreas segmentadas representadas en resumen en el cuadro 1 (Anexo I) y cuadro 2 (Anexo II).

## 3.2 Desarrollo de Trabajo

### 3.2.1 Ambiente Geológico

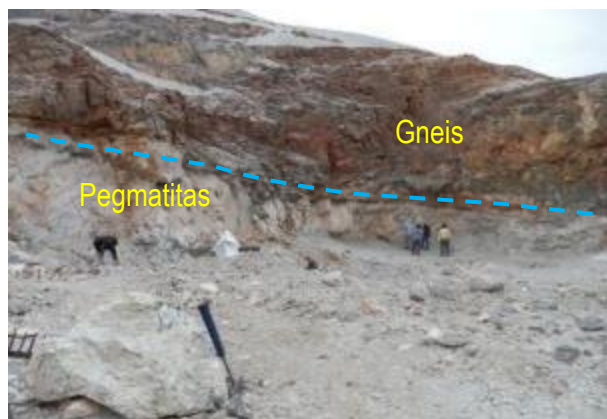
Los estudios realizados se basaron en la caracterización geoquímica elemental, geoquímica mineral, análisis mineralógico por difracción de rayos X, estudios petromineralográficos, que permitieron identificar cuatro segmentos con ocurrencias de tierras raras en el Perú (Figura 2), registrando contenidos de valores de tierras raras ligeras (LREE) en ppm, entre el rango 185 ppm hasta 1818 ppm. Estos resultados reflejan una alta variabilidad en la calidad de las tierras raras, dependiendo del grado de pureza del material (cuadros 1 y 2), con implicancias favorables para su aprovechamiento industrial.



**Figura 2.** Mapa de concentración de Tierras Raras Ligeras en el Perú destacando segmentos de interés prospectivo en orden de importancia más alta a más baja (Fuente: Torre, 2025. Programa RMI-DRME-INGEMMET).

En el sur del Perú, el segmento de mayor interés es el "Segmento I" (figura 2), conformado por pegmatitas del Batolito de Ático Camaná en Cordillera de la Costa, perteneciente al Granito Ordovícico, siendo la Mina Sipina, una de las áreas de interés de clase muy alta para potencialidad de Tierras Raras, conformada por cuerpos y/o mantos de micas (moscovita)-cuarzo y cuerpos de feldespato-cuarzo-micas y trazas de coltán emplazada en el gneis del Complejo Basal de la Costa (fotografía 1). Procede de magma alcalino, metaluminoso, de granito intraplaca (WPG), relacionado a una zona de depósito Mo-U, serie ilmenita, procede de posible pegmatita mineralizada con Tantalio (Ta), enriquecimiento Ga, Nb, Rb y Zn, alto grado de fraccionamiento, fertilidad de granito, con valores de Nb de 70 a 1408.4 ppm, Y en 227 ppm, U en 1101 ppm, Th de 175 a 578.7 ppm, Rb en 514 ppm, Ta en 64.3 ppm, Ti en 5.14%,  $P_2O_5$  en 4.89%, TREO hasta 0.173%, Zr en 1658 ppm. Según la mineralogía, acorde a los análisis por difracción de rayos X, tanto en la técnica RIR y Rietveld, se presenta un ensamble en común de moscovita-cuarzo-fluorapatita-sanidina y

un ensamble distinto de anatasa-pargasita (anfíbol, fotografía 2) y rutilo-parsonsita (fosfato hidratado de uranio y plomo).



**Fotografía 1** Pegmatitas de tipo Stockheider, con vetas y/o cuerpos primarios y secundarios de micas oscuras y claras, distrito Quilca, provincia Camaná.



**Fotografía 2** Pegmatitas tipo feldespato-cuarzo—anfíbol-fosfato, con inclusiones de coltán, distrito de Quilca.

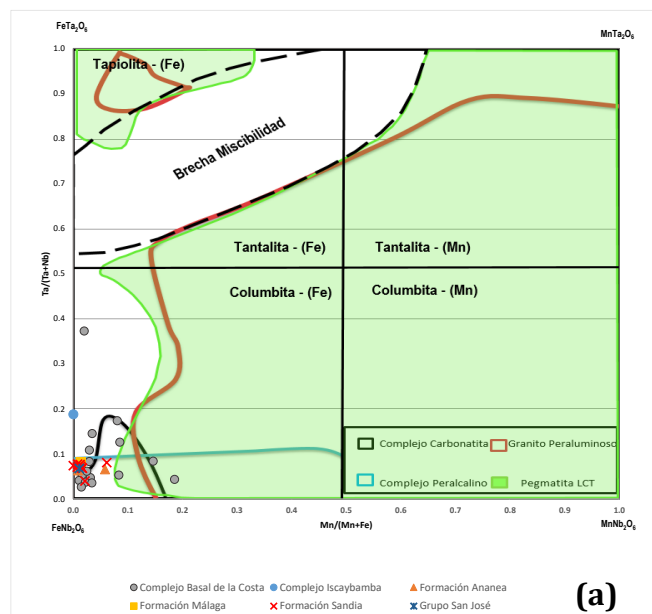
En el centro y norte del Perú, segmento de interés III (figura 2), se tienen leucogranitos y pegmatitas ubicadas en la cordillera oriental de Junín, Pasco y Huánuco. El área de Gavilán Alto, ubicado en Perene-Junín, el leucogranito conformado por cuarzo, feldespato, micas negras, pardas y verdosas, con estructuras filonianas de aplitas y óxidos cortando al macizo rocoso, perteneciendo a la Unidad San Ramón (PET), de serie calcoalcalino alto potasio, magma húmedo peraluminoso tipo A, de granitos de intraplaca (WPG). Según diagrama de mineral, por micas, se encuentra cerca al campo de pegmatitas de elementos raros. No posee un fraccionamiento geoquímico para pegmatitas LCT. **Mineralogía** Este macizo rocoso leucogranito presenta un ensamble albita-microclina-cuarzo-andesina-siderofilita-hematita. Presenta valores anómalos de

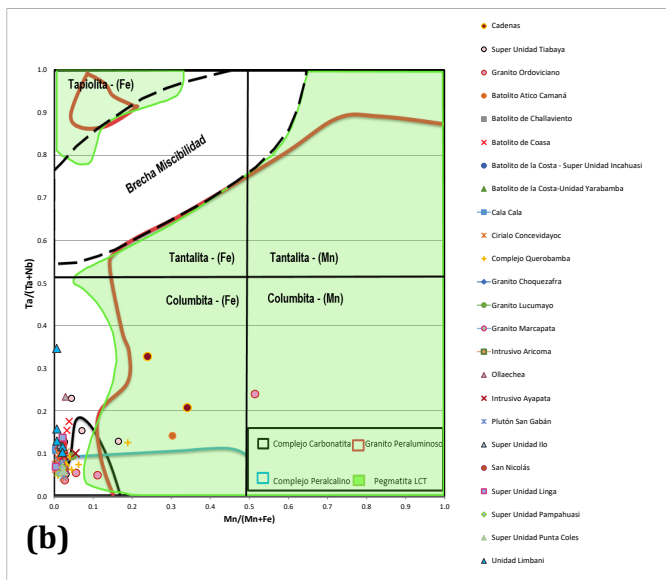
niobio (Nb) en 69 ppm, Itrio (Y) en 90 ppm, TREO en 0.086%, zirconio (Zr) en 561 ppm, uranio (U) en 50.8 ppm, torio (Th) en 68.7 ppm, titanio en 0.18% y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 0.0916%.

En esta misma región Junín, área Sombrero Sinchijaroqui, veta de albita cristalizado, emplazado en monzogranito-diorita, de edad Carbonífero, de serie alcalina, magma metaluminoso, tipo A, granito de intraplaca (WPG) **Mineralogía**: Presenta el ensamble mineralógico albita-microclina-cuarzo-andesina-siderofilita. Posee valor anómalo en itrio (Y) en 91 ppm, TREO en 0.103%, Ti en 0.03% y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 0.75%.

### 3.2.2 Geoquímica

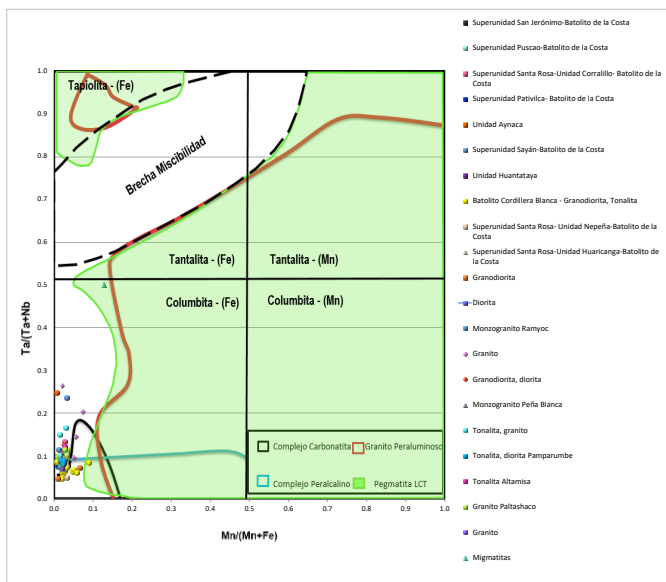
Se ha caracterizado por geoquímica elemental y geoquímica de mineral (feldespato, mica y coltán), siendo la de coltán, con el diagrama binario sobre fraccionamiento del Grupo de Minerales de Columbita (CGM), que indica que los granitos Ordovícico del Batolito de Atico Camaná en relación al Complejo basal de la Costa, se encuentran en el cuadrángulo de Columbita – (Fe), parte de pegmatita LCT, complejo carbonatita y peralcalino (Figuras 3 a y 3b)





**Figura 3.** Diagrama  $Ta/(Ta+Nb)$  vs  $Mn/(Mn+Fe)$ . Tendencia general de fraccionamiento de grupo de minerales de columbita (CGM) en el cuadrilátero de la columbita. (Después de Cerny, 1989): a. Rocas metamórficas en el Sur del Perú, b. Rocas intrusivas en el Sur del Perú.

En el centro del Perú, prevalece las pegmatitas del Batolito de la Cordillera Blanca (Figura 4), en el cuadrángulo de Columbita – (Fe), parte de pegmatita LCT, complejo carbonatita y peralcalino



**Figura 4.** Rocas intrusivas en el Centro del Perú. Diagrama  $Ta/(Ta+Nb)$  vs  $Mn/(Mn+Fe)$ . Tendencia general de fraccionamiento de grupo de minerales de columbita (CGM) en el cuadrilátero de la columbita. (Después de Cerny, 1989):

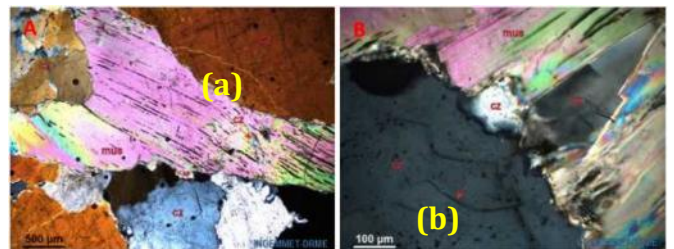
### 3.2.3 Mineralógico

Según los estudios de difracción de rayos X, por medio de la técnica de RIR y Rietveld, en la Cordillera de la Costa, las pegmatitas contienen un

ensamble mineralógico en común de moscovita-cuarzo-fluorapatito-sanidina, y un ensamble diferente de anatasa-rutilo-pargasita-parsonsita, tirodita (piroxeno), uvita (turmalina) con altos valores de Nb, TREO, Zr, U, Th, Ti.

### 3.2.4 Petrográfico

Según estudios petrográficos de las pegmatitas de Quilca-Camaná, se observa cuarzo al 60%, moscovita al 40%, trazas de pirita (figura 5). En el cuarzo, se observa diminutas oquedades, rellenado por pirita (py), además se observa cuarzo con extinción ondulante debido al metamorfismo hidrotermal (muestra 34r-RNM-58, Quilca, Camaná). En otras zonas (Mollendo y Quilca) los leucogranitos contienen plagioclasas se alteran a arcillas y las micas a sericita, con presencia de



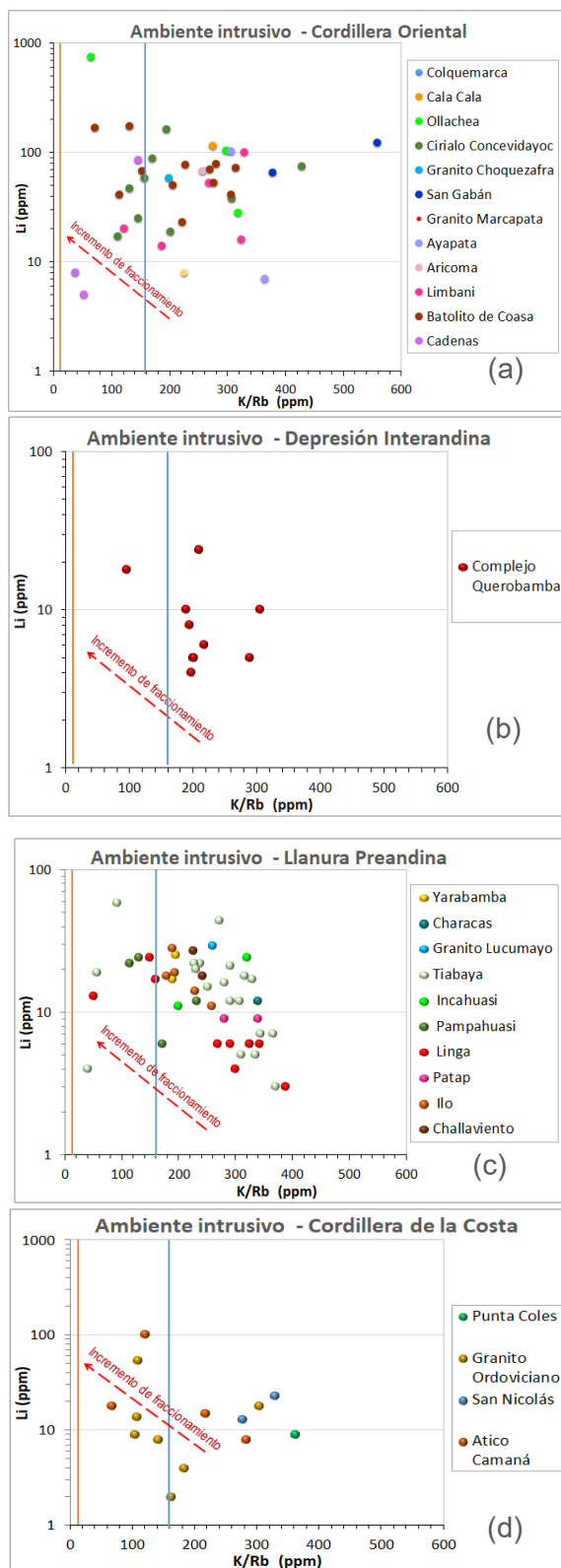
óxidos de hierro.

**Figura 5.** Fotomicrografías (a). Detalle de cuarzo (cz) con intersuturaciones con superficies enturbiadas por presencia de inclusiones fluidas, en contacto con moscovita (mus) de textura laminar con flexuras y cuarzo (cz). (b) Presencia de cristales de cuarzo (cz) con crecimiento en diferentes direcciones en contacto con la moscovita (mus) laminar. Cuarzo (cz) con microfractura concéntricas.

## 4.-Discusión

### Fraccionamiento geoquímico

El fraccionamiento geoquímico en las pegmatitas del sur del Perú, por medio del indicador que representa el diagrama de  $K/Rb$  vs  $Li$  (figuras 6 y 7), muestra el rango de valores respecto al fraccionamiento de granitos y pegmatitas. Los valores  $K/Rb$  menores a 15, corresponden a la etapa de las pegmatitas, los que se encuentran entre 15 a 160, corresponden a la etapa de fraccionamiento de los granitos a pegmatitas, y los mayores a 160, se encuentran fuera del fraccionamiento (Smithies et al., 2025)



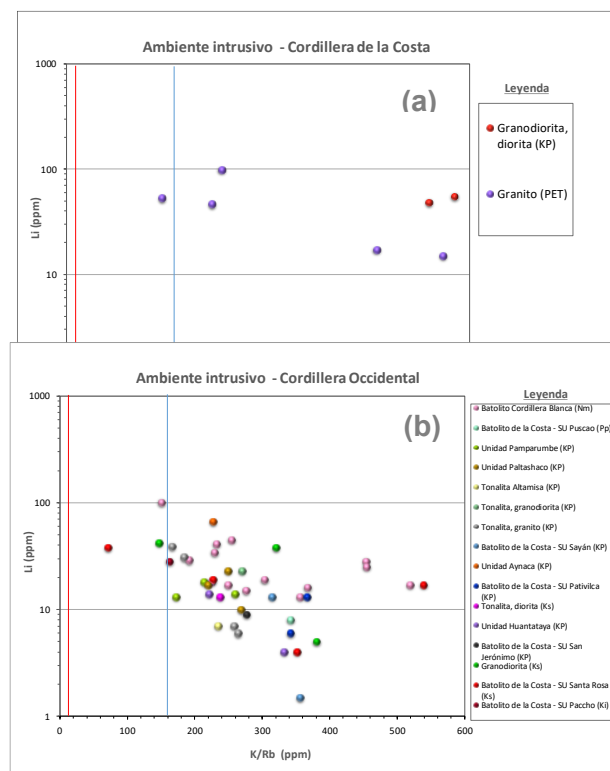
**Figura 6** Fraccionamiento de granitos a pegmatitas, las muestras analizadas corresponden a: (a) Cordillera Oriental, (b) Depresión Interandina, (c) Llanura Pre-andina, (d) Cordillera de la Costa.

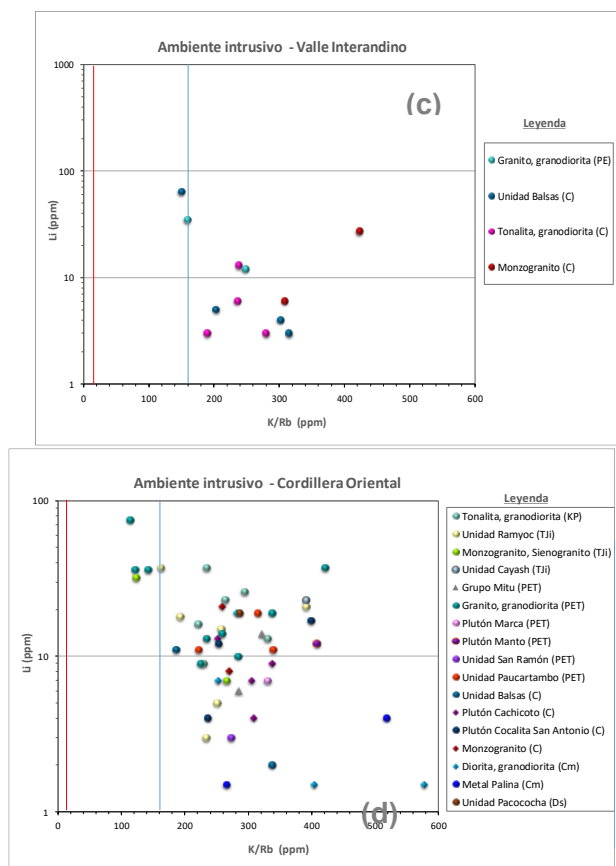
De la figura 6, se clasifica a las unidades intrusivas con fraccionamiento de granitos a pegmatitas, en el sur del Perú, las cuales se mencionan en el cuadro 3.

**Cuadro 3**  
Unidades geológicas intrusivas con fraccionamiento de granitos a pegmatitas, Sur del Perú

| Unidad geológica               | Litología                                    | Localización morfoestructural | Localidad / Sector                              |
|--------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Plutón Cadenas</b>          | Granito gneisificado                         | Cordillera Oriental           | San Miguel Camanti                              |
| <b>Cirialo Concevidayoc</b>    | Granito                                      | Cordillera Oriental           | Tunquimayo, Turantinas y Guadalupe              |
| <b>Limbani</b>                 | Granodiorita                                 | Cordillera Oriental           | Oscoroque - Usicayos                            |
| <b>Batolito de Coasa</b>       | Granito, pegmatita                           | Cordillera Oriental           | Lagunas Totorani, Ojopata, Huaccayo, Huarachani |
| <b>Ollachea</b>                | Sienita cortado por diques aplíticos         | Cordillera Oriental           | Sojos Taja                                      |
| <b>Querobamba</b>              | Monzogranito                                 | Depresión Interandina         | Cerro Soplanja                                  |
| <b>Tiabaya</b>                 | Granodiorita y pegmatita de micas con cuarzo | Llanura Preandina             | Callapampa, Caucallay, Piucirca                 |
| <b>Linga</b>                   | Monzogranito, diques aplíticos               | Llanura Preandina             | Ciplichu, Ana María, Acari                      |
| <b>Pampahuasi</b>              | Diorita, monzonita                           | Llanura Preandina             | Sayhuapata, Pampahuasi                          |
| <b>Batolito Atico - Camaná</b> | Granodiorita, aplitas con cuarzo             | Cordillera de la Costa        | Quebrada Honda, Huata                           |
| <b>Granito Ordoviciano</b>     | Pegmatita                                    | Cordillera de la Costa        | San José Quilca                                 |

De la figura 7, se clasifican las rocas intrusivas que fraccionan a pegmatitas, en el centro y norte del Perú, las cuales se indican en el cuadro 4 :





**Figura 7.** Fraccionamiento de granitos a pegmatitas de las muestras tomadas de intrusivos y pegmatitas: (a) en la Cordillera de la Costa; (b) Cordillera Occidental; (c) Valle Interandino; (d) Cordillera Oriental.

**Cuadro 4**

Unidades geológicas intrusivas con fraccionamiento de granitos a pegmatitas, Centro y Norte del Perú

| Unidad geológica                       | Litología                      | Localización morfoestructural | Localidad / Sector                             |
|----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Granito (PET)</b>                   | Granito                        | Cordillera de Costa           | Huaca-Piura                                    |
| <b>SU Santa (Ks)</b>                   | Veta andesita                  | Cordillera Occidental         | Chimbote-Ancash                                |
| <b>Batolito Cordillera Blanca (Nm)</b> | pegmatitas                     | Cordillera Occidental         | Maracate - Ancash                              |
| <b>SU Paccho (Ki)</b>                  | diorita                        | Cordillera Occidental         | Navan-Lima                                     |
| <b>SU Balsas</b>                       | pegmatita                      | Valle Interandino             | Balsas-Chachapoyas                             |
| <b>U. Granito-granodiorita (PE)</b>    | pegmatita                      | Valle Interandino             | Cochabamba-Huánuco                             |
| <b>U. Granito-granodiorita (PET)</b>   | Intrusiv, pegmatita, filoneano | Cordillera Oriental           | Arancay, Cochabamba-Huanuco; Paucartambo-Pasco |
| <b>U. Ramyoc (Tji)</b>                 | vetas                          | Cordillera Oriental           | Huachón-Pasco                                  |

## 5. Conclusiones

Con los trabajos realizados, se concluye que el Perú tiene potencial por tierras raras, no sólo debido al contenido TREO%, LREE (ppm) y HREE (ppm), sino también por sus elementos guías y minerales asociados, así como fraccionamiento geoquímico de granitos a pegmatitas (diagrama K/Rb vs Li) y el fraccionamiento del grupo de minerales de columbita (CGM) en relación al diagrama Ta/(Ta+Nb) vs Mn/(Mn+Fe).

La potencialidad de tierras raras en el sur del Perú, son de clase muy alta (MA) a media (M), contando con áreas prospectivas de interés de segmentos I (Arequipa), II (Cusco-Puno) y IV (Huancavelica y Ayacucho - Apurímac). Posee TREO mayormente en el Complejo Basal de la Costa, como pegmatitas NYF entre 0.12 a 0.17% TREO, en la región Arequipa; mientras en la Cordillera Oriental, en ambientes intrusivos y metamórficos entre 0.02% a 0.07% TREO, en las regiones de Cusco y Puno.

La potencialidad de tierras raras en el centro y norte del Perú es de clase baja (B) y muy baja (MB), con áreas prospectivas de interés de segmentos III (Huánuco, Pasco y Junín) y IV (Piura y Tumbes), con TREO de 0.027 a 0.103%, abarcando mayormente las regiones de Junín, Pasco, Huánuco, en segundo orden Piura, Tumbes Ancash, Lima y La Libertad.

Se recomienda continuar con estudios más avanzados para direccionar sus usos industriales, a raíz de las tendencias emergentes en la tecnología de Defensa, Telecomunicaciones, Electrónica, Energías Limpias, etc.

## 6. Anexos

### Anexo I

Cuadro 1. Clasificación en relación ambientes geológicos –pegmatitas tipo NYF. Tierras Raras en el Sur del Perú.

### Anexo II

Cuadro 2. Clasificación en relación a ambientes geológicos – pegmatitas tipo NYF. Tierras Raras en el Centro y Norte del Perú.

### Anexo III

Tabla 1. Características clave y ejemplos de los principales tipos de depósitos de REE. Los depósitos específicos listados pueden pertenecer a más de una clase de depósito mineral\*. El número de ocurrencias documentadas, compilado de Orris y Grauch (2002), con la excepción de las arcillas de

adsorción iónica (Grauch y Mariano, 2008), indica la distribución de los depósitos conocidos entre los tipos de depósito. Las leyes y tonelajes de los depósitos varían considerablemente dentro de cada clase de depósito.

## 7. Referencias bibliográficas

- Carpio, M.; Torre, J.; Fuentes, J. & Minaya, I. (2021). Prospección de litio en el sur del Perú. Boletín, Serie B: Geología Económica, 73, 293 p., 7 mapas. Enlace web: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3075>
- Carpio, M.; Torre, J.; Fuentes, J. & Boulanger, E. (2021). Prospección de litio en el centro y norte del Perú. Boletín, Serie B: Geología Económica, 74, 279 p., 8 mapas. Enlace web: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3542>
- Castor, S.B., & Hedrick, J.B. (2006). Rare Earth Elements. In: Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J M, and Krukowski S.T. Industrial Minerals and Rocks: Commodities, Markets, and Uses, 7th edition. SME. p1568
- Cerny, P & Ercit, T.S. (1989) . Mineralogy of niobium and tantalum: Crystal chemical relationships, paragenetic aspects and their economic implications. Möller P, Cerný P, Supé F (eds) Lanthanides, Tantalum and Niobium., SGA Special Publications 7: Springer-Verlag, New York, 27-29.
- Galliski, M.A. (2009) – The Pampean pegmatite province, Argentina; a review. Estudios Geológicos 19, 30-34.
- Grauch, R. J. & Mariano, A. (2008). Ion-Absorption Type Lanthanide Deposits. Abstract annual SME Conference, Salt Lake City.
- Orris, G.J., & Grauch, R. J. (2002). Rare Earth Element Mines, Deposits, and Occurrences: U.S. Geological Survey Open-File Report 02-189, U.S. Geological Survey, Tucson, Az.
- Rudnick, R & Gao, S. (2003) - Composition of the Continental Crust.
- Smithies, R; Lu, Y.; Champion, D.; Sweetapple, M.; Lowrey, J.; Bowman, N.; Cassidy, A.; Ivanic, T.; Kemp, A.; Tumbull, R.; Gessner, K. & Kohonen, F. (2025) – Giant lithium-rich pegmatites in Archean cratons form by remelting refertilised roots of greenstone belts. Enlace web: <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02622-5>
- Torre et al (2021) – Áreas prospectivas de litio en el Perú, para impulsar a búsqueda de recursos

energéticos y nuevas tecnologías. XX Congreso Nacional de Geología – Sociedad Geológica del Perú. Enlace web:

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/4334>.

- Torre et al (2025) – Potencialidad de Recursos de Tierras Raras en el Perú. Informe Técnico inédito.

## Videos:

### Tierras Raras:

[https://drive.google.com/file/d/1bFaoXU2ht6UwYTRDFWS7zr73Qit7-y5z/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1bFaoXU2ht6UwYTRDFWS7zr73Qit7-y5z/view?usp=drive_link)

### Litio:

[https://drive.google.com/file/d/1mS2bTDMoR-pmWzL1ry20JoVxGmLhJsWJ/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1mS2bTDMoR-pmWzL1ry20JoVxGmLhJsWJ/view?usp=drive_link)

**Autor:** Jhonny Santos Torre Antay: con más de 13 años de experiencia en el sector minero y energético, realizando investigaciones sobre minerales industriales de tendencia mundial, asociados a minerales críticos y/o estratégicos en el Perú.

Ingeniero Geólogo. Egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), con maestría MBA en la Universidad Rey Juan Carlos (España) y la Escuela European Open Business School (EOBS).

**Coautor 1:** Jesús Fuentes Palomino: con 25 años de experiencia en el sector minero, ha participado en la exploración de importantes proyectos mineros del Perú.

Ingeniero Geólogo. Egresado de la Universidad del Altiplano de Puno (UNA).

**Coautor 2:** Mario Francisco Carpio Ronquillo: con más de 40 años de experiencia en el sector minero, desarrollando diversos estudios y evaluaciones por minerales industriales en el Perú.

Ingeniero Geólogo. Egresado de Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

## Anexo I

Cuadro 1. Clasificación en relación ambientes geológicos –pegmatitas tipo NYF. Tierras Raras en el Sur del Perú.

| Clase    | Área                    | Código de muestra                              | Edad                 | Unidad estratigráfica                           | Elementos asociados          | Geoquímica                                                                                   | Minerales asociados                                                                         |
|----------|-------------------------|------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muy Alta | Mina Sipina             | 34r-RNM-124                                    | PP-cbc-gn; O-gr      | Complejo Basal de la Costa, Granito Ordoviciano | Nb>Ta, REE, P, Ti, U, Th; Rb | Alcalina, metaluminoso tipo A                                                                | Fluorapatita, anatasa, pargasita (anfíbol), rutilo y parsonsita (fosfato de uranio y plomo) |
| Alta     | Phinaya                 | 28u-RNM-11, 28u-RNM-13                         | Nm-qu/ch             | Miembro Chacacuniza-Fm. Quenamari               | Nb, Y, REE, P, Zr            | Metaluminoso tipo A a peraluminoso tipo S-A                                                  | Muscovita, montmorillonita, clinocloro                                                      |
|          | Cullahuane              | 31s-RNM-75                                     | PN-o/m               | Miembro Manto-Fm. Orcopampa-Gpo. Tacaza         | Nb, Y, U; Rb                 | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso tipo S-A                                            | Amorfo, albíta, montmorillonita                                                             |
|          | Mina Sipina San José V  | 34r-RNM-59                                     | O-gr                 | Granito Ordoviciano                             | Nb, Y, Ti, Zr, REE, Th       | Peraluminoso tipo A-S                                                                        | Albíta, clinocloro, muscovita                                                               |
|          | San Miguel II           | 27u-RNM-03                                     | NP-ci-               | Cadenas                                         | Nb, Ta, U; Rb                | Calcoalcánico alto potasio, metaluminoso                                                     | Albíta, annita                                                                              |
|          | Sojos Taja              | 28v-RNM-03                                     | Jim-o-sie            | Unidad Ollachea                                 | REE, Y, Zr                   | Alcalina, metaluminoso                                                                       | Albíta, annita, diópsido, Fluorapatita, cordierita                                          |
|          | Plucirca                | 32r-RNM-94                                     | Ks-bc/tgd            | Superunidad Tiabaya                             | Nb, Ta, Y, Zr, U, Th; Rb     | Calcoalcánico alto potasio, metaluminoso                                                     | Albíta, biotita                                                                             |
|          | Cunitirca               | 33r-RNM-99                                     | MNP-cbc-esq, gn      | Complejo Basal de la Costa                      | REE, Y, P                    | Alcalina                                                                                     | Tirodita (piroxeno Mg, Fe, Mn), albíta, clinocloro, augita                                  |
| Media    | Albatros                | 35s-RNM-117                                    | PP-cbc/m-gn,gr       | Complejo Basal de la Costa                      | Nb; Rb                       | Alcalina, pobremente peraluminoso tipo A, Tipo S.                                            | Albíta, clinocloro, muscovita                                                               |
|          | La Bodega               | 33o-RNM-133                                    | NP-cbc-gnmg          | Complejo Basal de la Costa                      | Nb; Rb, Ga                   | Alcalina, pobremente peraluminoso tipo A, Tipo S.                                            | Albíta, muscovita                                                                           |
|          | San Miguel              | 27u-RNM-02                                     | NP-ci-               | Cadenas                                         | Nb, Y, U; Rb                 | Alcalina, metaluminoso a peraluminoso                                                        | Albíta, flogopita                                                                           |
|          | Chillihua               | 27p-RNM-29                                     | PET-ch.gr            | Granito Choquezaña                              | Nb, Th                       | Calcoalcánico alto potasio, metaluminoso                                                     | Albíta, annita                                                                              |
|          | Lucma                   | 27q-RNM-32                                     | PET-ccak-gr,gd       | Cirialo Concevidayoc                            | Nb, REE, Th, Zr              | Calcoalcánico alto potasio, metaluminoso                                                     | Albíta, annita, richterita (anfíbol Ca), fluoropargasita (anfíbol Na, Ca y Mg)              |
| Baja     | Quebrada Honda          | 34r-RNM-120                                    | O-bac-gd,gr          | Batolito Afico Camaná                           | Nb, Y; Rb                    | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso tipo I                                              | Albíta, muscovita                                                                           |
|          | Callapampa              | 30n-RNM-135                                    | Ks-bc/tgd            | Superunidad Tiabaya                             | Nb                           | Calcoalcánico medio potasio, peraluminoso tipo S-A                                           | Albíta, muscovita                                                                           |
|          | Pucacancha              | 28v-RNM-12                                     | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | REE, Y, Th                   | Alcalino, metaluminoso tipo A                                                                | Albíta, biotita, clinocloro                                                                 |
|          | Coasa                   | 28x-RNM-18, 28v-RNM-21, 29v-RNM-23, 29v-RNM-24 | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | Y, REE, U, Th; Rb            | Calcoalcánico alto potasio s tholeíticas, metaluminoso a peraluminoso tipo S-A.              | Albíta, annita, clinocloro, muscovita, fluorannita                                          |
|          | Suytucocha              | 28u-RNM-08 a                                   | PET-sg-gr            | Plutón San Gabán                                | Zr, REE, Y                   | Peraluminoso tipo I-A                                                                        | Albíta, flogopita, clinocloro, cordierita                                                   |
| Muy Baja | Escalera                | 28v-RNM-11                                     | PET-a-gr             | Intrusivo Ayapata                               | Y, REE, Th                   | Peraluminoso tipo I-A                                                                        | Albíta, muscovita.                                                                          |
|          | Tunquimayo              | 26q-RNM-39                                     | PET-ccak-gr,gd       | Cirialo Concevidayoc                            | Y, REE, Zr, Th; Rb           | Calcoalcánico alto potasio, metaluminoso a peraluminoso tipo S-A.                            | Albíta, biotita, fluorannita                                                                |
|          | Mina Sipina San José VI | 34r-RNM-60                                     | PP-cbc-gn            | Complejo Basal de la Costa                      | Y, REE, Zr, Th               | Calcoalcánico medio potasio, pobremente peraluminoso tipo A                                  | Albíta, muscovita, clinocloro                                                               |
|          | Tintin                  | 34u-RNM-69                                     | Npe-gn               | Complejo Basal de la Costa                      | Y, REE                       | Calcoalcánico alto potasio                                                                   | Tirodita (piroxeno Mg, Fe, Mn), albíta, clinocloro, biotita                                 |
|          | Ancosontine             | 36v-RNM-92, 36v-RNM-93                         | Ppe-gn/e             | Complejo Basal de la Costa                      | Y, Th                        | Calcoalcánico alto potasio, félsico                                                          | Albíta, biotita                                                                             |
|          | San Antonio II          | 34r-RNM-119, 34r-RNM-55, 34r-RNM-57            | PP-cbc/m-gn,gr       | Complejo Basal de la Costa                      | Y, Th, Zr, REE               | Calcoalcánico medio a alto potasio, metaluminoso a poco-moderada peraluminoso tipo I-A o S-A | Albíta, uvita (turmalina B, Ca, Mg y Al), biotita, muscovita, clinocloro, fluorapatita      |
|          | Marcapata               | 28u-RNM-05                                     | Os-s                 | Formación Sandia                                | Y, REE                       | Calcoalcánico alto potasio, pobremente peraluminoso tipo S-I.                                | Albíta, muscovita, annita, andalucita                                                       |
|          | Lagunas                 | 26p-RNM-46, 26p-RNM-47                         | PET-ccak-gr,gd; Os-s | Cirialo Concevidayoc; Fm. Sandia                | Y, REE, Th                   | Calcoalcánica alto potasio, moderado peraluminoso tipo S-A.                                  | Clorita, muscovita, albíta, vermiculita                                                     |
|          | Tayacpampa              | 28v-RNM-15                                     | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | Y, REE; Rb                   | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso a metaluminoso tipo A, S-A.                         | Albíta, muscovita                                                                           |
|          | Huarachari              | 29v-RNM-22                                     | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | REE, Y, Th                   | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso a metaluminoso tipo A, S-A.                         | Albíta, protoensatita (piroxeno Mg), fluorannita                                            |
|          | Queñatira               | 28v-RNM-14                                     | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | Y                            | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso a metaluminoso tipo A, S-A.                         | Albíta, clinocloro                                                                          |
|          | Amacuni                 | 28v-RNM-17                                     | PET-co-gr-gd         | Batolito de Coasa                               | Y                            | Calcoalcánico alto potasio, peraluminoso a metaluminoso tipo A, S-A.                         | Albíta, flogopita, clinocloro                                                               |
|          | Tunquimayo              | 26q-RNM-40                                     | PET-ccak-gr,gd       | Cirialo Concevidayoc                            | Y, REE, Zr; Rb               | Calcoalcánico alto potasio,, pobremente peraluminoso tipo S-A.                               | Albíta                                                                                      |

Li>100 ppm; Rb>200 ppm, Cs>35 ppm, Be>15 ppm, Ta>35 ppm, Nb>70 ppm, Ti>0.1%, Y>50 ppm, Sc>75 ppm, TREO >0.03%, Zr>400 ppm; U>20 ppm, Th>40 ppm; P> 3000 ppm

Fuente: Torre et al (2021) – Áreas prospectivas de litio en el Perú, para impulsar a búsqueda de recursos energéticos y nuevas tecnologías. XX Congreso Nacional de Geología – Sociedad Geológica del Perú

## Anexo II

Cuadro 2. Clasificación en relación a ambientes geológicos – pegmatitas tipo NYF. Tierras Raras en el Centro y Norte del Perú

| Clase                                                                                                                                                         | Área                      | Código de muestra | Edad | Ambiente  | Unidad Estratigráfica                                | Elementos Asociados        | Geoquímica                                                      | Minerales asociados                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|------|-----------|------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Baja                                                                                                                                                          | Gavilán Alto              | 22m-RNM-097       | PET  | Intrusivo | Unidad San Ramón                                     | Nb, Y, TREI, Zr, U, Th, Ti | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo, peraluminoso, tipo A  | Albita, andesina, siderofilita                                                                        |
| Muy Baja                                                                                                                                                      | Ranyac                    | 22i-RNM-070       | TJi  | Intrusivo | Monzogranito                                         | Y, TREO, Th, Ti            | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A    | Albita, flogopita, clinocloro                                                                         |
|                                                                                                                                                               |                           | 22i-RNM-069       | TJi  | Intrusivo | Monzogranito, Sienogranito                           | Y, TREO, Ti                | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A-S  | Caolinita, epidota, clorita, actinolita. Alteración: moderada argilización, oxidación y epidotización |
|                                                                                                                                                               | Tecte                     | 21k-RNM-102       | PET  | Intrusivo | Granito, granodiorita                                | Y, TREO, Zr, Ti            | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A    | Albita, muscovita, clinocloro, biotita                                                                |
|                                                                                                                                                               | Mitotambo-Mitocucho       | 20k-RNM-121       | KP   | Intrusivo | Tonalita, granodiorita                               | Y, TREO, Zr, Ti            | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A    | Sanidina, albita, muscovita, gibbsita                                                                 |
|                                                                                                                                                               |                           | 20k-RNM-120       | KP   | Intrusivo | Tonalita, granodiorita                               | Y, TREO                    | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A    | Albita, andesina, muscovita, calcita                                                                  |
|                                                                                                                                                               | Angostura                 | 8c-RNM-067        | PE   | Intrusivo | Granito                                              | Y, TREO, Zr, Ti            | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A    | Albita, calcita, illita, thenardita                                                                   |
|                                                                                                                                                               | Accucoto III              | 22i-RNM-026       | PN   | Volcánico | Grupo Calipuy                                        | Y, TREO, Ti                | Calcoalcalino medio potasio, magma humedo peraluminoso tipo M-I | Montmorillonita, albita, augita                                                                       |
|                                                                                                                                                               | Tres Montones I           | 23i-RNM-027       | KP   | Intrusivo | SU Sayán-Batolito de la Costa                        | Y, TREO, Ti                | Calcoalcalino alto potasio, magma humedo peraluminoso tipo A-S  | Albita, augita, hornblenda                                                                            |
|                                                                                                                                                               | El Castillo II            | 20g-RNM-004       | Ks   | Intrusivo | SU Santa Rosa-Unidad Huaricanga-Batolito de la Costa | Y, TREO, Ti                | Calcoalcalino medio potasio, magma humedo metaluminoso tipo A   | Magnesio ferri-hornblenda, albita, diopsido                                                           |
|                                                                                                                                                               | Sombrero Sinchijaroqui II | 23n-RNM-096       | C    | Intrusivo | Monzogranito, diorita                                | Y, TREO                    | Alcalina, metaluminoso, tipo A                                  | Albita, andesina, siderofilita                                                                        |
|                                                                                                                                                               | Pampa Ramada              | 10c-RNM-085       | KP   | Intrusivo | Granito Paltashaco                                   | Y, Ti                      | Calcoalcalino alto potasio, peraluminoso tipo A                 | Albita, caolinita, muscovita, clinozoisita, calcita                                                   |
|                                                                                                                                                               | Alto Cebada               | 17i-RNM-011       | Cm   | Intrusivo | Diorita, granodiorita                                | Y                          | Calcoalcalino medio potasio, magma humedo peraluminoso tipo A-S | Albita, muscovita, clinocloro, calcita                                                                |
|                                                                                                                                                               | Maolan                    | 20i-RNM-114       | PET  | Intrusivo | Paucartambo                                          | Y                          | Calcoalcalino alto potasio, peraluminoso tipo I                 | Albita, muscovita, illita, vermiculita                                                                |
| Li>100 ppm; Rb>200 ppm, Cs>35 ppm, Be>15 ppm, Ta>35 ppm, Nb>70 ppm, Ti>0.1% , Y>50 ppm, Sc>75 ppm, TREO >0.03% , Zr>400 ppm; U>20 ppm, Th>40 ppm; P> 3000 ppm |                           |                   |      |           |                                                      |                            |                                                                 |                                                                                                       |

Fuente: Torre et al (2021) – Áreas prospectivas de litio en el Perú, para impulsar a búsqueda de recursos energéticos y nuevas tecnologías. XX Congreso Nacional de Geología – Sociedad Geológica del Perú.

### Anexo III

**Tabla 1.** Características clave y ejemplos de los principales tipos de depósitos de REE. Los depósitos específicos listados pueden pertenecer a más de una clase de depósito mineral\*. El número de ocurrencias documentadas, compilado de Orris y Grauch (2002), con la excepción de las arcillas de adsorción iónica (Grauch y Mariano, 2008), indica la distribución de los depósitos conocidos entre los tipos de depósito. Las leyes y tonelajes de los depósitos varían considerablemente dentro de cada clase de depósito.

| Tipos de depósitos                                                                     | Descripción breve                                                                                                                                       | *Número documentado | Ley y tonelaje típicos                                                                                                                                                                 | Ejemplos principales                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Depósitos primarios</b>                                                             |                                                                                                                                                         |                     |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                    |
| Asociado a carbonatitas                                                                | Depósitos asociados con rocas ígneas en carbonatos vinculados a provincias ígneas alcalinas y zonas de fallas importantes.                              | 107                 | Varias decenas de miles de toneladas hasta <b>varios cientos de millones</b> de toneladas, <b>0.1 - 10% REO</b> , por ejemplo: Bayan Obo: 750 Mt @ 4.1% REO                            | Mountain Pass, EEUU.; Bayan Obo, China; Okorusu, Namibia; Amba Dongar, India; Barra do Itapirapua, Brasil; Iron Hill, EEUU                         |
| Asociados con rocas ígneas alcalinas                                                   | Depósitos asociados con rocas ígneas caracterizadas por abundantes minerales alcalinos y enriquecimiento HFSE.                                          | 122                 | Típicamente <b>&lt; 100 Mt</b> (Lovozero >1000 Mt), ley variable, típicamente <b>&lt;5% REO</b> . Ejemplo: Thor Lake: 64.2 Mt @ 1.96% REO.                                             | Ilmaussaq, Groenlandia; Khibina y Lovozero, Rusia; Thor Lake y Strange Lake, Canadá; Weishan, China; Brockman, Australia; Pajarito Mountain, EEUU. |
| Depósitos de hierro-REE (depósitos de óxido de hierro-cobre-oro)                       | Depósito de cobre-oro ricos en óxido de hierro y diversos en carácter y forma                                                                           | 4                   | Por ejemplo: Olympic Dam: 2000 Mt @ 0.3295% REO (Orris y Grauch, 2002)                                                                                                                 | Olympic Dam, Australia; Pea Ridge, EEUU.                                                                                                           |
| Depósitos hidrotermales (no relacionados con rocas ígneas alcalinas)                   | Típicamente cuarzo, fluorita, vetas polimetálicas y pegmatitas de origen diverso                                                                        | 63 (a)              | Típicamente <b>&lt;1 Mt, rara vez hasta 50 Mt</b> , ley variable, típicamente <b>0.5-4%, rara vez hasta 12% REO</b> , por ejemplo: Lemhi Pass: 39 Mt @ 0.51% REO (Orris & Grauch 2002) | Karonge, Burundi; Naboomspruit y Steenkampskraal, Sudáfrica; Lemhi Pass, Snowbird y Bear Lodge, EEUU; Hoidas Lake, Canadá                          |
| <b>Depósitos secundarios</b>                                                           |                                                                                                                                                         |                     |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                    |
| Placeres marinos (incluidos depósitos de dunas costeras formados por procesos eólicos) | Acumulaciones de minerales pesados y resistentes, concentrados por procesos costeros y encontrados a lo largo o cerca de las líneas costeras existentes | 264 (b)             | Tonelaje altamente variable, comunmente del orden de decenas a 1-3 cientos de Mt, generalmente <0.1% monacita, por ejemplo: Jangardup 30 Mt @ 0.046% monacita (Orris y Grauch 2002)    | Eneabba, Jangardup, Capel, WIM 150, North Stradbroke Island, Australia; Green Cove, Springs, EEUU; Richards Bay, Sudáfrica; Chavara, India.        |
| Placeres aluviales                                                                     | Concentraciones de minerales pesados y resistentes en cauces de ríos                                                                                    | 78 (b)              | Decenas a menos de 200 millones de toneladas, típicamente <0.1% monacita, por ejemplo: Horse Creek: 19 Mt @ 0.041% monacita (Orris y Grauch 2002)                                      | Perak, Malasia; Chavara, India; cinturón de monacita de Carolina y Horse Creek, EEUU; Guangdong, China.                                            |
| Paleoplaceres                                                                          | Depósitos antiguos de placer que típicamente forman rocas consolidadas y cementadas                                                                     | 13 (b)              | Decenas de Mt hasta 100 Mt, típicamente (<0.1% REO)                                                                                                                                    | Elliot Lake, Canadá; Bald Mountain, EEUU.                                                                                                          |
| Depósitos lateríticos                                                                  | Depósitos superficiales residuales formados por intemperismo químico intenso de rocas ígneas enriquecidas en REE.                                       | 42 (c.)             | Algunas decenas de Kt hasta varios cientos de Mt, 0.1-10% REO, por ejemplo: MT Weld: 12.24 Mt @ 9.7% REO (hasta 40% REO)                                                               | Mount Weld, Australia; Araxa, Brasil; Kangankunde, Malawi.                                                                                         |

#### Notas:

- (a) Incluye depósitos afiliados a ígneas, metamórficos, otros depósitos de fluorita y plomo según Orris y Grauch (2002).
- (b) Se excluyen catorce placeres de 'origen incierto'.
- (c) Clasificados como 'carbonatitas con enriquecimiento residual' por Orris y Grauch (2002).

**Tabla 2**

Comparación de la composición de la corteza continental total, inferior, media y superior

| Elemento | Corteza superior | Corteza media | Corteza inferior | Corteza total |
|----------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| Sc       | 14               | 19            | 31               | 21.9          |
| Y        | 21               | 20            | 16               | 19            |
| Zr       | 193              | 149           | 68               | 132           |
| Nb       | 12               | 10            | 5                | 8             |
| La       | 31               | 24            | 8                | 20            |
| Ce       | 63               | 53            | 20               | 43            |
| Pr       | 7.1              | 5.8           | 2.4              | 4.9           |
| Nd       | 27               | 25            | 11               | 20            |
| Sm       | 4.7              | 4.6           | 2.8              | 3.9           |
| Eu       | 1                | 1.4           | 1.1              | 1.1           |
| Gd       | 4                | 4             | 3.1              | 3.7           |
| Tb       | 0.7              | 0.7           | 0.48             | 0.6           |
| Dy       | 3.9              | 3.8           | 3.1              | 3.6           |
| Ho       | 0.83             | 0.82          | 0.68             | 0.77          |
| Er       | 2.3              | 2.3           | 1.9              | 2.1           |
| Tm       | 0.3              | 0.32          | 0.24             | 0.28          |
| Yb       | 2                | 2.2           | 1.5              | 1.9           |
| Lu       | 0.31             | 0.4           | 0.25             | 0.3           |
| Ta       | 0.9              | 0.6           | 0.6              | 0.7           |
| Th       | 10.5             | 6.5           | 1.2              | 5.6           |
| U        | 2.7              | 1.3           | 0.2              | 1.3           |

Rudnick, R & Gao, S. (2003) - Composition of the Continental Crust

## AUTORIZACIÓN DE PARTICIPACIÓN

Yo Jhonny Santos Torre Antay, ingeniero geólogo, especialista en prospección de recursos de minerales industriales del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico; autorizo que el trabajo titulado "Nuevos hallazgos para la Prospección de Tierras Raras en el Perú" presentado por el autor (Jhonny Santos Torre Antay) y coautores (Jesús Fuentes Palomino y Mario Carpio Ronquillo) sea presentado en el concurso del Premio Nacional de Minería del evento PERUMIN 37 Convención Minera en las fechas del 22 al 26 de setiembre del 2025 en la ciudad de Arequipa.



---

Firma  
DNI/Pasaporte.40968776  
Fecha: 17/07/2025

### Nota:

Esta autorización se entrega solo en el caso de que el participante se presente de manera independiente y el trabajo implique el desarrollo en el marco de una empresa o institución. La indicada autorización deberá ser entregada en hoja membretada.