



# **Riesgos geopolíticos de los lantánidos en ecosistemas criminales: Análisis territorial desde la geografía del poder**

Mayor (EJC) Diego Fernando Ortiz Ramírez

Artículo para optar al título profesional:

Magister en Seguridad y Defensa Nacionales

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"  
Bogotá D.C., Colombia  
2025

#### DATOS GENERALES

<b>Nombre del estudiante</b>	:	Mayor (EJC) Diego Fernando Ortiz Ramírez
<b>Identificación</b>	:	1057782882
<b>Programa académico</b>	:	Maestría en Seguridad y Defensa Nacionales
<b>Tutor metodológico</b>	:	DO. Jonnathan Jiménez Reina
<b>Tutor temático</b>	:	Capitán de Fragata. Jorge Alfonso García Torres
<b>Fecha de entrega</b>	:	27 de Agosto del 2025
<b>Extensión</b>	:	8701

#### DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor no autoriza que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

# Riesgos geopolíticos de los lantánidos en ecosistemas criminales: Análisis territorial desde la geografía del poder

## Sociopolitical characterization of borders in Colombia and Latin America

**Diego Fernando Ortiz Ramírez\***

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

**Resumen:** Esta investigación analiza los riesgos geopolíticos y geoestratégicos asociados a la explotación de lantánidos en Colombia, destacando su relación con la gobernabilidad, el territorio y las actividades ilícitas. Metodológicamente, se emplearon análisis cualitativos, teledetección, y herramientas prospectivas como MICMAC. Los resultados muestran que la alta concentración de lantano en el Caribe y Norte de Santander coincide con la pérdida de vegetación (NDVI). Además, la débil gobernanza en estas regiones facilita la explotación ilícita y la degradación ambiental. Se concluye que el fortalecimiento de políticas públicas integrales y la coordinación intersectorial son esenciales para garantizar la sostenibilidad de estos recursos estratégicos y abordar los desafíos ambientales y de seguridad. El aporte original de esta investigación es la integración metodológica entre análisis geoespacial de lantánidos y variables de gobernanza territorial, estableciendo correlaciones inéditas entre recursos estratégicos y espacios geopolíticos vulnerables a través de un marco analítico, al vincular la teoría de la geografía del poder con métricas cuantitativas de movilidad humana y accesibilidad territorial.

**Palabras clave:** Crimen, geopolítica, gobernanza, lantánidos, sostenibilidad, territorio.

**Abstract:** This research examines the geopolitical and geostrategic risks related to the exploitation of lanthanides in Colombia, focusing on their connection to governance, territory, and illicit activities. Methodologically, qualitative analysis, remote sensing, and prospective tools like MICMAC were utilized. Results reveal that high lanthanum concentrations in the Caribbean and Norte of Santander align with vegetation loss (NDVI). Furthermore, weak governance in these regions enables illicit exploitation and environmental degradation. The original contribution of this research is the methodological integration between geospatial analysis of lanthanides and territorial

---

\* Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Candidato a magíster en seguridad y defensa nacionales, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-3909-1508> - Contacto: [diego.ortizra@esdeg.edu.co](mailto:diego.ortizra@esdeg.edu.co), [diego.ortiz@ejercito.mil.co](mailto:diego.ortiz@ejercito.mil.co)

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

governance variables, establishing novel correlations between strategic resources and vulnerable geopolitical spaces through an analytical framework that links the theory of geography of power with quantitative metrics of human mobility and territorial accessibility.

**Keywords:** Criminals, geopolitics, governance, lanthanides, ecosystems, risks.

## **[T1] Introducción**

La problemática central de esta investigación radicó en la debilidad de la gobernanza y la falta de políticas públicas integrales para la protección de recursos naturales estratégicos, como los lantánidos en el contexto colombiano. Estos elementos, esenciales para diversas industrias tecnológicas, se encuentran en territorios con alta convergencia criminal y riesgos ambientales significativos, lo que plantea desafíos geoestratégicos y de sostenibilidad. La interacción entre gobernabilidad estatal limitada, actividades ilícitas y afectaciones ambientales ha exacerbado la vulnerabilidad de estas regiones, dificultando la gestión efectiva de estos recursos estratégicos. En este escenario, surgió la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los riesgos geopolíticos y geoestratégicos asociados a la tenencia y explotación de lantánidos en territorios colombianos con alta convergencia criminal y débil gobernanza?

Con base en este interrogante, el objetivo general fue analizar las problemáticas geoestratégicas vinculadas a la protección de lantánidos en Colombia, identificando los factores de riesgo asociados a su explotación y proponiendo estrategias para su gestión sostenible. Este objetivo se desarrolló en cuatro capítulos, cada uno diseñado metodológicamente para abordar aspectos específicos del problema.

El primer capítulo, de carácter descriptivo, exploró la relación entre gobernabilidad, territorio y control de recursos naturales desde una perspectiva geopolítica clásica, adaptada a un enfoque moderno; se realizó un análisis cualitativo basado en la revisión de literatura especializada y datos secundarios, utilizando las contribuciones de autores como García

(2022) y Agnew (2022). Esta fase permitió establecer el marco conceptual y contextualizar los desafíos asociados a la protección de recursos estratégicos en el país.

El segundo capítulo se centró en la distinción geoestratégica de los territorios con presencia de lantánidos. Para ello, se seleccionó una muestra conformada por dos elementos de tierras raras, Lantano y Disproσιο, y cuatro regiones geográficas: el Caribe, Norte de Santander, Centro y Sur Oriente. Se emplearon herramientas de teledetección, como imágenes satelitales del programa Sentinel-2 y datos del Servicio Geológico Colombiano, para calcular índices de vegetación (NDVI y NBR) y evaluar el impacto ambiental en las áreas de estudio. Este enfoque metodológico permitió correlacionar la distribución de lantánidos con la pérdida de cobertura vegetal y otros indicadores ambientales.

El tercer capítulo analizó los riesgos futuros mediante la identificación de variables estratégicas a través de la metodología MICMAC. Con base en los factores de cambio identificados en los capítulos previos, se construyó una matriz de impactos cruzados para evaluar la influencia y dependencia de variables como Gobernabilidad Estatal, Gobernanza Territorial y Crimen Transnacional. Este análisis prospectivo permitió proponer estrategias integrales para mitigar los riesgos asociados a la explotación de lantánidos, destacando la necesidad de fortalecer la gobernanza y promover un enfoque sostenible.

En un cuarto capítulo se triangularon los resultados obtenidos con la teoría de la geografía del poder. En este objetivo se analizaron las dinámicas territoriales vinculadas a los lantánidos en Colombia desde la perspectiva de la Geografía del Poder, revelando vulnerabilidades significativas en el control territorial. Las regiones estudiadas mostraron diferentes niveles de susceptibilidad ante actividades ilícitas: Norte de Santander presentó un 43% de territorio favorable para la movilidad irregular, mientras la zona central registró

un 29.72%. Estas condiciones geográficas, combinadas con la presencia de lantánidos estratégicos como el disprosio y el lantano, configuraron escenarios de riesgo que evidenciaron la necesidad de fortalecer la gobernanza territorial y adaptar las estrategias de control según las particularidades de cada región.

En síntesis, esta investigación integró enfoques cualitativos y herramientas de análisis espacial para abordar una problemática compleja desde una perspectiva multidimensional. Los hallazgos obtenidos subrayan la importancia de diseñar políticas públicas que consideren las particularidades geográficas, sociales y ambientales de las regiones estudiadas, garantizando así la protección y sostenibilidad de los recursos naturales estratégicos en Colombia.

## **[T1] Metodología**

Este proceso es de enfoque cualitativo y diseño exploratorio. La orientación metodológica para su desarrollo se tomó de los diseños de investigación propuestos por García (2022) (Contribución mixta), Álvarez y Trujillo (2020) (contribución cualitativa), y Gholz (2014) (contribución cualitativa).

Con base en los autores se creó un diseño metódico conformado por cuatro fases.

La primera, fase descriptiva, contó con el análisis cualitativo de los aportes sugeridos por García (2022) citando a Grygiel (2006); Gómez (2023); Salazar (2023); Agnew (2022); Salgado y Valarezo (2022); Morgado (2023); Criekemans (2022); Nestorović (2022); Zamani (2025); Le Billon (2004); Dannreuther (2013); Grieco (2018); Cooper (1975); Barnett (1958); Brown (1986); Parthemore y Rogers (2010); Jiménez,

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

Romero y Chuquimarca (2024); Shumilo, Lytvyn, Shablysty, Kornyakova y Popovich (2021); Ober y Lavander (2022); el Ministerio de Minas y Energía (2024); DANE (2024); UNDOC (2022); Global Forest Watch (2025).

Esta fase tuvo como fin el estudio de la relación que hay entre gobernabilidad, territorio y control de recursos naturales en el contexto colombiano desde la perspectiva de la geopolítica clásica, pero acudiendo a una versión moderna, cuyo punto de discusión se centra entre la gobernanza pública, la capacidad estatal de protección y el diseño de políticas públicas integrales, cuyo alcance garantice la protección territorial de recursos naturales estratégicos.

La primera fase no incluyó en la discusión el concepto de tierras raras o lantánidos, pues como se explicó en la introducción, el marco general para el debate correspondió a los riesgos que este tipo de minerales corre cuando su tenencia se concentra en zonas estratégicas de valor conflictual. Ese es un debate que García (2022) ya habría dado mediante la implementación de escenarios prospectivos, en los que hay una variable imperativa para proteger RRNNEE: la política direccional de Estado.

Entendiendo lo anterior, se pasó a una segunda fase, distinción geoestratégica. Allí se estableció una muestra N, conformada por cuatro departamentos y dos lantánidos diferentes. (Ver tabla 1):

**Tabla 1.** Descripción de N.

Elemento Analizado	Zona Geográfica	Concentración Promedio (mg/kg)	Mediana (mg/kg)	Indicadores Ambientales	Observaciones
Lantano	Caribe	27 - 38	1,246	NDVI: 0.42	Concentración máxima registrada en forma de pastilla prensada (XRF). Menor afectación de la vegetación comparada con Norte Santander.
				NBR: 0.35	
Lantano	Norte de Santander	38 - 80	-	NDVI: 0.45	Concentración superior al estándar nacional. Alta pérdida de vegetación.
				NBR: 0.32	
Disproso	Zona Centro	44.73	4.58 - 6.67	NBR: 06	Alta concentración en comparación con otras zonas.
Disproso	Zona Sur Oriente	2.35	-	NDVI: 0.65	Baja concentración, pero con afectación ambiental debido a pérdida de vegetación.
				NBR: 06	

Fuente: elaboración propia con información del servicio geológico Colombiano.

Sobre N se aplicó un código de agrupación de imágenes satelitales del programa Sentinel-2 (Copernicus) y datos del Servicio Geológico Colombiano. La muestra (N) estuvo conformada por dos elementos de tierras raras: Lantano y Disproso, seleccionados por su relevancia estratégica y ambiental.

Para procesar los datos, se emplearon técnicas de agrupación de capas en Google Earth Engine (GEE), con códigos diseñados en JavaScript que calcularon índices de vegetación como NDVI y NBR (Ver anexos: 2, 3 y 4).

Estos indicadores permitieron evaluar la salud de la vegetación en las áreas de estudio, mientras que las medianas gráficas de las imágenes satelitales generadas entre 2022 y 2024, facilitaron la representación estadística de las concentraciones y sus impactos.

Matemáticamente, los códigos implementaron funciones para calcular diferencias normalizadas entre bandas espectrales, obteniendo valores de NDVI y NBR, aplicando filtros temporales y espaciales para seleccionar imágenes relevantes, generando medianas para representar tendencias en la pérdida de vegetación. Además, se visualizaron capas de concentración de lantánidos y gráficos para correlacionar la presencia de estos elementos

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

con la afectación ambiental. Este enfoque integró análisis espacial y estadístico, proporcionando una visión detallada de la relación entre los lantánidos y los desafíos de gobernanza en las regiones estudiadas.

La tercera fase del diseño metodológico se centró en la identificación de factores estratégicos y su interacción a través del análisis prospectivo. Para ello, se utilizó la metodología MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación), una herramienta que permite evaluar la influencia y dependencia entre variables críticas dentro de un sistema. Este enfoque fue seleccionado debido a su capacidad para identificar factores claves que estructuran las dinámicas territoriales y los riesgos asociados a la explotación de lantánidos en regiones con gobernanza débil.

El proceso inició con la construcción de una matriz de Ábaco de Regnier, mediante la cual se seleccionaron los factores de cambio más relevantes con base en su probabilidad de ocurrencia e impacto. Los factores identificados incluyeron Gobernabilidad Estatal (GOB), Gobernanza Territorial (GOV), Crimen Transnacional (CRI), Capacidad Geoestratégica (CAP) y Sostenibilidad Ambiental (SOS), entre otros. Cada uno de estos factores fue evaluado cualitativamente, considerando su relevancia en el contexto colombiano y su relación directa con los desafíos de protección de recursos estratégicos.

Posteriormente, se procedió al análisis de las interrelaciones entre los factores mediante la construcción de una matriz de doble entrada. Cada interacción fue ponderada en una escala de 0 a 3, donde 0 representaba ausencia de relación y 3 una relación fuerte. Este procedimiento permitió identificar las variables estratégicas del sistema, es decir, aquellas con mayor influencia y dependencia, como la Gobernanza Territorial (GOV), que obtuvo los valores más altos en ambas dimensiones (11 puntos).

Para complementar este análisis, se emplearon herramientas estadísticas y de visualización en Rstudio, lo que facilitó la representación gráfica de las interdependencias y la clasificación de las variables según su relevancia estratégica. Este enfoque permitió no solo comprender las dinámicas actuales, sino también proyectar escenarios futuros y proponer estrategias integrales para la gestión sostenible de los pantanos.

La cuarta fase consistió en la elaboración de un análisis geográfico del poder, integrando los resultados obtenidos en las fases anteriores. Este análisis utilizó la teoría de la geografía del poder como marco conceptual para interpretar cómo las características físicas y los recursos de un territorio influyen en su control y gobernanza. Se analizaron variables como la movilidad humana, la accesibilidad geográfica y la capacidad operativa estatal en regiones clave como el Caribe y Norte de Santander, destacando las diferencias topográficas y su impacto en las dinámicas de control territorial.

Para llevar a cabo el análisis de las variables estructurales se contó con un panel de expertos, los cuales coadyuvaron a cumplir tres procesos claves:

- Primero, análisis de los conceptos y contribuciones emitidas durante el proceso estructural conexas a la revisión de literatura. Ejercicio desarrollado en el primero y segundo objetivo.
- Segundo, estudio exploratorio de los elementos científicos asociados a la investigación conexas a tierras raras.
- Tercero, estructuración y configuración del instrumento para el desarrollo del análisis de variables estructurales MICMAC (Ver figura [Tabla 5](#) y [Figura 14](#)).

El panel de expertos empleados obedece a la siguiente descripción:

- **Experto 1.** Profesional en Relaciones Internacionales y estudios políticos, con especialización en resolución de conflictos y mediación social; maestría en pensamiento estratégico y prospectiva; estudiante de doctorado en inteligencia artificial.
- **Experto 2.** Ingeniero civil, MBA y candidato a doctor en Administración para la Sostenibilidad.
- **Experto 3.** Profesional en ciencias militares, magister en seguridad y defensa nacionales; magister en geopolítica y estrategia.
- **Experto 4.** Ingeniero de software con especialización en seguridad informática, y magister en sistemas de información geográfica.

## **[T1] Relación entre gobernabilidad, territorio y control de recursos naturales en el contexto colombiano: perspectiva desde la geopolítica estructuralista**

Comprender el marco geopolítico colombiano, requiere analizar desde una perspectiva clásica, los principios fundamentales que definen el concepto de geopolítica. Estos principios incluyen la protección de recursos naturales, salvaguarda de puntos fronterizos y preservación de vías de comunicación que conectan al heartland con el rimland (García, 2022 citando a (Grygiel, 2006)).

Desde un enfoque clásico, el análisis geopolítico colombiano está orientado a la construcción de políticas territoriales y gestión del sistema público con base en elementos comparativos y competitivos derivados de la geografía regional (Gómez, 2023). Según

Salazar (2023), este análisis implica evaluar la capacidad estructural del Estado en función de dos enfoques para su gestión: la gobernabilidad y gobernanza.

La gobernabilidad radica en la responsabilidad del gobierno frente a la administración y diseño de políticas públicas orientadas a proteger recursos estratégicos y territoriales esenciales para el desarrollo colectivo.

En ese contexto, los recursos naturales desempeñan un papel fundamental al generar capacidades estratégicas que consolidan a Colombia como actor clave en el mercado minero-energético del hemisferio.

Por otro lado, está la gobernanza que se centra en la interacción de los actores públicos, privados, la sociedad civil, la academia y otros generadores de conocimiento, promoviendo estrategias de poder basadas en la geografía, la capacidad geoestratégica y la riqueza endógena del territorio (Agnew, 2022).

La interacción entre gobernanza y gobernabilidad conlleva al aprovechamiento de las ventajas geográficas como un eje central en la generación de poder. Dicha unión permite analizar el marco geopolítico colombiano a partir de factores de inestabilidad presentes en el territorio, y cuyo alcance afecta percepciones públicas allegadas a la protección de objetivos, intereses, recursos e infraestructuras nacionales (Salgado y Valarezo, 2022).

En otras palabras, el análisis del enfoque geopolítico colombiano, que incluye políticas, actores y agendas exteriores, facilita la formulación de hipótesis cualitativas vinculadas a la escuela clásica del realismo de seguridad y defensa nacional, tomando aspectos de interpretación que proceden de una escuela moderna: la funcionalista. Esto significa, que la unión de versiones clásicas y contemporáneas de geopolítica resulta ser un

factor de estudio para identificar y comprender cambios de entorno y contexto, regulados por un eje transversal: la capacidad geoestratégica del Estado (Morgado, 2023); (Crikemans, 2022); (Nestorović, 2022).

Proponer una integración entre ambas escuelas teóricas generaría un enfoque categórico para aplicar el concepto de geopolítica en caso colombiano. Esto es relevante porque al abordar fenomenologías criminales que afectan la gobernabilidad pública y la gobernanza regional, el análisis tendría que integrar variables geográficas, sociales y de tipología intersectorial. Dicha integración es útil para conocer los factores de inestabilidad que ponen en riesgo el marco de gobernanza pública a nivel territorial.

De acuerdo con Zamani (2025), la geopolítica colombiana se fundamenta en imperativos territoriales y marítimos, los cuales conforman parte del núcleo estratégico utilizado para proteger principios geopolíticos desde una óptica clásica, ello incluye proteger fronteras en zonas de convergencia criminal, la vigilancia de plataformas marítimas que funcionan como escenarios de operaciones de tráfico internacional de cocaína, y la atención a la violación sistemática de fronteras, producto de inconvenientes socioeconómicos en territorios fronterizos (Zamani, 2025).

De acuerdo con Zamani (2025), Colombia es un competidor geopolítico regional, principalmente porque cuenta con recursos naturales que no solo coadyuvan al desarrollo nacional, sino que también posicionan al Estado en el escenario de la dominancia de recursos.

Tema mencionado en la investigación de Le Billon (2004), quien plantea que la tenencia de recursos estratégicos (RRNNEE) aumenta la capacidad hegemónica de los Estados, pero tal capacidad se ve afectada al mismo tiempo por la desprotección de los

actores estatales. De ahí que en una perspectiva neo funcionalista, Dannreuther (2013) exponga que las relaciones interestatales se basen en el intercambio de *commodities*, es decir, recursos, acciones, estrategias o factores que generan y/o producen la favorabilidad geoeconómica de ambas partes.

Los recursos naturales estratégicos garantizan la construcción de relaciones interestatales entre actores públicos, pero también privados y estatales-gubernamentales. Esa es una característica realista, pero al mismo tiempo neo funcionalista, pues conecta a los actores necesarios a partir del cumplimiento de intereses estatales y objetivos nacionales (Grieco, 2018).

Desde la interpretación de Grieco (2018), los recursos naturales estratégicos son un punto clave en la agenda de protección territorial. Es decir, aplicado al contexto colombiano, su resguardo y protección se convierte en parte del modelo de seguridad y defensa nacional, pero también del marco general de gobernanza y eso se puede entender con los siguientes tres puntos de vista:

Primero, en una perspectiva realista y clásica, ya Cooper (1975), Barnett (1958) y Brown (1986), habían descrito que la gobernabilidad en el control y protección de recursos naturales es responsabilidad del Estado.

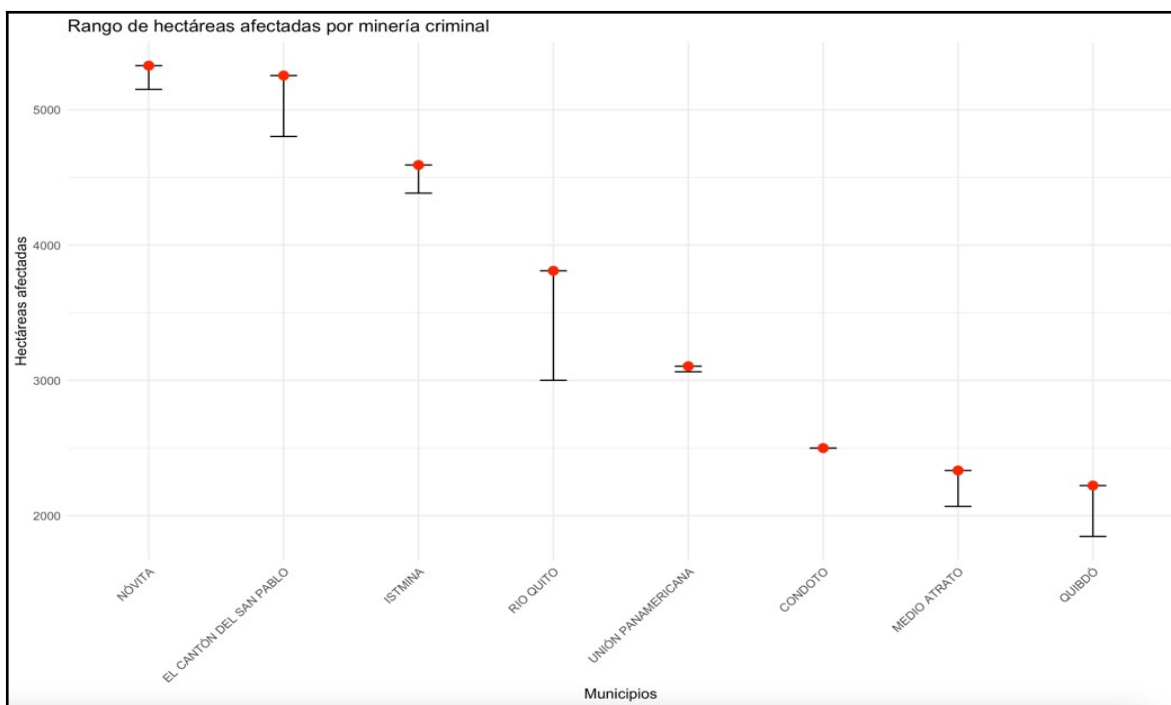
Esa versión constituye un enfoque tradicional en el que seguridad es igual a protección territorial ceñida a una versión geoestratégica de la agenda nacional diseñada para resguardar recursos naturales.

Pero, una versión moderna de gobernanza pública y gobernabilidad ofrece una visión más cercana a la realidad nacional; la perspectiva de Parthemore y Rogers (2010) por ejemplo, expone que la influencia estratégica del marco de defensa nacional es un factor de

disuasión para proteger territorialmente zonas con RRNNEE, pero que sin estrategias de gobernanza y gobernabilidad no es efectiva, y sus políticas públicas poseen alcances de intervención con efectos limitados.

Mírese como muestra el departamento del Chocó, en el que el fenómeno de explotación ilícita de yacimientos mineros converge en las mismas zonas en las que el efecto de la política es restringido, y pierde alcance en zonas con confluencia criminal, al mismo tiempo que produce afectaciones de tipología ambiental, medibles con indicadores tipo como el de NDVI. Ver figura 1 y 2 para continuar:

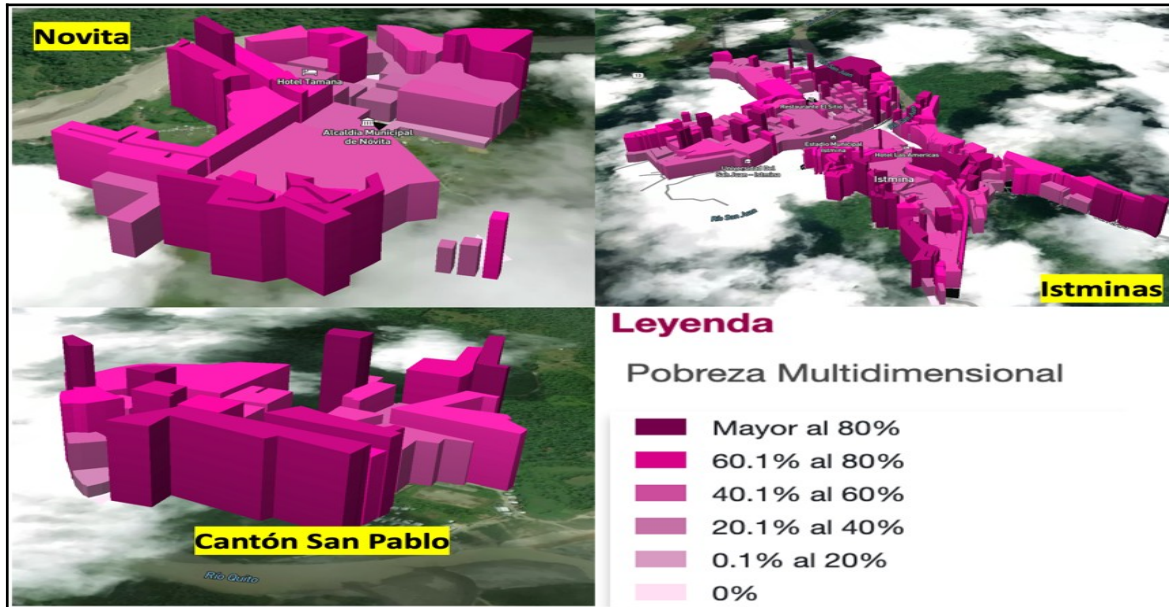
**Figura 1.** Rango de hectáreas por minería criminal



*Fuente:* elaboración propia con información recuperada de (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Nota: Entre 2022 y 2025, el monitoreo territorial identificó una notable concentración de minería ilegal en ocho municipios del departamento. Nóvita y El Cantón del San Pablo destacan con más de 5,000 hectáreas afectadas cada uno, seguidos por Istmina con más de 4,300 hectáreas. Río Quito y Unión Panamericana superan las 3,000 hectáreas, mientras que Condoto, Medio Atrato y Quibdó presentan entre 1,800 y 2,500 hectáreas. Este patrón de concentración subraya la necesidad de intervención estatal para mitigar el impacto ambiental.

**Figura 2.** Municipios del Chocó con alto indicador de pobreza multidimensional y explotación ilícita de yacimientos mineros.



Fuente: elaboración propia con software Geo visor del DANE (2025)

Las figuras 1 y 2 demuestran que la confluencia de factores criminales y socioeconómicos es una problemática territorial que aumenta la codependencia entre explotación ilícita de yacimientos mineros por hectáreas (figura 1) en zonas urbanas, rurales, y rurales dispersas en las que el indicador promedio de pobreza puede llegar al rango del 50 – 80% (DANE, 2024).

Ante este tipo de desafíos territoriales, Jiménez, Romero, y Chuquimarca (2024) explican en caso Ecuatoriano que la extracción irregular de recursos sí representa una amenaza para el Estado, y por eso el diseño y aplicación de políticas públicas integrales e intersectoriales ocupa un punto de atención primario para el campo de la seguridad y defensa nacional.

En la postura de Jiménez *et al* (2024), proteger recursos naturales estratégicos es entonces un deber público administrado por el gobierno, cuyo esfuerzo involucra actividades binacionales o enfocadas en el desarrollo de acciones estratégicas internas, a través de ejercicios gubernamentales para integrar actores con funciones diferentes (Shumilo, Lytvyn, Shablysty, Kornyakova, y Popovich, 2021).

Siendo así, el debate acerca de la gobernanza y gobernabilidad para proteger este tipo de recursos se llevaría al escenario de la política pública territorial, sin dejar a un lado el principio de seguridad nacional como eje transversal para el diseño de medidas y políticas de intervención temprana.

Llama la atención que en el marco de la construcción de esta categoría de políticas públicas, el sector defensa liderado por fuerzas terrestres y Aerotácticas, si bien ocupa un escalón geoestratégico primario, permite la inclusión de instituciones y entidades cuyas responsabilidades abordan dimensiones sociales, económicas y ambientales.

Este punto de vista en el que hay una integración de esfuerzos se ha estudiado en el enfoque de la geoestrategia y las relaciones internacionales cercanas al debate neo funcionalista, orientado hacia la protección medio ambiental pues las consecuencias geofísicas que trae consigo la extracción ilícita de yacimientos mineros, finaliza con la disrupción ecosistémica de zonas en las que también confluye el factor pobreza.

Para comprobar esta afirmación se incluyen como segundo aspecto la transgresión medio ambiental, producto de la ausencia de políticas de control territorial para restringir la acción de grupos armados y amenazas de categoría trasnacional.

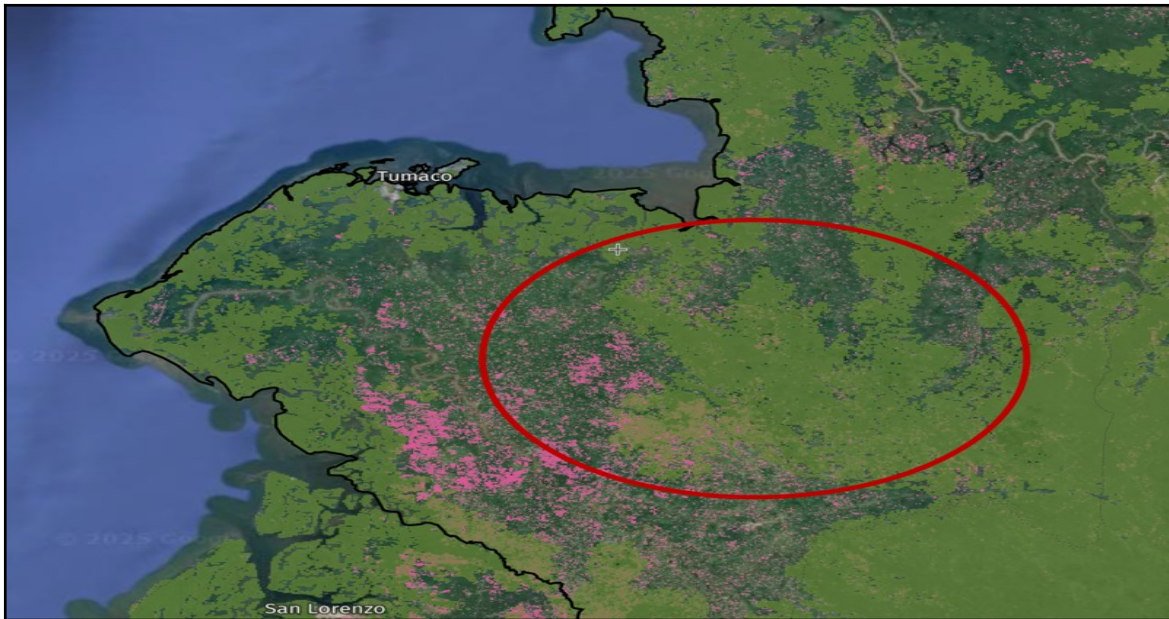
Véase como muestra probatoria del segundo punto la pérdida de capa vegetal sobre zonas de concurrencia criminal, en las que ha habido explotación ilícita y sistemática de

yacimientos mineros entre 2020 y 2022. El departamento en este caso es Nariño, específicamente sobre el espacio jurisdiccional de El Retorno, en el que según UNDOC (2022), se concentró un número considerable de acciones de explotación ilícita para el lapso 2017 -2022.

En 2020, Nariño contaba con 2.45 millones de hectáreas de bosque natural, lo que representaba el 78% de su superficie terrestre (GFW, 2025). Sin embargo, para 2024, la región perdió 1.37 mil hectáreas de esta cobertura, lo que generó emisiones equivalentes a 815 mil toneladas de CO<sub>2</sub>.

En cuanto a los bosques primarios húmedos, entre 2002 y 2024, Nariño registró una pérdida acumulada de 31.9 mil hectáreas, lo que equivale al 28% de toda la deforestación arbórea en ese periodo. Esta pérdida redujo en un 2.3% la extensión total de este tipo de bosques en el departamento, presentando frente a la explotación ilícita de yacimientos mineros, patrones característicos que señalan el avance y expansión futura del problema. (Ver figura 3):

**Figura 3.** Pérdida de capa vegetal en zonas de EIYM – EVOA – (Nariño)



*Fuente:* elaboración propia con información recuperada de Global Forest Watch (2025)

Frente a la discusión de medio ambiente, recursos naturales, explotación y gobernanza, con base en las contribuciones de las figuras 1,2 y 3, es importante aclarar que la relación geográfica-ambiental de Colombia genera ventajas de poder, aprovechadas por el Estado, pero también por los actores que conforman los diferentes centros de gravedad criminal.

Académicamente, estas ventajas representan indicadores geográficos que producen poder territorial, es decir, capacidad de alcance geoestratégico para actores de gobierno, así como para instituciones militares, pero también para amenazas que interactúan nacional e internacionalmente en territorios en los que el efecto de la política no es el planeado, esperado o evaluado (Ober y Lavander, 2022).

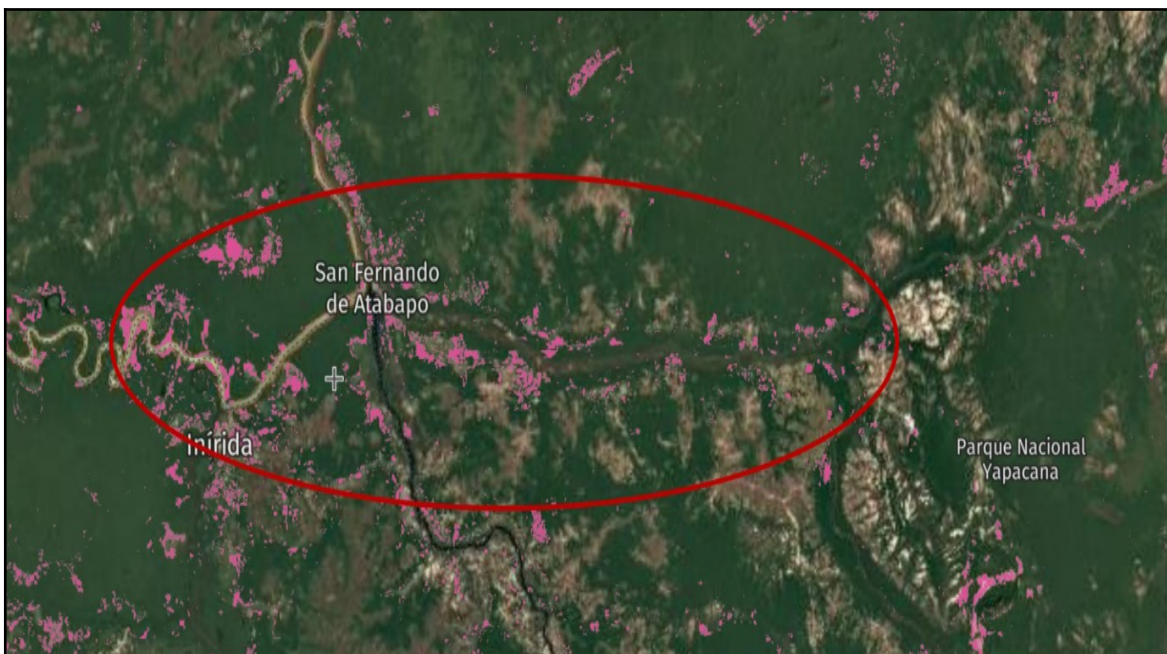
Como clara advertencia, acerca de la necesidad territorial que constituye la configuración de un marco de gobernanza con políticas y efectos socioeconómicos tempranos y por ende, reducir la sujeción entre economías criminales, actores delictivos,

zonas con pobreza y espacios geográficos, es pertinente continuar con el análisis agregando otra variable: la geopolítica del crimen transnacional.

Como tercer factor, el crimen transnacional pasa a representar un riesgo inminente para la explotación de RRNNEE en zonas fronterizas en las que tampoco hay un marco de gobernanza fuerte o estratégicamente funcional.

Un territorio para explicar esta problemática es el Guainía, en el que hay registros acerca de la disrupción geopolítica e interfronteriza que producen grupos transnacionales sobre San Fernando de Atabapo, y cuya consecuencia derivada de la explotación es la remoción de capa vegetal, que según GFW (2025), acumula 12,9 kilo hectáreas entre 2002 y 2025. Es decir, una pérdida del 58% de su cobertura arbórea. (Ver figura 4):

**Figura 4.** Remoción de capa vegetal en San Fernando de Atabapo



*Fuente:* elaboración propia con información recuperada de Global Forest Watch (2025)

Estructuras del crimen transnacional sobre espacios fronterizos con políticas de protección inadecuadas, fronteras porosas físicamente y con marcos débiles de gobernanza,

ralentizan y/o dificultan la tarea militar bajo el enfoque de protección territorial, pero también la función pública-civil diseñada para proteger RRNNEE.

Hasta esta parte del análisis, se han expuesto diferentes puntos de vista académicos en los que hay una relación categórica acerca de la necesidad geoestratégica para el resguardo de recursos, pero también requerimientos estratégicos de intervención anticipada para proteger derechos ambientales y socio económicos en territorio. Sobre todo, en los que hay afectación por transgresiones fronterizas asociadas con la explotación ilícita de yacimientos mineros.

Bajo los aspectos ya descritos, es correcto deducir que la ausencia de medidas proteccionistas sobre RRNNEE halla en tres causales un problema de gestión y planificación político – territorial expuesto así:

- Primero, el efecto de políticas públicas y gobernanza aplicada a la protección de RRNNEE depende del espacio geográfico, las condiciones integrales del contexto (pobreza, violencia, degradación medio ambiental, cambios culturales, entendimiento del conflicto) y vacíos gubernamentales funcionales que afectan las medidas para el desarrollo de núcleos poblacionales vulnerables.
- Segundo, entendiendo que hay una relación y dependencia entre gobernanza, geografía, recursos naturales y capacidades de protección a través de enfoques geoestratégicos terrestres, es imperativo entonces construir con base en los antecedentes, modelos o procesos territoriales para analizar estadísticamente la afectación futura de posibles territorios con RRNNEE, en los que se repita la tendencia delictiva momentánea. Esta última configurada por variables como: (i)

pobreza multidimensional, (ii) presencia y expansión de grupos delictivos sobre zonas fronterizas, (iii) elementos geoestratégicos y (iv) factores territoriales que aumentan el riesgo de transgresión de recursos naturales.

- Tercero, el alcance del marco de gobernanza constituye una primera línea de restricción para acceder a amenazas transnacionales, cuyos fines son la explotación ilícita de yacimientos mineros, en espacios geográficos convergentes para el crimen transnacional. De nuevo, se plantea como hipótesis que la desprotección de recursos naturales estratégicos deriva, no de la limitación de alcances que posee la estrategia militar, sino de políticas estructurales orientadas a la solución de las causales generadoras de conflicto y por tanto, explotación ilícita de yacimientos mineros.

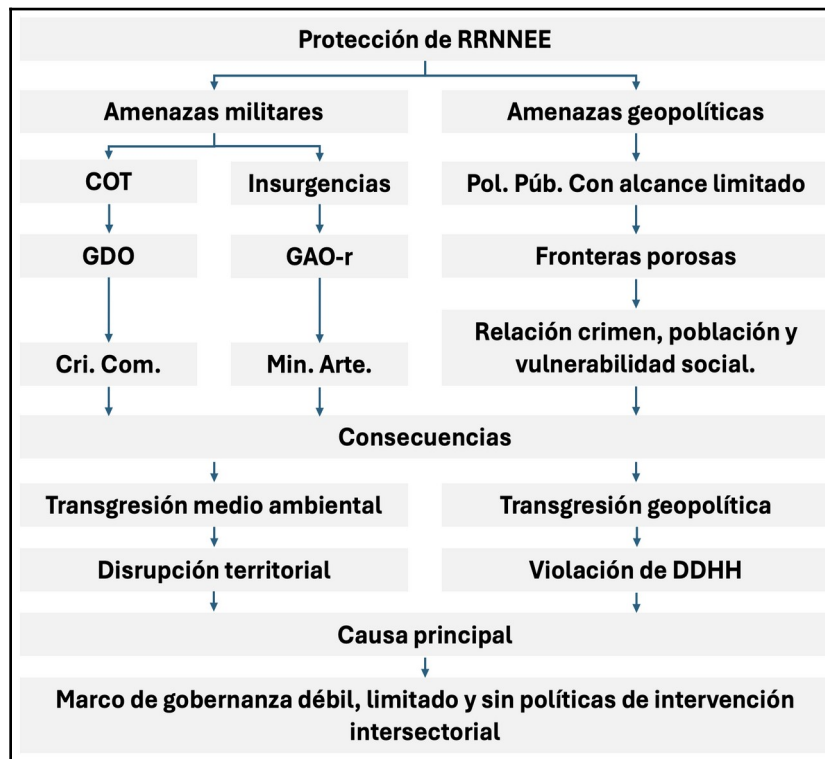
Ante los factores expuestos, es importante subrayar que la problemática de explotación ilícita de recursos naturales no se puede designar como responsabilidad única a la estructura de defensa nacional o para este caso de seguridad interna.

Los datos reflejados, reinterpretan la idea estructural securitista, en la que existe una óptica de protección de recursos naturales a partir de la estrategia militar tanto conceptual como aplicada. Siendo así, es pertinente confirmar o debatir que las políticas públicas y su limitación de alcance son de facto el núcleo problemático que dificulta el desarrollo de procesos públicos para proteger y resguardar RRNNEE.

Por esa razón, la siguiente parte del proceso de investigación busca analizar las problemáticas relacionadas con la protección de lantánidos en territorios con amplia convergencia criminal. Lo anterior, porque el problema de investigación tiene por objeto establecer los riesgos geopolíticos y geoestratégicos que derivan de la tenencia de lantánidos en territorio colombiano.

Así los términos, el acápite desarrollado, finaliza concluyendo que el riesgo geopolítico latente yace en la insuficiencia de políticas públicas, que desde una perspectiva geoestratégica, tendrían relación con la ecuación: identificación de zonas prioritarias, más análisis del riesgo y configuración final de escenarios con afectación territorial posible y/o probable. Un resumen del análisis ya realizado se plantea en la figura 5:

**Figura 5.** Elementos característicos del problema de protección de RRNNEE



*Fuente:* elaboración propia con base en resultados previos

## **[T1] Problemáticas geoestratégicas conexas a la protección de lantánidos en territorios con amplia convergencia criminal: exploración a partir del análisis geográfico del terreno**

La gobernanza débil por parte del Estado afecta de manera multilateral a países limítrofes. En contexto colombiano, y teniendo en cuenta la figura 5 la ubicación geográfica de recursos naturales estratégicos es un desafío que surge del alcance limitado que poseen las instituciones y entidades involucradas (Chapman, 2018).

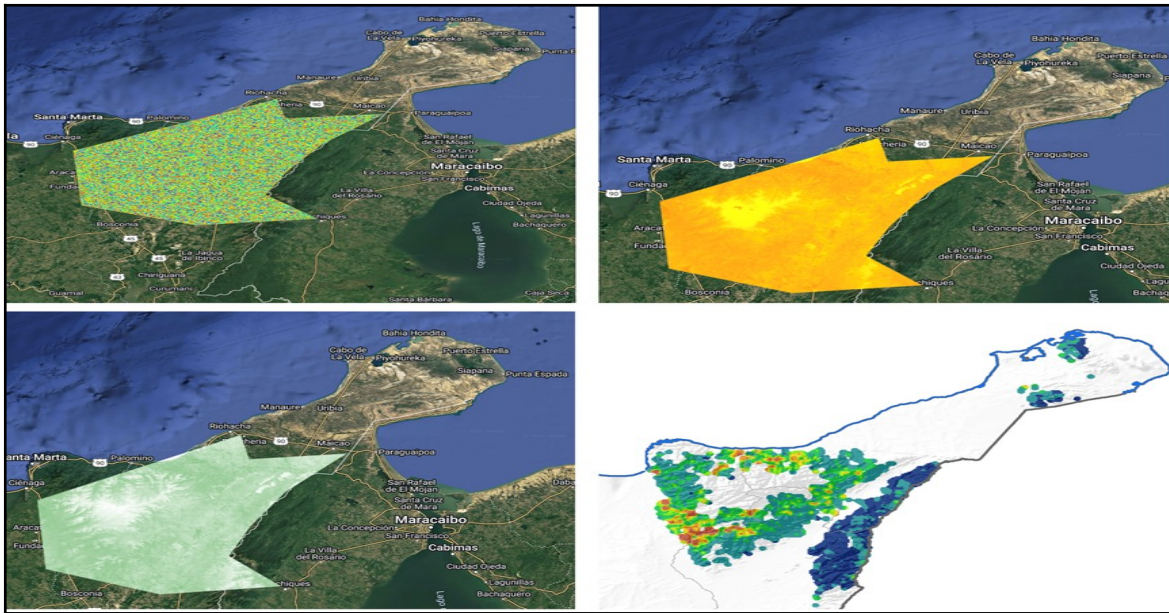
Eso significa que en los puntos geográficos interiores y periféricos la ausencia de un modelo de gobernanza fuerte representa un reto para la institucionalidad nacional. Comprobar esta hipótesis, ameritó un análisis geo referencial de lantánidos, a partir de la utilización del Satélite Sentinel 2 del programa Copernicus procedente de la unión Europea, y los datos recuperados del Servicio Geológico colombiano, así como también los indicadores NDVI<sup>†</sup> y NBR. La muestra seleccionada (N) se dio sobre los elementos raros Lantano y Disprosio.

Para la explicación de resultados se aplicó una técnica de agrupación de capas desarrolladas con Java script, tomando como medida matemática la mediana gráfica de las imágenes satelitales agrupadas entre 2022-06-01- 2024-01-30. Los códigos utilizados se encuentran en el [Anexo Códigos\\_GEE \(i\)](#) y [Código GEE\\_NDVI \(ii\)](#).

El primer elemento N analizado fue el Lantano. Su descripción se presenta de la siguiente forma:

**Figura 6.** N analizado – Lantano- Zona Norte – Caribe

†



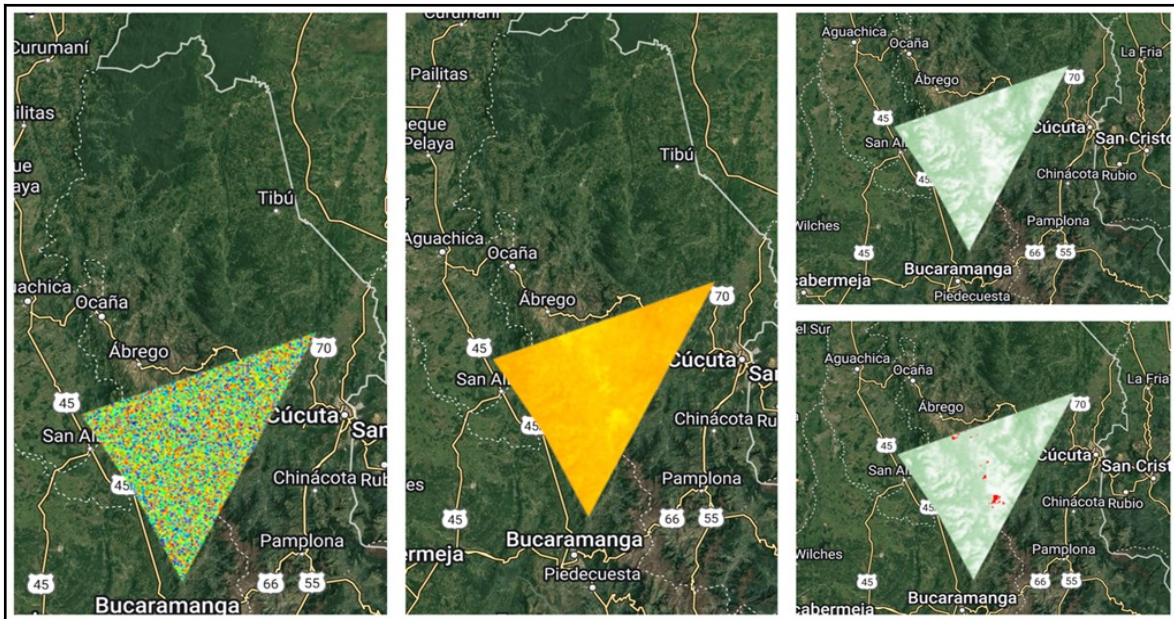
Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), European Union/ESA/Copernicus (2025) y software Google Earth Engine (2025).

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (2020), la presencia promedio de Lantano sobre el área Caribe es de 1.246 mg/kg. Ello significa que la concentración en forma de Pastilla Prensada (XRF) ocupa un percentil del 100%.

Ahora, sobre el área hay una concentración aproximada de 27 a 38 mg/Kg, estableciendo un factor medio en comparación con otros departamentos como Norte de Santander, en el que la concentración promedio es mucho mayor con medidas de 38 a 80 mg/Kg promedio.

Figura 7. N analizado – Lantano – Norte de Santander

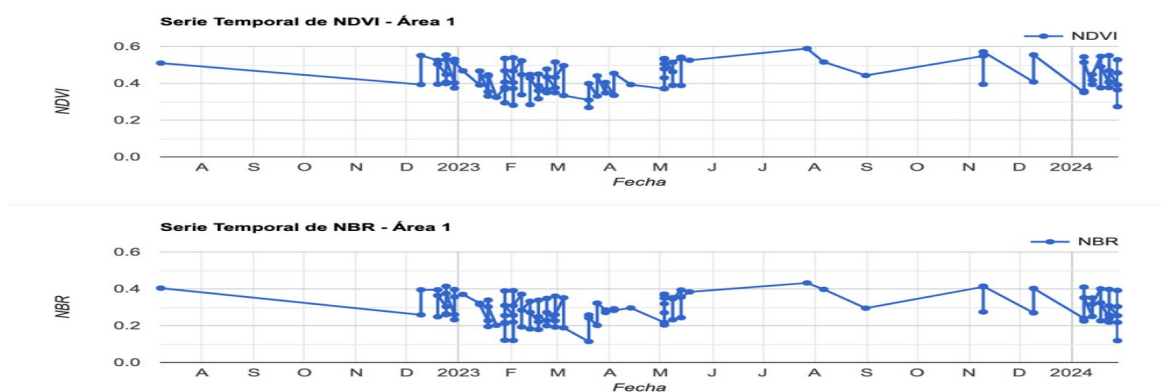
**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia



Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), (European Union/ESA/Copernicus (2025)).

La distribución de Lantano en ambas zonas presenta promedios superiores al estándar nacional. Ahora, al análisis también se agregaron los indicadores NDVI y NBR, indicando como resultados gráficos los que se reflejan en la figura 8:

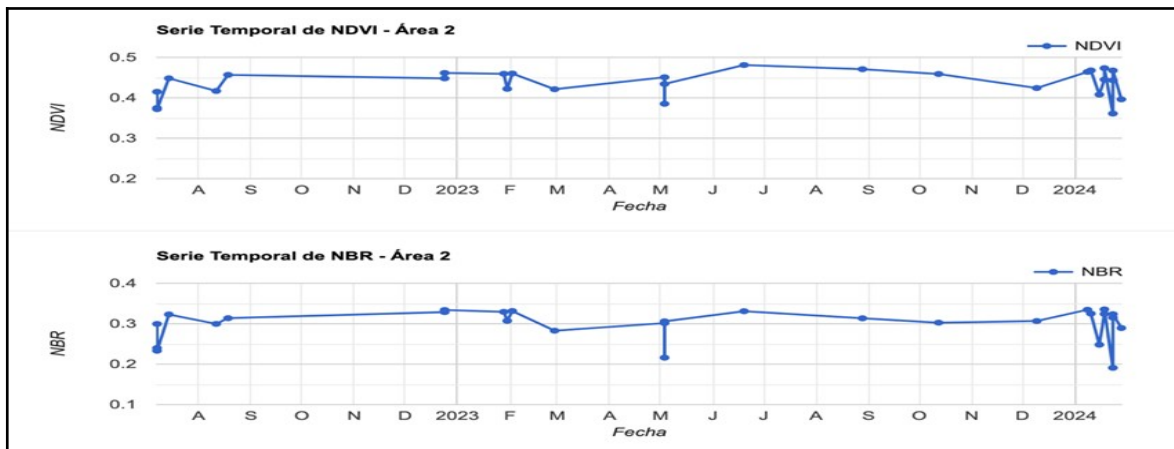
**Figura 8.** Indicadores de medición para NDVI y NBR – Zona Caribe



Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), (European Union/ESA/Copernicus (2025)).

La correlación de capas y el análisis estadístico de NDVI y NBR para el lantánido, permite establecer que la reducción de capa vegetal y pérdida de capa arbórea en zonas con presencia de lantano se alinea con el promedio nacional en la zona Norte de Santander (0.45 para NDVI y 0,32 NBR), pero no en la zona Caribe, donde el NDVI es 0,42 y 0,35 para NBR) (Ver figura 9):

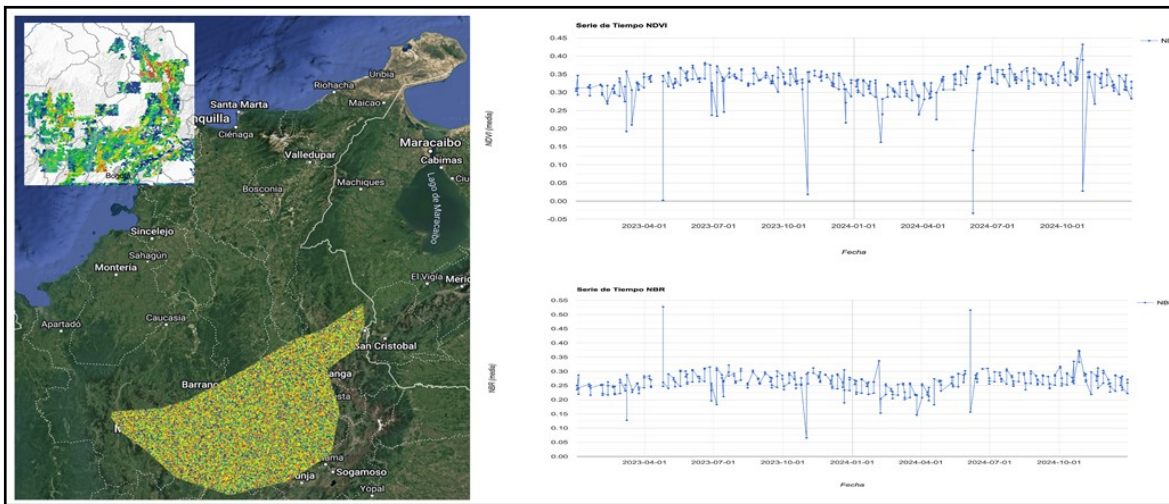
**Figura 9.** Indicadores de medición para NDVI y NBR – Zona Norte de Santander



Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), (European Union/ESA/Copernicus (2025).

El segundo elemento de tierras raras por explorar es el Disproseo, y está ubicado en la Zona Centro y Sur Oriente y sus resultados se plantean en las figuras 10 y 11:

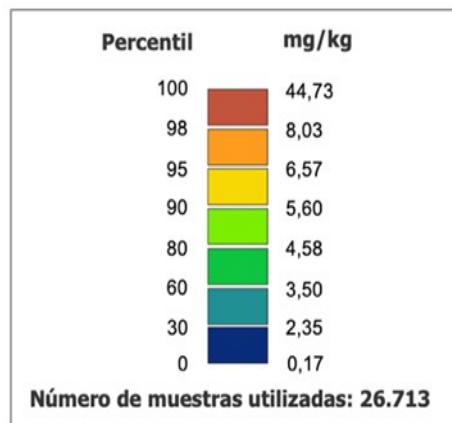
**Figura 10.** Concentración de Disproseo, NDVI y NBR- Zona Centro



Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), (European Union/ESA/Copernicus (2025)).

El análisis geo-referencial expone que la concentración de Disprosidio en la zona centro es de 44,73 mg por kg, presentando una mediana de 4,58 y 6,67, tal y como se refleja en la escala de medición:

Figura 11. Concentración de Mg por KG en Disprosidio

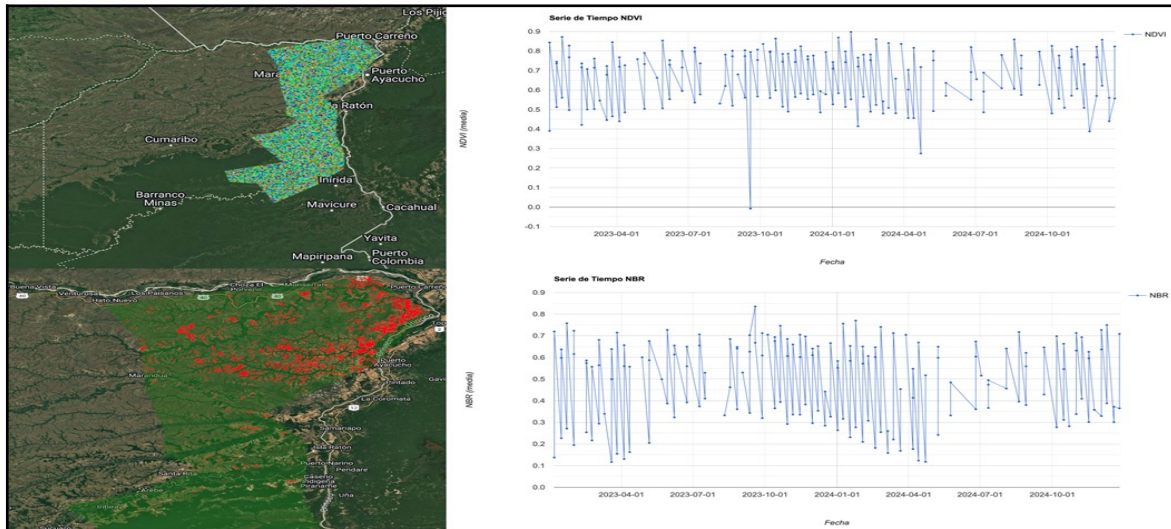


Fuente: imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano y Ajiaco *et al* (2020)

La zona sur oriente posee un vector de medición diferente. En este caso el valor promedio llega a 2,35 Mg por Kg máximo. Contrario, al nivel de afectación de capa vegetal

y arbórea, el cual es no menor a 0.65 promedio. Es decir, es una zona con lantánidos, pero al mismo tiempo con remoción y pérdida de zona forestal (Ver figura 2):

Figura 12. Concentración de Disproso, NDVI y NBR- Zona Sur Oriente



Fuente: elaboración propia con imagen adjunta recuperada de Servicio Geológico Colombiano (2020); Ajiaco *et al* (2020), (European Union/ESA/Copernicus (2025)).

El análisis georeferencial de las zonas con presencia de lantánidos, específicamente Lantano y Disproso, expone espacios geográficos relacionados con la gobernanza territorial y los desafíos ambientales.

En el Caribe colombiano, la concentración de Lantano alcanza valores máximos de 27,38 mg/kg en ciertas áreas, con una mediana de 1,246 mg/kg, superando el estándar nacional.

Sin embargo, en Norte de Santander, los valores promedio se elevan hasta 80 mg/kg, reflejando una distribución desigual que plantea retos para su manejo sostenible. Los indicadores NDVI y NBR, empleados para evaluar la salud de la vegetación, muestran una correlación directa entre la presencia de estos elementos y la pérdida de cobertura vegetal, siendo más pronunciada en la Zona Norte de Santander con valores promedio de

## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

0.45 (NDVI) y 0.32 (NBR), mientras que en la zona Caribe los índices son algo más estables.

Por otro lado, el Disproso, ubicado principalmente en la zona centro y suroriente, presenta una concentración máxima de 44.73 mg/kg en el centro, con medianas de 4.58 a 6.67 mg/kg.

Siendo así, en el suroriente, los valores son más bajos, alcanzando un promedio de 2.35 mg/kg, pero con una afectación ambiental reflejada en un NDVI de 0.65. Este panorama pone de manifiesto que las áreas con alta concentración de lantánidos no solo enfrentan presiones ambientales por la extracción de recursos, sino también riesgos asociados a la debilidad institucional y la convergencia de actividades ilícitas, lo que dificulta una gestión efectiva y sostenible de estos territorios estratégicos. Así, se hace imprescindible fortalecer la gobernanza estatal y promover un enfoque integral que contemple tanto la protección ambiental como el aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

Ahora bien, N en los sectores utilizados es adecuado identificarle los elementos geoestratégicos que caracterizan el territorio y para ello se emplean las contribuciones metodológicas de Shimeall y Spring (2014); Mustonen-Ollila, Lehto, y Heikkonen (2020), y Breitenbauch y Jakobsson (2018).

De los autores mencionados se extraen dos factores de análisis clave: (i) factores geográficos apropiados para la movilidad humana y (ii) vectores de descripción fronteriza.

Estos dos factores representan un núcleo de análisis conceptual geoestratégico, y para su descripción se utilizó la siguiente matriz de análisis:

**Tabla 2.** Factores de análisis clave

Variable	Presencia activa de factores de inestabilidad	Condiciones fronterizas
	Análisis	Análisis
<b>Zona centro</b>	Es un espacio geográfico con altitud promedio: 1535 msnm, pendiente promedio: 22 grados / el territorio posee una geografía apta para la movilidad humana con características como Altitud y pendiente, determinantes para la identificación rutas óptimas para movilidad territorial eficiente. / La altitud es de 1535 msnm, pendiente 22°, movilidad 29.72%, medidas adecuadas para la movilidad humana constante.	Es un sector fronterizo marítimo, con plataforma que presentaron elevaciones bajas, variando entre -4 y 251 metros. La región posee acuíferos primarios navegables con salida a la plataforma marítima.
<b>Zona Suroriente</b>	La altitud máxima es 105 msnm, con una pendiente promedio de 5 grados	Es una zona fronteriza, con acuíferos primarios y secundarios, que permite el tránsito internacional como el río Guaviare y el Río Atabapo.
<b>Zona Caribe</b>	La zona posee salida a plataforma marítima y sobre las zonas con tenencia de recursos hay acuíferos primarios navegables como el Río Tucurín y Aracataca, que con posterioridad se une con la interacción de Bocas de Aracataca.	Zona fronteriza marítima.
<b>Zona Norte de Santander</b>	La zona nororiente posee una altitud promedio de 750 msnm y pendiente de 21 grados, medidas aptas para la movilidad humana o utilización de rutas para la motricidad.	Es una zona fronteriza, con acuíferos primarios y secundarios, Tal es el caso de la del Río Catatumbo con salida al Lago Maracaibo y de ahí al Mar Caribe

*Fuente:* elaboración propia con información recuperada de Shimeall y Spring (2014); Mustonen-Ollila, Lehto, y Heikkonen (2020), y Breitenbauch y Jakobsson (2018).

En el caso del sector Caribe y Norte de Santander, el factor movilidad es alto; pero desde una perspectiva geoestratégica militar, los datos obtenidos con el análisis en GEE refleja un escenario de movilidad restringido en la zona central, con solo el 29.72% del área total siendo apta para el desplazamiento humano, según los criterios establecidos de altitud y pendiente.

La altitud promedio de 1535 msnm y una pendiente promedio de 22 grados, indica que el terreno se encuentra en una zona de altura moderada, lo que puede influir en la capacidad operativa de las fuerzas desplegadas, especialmente en términos de logística y rendimiento físico.

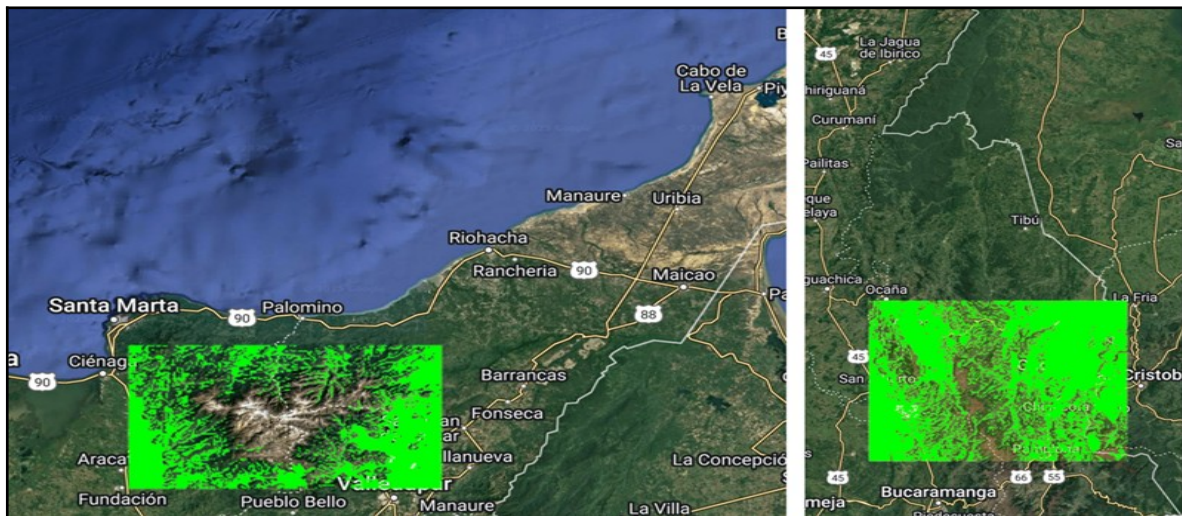
Pero, en el caso de Norte de Santander el nivel promedio es de 750 msnm, y una pendiente de 21 grados, lo que expone un 43% de favorabilidad para la variable de movilidad humana. (Ver tabla 3 con el resumen de datos para ambas regiones):

**Tabla 3.** Datos promedio para Zona Caribe y Norte de Santander

Dato	Valor
Altitud promedio (msnm) en las áreas combinadas	1.535 / 750 mts
Pendiente promedio (grados) en las áreas combinadas	22.21640980924992
Área apta para movilidad (m <sup>2</sup> )	6100534189.95
Área total del territorio (m <sup>2</sup> )	20526429646.48
Porcentaje del territorio apto para movilidad	29.72% / 43%

*Fuente:* elaboración propia con información recuperada de Shimeall y Spring (2014); Mustonen-Ollila, Lehto, y Heikkonen (2020), y Breitenbauch y Jakobsson (2018).

**Figura 13.** Altitud, elevación y pendiente en correlación para espacio geográfico apto para la vida humana convencional.



*Fuente:* elaboración propia con imagen con Google Earth Engine; Códigos registrados con derecho de autor. La medida matemática analizada en el código corresponde al cálculo de la altitud y la pendiente promedio en áreas específicas, utilizando datos del modelo digital de elevación (DEM) y herramientas de Google Earth Engine. Este análisis permite identificar áreas aptas para movilidad humana basándose en umbrales definidos de altitud y pendiente, facilitando la detección de rutas potenciales de tránsito en el territorio.

Los hallazgos expuestos llevan a deducir que las características geográficas y ambientales de las zonas analizadas tienen implicaciones geoestratégicas significativas. En la región Caribe y Norte de Santander, la alta favorabilidad para la movilidad humana, con

un 43% del territorio apto en el caso de Norte de Santander, resalta su potencial para el tránsito y la operación logística, tanto en contextos civiles como militares. Adicionalmente, la presencia de acuíferos primarios y secundarios navegables, como el Río Catatumbo y su conexión al Lago Maracaibo, refuerza la relevancia de estas áreas como corredores estratégicos para el comercio, la seguridad fronteriza y posibles dinámicas de control territorial.

Por otro lado, la zona central, con solo un 29.72% de su territorio favorable para la movilidad, presenta retos operativos derivados de su altitud promedio de 1535 msnm y su pendiente de 22 grados. Estas condiciones limitan la accesibilidad y la eficiencia logística, lo que podría influir en la capacidad de respuesta ante emergencias o conflictos. En términos geoestratégicos, este contraste entre regiones subraya la importancia de diseñar estrategias diferenciadas que consideren las particularidades topográficas y ambientales, así como su impacto en la gobernanza territorial y la sostenibilidad de los recursos naturales.

### **[T1] Riesgos de futuro que trae consigo la tendencia de tierras raras: análisis de variables estratégicas sobre escenario de futuro**

Con los dos primeros capítulos se llevó a cabo un análisis estructural de los factores de inestabilidad que convergen en zonas en las que hay lantánidos (n), pero también ecosistemas criminales comprobados (García, 2022).

En este capítulo, con los insumos anteriores, se lleva a cabo un análisis de variables estratégicas aplicando la metodología MIC MAC, para lo cual fue necesario identificar los

## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

factores de cambio que representan amenazas o desafíos frente a la protección de lantánidos.

Para identificar los factores de cambio se realizó la revisión cualitativa de las dos primeras partes y a partir de una matriz de Ábaco de Regnier se extrajeron por probabilidad de cumplimiento los factores relevantes. Ese resultado se expone en la tabla 4, y de allí se inicia con una explicación cualitativa de los factores:

**Tabla 4.** Matriz de factores de cambio

Factor	Probabilidad de Ocurrencia (1-4)	Impacto (1-4)	Producto (P x I)	Clasificación
<b>GOB</b> Gobernabilidad Estatal	4	4	16	Muy Alta
<b>GOV</b> Gobernanza Territorial	4	4	16	Muy Alta
<b>CRI</b> Crimen Transnacional	4	3	12	Alta
<b>CAP</b> Capacidad Geoestratégica	3	3	9	Media
<b>SOS</b> Sostenibilidad Ambiental	4	3	12	Alta
<b>REC</b> Recursos Estratégicos	3	2	6	Media
<b>ACC</b> Accesibilidad Geográfica	2	2	4	Baja
<b>VEG</b> Pérdida de Vegetación	3	2	6	Media
<b>ILE</b> Presión de Actores Ilegales	3	3	9	Media
<b>INF</b> Infraestructura Extracción	2	2	4	Baja

*Fuente:* elaboración propia con base en metodología de Ábaco de Regnier

El análisis de los riesgos geopolíticos y geoestratégicos, vinculados a la tenencia de tierras raras en territorios colombianos con débil gobernabilidad, permite identificar factores de cambio fundamentales, que afectan tanto la sostenibilidad de estos recursos como la estabilidad territorial.

Las tierras raras, como elementos estratégicos para diversas industrias tecnológicas, presentan un valor significativo que las convierten en un recurso crítico a nivel global. Sin embargo, en contextos de limitada gobernanza, como en algunas regiones de Colombia, su

explotación puede estar asociada a dinámicas de inseguridad, crimen organizado y degradación ambiental.

Por ello, comprender los factores de cambio que influyen en la gestión de estos recursos es esencial para diseñar estrategias con características prospectivas que garanticen su aprovechamiento responsable y sostenible.

A partir del análisis del contexto desarrollado en las dos primeras partes de la investigación, se identificaron cinco factores de cambio principales que estructuran la dinámica de los recursos naturales estratégicos en el país: Gobernabilidad Estatal (GOB), Gobernanza Territorial (GOV), Crimen Transnacional (CRI), Capacidad Geoestratégica (CAP) y Sostenibilidad Ambiental (SOS).

Cada uno de estos factores refleja aspectos críticos que interactúan entre sí y determinan el grado de control, aprovechamiento y protección de las tierras raras. La Gobernabilidad Estatal (GOB) hace referencia a la capacidad del gobierno para implementar políticas públicas efectivas y ejercer control en territorios estratégicos, lo que resulta crucial en áreas donde la presencia estatal es débil o fragmentada.

Por su parte, la Gobernanza Territorial (GOV) implica la interacción de actores públicos, privados y comunitarios en la gestión de recursos y la mitigación de riesgos, destacando la importancia de la colaboración y la articulación institucional.

El Crimen Transnacional (CRI) representa una amenaza directa a la seguridad y sostenibilidad de los recursos naturales, ya que la extracción ilegal de tierras raras suele estar vinculada a redes criminales que operan en regiones con poca presencia del Estado. Este factor no solo genera pérdidas económicas, sino también impactos sociales y ambientales significativos. La Capacidad Geoestratégica (CAP) del Estado mide su

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

habilidad para controlar, proteger y aprovechar territorios ricos en recursos estratégicos, lo que incluye la implementación de medidas de seguridad, infraestructura y políticas de desarrollo. Finalmente, la Sostenibilidad Ambiental (SOS) aborda las consecuencias de la explotación no regulada, como la pérdida de biodiversidad, la contaminación de ecosistemas y la degradación de los suelos, subrayando la necesidad de equilibrar el desarrollo económico con la conservación ambiental.

Para evaluar la relación entre estos factores y comprender sus interacciones, se utilizó el método MICMAC. Este método permite analizar las interdependencias entre las variables mediante una matriz de doble entrada, en la que se evalúa la influencia directa que un factor ejerce sobre otro. Cada interacción se ponderó según su intensidad: 0 para ausencia de relación, 1 para relación débil, 2 para relación moderada y 3 para relación fuerte. La matriz resultante refleja las dinámicas causales entre los factores de cambio y facilita la identificación de las variables estratégicas del sistema.

En la matriz, se observa que la Gobernabilidad Estatal (GOB) tiene una influencia fuerte (3) sobre la Gobernanza Territorial (GOV) y la Capacidad Geoestratégica (CAP), lo que resalta la importancia de fortalecer la capacidad del Estado para mejorar la coordinación territorial y la gestión de recursos estratégicos. Así mismo, la Sostenibilidad Ambiental (SOS) ejerce una influencia moderada (2) sobre la Capacidad Geoestratégica (CAP), lo que pone de manifiesto la necesidad de integrar criterios ambientales en las estrategias de control y aprovechamiento de las tierras raras. Por otro lado, el Crimen Transnacional (CRI) demuestra una relación fuerte (3) con la Gobernanza Territorial (GOV) y la Sostenibilidad Ambiental (SOS), evidenciando cómo las actividades ilícitas afectan tanto la gestión de recursos como la conservación del medio ambiente.

## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

A partir de esta matriz, es posible identificar las variables estratégicas del sistema, es decir, aquellas que tienen alta motricidad (influencia) y alta dependencia. Estas variables son claves para comprender las dinámicas del sistema y diseñar estrategias que permitan mitigar los riesgos asociados a la explotación de tierras raras. Por ejemplo, fortalecer la Gobernabilidad Estatal (GOB) y la Gobernanza Territorial (GOV) podría tener un efecto multiplicador positivo sobre otros factores, como la reducción del Crimen Transnacional (CRI) y la mejora de la Sostenibilidad Ambiental (SOS). Este enfoque integrado y prospectivo garantiza la seguridad, sostenibilidad y aprovechamiento responsable de las tierras raras en Colombia.

Ahora bien, una vez identificados y descritos los factores de cambio se pasa a la identificación de variables estratégicas, que como se explicó, son alusivas a amenazas y desafíos de futuro.

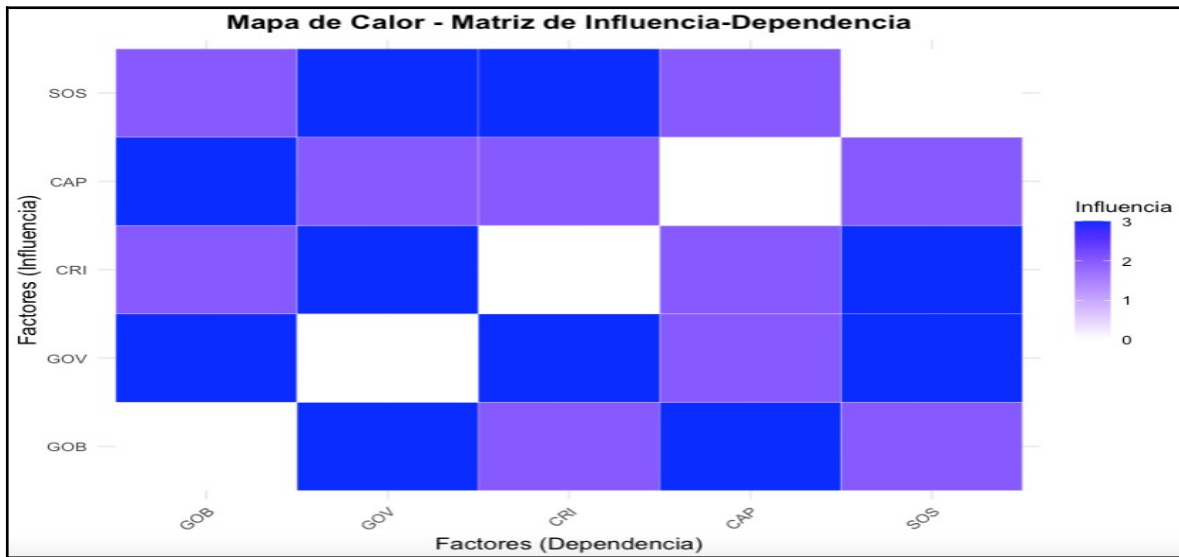
Las variables se extrajeron con un MICMAC y su resultado es el siguiente:

**Tabla 5.** Matriz MICMAC

	GOB	GOV	CRI	CAP	SOS
GOB	0	3	2	3	2
GOV	3	0	3	2	3
CRI	2	3	0	2	3
CAP	3	2	2	0	2
SOS	2	3	3	2	0

*Fuente:* elaboración propia con datos extraídos de la MICMAC

**Figura 14.** Matriz MIC MAC – Dependencia e Influencia



Fuente: elaboración propia con Rstudio

De acuerdo con la ponderación de los factores de cambio, las variables estratégicas con más independencia y mayor influencia son:

1. **GOV (Gobernanza Territorial):** Con una influencia y dependencia de 11, es el factor más estratégico. Esto indica que la gobernanza territorial es crucial para el sistema, afectando y siendo afectada por los otros factores de manera significativa.
2. **GOB (Gobernabilidad Estatal):** Con influencia y dependencia de 10, este factor es esencial para el control y manejo de los recursos y dinámicas territoriales. La capacidad del gobierno para implementar políticas efectivas es vital.
3. **CRI (Crimen Transnacional):** También con una influencia y dependencia de 10, este factor refleja cómo las actividades ilícitas impactan y son impactadas por la gobernanza y sostenibilidad, representando un desafío significativo.

## **[T1] Análisis de los riesgos de futuro con la teoría de la Geografía del Poder**

El estudio sobre la interacción entre los lantánidos, las dinámicas territoriales y las actividades ilícitas en Colombia destaca la interrelación entre factores ambientales, sociales y de gobernanza. Regiones como el Caribe y Norte de Santander, con concentraciones significativas de lantano que alcanzan hasta 27,38 y 80 mg/kg respectivamente, evidencian una distribución desigual de estos recursos estratégicos. Esta situación no solo implica desafíos ambientales, como la pérdida de cobertura vegetal reflejada en índices NDVI y NBR, sino también retos en términos de sostenibilidad y control territorial. Analizar estas dinámicas desde la perspectiva de la geografía del poder permite entender cómo los recursos naturales se convierten en elementos claves dentro de disputas territoriales y políticas.

La geografía del poder proporciona un marco para comprender cómo las características físicas y los recursos de un territorio influyen en su control y gobernanza. En el caso de Norte de Santander, la alta favorabilidad para la movilidad humana, con un 43% del territorio apto para desplazamientos, facilita la operación de actores ilegales que buscan explotar estos recursos estratégicos. Esta accesibilidad, combinada con la presencia de lantánidos, convierte a la región en un foco de interés tanto para actividades legales como ilícitas. Por otro lado, en la zona central, donde solo el 29.72% del territorio es favorable para la movilidad, las condiciones geográficas limitan el acceso y presentan un desafío adicional para el control estatal.

La identificación de variables estratégicas como Gobernabilidad Estatal, Gobernanza Territorial y Crimen Transnacional resulta fundamental para analizar cómo interactúan estos factores en las regiones mencionadas. Según el análisis MICMAC, estas variables tienen una alta influencia en la configuración territorial, destacando la importancia de una gobernanza efectiva para contrarrestar las actividades ilícitas y promover un manejo sostenible de los recursos. La débil presencia estatal en áreas con alta concentración de lantánidos facilita la consolidación de redes criminales, que no solo afectan la seguridad, sino también la sostenibilidad ambiental y social de estas zonas.

El análisis del Disproso, con concentraciones máximas de 44.73 mg/kg en la zona centro y menores en el suroriente, pone de manifiesto cómo la extracción de recursos estratégicos está estrechamente ligada a impactos ambientales significativos. En el suroriente, el NDVI de 0.65 refleja una pérdida moderada de vegetación, lo que resalta la presión ambiental en áreas con recursos valiosos. Este fenómeno refuerza la necesidad de integrar criterios ambientales en las estrategias de manejo territorial, especialmente en regiones donde las condiciones geográficas y sociales son propicias para la explotación no regulada.

Además, las diferencias geográficas entre las regiones analizadas influyen directamente en las dinámicas de control y movilidad. Mientras que en Norte de Santander las condiciones de altitud y pendiente favorecen un mayor acceso y operación logística, en la zona central las características del terreno dificultan la movilidad y limitan la capacidad de respuesta estatal. Estas condiciones geográficas no solo afectan la sostenibilidad de los recursos, sino también la capacidad de los actores estatales para garantizar la seguridad y el desarrollo en estas áreas. Desde la perspectiva de la geografía del poder, estas dinámicas

subrayan la importancia de adaptar las estrategias territoriales a las particularidades de cada región.

En términos prospectivos, los riesgos asociados a la explotación de tierras raras en contextos de gobernanza débil, exigen un enfoque integral que contemple tanto la mitigación de amenazas inmediatas, como la solución de problemas estructurales. La matriz MICMAC identifica a la Gobernanza Territorial como la variable más estratégica, seguida por la Gobernabilidad Estatal y el Crimen Transnacional. Estas variables son esenciales para diseñar estrategias que fortalezcan la presencia estatal, mejoren la coordinación intersectorial y promuevan políticas públicas efectivas que garanticen el uso sostenible de los recursos naturales.

Por lo anterior, el análisis de las dinámicas territoriales y estratégicas relacionadas con los lantánidos en Colombia, pone de relieve la necesidad de abordar los desafíos desde una perspectiva multidimensional. Las cifras obtenidas, como las altas concentraciones de lantano en el Caribe y la favorabilidad para la movilidad en Norte de Santander, destacan la importancia de diseñar estrategias diferenciadas y adaptadas a las características de cada región. La integración de enfoques ambientales, sociales y de gobernanza permitirá superar los retos asociados a la explotación de recursos estratégicos, promoviendo así un desarrollo equilibrado y sostenible en estas áreas críticas.

## **[T1] Conclusiones**

La investigación realizada sobre la relación entre gobernabilidad, territorio y control de recursos naturales en el contexto colombiano desde una perspectiva de geopolítica estructuralista, permite comprender las dinámicas y desafíos que enfrenta el país entorno a la protección y aprovechamiento de sus recursos estratégicos.

Este análisis integra elementos clásicos y contemporáneos de la geopolítica, destacando la interacción entre gobernanza y gobernabilidad como claves para abordar las problemáticas territoriales. A lo largo del estudio, se examinaron factores como la capacidad estructural del Estado, los retos ambientales y sociales, y las dinámicas del crimen transnacional, lo que permitió identificar las interdependencias entre estos elementos y su impacto en la sostenibilidad y seguridad nacional.

Desde la metodología empleada, el análisis cualitativo y cuantitativo permitió correlacionar variables críticas como la gobernabilidad, la sostenibilidad ambiental y la capacidad geoestratégica del Estado. La utilización de herramientas como el análisis georeferencial y los indicadores NDVI y NBR fue fundamental para evaluar el impacto ambiental en zonas con alta concentración de recursos naturales estratégicos. Por ejemplo, en el Caribe colombiano, la concentración de lantano alcanzó 27,38 mg/kg, mientras que en Norte de Santander se registraron valores promedio de hasta 80 mg/kg, evidenciando una distribución desigual que plantea retos significativos para su manejo sostenible. Estas cifras reflejan la necesidad de integrar enfoques técnicos y políticos para abordar las problemáticas territoriales de manera efectiva.

En cuanto a los resultados, se identificaron tres factores principales que afectan la gobernanza territorial y la protección de recursos: la explotación ilícita de yacimientos mineros, la presión del crimen transnacional y la debilidad institucional en regiones clave. En el departamento del Chocó, por ejemplo, más de 5,000 hectáreas fueron afectadas por minería ilegal en municipios como Nóvita y El Cantón del San Pablo, mientras que en Nariño se registró una pérdida de 1.37 mil hectáreas de bosque natural entre 2020 y 2024, generando emisiones equivalentes a 815 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Estos datos subrayan la urgencia de implementar políticas públicas integrales que combinen estrategias de seguridad, desarrollo social y protección ambiental para mitigar los efectos negativos de estas actividades.

Por otra parte, el análisis de riesgos futuros basado en la teoría de la geografía del poder, permitió identificar sumando el ejercicio del MICMAC, variables estratégicas como la Gobernanza Territorial, que obtuvo una influencia y dependencia de 11 en la matriz MICMAC, posicionándola como el factor más crítico. Este hallazgo resalta la importancia de fortalecer la coordinación entre actores públicos, privados y comunitarios para garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales. Así mismo, se destacó la necesidad de abordar las dinámicas del crimen transnacional, que afecta directamente la sostenibilidad ambiental y social en regiones con recursos estratégicos. La presión ejercida por estos actores ilegales no solo genera pérdidas económicas, sino que también dificulta la implementación de estrategias de desarrollo en territorios vulnerables.

Por lo anterior, la investigación demuestra que la interacción entre gobernabilidad, territorio y recursos naturales requiere un enfoque integral que contemple tanto la mitigación de amenazas inmediatas como la solución de problemas estructurales. Las cifras

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

y análisis presentados evidencian la necesidad de fortalecer la presencia estatal, mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias y promover políticas públicas que equilibren el desarrollo económico con la conservación ambiental.

Solo a través de una gobernanza efectiva y una planificación estratégica será posible superar los desafíos asociados a la explotación de recursos estratégicos, garantizando así un desarrollo sostenible y equitativo para el país. Este enfoque multidimensional no solo contribuirá a la seguridad y estabilidad nacional, sino que también posicionará a Colombia como un actor clave en el escenario geopolítico regional.

## [T1] Anexos

### Anexo 1. Código R1\_ Análisis de datos para puntos de extracción en Chocó

```
1
2 # Crear datos con rangos
3 municipios <- c("EL CANTÓN DEL SAN PABLO", "NÓVITA", "ISTMINA", "RIO QUITO",
4               "UNIÓN PANAMERICANA", "CONDOTO", "MEDIO ATRATO", "QUIBDÓ")
5 min_valor <- c(4803, 5151, 4384, 3001, 3064, 2500, 2069, 1847)
6 max_valor <- c(5253, 5326, 4592, 3810, 3105, 2500, 2334, 2223)
7
8 datos <- data.frame(
9   municipios = municipios,
10  min = min_valor,
11  max = max_valor
12 )
13
14 # Crear el gráfico
15 ggplot(datos, aes(x = reorder(municipios, -max))) +
16   geom_errorbar(aes(ymin = min, ymax = max), width = 0.2) +
17   geom_point(aes(y = max), color = "red", size = 3) +
18   theme_minimal() +
19   labs(title = "Rango de hectáreas afectadas por minería criminal",
20        x = "Municipios",
21        y = "Hectáreas afectadas") +
22   theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))
23
```

### Anexo 2. Código GEE\_Lantáno\_NBR\_NDVI

```
// Verifica si hay capas dibujadas en el editor
if (Map.drawingTools().layers().length() > 0) {
  // Obtén automáticamente la geometría dibujada en el editor
  var geometry = Map.drawingTools().layers().get(0).getEeObject();

  // Cargar una colección de imágenes Landsat 8 (versión actualizada)
  var landsat = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
    .filterDate('2021-01-01', '2021-12-31') // Filtrar por fecha
    .filterBounds(geometry) // Filtrar por la geometría
    .map(function(image) {
      return image.clip(geometry); // Recortar a la geometría
    });

  // Verifica si la colección tiene imágenes
  var count = landsat.size().getInfo();
  if (count === 0) {
    print('No se encontraron imágenes en el rango de fechas o región seleccionada.');
```

```
// Calcular el NDVI
var calculateNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
};
var ndviCollection = landsat.map(calculateNDVI);

// Calcular el NBR
var calculateNBR = function(image) {
  var nbr = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B7']).rename('NBR');
  return image.addBands(nbr);
};
var nbrCollection = ndviCollection.map(calculateNBR);

// Generar las medianas de NDVI y NBR
var medianImage = nbrCollection.median();
var ndviMedian = medianImage.select('NDVI');
var nbrMedian = medianImage.select('NBR');

// Visualización de parámetros
var visNDVI = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
var visNBR = {min: -1, max: 1, palette: ['white', 'yellow', 'red']};

// Agregar capas de NDVI y NBR al mapa
Map.addLayer(ndviMedian, visNDVI, 'NDVI (Mediana)');
Map.addLayer(nbrMedian, visNBR, 'NBR (Mediana)');

// Detección de terreno afectado (NBR < 0.1 como ejemplo)
var affectedArea = nbrMedian.lt(0.1);
Map.addLayer(affectedArea.updateMask(affectedArea), {palette: ['red']}, 'Terreno
Afectado');

// Crear gráficos para NDVI y NBR
var ndviChart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: ndviCollection.select('NDVI'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: 30
}).setOptions({
```

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

```
title: 'Serie de Tiempo NDVI',  
vAxis: {title: 'NDVI'},  
hAxis: {title: 'Fecha'}  
});
```

```
var nbrChart = ui.Chart.image.series({  
  imageCollection: nbrCollection.select('NBR'),  
  region: geometry,  
  reducer: ee.Reducer.mean(),  
  scale: 30  
}).setOptions({  
  title: 'Serie de Tiempo NBR',  
  vAxis: {title: 'NBR'},  
  hAxis: {title: 'Fecha'}  
});
```

```
// Mostrar gráficos en la consola  
print(ndviChart);  
print(nbrChart);
```

```
// Centrar el mapa en la geometría  
Map.centerObject(geometry, 8);
```

```
// Capa de concentración de lantano  
var concentration = ee.Image.random().multiply(1231.71).rename('Concentration');  
var palette = ['#0000ff', '#00ffff', '#00ff00', '#ffff00', '#ff9900', '#ff0000'];  
var minValue = 15; // Valor mínimo de concentración  
var maxValue = 1246.71; // Valor máximo de concentración
```

```
// Visualizar la imagen con la paleta definida  
var visParams = {  
  min: minValue,  
  max: maxValue,  
  palette: palette  
};
```

```
// Recortar la imagen a la geometría y añadirla al mapa  
var clippedImage = concentration.clip(geometry);  
Map.addLayer(clippedImage, visParams, 'Concentración de Lantano');
```

```
// Añadir la geometría al mapa
Map.addLayer(geometry, {color: 'red'}, 'Geometría');
}
} else {
print('No se ha dibujado ninguna geometría en el editor.');
```

### **Anexo 3. Código GEE\_ NDVI**

```
// Definir la geometría del área de interés
var geometry = ee.Geometry.Polygon([
[
[-74.15983007393962, 10.512667060107376],
[-73.07767675362712, 10.512667060107376],
[-73.07767675362712, 11.13044600891591],
[-74.15983007393962, 11.13044600891591],
[-74.15983007393962, 10.512667060107376]
]
]);

// Filtrar imágenes de Sentinel-2
var imgs_s2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
.filterDate('2022-06-01', '2024-01-30') // Ajusta las fechas según sea necesario
.filterBounds(geometry)
.filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'Less_Than', 10);

// Función para calcular NDVI
function calcularNDVI(image) {
var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
return image.addBands(ndvi);
}

// Función para calcular NBR
function calcularNBR(image) {
var nbr = image.normalizedDifference(['B8', 'B12']).rename('NBR');
return image.addBands(nbr);
}
```

```
// Aplicar las funciones de cálculo a la colección
var imgs_con_indices = imgs_s2.map(calcularNDVI).map(calcularNBR);
```

```
// Crear un gráfico de la serie temporal del NDVI
var chartNDVI = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: imgs_con_indices.select('NDVI'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: 500
}).setOptions({
  title: 'Serie Temporal de NDVI',
  vAxis: {title: 'NDVI'},
  hAxis: {title: 'Fecha'},
  lineWidth: 2,
  pointSize: 4
});
```

```
// Crear un gráfico de la serie temporal del NBR
var chartNBR = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: imgs_con_indices.select('NBR'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: 500
}).setOptions({
  title: 'Serie Temporal de NBR',
  vAxis: {title: 'NBR'},
  hAxis: {title: 'Fecha'},
  lineWidth: 2,
  pointSize: 4
});
```

```
// Mostrar los gráficos en la consola
print(chartNDVI);
print(chartNBR);
```

```
// Centrar el mapa en la geometría
Map.centerObject(geometry, 10);
```

```
// Añadir una capa de NDVI promedio al mapa
```

## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

```
var ndvi_median = imgs_con_indices.select('NDVI').median();
Map.addLayer(ndvi_median.clip(geometry), {
  min: -0.5,
  max: 0.7,
  palette: ['FF0000', 'FFFF00', '00FF00'] // Rojo, Amarillo, Verde
}, 'NDVI Mediana');
```

```
// Añadir una capa de NBR promedio al mapa
var nbr_median = imgs_con_indices.select('NBR').median();
Map.addLayer(nbr_median.clip(geometry), {
  min: -1,
  max: 1,
  palette: ['0000FF', 'FFFFFF', 'FF0000'] // Azul, Blanco, Rojo
}, 'NBR Mediana');
```

### Anexo 4. Cod\_GEE\_ZOCEN

```
// Verifica si hay capas dibujadas en el editor
if (Map.drawingTools().layers().length() > 0) {
  // Obtén automáticamente la geometría dibujada en el editor
  var geometry = Map.drawingTools().layers().get(0).getEeObject();
  Map.centerObject(geometry, 10); // Centrar y hacer zoom a la geometría primero

  // Añadir la geometría al mapa con un borde visible y sin relleno para no ocultar otras
  capas
  Map.addLayer(geometry, {color: 'FFFF00', fillColor: '00000000'}, 'Geometría Dibujada');

  // Cargar una colección de imágenes Landsat 8 (Collection 2, Tier 1, Level 2)
  var landsatBase = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
    .filterDate('2023-01-01', '2024-12-31') // Filtrar por fecha
    .filterBounds(geometry); // Filtrar por la geometría espacialmente

  // Verifica si la colección tiene imágenes de forma asíncrona
  landsatBase.size().evaluate(function(count) {
    if (count === 0) {
      print('No se encontraron imágenes Landsat en el rango de fechas o región
  seleccionada.');
```

```
print('Número de imágenes Landsat encontradas: ' + count);

// Función para aplicar la máscara de nubes, factores de escala y recortar
function maskL8srAndClip(image) {
  var cloudShadowBitMask = (1 << 3);
  var cloudsBitMask = (1 << 5);
  var qa = image.select('QA_PIXEL');
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudShadowBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cloudsBitMask).eq(0));
  // Aplicar factores de escala para reflectancia de superficie
  // SR_B* bandas: multiply por 0.0000275, add -0.2
  var opticalBands = image.select('SR_B.').multiply(0.0000275).add(-0.2);
  // ST_B10 banda (temperatura): multiply por 0.00341802, add 149.0 (si la usaras)
  // var thermalBands = image.select('ST_B.*').multiply(0.00341802).add(149.0);
  return image.addBands(opticalBands, null, true) // Sobrescribe las bandas SR
originales
    // .addBands(thermalBands, null, true) // Añadiría bandas termales si se
necesitaran
    .updateMask(mask)
    .clip(geometry);
}

var landsatProcessed = landsatBase.map(maskL8srAndClip);

var calculateNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
};
var ndviCollection = landsatProcessed.map(calculateNDVI);

var calculateNBR = function(image) {
  var nbr = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B7']).rename('NBR');
  return image.addBands(nbr);
};
var nbrCollection = ndviCollection.map(calculateNBR);

var medianImage = nbrCollection.median();
var ndviMedian = medianImage.select('NDVI');
var nbrMedian = medianImage.select('NBR');
```

```
var visNDVI = {min: -0.5, max: 0.8, palette: ['blue', 'white', 'green']};
var visNBR = {min: -0.5, max: 0.5, palette: ['brown', 'white', 'darkgreen', 'green']};

Map.addLayer(ndviMedian, visNDVI, 'NDVI (Mediana)');
Map.addLayer(nbrMedian, visNBR, 'NBR (Mediana)');

var affectedArea = nbrMedian.lt(0.1);
Map.addLayer(affectedArea.updateMask(affectedArea.eq(1)), {palette: ['FF0000']},
'Terreno Afectado (NBR < 0.1)');

var chartScale = 90;
var chartMaxPixels = 1e9; // Aumentado ligeramente por si acaso

var ndviChart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: nbrCollection.select('NDVI'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: chartScale,
  xProperty: 'system:time_start'
}).setOptions({
  title: 'Serie de Tiempo NDVI',
  vAxis: {title: 'NDVI (media)'},
  hAxis: {title: 'Fecha', format: 'YYYY-MM-dd'},
  lineWidth: 1,
  pointSize: 3,
  maxPixels: chartMaxPixels
});

var nbrChart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: nbrCollection.select('NBR'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: chartScale,
  xProperty: 'system:time_start'
}).setOptions({
  title: 'Serie de Tiempo NBR',
  vAxis: {title: 'NBR (media)'},
  hAxis: {title: 'Fecha', format: 'YYYY-MM-dd'},
```

```
        lineWidth: 1,  
        pointSize: 3,  
        maxPixels: chartMaxPixels  
    });  
  
    print(ndviChart);  
    print(nbrChart);  
  
    var lanthanumConcentration =  
    ee.Image.random().multiply(1231.71).rename('LanthanumConcentration');  
    var lanthanumPalette = ['#0000ff', '#00ffff', '#00ff00', '#ffff00', '#ff9900', '#ff0000'];  
    var lanthanumMinValue = 15;  
    var lanthanumMaxValue = 1246.71;  
    var visParamsLanthanum = {  
        min: lanthanumMinValue,  
        max: lanthanumMaxValue,  
        palette: lanthanumPalette  
    };  
    var clippedLanthanumImage = lanthanumConcentration.clip(geometry);  
    Map.addLayer(clippedLanthanumImage, visParamsLanthanum, 'Concentración de  
Lantano (simulada)');  
  
    // Capa de concentración de Disprosio (Dy) (ejemplo con datos aleatorios)  
    var dysprosiumConcentration =  
    ee.Image.random().multiply(44.73).rename('DysprosiumConcentration');  
  
    // --- PALETA ACTUALIZADA PARA DISPROSIO ---  
    var dysprosiumPalette = ['#000080', '#007FFF', '#00FFFF', '#00FF00', '#228B22',  
    '#FFA500', '#FF0000'];  
    // Azul marino, Azure (azul brillante), Cian (azul muy brillante), Lima (verde brillante),  
    Verde Bosque, Naranja, Rojo  
  
    var dysprosiumMinValue = 0.17;  
    var dysprosiumMaxValue = 44.73;  
  
    var visParamsDysprosium = {  
        min: dysprosiumMinValue,  
        max: dysprosiumMaxValue,  
        palette: dysprosiumPalette
```

## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

```
};  
    var clippedDysprosiumImage = dysprosiumConcentration.clip(geometry);  
    Map.addLayer(clippedDysprosiumImage, visParamsDysprosium, 'Concentración de  
Disprosio (Dy) (simulada)');  
  
    } // Fin del else (si se encontraron imágenes)  
}); // Fin de evaluate  
} else {  
    print('No se ha dibujado ninguna geometría en el editor. Por favor, dibuje una geometría e  
intente de nuevo.');
```

## [T1] Referencias

- Agnew, J. (2022). Hidden geopolitics: Governance in a globalized world. *Rowman & Littlefield*, 12(24), 1-10.
- Ajiaco, F., Jiménez, J., Duarte, J., Pérez, A., Castellanos, F., Mendoza, O., & Orejuela, C. J. (2020). Elementos de Tierras Raras –(REE) - Atlas Geoquímico de Colombia. *Servicio Geológico Colombiano.*, 1-10.
- Álvarez Calderón, C. E., & Rodríguez Beltrán, C. A. (2018). Ecosistemas criminales: hábitats para la convergencia y la globalización desviada. *Revista Científica General José María Córdova*, 16(24).
- Álvarez Calderón, C. E., & Trujillo Palacio, J. H. (2020). Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural estratégico para la seguridad multidimensional del Estado. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(30), 335-355.
- Álvarez, C., & Trujillo, J. (2020). Geopolítica de las tierras raras: un recurso natural estratégico para la seguridad multidimensional del Estado. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(30), 335-355.
- Barnett, H. (1958). The changing relation of natural resources to national security. *Economic Geography*, 34(3), 189-201.
- Breitenbauch, H., & Jakobsson, A. K. (2018). Defence planning as strategic fact: Introduction. *Defence Studies*, 18(3), 253-261.
- Brown, L. R. (1986). Redefining national security. *Challenge*, 29(3), 25-32.
- Cepeda, H. (1987). Recursos minerales de Colombia. Repositorio del Ministerio de Minas y Energías., 1-10.
- Chapman, B. (2018). The geopolitics of rare earth elements: Emerging challenge for US National Security and Economics. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 6(2), 50-61.
- Chapman, B. (2018). The geopolitics of rare earth elements: Emerging challenge for US National Security and Economics. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 6(2), 50-91.
- Cooper, R. N. (1975). Natural resources and national security. *Adelphi Papers*, 15(115), 8-16.
- Criekemans, D. (2022). Geopolitical schools of thought: A concise overview from 1890 till 2020, and beyond. *Geopolitics and International Relations: Grounding world politics anew*, 1-14.
- Dannreuther, R. (2013). *Geopolitics and international relations of resources*. London: Palgrave Macmillan UK.
- European Union/ESA/Copernicus. (2025). Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A (SR) [deprecated]. GEE Rep: [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2\\_SR#description](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR#description).



## Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

- Ministerio de Minas y Energía. (20 de abril de 2024). Explotación de Oro de Aluvión (EVOA) por Departamento. *Registro de hectareas de explotacion de oro de aluvion por departamento*. Bogotá D.C.: Repositorio Datos Abiertos: [https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/Explotaci-n-de-Oro-de-Aluvi-n-EVOA-por-Departament/ub8r-2956/about\\_data](https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/Explotaci-n-de-Oro-de-Aluvi-n-EVOA-por-Departament/ub8r-2956/about_data).
- Morgado, N. (2023). Modelling neoclassical geopolitics. *European Journal of Geography*, 14(4), 13-21.
- Mustonen-Ollila, E. B., Lehto, M., & Heikkonen, J. (2020). Components of defence strategies in society's information environment: a case study based on the grounded theory. *Security and Defence Quarterly*, 28(1), 19-43.
- Nestorović, Č. (2022). *Classical Geopolitics*. Switzerland: Cham: Springer Nature Switzerland.
- Ober, G. H., & Lavander, S. M. (2022). Políticas Públicas para la gestión de conflictos: entre la institucionalización y el estancamiento. *Ius Et Veritas*, 65, 70-82.
- Parthemore, C., & Rogers, W. (2010). Sustaining Security: How Natural Resources Influence National Security. *Center for New American Security*, 1-15.
- Pitron, G. (2022). The Geopolitics of the rare-metals race. *The Washington Quarterly*, 45(1), 135-150.
- Salgado, G., & Valarezo, J. C. (2022). Gobernanza, poder y recursos: dilemas, límites y crisis de la Geopolítica y la Geografía Política en América Latina. *GEOPOLÍTICA, TERRITORIO Y GOBERNANZA MULTINIVEL XVII Encuentro de Geógrafos de América Latina*, 1-14.
- Sayer, A. (2004). Seeking the geographies of power. *Economy and Society*, 33(2), 255-270.
- Servicio Geológico Colombiano. (2020). *Elementos de Tierras Raras (REE)*. Obtenido de ATLAS GEOQUÍMICO DE COLOMBIA CONCENTRACIÓN DE LANTANO (La): [https://srvags.sgc.gov.co/Archivos\\_Geoportal/Amenaza\\_Sismica/Atlas\\_Geoquimico\\_2020/pdf/REE/1.La.pdf](https://srvags.sgc.gov.co/Archivos_Geoportal/Amenaza_Sismica/Atlas_Geoquimico_2020/pdf/REE/1.La.pdf)
- Settle, J. (2023). The Hunt for Rare Earths: Breaking China's Hold on Rare Earth Elements. Defense Technical Information Center, 1.10.
- Shimeall, T., & Spring, J. (2014). Introduction to Information Security. En *Chapter 2 - Strategies and Security* (págs. 21-39). Strategic-Based Approach.
- Shumilo, O., Lytvyn, I., Shablysty, V., Korniyakova, T., & Popovich, I. (2021). Legal mechanism to ensure national security in the field of use of natural resources. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(3), 4 -15.
- UNDOC. (2022). Explotación ilícita de yacimientos mineros - 2022. *Informe Técnico*. Bogotá D.C.: Repositorio de UNDOC: [https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Junio/Informe\\_Colombia\\_Exploit](https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Junio/Informe_Colombia_Exploit)

acion\_de\_Oro\_de\_Aluvion\_Evidencias\_a\_Partir\_de\_Percepcion\_Remota\_2021\_SP  
\_pdf.

- Van, D., & Nijman, R. C. (2022). The convergence of environmental crime with other serious crimes: Subtypes within the environmental crime continuum. *European Journal of Criminology*, 19(2), 542-561.
- Wolch, J., & Dear, M. (Eds.). (2014). *The power of geography (RLE social & cultural geography): How territory shapes social life*. Routledge.
- Zamani, M. (2025). *Analysing the geoeconomic and geostrategic position of Colombia in the geopolitical equations of the Latin American region*. (Vol. 12). *Arabian Journal of Business and Management Review: Oman Chapter*.

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia