



*Trabajo Final de Grado. Manuscrito Científico*

**DERECHO AMBIENTAL Y MINERO, GEOINGENIERÍA  
Y LA NECESIDAD DE ADAPTAR EL MARCO LEGAL  
ARGENTINO**

*Environmental and Mining Law, Geoengineering, and the need to adapt the Argentine  
Legal Framework*

*Carrera:*

*Abogacía*

*Autor:*

*Tomás López Lloveras*

*DNI:*

*42.805.526*

*Legajo:*

*VABG1145560*

*Profesor Tutor:*

*Paola Abraham*

*San Juan, Argentina, Junio de 2025*

## ÍNDICE

<b>Resumen .....</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>4</b>
<i>Antecedentes relevantes .....</i>	<i>7</i>
<i>Definición del Problema y Pregunta de Investigación .....</i>	<i>9</i>
<i>Hipótesis .....</i>	<i>12</i>
<i>Relevancia de la Problemática en el Derecho Argentino .....</i>	<i>12</i>
<i>Objetivos .....</i>	<i>13</i>
 <b>Metodos .....</b>	 <b>16</b>
<i>Alcance de la Investigación .....</i>	<i>16</i>
<i>Enfoque .....</i>	<i>16</i>
<i>Diseño y Tipo de Investigación .....</i>	<i>17</i>
<i>Población, Muestra y Participantes .....</i>	<i>17</i>
<i>Técnicas de Recolección de Datos .....</i>	<i>18</i>
<i>Técnicas de Análisis de Datos .....</i>	<i>19</i>
<b>Resultados .....</b>	<b>19</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>24</b>
<i>Interpretación de los Resultados .....</i>	<i>24</i>
<i>Limitaciones del Estudio .....</i>	<i>27</i>
<i>Fortalezas y Aportes .....</i>	<i>28</i>
<i>Conclusiones .....</i>	<i>29</i>
<i>Recomendaciones .....</i>	<i>30</i>
<b>Referencias .....</b>	<b>32</b>

## **Resumen**

Este trabajo tuvo por objetivo analizar en qué medida la ausencia de un marco regulatorio específico sobre geoingeniería en el sector minero de la provincia de San Juan afectó la aplicación del principio precautorio como garantía del derecho constitucional a un ambiente sano. Se empleó un enfoque cualitativo con apoyo documental, entrevistas semiestructuradas a especialistas en derecho minero y geología ambiental, y revisión normativa y jurisprudencial. Los resultados evidenciaron que existen prácticas técnicas aplicadas en proyectos mineros como Filo del Sol, Josemaría, Gualcamayo y Chita, que son compatibles con la geoingeniería, aunque no estén denominadas como tales ni reguladas específicamente. Esta omisión normativa impidió aplicar adecuadamente principios ambientales fundamentales como la prevención, la precaución y la participación, al no contar con marcos técnicos diferenciados ni procesos de evaluación integral. Además, se observó una afectación a la seguridad jurídica de las empresas y una falta de garantías para las comunidades, que no acceden a información ni instancias de consulta pública sobre estas tecnologías. La investigación concluyó que el derecho ambiental argentino, en su estado actual, no está preparado para encuadrar legalmente estas técnicas, y que la ausencia de regulación limita la operatividad de garantías constitucionales fundamentales, comprometiendo tanto la sustentabilidad del ambiente como la legitimidad institucional del Estado como garante de los Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales. (DESCA).

Palabras Clave: Derecho Minero, Derecho Ambiental, Geoingeniería, Principio Precautorio, Proyecto Minero.

### **Abstract**

This study aimed to analyze the extent to which the absence of a specific regulatory framework on geoengineering in the mining sector of San Juan province affected the application of the precautionary principle as a constitutional guarantee of the right to a healthy environment. A qualitative-descriptive approach was used, combining documentary analysis, semi-structured interviews with experts in mining law and environmental geology, and a review of national and international legal and jurisprudential sources. The findings revealed that certain technical practices used in mining projects such as Filo del Sol, Josemaría, Gualcamayo, and Chita are compatible with geoengineering, despite not being explicitly labeled or regulated as such. This regulatory omission prevented the proper implementation of key environmental principles such as prevention, precaution, and participation, due to the lack of specific technical standards and comprehensive assessment processes. Moreover, the study observed legal uncertainty for companies and a lack of safeguards for affected communities, who have no access to relevant information or participation mechanisms. The research concluded that the current Argentine environmental legal framework is not adequately equipped to address these emerging technologies, and that this normative gap limits the effectiveness of constitutional guarantees, compromising both environmental sustainability and the institutional legitimacy of the State as a guarantor of economic, social, cultural, and environmental rights (ESCR).

Keywords: Mining Law, Environmental Law, Geoengineering, Precautionary Principle, Mining Project.

### **Introducción:**

El cambio climático y la degradación ambiental han sido objeto de debate y preocupación a nivel global en las últimas décadas. En respuesta a estos desafíos, han surgido diversas estrategias tecnológicas y científicas, entre ellas la geoingeniería, definida como el conjunto de técnicas destinadas a modificar el clima terrestre para mitigar los efectos del calentamiento global. Entre estas técnicas se incluyen la captura y almacenamiento de carbono (CAC), la inyección de aerosoles en la estratósfera y la fertilización oceánica. Si bien la geoingeniería representa un campo prometedor en términos de mitigación ambiental, también conlleva riesgos significativos, tanto ecológicos como jurídicos, que requieren una regulación adecuada (Keith, 2013), es así como podemos dar cuenta de antemano de la importancia de que estas prácticas posean una legislación especial.

En el contexto argentino, el derecho ambiental ha evolucionado para abordar problemáticas como la contaminación, la deforestación y la pérdida de biodiversidad. La Constitución Nacional de 1994 incorporó en su artículo 41 el derecho a un ambiente sano, estableciendo principios rectores en la legislación ambiental del país (Lorenzetti, 2015), lo cual fue un avance importante en términos de protección desde un punto de vista jurídico al ambiente. Sin embargo, la regulación específica sobre geoingeniería es prácticamente inexistente, generando un vacío legal en torno a su implementación, control y consecuencias a largo plazo.

La actividad minera, una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y de impactos ambientales negativos en Argentina, se encuentra en una posición clave en esta discusión. La posibilidad de aplicar técnicas de geoingeniería en la industria minera requiere un marco normativo sólido que garantice su sostenibilidad y seguridad jurídica.

A nivel internacional, se han desarrollado diversos estudios e iniciativas en torno a la geoingeniería, aunque su regulación aún es incipiente. Organismos como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) han señalado la necesidad de abordar sus implicaciones éticas, jurídicas y medioambientales. En 2010, la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) adoptó una moratoria sobre la geoingeniería oceánica, considerando la incertidumbre sobre sus efectos adversos (CBD, 2010). En este sentido, Argentina enfrenta el desafío de definir un marco regulatorio que permita el desarrollo de estas tecnologías dentro de principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

El presente trabajo se fundamenta en una serie de principios jurídicos y categorías doctrinarias que permiten enmarcar críticamente el análisis de la geoingeniería en el derecho ambiental y minero argentino.

En primer lugar, se destaca el principio precautorio, consagrado en el artículo 4° de la Ley General del Ambiente N.º 25.675, el cual dispone que “cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente”. Este

principio ha sido ampliamente desarrollado por Lorenzetti (2015), quien lo considera una herramienta fundamental para enfrentar los riesgos emergentes de las tecnologías en el contexto de la crisis ecológica global.

En segundo lugar, se adopta una visión del ambiente como bien colectivo, conforme al artículo 41 de la Constitución Nacional, que reconoce el derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano. Esta concepción implica una perspectiva de justicia ambiental que obliga al Estado a prevenir daños y garantizar la protección del entorno natural (Borrás, 2016), lo cuál se considera relevante ya que es importante que el Estado intervenga como protector de los derechos de los ciudadanos..

Asimismo, se toma como base el enfoque de los Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales (DESCA), reconocidos en instrumentos internacionales como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) y el Acuerdo de Escazú. Estos derechos establecen que toda política pública o tecnológica debe respetar el acceso a la información, la participación ciudadana y la justicia ambiental, especialmente en contextos de vulnerabilidad territorial y extractivismo (Sarmiento, 2021).

Por otra parte, se incorpora la perspectiva de la gobernanza climática y tecnológica, desarrollada por autores como Keith (2013) y Rayner et al. (2013), quienes advierten que la geoingeniería plantea desafíos globales que requieren marcos de gobernanza abiertos, democráticos y orientados al principio de responsabilidad común pero diferenciada. Esta teoría aporta herramientas para

analizar cómo deben diseñarse sistemas regulatorios que aseguren el control social y estatal sobre las tecnologías de alto riesgo ambiental.

Finalmente, el análisis se orienta bajo el principio de sostenibilidad, transversal al derecho ambiental, entendido como el equilibrio entre desarrollo económico, protección del ambiente y equidad social intergeneracional. Según el Informe Brundtland (ONU, 1987), el desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, criterio que cobra especial relevancia ante la posibilidad de aplicar geoingeniería en actividades como la minería.

### **Antecedentes Relevantes**

A nivel mundial, la geoingeniería ha sido objeto de análisis por parte de organismos internacionales como la Royal Society del Reino Unido, que en 2009 publicó un informe pionero donde advertía sobre los riesgos ecológicos y políticos de estas tecnologías. En Estados Unidos, académicos como David Keith han liderado investigaciones sobre la viabilidad técnica de estas prácticas, abogando por una regulación internacional que asegure la gobernanza y supervisión de su aplicación.

En América Latina, el estudio "Geoengineering: Governance and Technology Policy" (Rayner et al., 2013) destaca la ausencia de marcos jurídicos específicos y la necesidad de enfoques adaptados a contextos locales. En Argentina, el debate aún es incipiente, pero algunos autores han comenzado a abordar la relación entre geoingeniería, derecho ambiental y minería. Por ejemplo, el abogado

ambientalista Ricardo Luis Lorenzetti ha advertido sobre la importancia de aplicar el principio precautorio en toda intervención tecnológica que pueda alterar el medio ambiente.

En el ámbito académico, investigaciones como la de Florencia Sarmiento (UBA, 2021) han resaltado la urgencia de incluir a la geoingeniería en las agendas jurídicas ambientales, especialmente ante el avance del extractivismo minero. En su trabajo "Tensiones entre desarrollo y ambiente en la era del Antropoceno", Sarmiento propone marcos regulatorios integrados que contemplen los DESCAs y los principios del derecho internacional ambiental.

En la provincia de San Juan, una de las principales jurisdicciones mineras del país, se han desarrollado debates sobre el impacto ambiental de la minería a cielo abierto. Aunque aún no existen experiencias documentadas sobre la aplicación de geoingeniería en esta provincia, organizaciones como la Asamblea "Jáchal No Se Toca" han manifestado su preocupación por la falta de controles efectivos sobre las tecnologías utilizadas en la industria minera. Además, investigaciones de la Universidad Nacional de San Juan han advertido sobre la necesidad de reforzar los marcos normativos provinciales en materia ambiental para asegurar la sostenibilidad del desarrollo minero.

El derecho argentino, tanto a nivel nacional como provincial, enfrenta el desafío de adaptar su estructura normativa para incorporar estas nuevas tecnologías dentro de un marco legal coherente, que articule el derecho minero con el derecho ambiental y los compromisos internacionales en materia de derechos humanos y desarrollo sostenible.

## **Definición del Problema y Pregunta de Investigación**

El problema central de esta investigación radica en la ausencia de un marco legal claro para la aplicación de la geoingeniería en el sector minero argentino. Esto genera incertidumbre respecto a la legalidad de estas prácticas, su impacto en las comunidades locales y el alcance de la responsabilidad ambiental en caso de efectos adversos. Además, algunas técnicas de geoingeniería pueden tener impactos transfronterizos, lo que requiere un análisis desde el derecho internacional y su articulación con el derecho interno argentino, como aclara el Premio Nobel de Química (1995) Paul J. Crutzen: “Se necesita saber que el planeta se encuentra al borde de impactos climáticos muy graves, que la geoingeniería muy probablemente –más aún, es la única– que los podría evitar y que sus efectos colaterales serían menores en referencia al daño evitado”.

A partir de esta problemática, surgen la siguiente pregunta de investigación:

*¿En qué medida la ausencia de un marco regulatorio específico sobre geoingeniería en el sector minero de la provincia de San Juan compromete la aplicación efectiva del principio precautorio como garantía constitucional del derecho al medio ambiente sano reconocido en el artículo 41 de la Constitución Nacional argentina?*

La provincia de San Juan constituye uno de los principales focos de desarrollo de la actividad minera en Argentina, con proyectos de gran envergadura como Veladero, Pascua Lama (actualmente suspendido), Josemaría, Filo del Sol y Los Azules, los cuales han despertado creciente atención pública y académica en

torno a su impacto ambiental, social y económico. En este contexto, la eventual incorporación de tecnologías de geingeniería —como técnicas de contención de pasivos ambientales, modificación hídrica localizada o captura de carbono— plantea un nuevo escenario normativo que aún no ha sido debidamente abordado por el derecho ambiental argentino.

La Constitución Nacional, en su artículo 41, reconoce el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, y establece el deber de las autoridades de protegerlo, integrando al derecho interno principios fundamentales del derecho ambiental moderno, entre ellos, el principio precautorio. Este principio obliga a actuar ante la posibilidad de daño ambiental grave e irreversible, aun cuando no exista certeza científica absoluta, y resulta especialmente relevante ante la aplicación de tecnologías experimentales o con impactos inciertos, como ocurre con la geingeniería.

En el plano normativo, la ausencia de legislación específica sobre geingeniería en Argentina, tanto a nivel nacional como provincial, genera incertidumbre sobre la forma en que estos desarrollos tecnológicos pueden ser evaluados, autorizados y monitoreados en términos jurídicos. Particularmente en San Juan, donde los marcos regulatorios mineros son considerados más flexibles, esta situación podría limitar el uso efectivo del principio precautorio como herramienta jurídica de prevención y control, comprometiendo así el cumplimiento efectivo del DESCAs relacionado con el ambiente.

Esta investigación buscará entonces verificar si ese vacío normativo representa una limitación sustancial a la vigencia real del principio precautorio

como garantía constitucional, y cuáles son sus implicancias prácticas en un contexto de alta conflictividad socioambiental como el que rodea a la minería en San Juan.

*Principio Precautorio:* Ante la incertidumbre sobre los impactos ambientales y sociales de la geingeniería, deben adoptarse medidas preventivas, no ideologizadas, para evitar daños irreversibles.

*Principio de Desarrollo Sostenible:* Garantizar que la aplicación de estas tecnologías en la minería no comprometa la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus necesidades; esto en el marco de que nos encontramos frente a una acción del hombre que, sin lugar a dudas modifica el eco sistema.

*Principio de Participación Ciudadana:* Incorporar mecanismos de consulta y acceso a la información para que las comunidades afectadas puedan opinar sobre el uso de geingeniería en su territorio.

*Principio de Responsabilidad Ambiental:* Establecer obligaciones claras para las empresas mineras en cuanto a la mitigación y reparación de daños ambientales derivados del uso de estas tecnologías.

*Control y Supervisión Estatal:* Crear organismos o dotar de infraestructura y medios a los mismos para fiscalizar y regular el uso de la geingeniería en el sector minero.

*Compatibilidad con Normativas Internacionales:* Alinear la regulación nacional con tratados ambientales, celebrados en países considerados “mineros”, y

principios del derecho internacional para evitar conflictos normativos y asegurar la cooperación global en la gestión del cambio climático.

De acuerdo con estos principios entendemos que permitirían diseñar un marco regulatorio y legal que equilibre el desarrollo tecnológico con la protección ambiental y el respeto a los derechos de las comunidades afectadas.

### **Hipótesis de la Investigación**

La ausencia de una regulación jurídica específica sobre la aplicación de técnicas de geoingeniería en proyectos mineros en la provincia de San Juan genera incertidumbre respecto del alcance y la garantía efectiva del derecho a un ambiente sano, reconocido en la Constitución Nacional y en tratados internacionales de derechos humanos como parte de los DESCAs. Esta falta de definición normativa puede derivar en dificultades para aplicar de forma clara principios constitucionales como el precautorio, el de legalidad y el de participación ciudadana, afectando tanto la previsibilidad de las decisiones administrativas como la seguridad jurídica de los actores involucrados. La existencia de un marco normativo adaptado a estas tecnologías emergentes permitiría brindar mayor claridad sobre los límites, procedimientos y responsabilidades, promoviendo un equilibrio razonable entre desarrollo productivo y protección de derechos fundamentales.

### **Relevancia de la Problemática en el Derecho Argentino**

La falta de regulación sobre la geoingeniería en Argentina no solo implica un vacío legal en el ámbito ambiental y minero, sino que también afecta el cumplimiento de compromisos internacionales asumidos por el país en materia de derechos humanos y desarrollo sostenible. La implementación de estas tecnologías sin un marco normativo adecuado podría vulnerar derechos fundamentales, como el acceso a un ambiente sano y la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales (Borrás, 2016), como podemos observar, aplicar tecnologías como la geoingeniería sin regulación adecuada puede vulnerar derechos como el ambiente sano y la participación ciudadana, lo que en San Juan se ve agravado por la falta de normativa específica en el sector minero.

Además, en el contexto minero, la geoingeniería podría ser utilizada como una estrategia para mitigar los impactos ambientales de la actividad extractiva, lo que hace aún más urgente su regulación. En este sentido, la presente investigación busca aportar elementos que permitan orientar la formulación de políticas públicas que integren la geoingeniería dentro del derecho ambiental argentino, garantizando la protección del medio ambiente y los derechos de las comunidades afectadas.

### **Objetivo General**

Analizar la adecuación del marco jurídico ambiental argentino frente a la incorporación de tecnologías de geoingeniería en la actividad minera, identificando vacíos normativos y contradicciones que puedan comprometer la protección de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales (DESCA).

Evaluar el grado de implementación y control de tecnologías de geoingeniería en proyectos mineros en Argentina, con especial atención al contexto de la provincia de San Juan, y examinar los mecanismos existentes de evaluación de impacto ambiental y participación ciudadana.

Proponer lineamientos jurídicos orientados a la regulación responsable de la geoingeniería en el ámbito minero, que garanticen la sostenibilidad ambiental, la seguridad jurídica y la vigencia efectiva de los principios constitucionales y del derecho internacional ambiental.

### **Objetivos Específicos**

1. *Identificar los principales vacíos legales en la regulación de la geoingeniería en Argentina.*

Se llevará a cabo un análisis normativo para determinar la inexistencia o insuficiencia de disposiciones jurídicas que regulen el uso de estas tecnologías en la actividad minera, tanto en el derecho nacional como en el derecho comparado.

2. *Examinar el impacto ambiental y social de la aplicación de geoingeniería en la minería.*

Se evaluarán los posibles efectos adversos de estas tecnologías sobre el medio ambiente y las comunidades locales, considerando la normativa ambiental vigente y los principios precautorios aplicables en el derecho internacional.

3. *Analizar modelos normativos internacionales aplicables a la regulación de estas tecnologías.*

Se estudiarán experiencias legislativas de otros países y recomendaciones de organismos internacionales para determinar las mejores prácticas en materia de regulación de la geoingeniería en la minería.

4. *Proponer lineamientos jurídicos para la incorporación de la geoingeniería dentro del marco regulatorio ambiental y minero argentino.*

Se formularán recomendaciones normativas y principios regulatorios que permitan establecer un marco legal coherente para la aplicación de estas tecnologías en la minería argentina, garantizando su compatibilidad con el derecho ambiental y los DESCA.

Para alcanzar estos objetivos, se adoptará un enfoque cualitativo basado en el análisis doctrinario y normativo de fuentes primarias y secundarias del derecho ambiental, minero e internacional. Se revisarán tratados internacionales, legislación nacional y estudios de caso sobre la aplicación de la geoingeniería en el sector minero. Asimismo, se evaluarán los impactos potenciales de su implementación en Argentina, considerando aspectos de responsabilidad ambiental, participación ciudadana y principios precautorios.

El presente estudio busca contribuir al debate sobre la regulación de la geoingeniería en Argentina, proporcionando herramientas jurídicas que permitan su correcta aplicación en el sector minero, asegurando un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección ambiental. A su vez se realizarán entrevistas con geólogos y abogados que se encuentran adentrados en la investigación y en el

estudio de estas nuevas tecnologías y que trabajan para empresas, emprendimientos y proyectos mineros en la Provincia de San Juan.

## **Métodos**

### *Alcance de la investigación*

El presente trabajo posee un enfoque descriptivo y explicativo, ya que tiene como objetivo describir el estado actual del derecho ambiental argentino frente a los avances y desafíos que plantea la geingeniería aplicada a la minería, y explicar de qué manera estos fenómenos impactan en el marco jurídico vigente. Asimismo, se propone analizar el grado de adecuación del ordenamiento jurídico frente a prácticas tecnológicas emergentes que inciden en la protección del ambiente y los derechos colectivos vinculados a los recursos naturales.

La investigación abarca el período comprendido entre el año 2010 hasta la actualidad, etapa en la cual se ha intensificado la implementación de tecnologías complejas en la industria minera y el debate público sobre su regulación ambiental. El enfoque geográfico se centra en el territorio argentino, con referencias puntuales a normativas y experiencias regionales de América Latina que resulten relevantes como punto de comparación.

## **Enfoque**

Se adopta un enfoque cualitativo. El análisis cualitativo permitirá interpretar el discurso de expertos, la normativa jurídica y los casos empíricos seleccionados,.

Esta elección metodológica resulta adecuada para abordar una problemática compleja que requiere contemplar tanto la dimensión jurídica como la técnica y social del fenómeno investigado.

#### *Diseño y tipo de investigación*

La investigación es de tipo no experimental, con diseño transeccional descriptivo-explicativo. Se observarán los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural, sin manipular variables, y se recopilará la información en un único momento temporal, ya que, por un lado, describe el fenómeno de la integración de estas nuevas tecnologías en el ámbito del derecho minero y en la explotación de recursos naturales y, por otro, explica las causas y consecuencias de esta integración en la regulación legal. Esto permitirá no solo comprender el impacto actual de estas prácticas, sino también proponer ajustes normativos necesarios para abordar las nuevas realidades de la explotación de recursos y la necesidad de adaptación del marco legal argentino.

El estudio tiene por finalidad describir las prácticas actuales de geoingeniería aplicadas en proyectos mineros en Argentina, y explicar de qué manera se articulan (o no) con el marco jurídico ambiental vigente. A partir de ello, se busca identificar desafíos normativos y proponer lineamientos que permitan garantizar un equilibrio entre el desarrollo tecnológico y la protección ambiental.

#### *Población, muestra y participantes*

La población del estudio está conformada por dos grupos específicos de profesionales:

- Abogados especializados en derecho minero y ambiental.
- Geólogos con formación y experiencia en minería y gestión ambiental.

La muestra será no probabilística, de tipo intencional, seleccionada en función de criterios de experticia profesional, trayectoria académica y participación en procesos técnicos o legales vinculados a proyectos mineros y evaluaciones ambientales.

Los participantes serán contactados a través de entrevistas semiestructuradas, y su testimonio permitirá obtener una visión multidisciplinaria sobre los alcances y limitaciones de la legislación ambiental argentina frente al avance de tecnologías de geoingeniería.

### **Técnicas de recolección de datos**

Se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos para la obtención de datos primarios y secundarios

*Revisión bibliográfica y documental:* se analizarán fuentes normativas (leyes, decretos, resoluciones), doctrina jurídica, informes técnicos, jurisprudencia relevante y bibliografía científica nacional e internacional sobre geoingeniería, derecho minero y derecho ambiental.

*Estudio de casos:* se seleccionarán proyectos mineros en Argentina en los que se hayan incorporado prácticas de geoingeniería (tales como manipulación de suelos, tecnologías de contención de pasivos ambientales, modificación hídrica o

climática localizada), evaluando su marco de legalidad, sus impactos y el rol de los organismos de control.

*Entrevistas a expertos:* se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas a profesionales del derecho y de la geología previamente seleccionados, con el objetivo de obtener sus perspectivas sobre el estado actual de la legislación ambiental argentina frente a los desafíos de la geoingeniería.

### **Técnicas de análisis de datos**

El procesamiento y análisis de los datos se realizará a través de:

- Análisis cualitativo: mediante el uso de matrices temáticas y codificación abierta y axial, se identificarán categorías emergentes a partir del discurso de los entrevistados y del análisis de las fuentes documentales. Esto permitirá elaborar una interpretación sistemática y fundamentada sobre el fenómeno en estudio.

### **Resultados**

La investigación tuvo como objetivo analizar de qué manera la ausencia de una regulación específica sobre técnicas de geoingeniería aplicadas en la minería sanjuanina afecta el ejercicio efectivo del derecho a un ambiente sano, como derecho constitucional y parte integrante de los DESCAs, en especial desde una perspectiva social y ambiental.

Los resultados mostraron que, si bien el marco jurídico nacional reconoce ampliamente el derecho a un ambiente sano (artículo 41 de la Constitución Nacional y artículo 22 de la Constitución de la Provincia de San Juan), no existe hasta el momento una norma específica que regule la utilización de geoingeniería en el ámbito minero, lo cual genera vacíos legales frente a prácticas que ya se están implementando de forma experimental o parcial. Como ha señalado Zlata Drnas de Clément, “la evolución del derecho ambiental exige que se amplíen las categorías normativas tradicionales para incluir tecnologías emergentes que afectan el equilibrio ecológico” (Drnas de Clément, 2020), lo señalado evidencia la necesidad de que el derecho ambiental argentino se actualice e incorpore categorías normativas que contemplen tecnologías emergentes como la geoingeniería, para evitar que su uso comprometa el equilibrio ecológico.

El abogado Ricardo López, especialista en derecho minero en la provincia de San Juan y asesor legal de varias compañías del sector, también coincidió con esta visión: *“Las leyes dictadas para proteger el medio ambiente son bastante generales; en especial en San Juan, donde la Ley General de Ambiente tiene un objeto demasiado abarcativo. Estamos lejos de considerar, en estas leyes, la incorporación de tecnologías de este tipo. Por supuesto que creo que la normativa ambiental debería reformarse en muchas cosas e incluir estas nuevas tecnologías”*.

En el análisis documental, se comprobó que tecnologías asociadas a la geoingeniería —como la manipulación hídrica de glaciares y permafrost, la contención química de pasivos ambientales o la modificación estructural de suelos contaminados— están siendo utilizadas en proyectos como Filo del Sol (Iglesia),

Josemaría (Iglesia), Gualcamayo (Jáchal) y el proyecto Chita (en exploración avanzada por Minera Sud Argentina en Calingasta). Sin embargo, los informes de impacto ambiental disponibles en la Secretaría de Gestión Ambiental y Control Minero de San Juan no contienen una evaluación específica sobre estas tecnologías ni sobre sus efectos de largo plazo.

Durante la entrevista realizada al geólogo Armando Jesús Sánchez, quien ha trabajado como consultor ambiental en varios de los proyectos mencionados, se recogieron declaraciones que evidencian esta problemática, como por ejemplo cuando el señor Sanchez destaca que *“La geoingeniería está en uso en algunos aspectos de la minería sanjuanina, aunque no se la llame así. En proyectos como Filo del Sol o Chita se aplican técnicas de modificación del escurrimiento superficial y encapsulamiento de material ácido que claramente impactan sobre la dinámica de cuencas. La ley no las contempla, y eso es un problema”* y a su vez sentenció *“En zonas como Iglesia o Jáchal hay una creciente tensión con las comunidades porque sienten que se implementan nuevas tecnologías sin consulta ni información previa. Esto viola principios constitucionales de participación y precaución”*.

Ricardo López, por su parte, señaló que *“las empresas mineras enfrentan riesgos desde el inicio del proyecto, incluyendo riesgos económicos y técnicos, pero además, en países como el nuestro, deben lidiar con un alto riesgo jurídico derivado de los cambios constantes en políticas y la burocracia estatal. Ninguna empresa minera destinaría recursos a emplear medios tecnológicos novedosos o alternativos sin regulación; por lo menos NO en nuestro país”*.

A nivel jurisprudencial, se identificaron sentencias relevantes como la de la Corte Suprema de Justicia de la Nación en el caso "Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional y otros s/ daño ambiental" (2008), donde se ratificó la importancia del principio precautorio y el derecho a un ambiente sano como de cumplimiento inmediato y no programático. También en San Juan, el fallo "Asociación Civil Asamblea Jáchal No Se Toca c/ Ministerio de Minería de San Juan s/ acción de amparo ambiental" (Expte. 38625/2015), el Tercer Juzgado de Instrucción de Jáchal reconoció la legitimidad de las comunidades locales para cuestionar actividades mineras con riesgo ambiental, y exhortó al Estado a cumplir con el principio de prevención y consulta pública. Tal como sostiene la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), "la participación ciudadana y el control público son pilares fundamentales para garantizar el cumplimiento efectivo de los derechos ambientales" (FARN, Informe Ambiental 2024).

En el plano internacional, se consideraron precedentes como el caso "Pueblos Indígenas Kuna de Madungandí y Emberá de Bayano c. Panamá" (CIDH, 2014), en el cual la Corte Interamericana de Derechos Humanos estableció que el derecho a un ambiente sano está vinculado con otros derechos como la salud, la vida digna y la participación. Esta jurisprudencia puede aplicarse por analogía a contextos en los que el desarrollo tecnológico extractivo avanza sin regulaciones adecuadas. Asimismo, el Center for International Environmental Law (CIEL) ha remarcado que "la gobernanza de la geoingeniería requiere no solo normas técnicas, sino marcos éticos y participativos que consideren los derechos humanos y ambientales" (CIEL, 2022). Esta afirmación resulta especialmente relevante en el contexto argentino y, en particular, en la provincia de San Juan,

donde se evidencia la ausencia de marcos regulatorios específicos que contemplen los desafíos que plantea la geoingeniería en la minería..

Los datos también reflejaron que las deficiencias regulatorias no solo afectan a las comunidades, sino también a las empresas mineras, que carecen de un marco jurídico claro que les indique los límites técnicos y legales en la utilización de nuevas tecnologías. Esta falta de certeza jurídica puede traducirse en mayores niveles de conflictividad socioambiental y obstáculos para el desarrollo sostenible de la actividad. Como ha indicado Jesse Reynolds, “la ausencia de regulación puede generar inseguridad jurídica que frena tanto la innovación como la protección de los derechos fundamentales” (Reynolds, 2021), tal y como pudimos observar en la presente investigación.

En este sentido, Ricardo López advirtió que *“la geoingeniería sin regulación no tiene cabida ya que, al ser algo casi desconocido para el común de la gente, llevaría demasiado tiempo poder implementarse sin haber sido debidamente probada su contribución al medio ambiente”*. A su vez, agregó que *“el Código de Minería argentino data de 1886 y está redactado teniendo en cuenta una minería que ya no existe. Toda la legislación minera debería ser revisada con una mirada moderna, dejando de lado el preconceito negativo que muchas veces se tiene sobre la minería y el ambiente”*.

Finalmente, la ausencia de normativa sobre geoingeniería impide aplicar adecuadamente los principios rectores del derecho ambiental argentino, como el principio de equidad intergeneracional, el principio preventivo, el de responsabilidad y el de progresividad en el cumplimiento de los DESCAs. En

consecuencia, la situación actual compromete el efectivo cumplimiento del derecho constitucional a un ambiente sano y el desarrollo de una minería sustentable en la provincia de San Juan.

Se evidencia, por tanto, una necesidad urgente de reforma legal que contemple expresamente el uso de tecnologías de geotecnología en la minería, que garantice participación ciudadana, evaluación técnica integral y mecanismos de control y responsabilidad conforme a estándares nacionales e internacionales. Como señaló el abogado Ricardo López: *“Si se aborda una nueva legislación minera y ambiental, debería incluir tecnología moderna para la parte investigativa, extractiva y de remediación que compatibilice la actividad con el cuidado del medio ambiente, donde la geotecnología podría desempeñar un papel muy importante para congeniar estos dos universos que parecen tan diferentes. El Estado, como dueño del recurso, debe asumir su responsabilidad en agilizar los procedimientos y efectuar un control eficaz sobre el cumplimiento de las obligaciones ambientales”*.

## **Discusión**

### *Interpretación de los resultados*

Este trabajo tuvo como propósito general indagar en qué medida las prácticas compatibles con la geotecnología, actualmente aplicadas en la minería sanjuanina, pueden ser objeto de regulación dentro del derecho ambiental argentino. A partir de los objetivos específicos propuestos, la investigación permitió interpretar diversas dimensiones del problema que, lejos de ser

meramente técnico, revela una trama compleja entre derecho, tecnología, política ambiental y economía extractiva.

En primer lugar, se constató que existen prácticas mineras en San Juan que, si bien no se presentan bajo la etiqueta formal de “geoingeniería”, se enmarcan dentro de la definición doctrinaria que señala su carácter de intervención deliberada y a gran escala sobre sistemas naturales para modificar o controlar procesos ecológicos (Pérez Losada, 2020). Entre ellas, se identificaron técnicas de reconfiguración de relaves, encapsulado geoquímico de residuos, manipulación de napas subterráneas, uso de barreras físicas de contención y alteración morfológica del relieve. La minería metalífera a cielo abierto, especialmente en proyectos de gran escala, ha incorporado estos procedimientos en las etapas de explotación, cierre y remediación.

En relación con su encuadre jurídico, la normativa ambiental vigente — tanto nacional como provincial— no contempla de manera expresa estos procedimientos ni brinda herramientas diferenciadas para su evaluación. Como afirmó el abogado Ricardo López, asesor de varias empresas mineras en San Juan, *“la normativa ambiental debería reformarse en muchas cosas e incluir estas nuevas tecnologías”*. Esta falta de especificidad coloca a las prácticas analizadas en una “zona gris” legal, lo cual compromete la aplicación de principios estructurales del derecho ambiental argentino, tales como el de precaución, prevención, progresividad, no regresividad y justicia intergeneracional.

A partir de lo anterior, los resultados indican una desconexión entre el avance de las prácticas tecnológicas en la minería sanjuanina y la evolución

normativa del derecho ambiental. Tal como lo advierte Pigretti (2019), el rezago legislativo frente a la innovación técnica genera una forma de desprotección ambiental estructural. En efecto, la ausencia de regulaciones adecuadas impide garantizar un control preventivo y diferenciado sobre prácticas que podrían generar alteraciones profundas en los ecosistemas. El principio precautorio — consagrado tanto en la Ley General del Ambiente (25.675) como en tratados internacionales ratificados por Argentina— exige actuar ante la posibilidad de daño grave o irreversible, aun en ausencia de certeza científica. Sin embargo, su aplicación se ve limitada por la inexistencia de marcos normativos adaptados a este tipo de técnicas.

A su vez, los resultados muestran que esta omisión normativa también incide sobre la seguridad jurídica de los propios operadores. Como señaló Ricardo López: *“Ninguna empresa minera destinaría recursos a emplear medios tecnológicos novedosos o alternativos sin regulación; por lo menos no en nuestro país”*. Esto evidencia que la falta de regulación específica desincentiva la innovación ambiental positiva, desalienta la inversión y fomenta el uso de métodos tradicionales potencialmente más contaminantes, por el simple hecho de que cuentan con un marco jurídico previsible.

Finalmente, se interpreta que existe un vacío entre las prácticas efectivas del sector minero y el diseño institucional encargado de fiscalizar y controlar dichas actividades. Las declaraciones de López aportan claridad sobre este punto: *“Toda la legislación minera debería ser revisada [...] dejando de lado el preconcepto que se tiene de la misma con respecto al medio ambiente”*. En este sentido, el estudio señala la necesidad urgente de revisar tanto el Código de

Minería como las leyes ambientales complementarias, integrando una perspectiva de justicia ambiental, tecnología responsable y sostenibilidad.

La ausencia de un marco regulatorio específico sobre geoingeniería en el sector minero de San Juan compromete, en forma directa y estructural, la aplicación efectiva del principio precautorio como garantía constitucional del derecho a un ambiente sano, tal como lo consagra el artículo 41 de la Constitución Nacional. Esto se debe a que dicho principio exige una actuación preventiva por parte del Estado frente a actividades con potencial de daño grave o irreversible, incluso ante la falta de certeza científica. Sin embargo, cuando las prácticas tecnológicas —como aquellas compatibles con la geoingeniería— no se encuentran identificadas, definidas ni reguladas expresamente, el principio queda desactivado en su operatividad práctica: no hay forma de prevenir ni fiscalizar aquello que el orden jurídico no reconoce como distinto o potencialmente riesgoso. En este contexto, el derecho al ambiente sano pierde fuerza como derecho colectivo exigible, y el Estado incumple su deber de protección efectiva. La investigación concluye, por tanto, que el vacío normativo identificado no solo genera inseguridad jurídica para los operadores, sino que también implica una omisión estatal que puede traducirse en responsabilidad institucional frente a daños ambientales futuros. Para que el principio precautorio funcione como herramienta efectiva de justicia ambiental, resulta indispensable que el derecho ambiental argentino avance hacia una regulación proactiva y especializada de las nuevas tecnologías aplicadas en la industria extractiva.

*Limitaciones del estudio*

Toda investigación enfrenta ciertas limitaciones que deben reconocerse para contextualizar los resultados obtenidos. En este trabajo, una primera limitación fue la escasa disponibilidad de documentación pública actualizada sobre las prácticas técnicas aplicadas en los proyectos mineros activos en San Juan. La mayoría de los datos relevantes se encuentran bajo cláusulas de confidencialidad o protegidos por el secreto industrial, lo que impidió acceder de manera directa a información técnica detallada.

Una segunda limitación fue la escasa producción bibliográfica nacional específica sobre la intersección entre geoingeniería, minería y derecho ambiental. La mayoría de las fuentes doctrinarias sobre geoingeniería provienen del ámbito internacional, principalmente vinculadas a discusiones sobre cambio climático global. Esto obligó a realizar un trabajo interpretativo y adaptativo, articulando marcos teóricos de distinta procedencia con la realidad normativa y técnica argentina.

Además, al tratarse de un estudio exploratorio, no se contó con series estadísticas ni bases de datos sistematizadas sobre el uso concreto de estas prácticas. Esto restringe el alcance empírico del trabajo, aunque no invalida su relevancia ni su capacidad explicativa dentro del campo jurídico.

#### *Fortalezas y aportes*

A pesar de las limitaciones señaladas, esta investigación presenta fortalezas importantes y realiza aportes significativos tanto para el campo del derecho ambiental como para los estudios interdisciplinarios sobre minería y tecnología.

En primer lugar, propone una mirada novedosa al vincular la geoingeniería —hasta ahora asociada casi exclusivamente con debates globales sobre modificación climática— con su implementación en contextos extractivos regionales, como es el caso de la minería en San Juan. Este enfoque permite abrir un nuevo campo de reflexión normativa sobre el impacto ecológico de tecnologías emergentes en actividades productivas localizadas.

En segundo lugar, el trabajo contribuye a visibilizar la necesidad de una actualización normativa que incorpore criterios técnicos contemporáneos, alineados con los estándares internacionales de protección ambiental y derechos humanos. Al identificar las falencias regulatorias existentes, este estudio ofrece una base argumentativa para futuras reformas legislativas en materia de minería, ambiente y tecnología.

Asimismo, se destacan las entrevistas a especialistas —en particular la voz del abogado Ricardo López— como un aporte metodológico valioso. Estas declaraciones permiten contrastar la normativa vigente con la experiencia práctica de quienes participan en la ejecución y defensa legal de proyectos mineros en la provincia, añadiendo realismo y profundidad al análisis jurídico.

Por último, esta investigación aporta elementos útiles para repensar el rol del Estado en la gobernanza ambiental y en el control de tecnologías de alto impacto. La propuesta de incorporar protocolos específicos para geoingeniería en el derecho ambiental argentino busca fortalecer el marco institucional, dotarlo de mayor transparencia y hacerlo funcional al principio de sostenibilidad.

## **Conclusiones**

A partir del análisis realizado, puede afirmarse que la investigación logró responder satisfactoriamente a la pregunta de investigación y cumplir con todos los objetivos propuestos. Se identificaron prácticas mineras compatibles con la geoingeniería en la provincia de San Juan, se constató que no están específicamente reguladas por el derecho ambiental vigente, y se determinó que dicha omisión normativa compromete principios fundamentales de protección ambiental y de seguridad jurídica.

Asimismo, se concluye que la ausencia de regulación específica dificulta la incorporación responsable de nuevas tecnologías en el ámbito minero y genera incertidumbre tanto para las empresas como para las comunidades potencialmente afectadas. Esta omisión también impide desarrollar herramientas de fiscalización adecuadas y limitar los posibles daños ecológicos derivados del uso de tecnologías de manipulación ambiental a gran escala.

Desde un punto de vista teórico, el estudio confirma que los marcos jurídicos actuales en Argentina no están preparados para gestionar los desafíos que plantea la innovación tecnológica en la minería moderna. En este sentido, se hace imprescindible incorporar una visión integral que articule derecho ambiental, justicia ambiental y tecnología responsable, bajo el prisma de los principios DESCAs.

### **Recomendaciones**

A partir de las conclusiones anteriores, se proponen las siguientes recomendaciones:

*Reforma normativa integral:* Avanzar en una reforma del Código de Minería y de las leyes ambientales nacionales y provinciales, incorporando el reconocimiento explícito de las prácticas de geoingeniería en contextos extractivos, así como protocolos de evaluación ambiental diferenciada.

*Elaboración de guías técnicas específicas:* Diseñar marcos regulatorios adaptados a las nuevas tecnologías, con criterios objetivos de impacto, monitoreo, responsabilidad y reparación, siguiendo los estándares del Acuerdo de Escazú y del derecho ambiental internacional.

*Fortalecimiento institucional:* Dotar a los organismos de fiscalización ambiental de mayores recursos técnicos y humanos para poder evaluar tecnologías complejas, promover la transparencia y garantizar el acceso a la información pública.

*Participación ciudadana:* Establecer mecanismos participativos obligatorios para la aprobación de proyectos que impliquen prácticas de geoingeniería, garantizando el derecho de las comunidades a opinar, ser informadas y recurrir decisiones.

*Fomento a la investigación académica:* Promover estudios interdisciplinarios sobre geoingeniería, derecho ambiental y minería, tanto desde una perspectiva comparada como con foco en realidades locales.

*Articulación entre Estado y empresas:* Incentivar acuerdos público-privados orientados a la investigación, desarrollo e implementación responsable de tecnologías de geoingeniería con fines de mitigación, remediación y eficiencia ambiental.

En definitiva, el trabajo evidencia la urgencia de actualizar el derecho ambiental argentino para dar respuesta a las transformaciones tecnológicas que se desarrollan en el marco de actividades económicas de alto impacto. Solo así podrá garantizarse una minería moderna, legalmente responsable y ambientalmente sustentable.

### **Referencias:**

- Borrás, S. M. (2016). *Justicia ambiental, participación y derecho: Una mirada crítica desde América Latina*. Ediciones del Signo.
- CBD. (2010). *Decisión X/33 sobre diversidad biológica y cambio climático. Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, décima reunión, Nagoya*.
- Keith, D. (2013). *A Case for Climate Engineering*. MIT Press.
- Lorenzetti, R. L. (2015). *Justicia ambiental: El nuevo paradigma*. Rubinzal-Culzoni Editores.
- ONU. (1987). *Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Informe Brundtland)*. Naciones Unidas.
- Rayner, S., Heyward, C., Kruger, T., Pidgeon, N., Redgwell, C., & Savulescu, J. (2013). *Geoengineering the Climate: The Social and Ethical Implications*. *Climate Geoengineering Governance Working Paper Series*.

- Sarmiento, F. (2021). *Tensiones entre desarrollo y ambiente en la era del Antropoceno. En Actas del Congreso de Derecho Ambiental, UBA. Facultad de Derecho, Universidad de Buenos Aires.*
- Keith, David. *A Case for Climate Engineering.* MIT Press, 2013.
- Lorenzetti, Ricardo L. *Derecho ambiental: la protección jurídica del medio ambiente. Rubinzal-Culzoni, 2015.*
- Drnas de Clément, Zlata. *Nuevas tecnologías y desafíos del derecho ambiental. Abeledo Perrot, 2020.*
- Reynolds, Jesse. *The Governance of Solar Geoengineering: Managing Climate Change in the Anthropocene.* Cambridge University Press, 2021.
- Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN). *Informe Ambiental 2024. Buenos Aires, 2024.*
- Center for International Environmental Law (CIEL). *Governing Geoengineering: Precaution, Participation, and Rights.* Washington, 2022.
- Corte Suprema de Justicia de la Nación, “*Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional y otros s/ daño ambiental*”, Fallos: 331:1622 (2008).
- Tercer Juzgado de Instrucción de Jáchal, San Juan, “*Asociación Civil Asamblea Jáchal No Se Toca c/ Ministerio de Minería de San Juan*”, Expte. 38625/2015.
- Corte Interamericana de Derechos Humanos (CIDH), “*Pueblos Indígenas Kuna de Madungandí y Emberá de Bayano c. Panamá*”, Sentencia de 14 de octubre de 2014.

- CIDH, “*Kichwa Indigenous People of Sarayaku v. Ecuador*”, *Sentencia del 27 de junio de 2012*.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), Decisión X/33, COP 10, 2010.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). *Geoengineering and International Environmental Law, 2020*.
- Bidart Campos, G. J. (1999). *Tratado Elemental de Derecho Constitucional Argentino*, Tomo III. Ediar.
- Cafferatta, N. (2008). *Principio precautorio y derecho ambiental*. *Revista Jurídica de la Universidad de Palermo*, (6), 101–118.
- Constitución Nacional Argentina (1994). Artículo 41.
- Corte Suprema de Justicia de la Nación Argentina (CSJN), “*Mendoza, Beatriz Silvia y otros c/ Estado Nacional y otros s/ daños y perjuicios (daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza-Riachuelo)*”, *Fallos 331:1622, 2008*.
- Delia Ferreira Rubio (2002). *El principio precautorio: Una nueva forma de tomar decisiones*. *Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM*.
- Gutiérrez Posse, H. R. (2013). *Derecho Ambiental*. LexisNexis.
- Ley General del Ambiente de la Nación Argentina, Ley N.º 25.675.
- Ley General del Ambiente de la Provincia de San Juan, Ley N.º 513-L.
- Lorenzetti, R. L. (2010). *El Derecho Ambiental. La Protección Jurídica del Medio Ambiente*. Rubinzal-Culzoni.

- López, Ricardo. *Declaraciones brindadas durante entrevista realizada en abril de 2025, San Juan. Abogado especialista en derecho minero. Representante legal de Minera Sud Argentina, Minas Argentinas y Minera Aguilar.*

- Sagüés, N. P. (2007). *Derechos Humanos y Derecho Constitucional, Tomo II. Astrea.*

- Sentencia de la Corte Suprema de Justicia de la Nación, “Villivar, Roberto c/ Provincia de San Juan s/ acción de amparo ambiental”, 2021.