

# TRABAJO DE INVESTIGACIÓN FINAL

## Análisis Integral: Ciclo de Vida del Litio en Argentina

### **Autor/es:**

Calla, Melina Belén - LU: 1148912

Nuñez, Felipe Valentín - LU: 1136257

Pallini, Gonzalo - LU: 1147854

### **Carrera:**

Licenciatura en Administración de Empresas

### **Tutor/es:**

Dra. Rizzuto Dora Inés y Lic. Vázquez Carla Agustina

### **Año:**

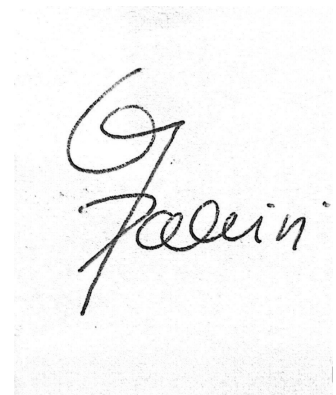
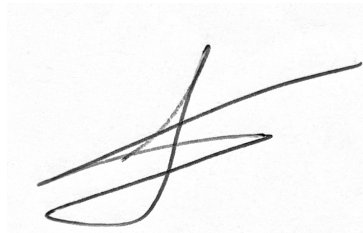
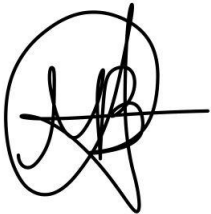
2025

**Declaración de originalidad:**

Por la presente, declaramos que el siguiente Trabajo de Investigación Final es producto de nuestra elaboración original, y que no ha sido presentado con anterioridad para la obtención de otro título o certificación en esta u otra institución educativa.

Confirmamos que este es nuestro propio trabajo y el uso de todo el material de otras fuentes ha sido debida e íntegramente reconocido. Nos responsabilizamos por la autenticidad y originalidad del trabajo presentado, aceptando las posibles consecuencias en caso de incumplimiento.

Autores: Calla, Melina / Nuñez, Felipe / Pallini, Gonzalo



### **Agradecimientos:**

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestra profesora, Rizzuto Dora Inés y ayudante de cátedra Vázquez Carla Agustina, por su acompañamiento, dedicación y guía a lo largo de todo este proceso. Sus orientaciones, devoluciones y apoyo constante fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación y para nuestro crecimiento académico.

Agradecemos también a nuestras familias y amigos, quienes nos brindaron su paciencia, contención y aliento en cada etapa del trabajo. Su apoyo emocional, su confianza y la motivación que nos dieron hicieron posible que pudiéramos sostener este proyecto desde el inicio hasta su finalización.

Extendemos nuestro reconocimiento a todas las personas entrevistadas, Valentín Arias Magnou, Gustavo Nervo, Federico Van Zandweghe, Bruno Zucchini, Micaela Oroz, Cecilia Domínguez y Augusto Aquiles Gonçalves, quienes compartieron generosamente su tiempo, sus conocimientos y su experiencia profesional. Sus aportes enriquecieron de manera sustancial el análisis y permitieron construir una visión más completa, crítica y actualizada del ciclo de vida del litio en Argentina.

Del mismo modo, agradecemos sinceramente a todas las personas que respondieron la encuesta y colaboraron desinteresadamente con sus opiniones y experiencias. Su participación resultó clave para complementar la dimensión cuantitativa del estudio y fortalecer la triangulación metodológica, aportando perspectivas diversas y valiosas.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a UADE, institución que nos brindó la formación, los recursos académicos y el acompañamiento necesarios para llevar adelante esta investigación. Su compromiso con la excelencia educativa y el pensamiento crítico nos permitió desarrollar una mirada integral sobre la temática abordada y consolidar aprendizajes significativos para nuestra formación profesional.

## Resumen

La presente investigación analiza integralmente el ciclo de vida del litio en Argentina y su incidencia económica, social y ambiental en el marco de la transición energética global. Se examina el papel estratégico del país dentro del Triángulo del Litio y las oportunidades que este recurso ofrece para impulsar un modelo productivo sostenible, destacando el potencial del litio como vector de desarrollo si se acompaña de políticas públicas adecuadas, innovación tecnológica y una gestión territorial responsable. Además, se consideran los desafíos asociados al uso de subproductos, la articulación con comunidades locales y la necesidad de equilibrar competitividad y sostenibilidad.

El estudio adopta un enfoque mixto que combina entrevistas a referentes empresariales y expertos con una encuesta a usuarios. Esta triangulación permite relevar percepciones, prácticas y tensiones vinculadas a la extracción, el procesamiento, la industrialización y la gestión de residuos del litio. Los resultados evidencian coincidencias en la importancia de incorporar tecnologías más eficientes como la Extracción Directa de Litio (DLE), fortalecer el monitoreo hídrico, mejorar el relacionamiento comunitario y avanzar en infraestructura que permita agregar valor mediante la producción y el reciclaje de baterías. Asimismo, la encuesta muestra un conocimiento social intermedio sobre el litio, junto con una marcada preocupación por los impactos ambientales del descarte inadecuado de pilas y baterías.

Los hallazgos permiten concluir que Argentina enfrenta una oportunidad histórica para transformar su potencial geológico en un modelo de desarrollo sostenible basado en el triple impacto, la economía del conocimiento y la economía circular. Para avanzar hacia una cadena de valor más compleja y competitiva será crucial consolidar la previsibilidad regulatoria, promover la cooperación entre Estado, empresas y el sistema científico-tecnológico, y generar capacidades locales. Finalmente, los resultados del estudio resaltan la importancia de seguir profundizando en tecnologías limpias, mecanismos de gobernanza, estrategias de agregado de valor y modelos de economía circular que fortalezcan la sustentabilidad del sector y la competitividad de la cadena de valor del litio en Argentina.

**Palabras Clave:** Litio; Sustentabilidad; Transición energética.

## Abstract

The present research provides a comprehensive analysis of the lithium life cycle in Argentina and its economic, social and environmental implications within the context of the global energy transition. It examines the country's strategic position within the Lithium Triangle and the opportunities this resource offers to develop a sustainable productive model, highlighting lithium's potential as a driver of development when accompanied by adequate public policies, technological innovation and responsible territorial management. The study also considers the challenges associated with the use of by-products, engagement with local communities and the need to balance competitiveness with sustainability.

The study adopts a mixed-methods approach that combines interviews with business representatives and experts with a survey of users. This triangulation makes it possible to capture perceptions, practices and tensions related to lithium extraction, processing, industrialization and waste management. The results show broad consensus on the importance of incorporating more efficient technologies such as Direct Lithium Extraction (DLE), strengthening water monitoring, improving community engagement and expanding the infrastructure needed to add value through battery production and recycling. Additionally, the survey reveals an intermediate level of public knowledge about lithium, along with strong concern regarding the environmental impact of improper disposal of batteries.

The findings indicate that Argentina faces a historic opportunity to transform its geological potential into a sustainable development model based on the triple impact, the knowledge economy and circular economy principles. Advancing toward a more complex and competitive lithium value chain will require regulatory predictability, strengthened cooperation between the State, companies and the scientific-technological system, and enhanced local capacities. Finally, the study highlights the importance of continuing to deepen efforts in clean technologies, governance mechanisms, value-added strategies and circular economy models that reinforce the sector's sustainability and the competitiveness of Argentina's lithium value chain.

**KeyWords:** Lithium; Sustainability; Energy transition.

**Índice:**

<b>Capítulo 1: Introducción.....</b>	<b>11</b>
1.1. Presentación del tema y su relevancia.....	11
1.2. Problema de investigación.....	12
1.3. Preguntas de investigación.....	13
1.3.1. Pregunta general.....	13
1.3.2. Preguntas específicas.....	13
1.4. Objetivo de investigación.....	14
1.4.1. Objetivo general.....	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. Justificación del estudio.....	15
1.6. Estructura del documento.....	16
<b>Capítulo 2: Marco teórico.....</b>	<b>18</b>
2.1 Introducción.....	18
2.2. Calentamiento global.....	18
2.3. Transición Energética.....	22
2.3.1. Energías renovables.....	23
2.4. Litio.....	24
2.4.1. Proceso de Extracción.....	26
2.4.1.1. Salmueras.....	27
2.4.1.2. Minerales de roca dura.....	28
2.4.1.3. DLE.....	29
2.5. Análisis de alternativas energéticas.....	30
2.5.1. Sodio.....	31
2.5.2. Hidrógeno.....	32
2.6. Triple impacto.....	35
2.6.1. Impacto económico.....	35
2.6.2. Impacto social.....	36
2.6.3. Impacto ambiental.....	38
2.7. Litio con valor agregado.....	39
2.7.1. Distribución global del litio y asimetrías en la cadena de valor.....	40
2.7.2. Usos finales del litio en la economía mundial.....	42
2.7.2.1. Baterías.....	44
2.7.3. Proyectos nacionales de industrialización del litio.....	45
2.7.3.1. UNILIB.....	48
2.7.3.2. Ecosan.....	49

2.7.3.3. GVH (Grupo Vacazur Hermanos).....	50
2.7.3.4. Hidroper.....	50
2.7.3.5. Ferigutti S.H.....	51
2.7.3.6. Calera Los Tilianes.....	51
2.8. Gestión de residuos de baterías.....	52
2.9. Marco legal.....	54
2.9.1 Regulaciones ambientales.....	54
2.9.2. Régimen jurídico del litio.....	56
2.9.3. Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones.....	57
<b>Capítulo 3: Metodologías de investigación.....</b>	<b>58</b>
3.1. Introducción.....	58
3.2. Tipo de investigación.....	58
3.2.1. Enfoque cuantitativo.....	59
3.2.1.1. Instrumento.....	60
3.2.1.2. Muestra.....	61
3.2.2. Enfoque cualitativo.....	62
3.2.2.1. Instrumento.....	62
3.2.2.2. Muestra.....	63
3.3. Triangulación metodológica.....	67
<b>Capítulo 4: Trabajo de campo.....</b>	<b>68</b>
4.1. Introducción.....	68
4.2. Entrevistas semiestructuradas.....	68
4.2.1. Entrevistas a empresarios.....	68
4.2.1.1. Narración: Valentin Arias Magnou.....	68
4.2.1.2. Narración: Gustavo Nervo.....	70
4.2.1.3. Narración: Federico Van Zandweghe.....	73
4.2.1.4. Narración: Bruno Zucchini.....	75
4.2.2. Cuadro resumen de entrevistas a empresarios.....	77
4.2.3. Entrevistas a expertos.....	82
4.2.3.1. Narración: Micaela Oroz.....	82
4.2.3.2. Narración: Cecilia Domínguez.....	84
4.2.3.3. Narración: Augusto Aquiles Gonçalves.....	87
4.2.4. Cuadro resumen de entrevistas a expertos.....	89
4.3. Encuestas.....	95

<b>Capítulo 5: Análisis de los resultados.....</b>	<b>118</b>
5.1. Introducción.....	118
5.2. Análisis comparativo de las entrevistas.....	119
5.2.1. Análisis de entrevistas a empresarios.....	119
5.2.2. Análisis de entrevistas a expertos.....	127
5.3. Análisis del espacio semántico de Osgood.....	135
5.3.1. Análisis Osgood a empresarios.....	136
5.3.2. Análisis Osgood a expertos.....	143
5.3.3. Análisis Osgood integral.....	150
5.5. Análisis de la encuesta.....	159
5.5.1. Primera sección.....	159
5.5.2. Segunda sección.....	160
5.5.3. Tercera sección.....	161
5.5.4. Cuarta sección.....	164
5.5.5. Quinta sección.....	165
5.5.6. Sexta sección.....	166
5.5.7. Síntesis final de la encuesta.....	167
5.6. Triangulación.....	169
5.6.1. Agregado de valor local y oportunidad de la industria automotriz.....	170
5.6.2. Gestión de residuos y sostenibilidad del ciclo del litio.....	172
5.6.3. Impacto ambiental de la extracción de litio y transición hacia nuevas tecnologías.....	173
5.6.4. Impactos sociales y económicos asociados al litio.....	176
5.6.5. Otras alternativas sostenibles.....	179
<b>Capítulo 6: Conclusión.....</b>	<b>181</b>
6.1. Introducción.....	181
6.2. Resumen de hallazgos.....	182
6.3. Discusión.....	185
6.4. Conclusión.....	187
6.4.1. Implicancias.....	189
6.4.1.1. Aportes al mundo empresarial.....	190
6.4.1.2. Aportes al mundo académico.....	190
6.5. Limitaciones.....	191
6.6. Invitaciones a futuras investigaciones.....	191

<b>Bibliografía.....</b>	<b>193</b>
<b>Anexo 1: Cuestionario de las preguntas semiestructuradas.....</b>	<b>201</b>
A.1.1. Mensajes de contacto.....	201
A.1.1.1. Mensaje de contacto a empresarios.....	201
A.1.1.2. Mensaje de contacto a expertos.....	201
A.1.2. Preguntas orientadas a empresarios.....	202
A.1.3. Preguntas orientadas a expertos.....	203
<b>Anexo 2: Transcripción de entrevistas.....</b>	<b>204</b>
A.2.1. Entrevista a Valentín Arias Magnou.....	204
A.2.2. Entrevista a Gustavo Nervo.....	210
A.2.3. Entrevista a Federico Van Zandweghe.....	215
A.2.4. Entrevista a Bruno Zucchini.....	218
A.2.5. Entrevista a Micaela Oroz.....	222
A.2.6. Entrevista a Cecilia Domínguez.....	227
A.2.7. Entrevista a Augusto Aquiles Gonçalves.....	236
<b>Anexo 3: Encuesta vía Google Forms.....</b>	<b>239</b>
<b>Índice de Figuras</b>	
Figura 1.....	19
Figura 2.....	34
Figura 3.....	41
Figura 4.....	43
Figura 5.....	46
Figura 6.....	67
Figura 7.....	96
Figura 8.....	97
Figura 9.....	98
Figura 10.....	99
Figura 11.....	100
Figura 12.....	101
Figura 13.....	102
Figura 14.....	103
Figura 15.....	104
Figura 16.....	105

Figura 17.....	106
Figura 18.....	107
Figura 19.....	108
Figura 20.....	109
Figura 21.....	110
Figura 22.....	111
Figura 23.....	112
Figura 24.....	113
Figura 25.....	114
Figura 26.....	115
Figura 27.....	116
Figura 28.....	117
Figura 29.....	137
Figura 30.....	140
Figura 31.....	144
Figura 32.....	147
Figura 33.....	151
Figura 34.....	155

**Índice de Tablas**

Tabla 1.....	31
Tabla 2.....	65
Tabla 3.....	66
Tabla 4.....	78
Tabla 5.....	90
Tabla 6.....	119
Tabla 7.....	123
Tabla 8.....	127
Tabla 9.....	132

## Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se presenta la temática central del trabajo de investigación, que aborda el ciclo de vida del litio en Argentina y su influencia en la sustentabilidad económica, social y ambiental del país. En el marco de la transición energética global, el litio se consolida como un recurso estratégico que posiciona a Argentina como un actor clave dentro del denominado “Triángulo del Litio”. Asimismo, se exponen la relevancia del tema, la problemática que guía el estudio, los objetivos propuestos y la justificación del estudio, con el propósito de comprender los impactos y las oportunidades que el litio representa para el desarrollo de negocios sostenibles y competitivos en el país.

### 1.1. Presentación del tema y su relevancia

El cambio climático es uno de los principales desafíos del siglo XXI y se debe, en gran parte, al uso de combustibles fósiles que generan importantes emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación ha impulsado al mundo a la búsqueda de alternativas sustentables, basadas en energías renovables tales como la eólica y la solar. Sin embargo, esas fuentes de energía requieren contar con sistemas de almacenamiento eficientes. De acuerdo con Calvo (2019), en este punto el litio adquiere un papel central al ser el insumo principal para la fabricación de baterías que permiten acumular y gestionar la energía generada.

A la par de la transición energética, la movilidad eléctrica se consolida como otro eje central en la reducción de emisiones globales. El reemplazo de motores impulsados a combustión por motores eléctricos demanda grandes volúmenes de baterías capaces de garantizar autonomía y eficiencia. Según Elon Musk (2022), el litio no sólo sostiene el desarrollo de energías renovables, sino que también se ha convertido en la base tecnológica de una transformación profunda del transporte, al punto de ser considerado como “el nuevo petróleo”

En este contexto, Argentina se posiciona como un actor estratégico clave dentro del denominado “Triángulo del Litio” (también llamado “Triángulo ABC”), junto a Bolivia y Chile. Obaya (2021) destaca que esta región concentra más del 58% de los recursos mundiales de este mineral, lo que la convierte en un territorio de relevancia geopolítica y económica. El país ha pasado de contar con un sólo proyecto en la década del 90 a registrar actualmente decenas de iniciativas en distintas etapas de desarrollo, consolidando

su potencial como proveedor global. Analizar el ciclo de vida del litio resulta fundamental para dimensionar sus impactos y oportunidades, así como para evaluar cómo puede transformarse en una plataforma de negocios sustentables y generadores de ventajas competitivas para la Argentina

## 1.2. Problema de investigación

El litio se ha transformado en un recurso estratégico a nivel global por su papel en la transición energética y movilidad eléctrica entre otros. Esta creciente demanda internacional coloca a países como Argentina en una posición de gran relevancia, no sólo como proveedores de materia prima, sino también como potenciales generadores de valor agregado y nuevas oportunidades de negocio. Sin embargo, la alta expectativa también trae interrogantes sobre cómo se gestiona el recurso y cuál es el verdadero impacto que tendrá en el desarrollo nacional.

En Argentina, la actividad se concentra principalmente en los salares a la altura del noroeste, en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. Estos territorios se han convertido en el espacio donde se desarrollan numerosos proyectos de explotación de litio. La expansión de esta actividad genera tensiones que involucran a múltiples actores. En lo ambiental, la explotación ejerce una fuerte presión sobre el uso de agua y plantea riesgos para la biodiversidad. En lo social, las comunidades originarias reclaman por mayor participación en la toma de decisiones y protección de sus territorios. En lo económico, aparecen interrogantes en si las empresas argentinas pueden capturar valor, debido a que gran parte de la finalidad de la explotación de este recurso se concentra en la exportación sin mayores encadenamientos productivos ni desarrollos tecnológicos asociados.

Además se presenta la paradoja central de la investigación, la transición hacia energías limpias podría convertirse en una deuda pendiente si el ciclo de vida del litio no es gestionado de manera responsable, sustituyendo un problema por otro en lugar de consolidar un modelo verdaderamente sustentable. Frente a este panorama, se hace necesario evaluar el ciclo de vida del litio en Argentina, desde sus métodos de extracción hasta la gestión de los desechos al final de la vida útil de las baterías, a fin de identificar tanto los impactos como las oportunidades que abre para el desarrollo de negocios sustentables y competitivos.

### **1.3. Preguntas de investigación**

#### **1.3.1. Pregunta general**

¿Cómo influye el ciclo de vida del litio en la sustentabilidad económica, social y ambiental de Argentina y en las oportunidades de negocio sostenibles?

#### **1.3.2. Preguntas específicas**

1. ¿Cómo se desarrollan los procesos de extracción del litio en Argentina?
2. ¿Cuáles son sus beneficios y desventajas en términos económicos y socioambientales?
3. ¿Qué ventajas ofrece el litio frente a otras alternativas energéticas y tecnológicas sostenibles en el contexto actual de los negocios?
4. ¿De qué manera las organizaciones pueden integrar el litio en sus procesos productivos para obtener beneficios económicos y ventajas competitivas sostenibles?
5. ¿Cuál es la importancia de una gestión adecuada de los residuos de litio al final de su vida útil?

## **1.4. Objetivo de investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el ciclo de vida del litio en Argentina para identificar su impacto y oportunidades, con foco en la generación de negocios sostenibles y ventajas competitivas.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Analizar los procesos de extracción del litio en Argentina
2. Identificar el impacto de la extracción en las dimensiones económica, social y ambiental.
3. Comparar el litio con otras alternativas sostenibles a fin de identificar la opción más adecuada
4. Explorar cómo las empresas pueden aplicar el litio en sus procesos productivos, evaluando los beneficios económicos y estratégicos que obtienen al hacerlo.
5. Distinguir las principales prácticas de gestión de residuos de litio y evaluar su relevancia para la sustentabilidad

## 1.5. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica por la creciente necesidad global de litio, impulsada por la transición energética, posiciona a Argentina como un actor estratégico dentro del Triángulo ABC. Este recurso natural representa una oportunidad única para potenciar el desarrollo económico del país y al mismo tiempo para avanzar hacia modelos de negocios más sostenibles.

Bajo estas condiciones, resulta clave analizar tanto los beneficios como las consecuencias que derivan de los procesos de extracción de este metal alcalino. Asimismo, indagar en los posibles usos empresariales, permite comprender el potencial de este recurso como generador de ventajas competitivas sostenibles en un mercado global en expansión. Por otro lado, el análisis comparativo entre el litio y otras alternativas energéticas sostenibles, como por ejemplo el sodio, ofrece un marco para valorar su posición estratégica en la actualidad.

Finalmente, la adecuada gestión de los residuos provenientes de baterías de litio se vuelve un aspecto central, no sólo para mitigar impactos ambientales, sino también para cerrar el ciclo productivo de manera eficiente y sustentable.

En este marco, López, A et al. (2019) señalan que hace más de 25 años, el litio era demandado principalmente para la fabricación de celulares y computadoras, en la actualidad, el mayor impulso proviene de la producción de baterías para vehículos eléctricos y, de manera más incipiente, para el almacenamiento de energías renovables. Esta transformación en los usos del litio refuerza la relevancia de estudiar su papel estratégico dentro de la transición energética.

## **1.6. Estructura del documento**

El presente documento de investigación se divide de la siguiente manera:

### **Capítulo 1: Introducción**

El primer capítulo introduce la temática central del trabajo, centrada en el ciclo de vida del litio en Argentina y su incidencia en la sustentabilidad económica, social y ambiental del país. En el contexto de la transición energética global, el litio se presenta como un recurso estratégico que posiciona a la Argentina dentro del denominado “Triángulo del Litio” y la proyecta como un actor relevante en el mercado internacional. Además, se desarrolla la relevancia del tema, la problemática que orienta la investigación, los objetivos planteados y la justificación del estudio, con el propósito de analizar los impactos y oportunidades que este recurso ofrece para impulsar un modelo de desarrollo sostenible y competitivo.

### **Capítulo 2: Marco teórico**

Este apartado desarrolla los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación sobre el ciclo de vida del litio en Argentina. Se abordan los antecedentes vinculados al cambio climático, la transición energética y el papel estratégico del litio dentro de este proceso, junto con las dimensiones económica, social y ambiental que conforman el enfoque de triple impacto. Además, se incorporan marcos teóricos sobre agregado de valor, gestión de residuos y normativas vigentes, que proporcionan el soporte conceptual necesario para el análisis empírico posterior.

### **Capítulo 3: Metodologías de la investigación**

Se detalla la estructura metodológica empleada para desarrollar el estudio, especificando el tipo de investigación, los enfoques adoptados y los instrumentos utilizados para la recolección y el análisis de datos. La combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas, junto con la aplicación del método de triangulación, permite alcanzar una comprensión integral del fenómeno y sustentar empíricamente los objetivos planteados.

### **Capítulo 4: Trabajo de campo**

Se describen las actividades realizadas durante el proceso de campo, orientadas a recopilar evidencia empírica relevante sobre el ciclo de vida del litio en Argentina. Las entrevistas a empresarios y expertos del

sector, junto con las encuestas aplicadas, conforman la base del relevamiento, integrando miradas complementarias que enriquecen la comprensión del objeto de estudio.

### **Capítulo 5: Análisis de los resultados**

A partir de los datos obtenidos, se lleva a cabo un examen interpretativo que vincula los hallazgos empíricos con los marcos teóricos desarrollados previamente. Se emplean herramientas como el diferencial semántico de Osgood, la matriz semafórica y la triangulación, que permiten comparar percepciones, impactos y oportunidades relacionadas con el desarrollo sostenible del litio en Argentina.

### **Capítulo 6: Conclusión**

El trabajo culmina con una síntesis de los principales resultados y aprendizajes surgidos del proceso de investigación. Se discuten las implicancias teóricas y prácticas de los hallazgos, se reconocen las limitaciones del estudio y se proponen posibles líneas de continuidad orientadas a profundizar el análisis sobre sostenibilidad, innovación y agregado de valor en la industria del litio.

## Capítulo 2: Marco teórico

### 2.1 Introducción

A lo largo de este capítulo se desarrollan los principales conceptos teóricos que sustentan el trabajo de investigación sobre el ciclo de vida del litio en Argentina. Se abordan los antecedentes y fundamentos relacionados con el calentamiento global, la transición energética y el rol estratégico del litio dentro de este proceso, junto con las dimensiones económica, social y ambiental que conforman el enfoque de triple impacto. Además, se incorporan marcos conceptuales que permiten comprender la relevancia del litio con valor agregado, la gestión de residuos y las normativas vigentes, brindando el sustento teórico necesario para el posterior análisis empírico del estudio.

### 2.2. Calentamiento global

Para comprender el fenómeno del calentamiento global, resulta necesario comenzar explicando el efecto invernadero, un proceso natural que permite mantener la temperatura de la tierra en niveles adecuados para la vida. La atmósfera deja pasar radiación solar hacia la superficie terrestre, la cual se calienta y posteriormente emite energía en forma de radiación infrarroja. Una parte de esa radiación logra escapar hacia el espacio mientras que otra es retenida por ciertos gases de la atmósfera que poseen la capacidad de absorber y remitir el calor, generando el denominado efecto invernadero. Gracias a este mecanismo, según Caballero et al., (2007), la temperatura promedio global se mantiene en torno a los 15 grados celsius (sobre cero), mientras que en ausencia del mismo descendería aproximadamente a los -15 grados celsius (bajo cero), lo que haría inviable la vida en el planeta.

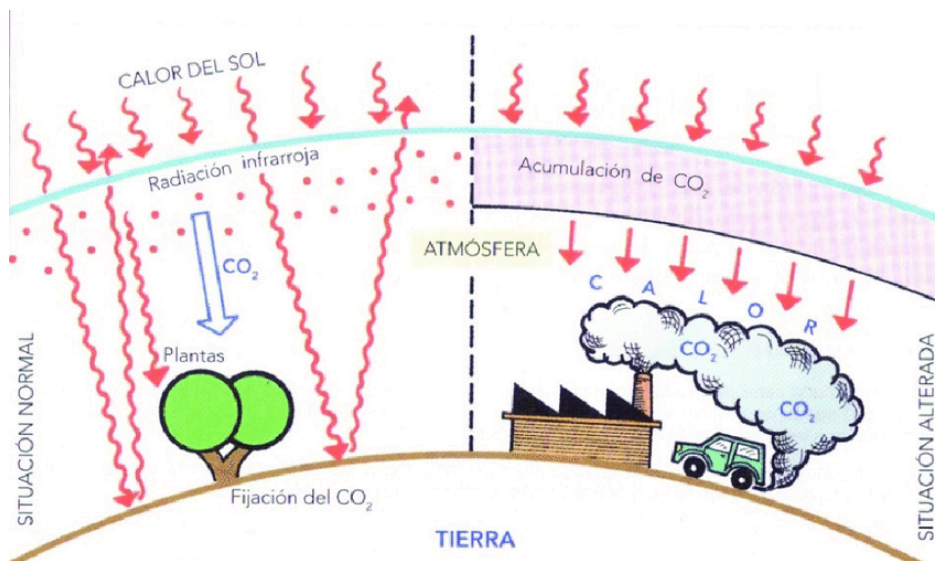
En parte, la atmósfera está compuesta por oxígeno, nitrógeno y argón, estos gases no intervienen de manera significativa en la regulación térmica, ya que son transparentes a la radiación infrarroja, es decir, permiten tanto la entrada como la salida de la energía sin retener el calor. En cambio, otros gases presentes en proporciones menores, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), si poseen la capacidad absorber y reemitir la radiación infrarroja, impiden que toda la energía se escape al espacio. Entre ellos se destacan el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, el ozono y el vapor de agua en cantidades variables como la humedad en el aire y en las nubes (Power, G., 2009).

Las emisiones se definen como la liberación de estos gases a la atmósfera producto de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación o determinados procesos industriales. Estas emisiones contribuyen a incrementar la concentración de GEI, intensificando el efecto invernadero natural (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2021).

El problema surge cuando este equilibrio natural se ve alterado por la acción humana, especialmente a partir de la Revolución Industrial. La quema de carbón, petróleo y gas natural, junto con la deforestación y determinados procesos industriales ha incrementado de manera sostenida la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Este exceso de emisiones es medido a través de la huella de carbono, indicador que cuantifica la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente por una persona, empresa o producto (Carbon Trust, 2020). Como se puede ver en la Figura 1, este aumento refuerza el efecto invernadero natural capaz de retener una mayor proporción de radiación infrarroja y genera un desequilibrio en el balance energético del planeta.

### Figura 1

*El efecto invernadero: situación normal y situación alterada por exceso de dióxido de carbono*



*Nota.* Tomado de Gestión del carbono: ¿Una alternativa efectiva contra el calentamiento global?, por C. Vásquez Tarazona, 2014, Quipukamayoc, 18(35), p. 143. <https://doi.org/10.15381/quipu.v18i35.3715>

Este proceso de intensificación del efecto invernadero se lo conoce como “Calentamiento Global”, el incremento sostenido de la temperatura promedio del planeta debido al exceso de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Según la Agencia Internacional de Energía, cerca del 86% de las emisiones globales de dióxido de carbono provienen de la quema de combustibles fósiles para la producción de energías y materiales, lo que confirma que el modelo energético actual es el principal responsable del calentamiento global (BBC News Mundo, 2021).

Sus impactos ya son visibles, el retroceso acelerado de los glaciares, la elevación del nivel del mar, la mayor frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos y la alteración de los patrones de precipitación, con consecuencias directas en la agricultura, biodiversidad y salud humana. Debido a este contexto, en los últimos años ha cobrado fuerza el concepto de “emergencia climática”, utilizado para enfatizar la urgencia y la gravedad del problema. Este término no se limita a describir un cambio en las condiciones del clima, sino que busca transmitir la inminencia de un riesgo global y la necesidad de respuestas rápidas y coordinadas. Como señalan Amico et al. (2020), hablar de “emergencia climática” en lugar de “cambio climático” responde a la necesidad de transmitir la gravedad del problema, asociado con el riesgo de alcanzar puntos de no retorno en el sistema climático. Para comprender de manera integral esta problemática, resulta necesario analizarla desde diferentes perspectivas: La política, relacionada con los acuerdos internacionales; La social, vinculada al activismo y conciencia ciudadana Y la ambiental-tecnológica, donde se distinguen los motores naturales y humanos de mitigación.

Desde la perspectiva política, uno de los hitos más relevantes en la lucha contra el cambio climático fue el protocolo de Kioto, adoptado en 1997 y en vigor desde 2005, que estableció por primera vez objetivos jurídicamente vinculantes de reducción de gases de efecto invernadero para los países industrializados. Este acuerdo sentó las bases para el desarrollo de mecanismos que incentivaron al desarrollo de proyectos sostenibles y tecnologías limpias en países en desarrollo (ONU, 1998). Sin embargo, su alcance fue limitado, ya que excluía compromisos para gran parte de las naciones en desarrollo, que en ese momento comenzaban a incrementar de manera significativa sus emisiones.

Posteriormente, en 2015, se adoptó el acuerdo de París, considerado el principal marco internacional en la actualidad. A diferencia de Kioto, amplió su alcance a todos los países, estableció que cada nación debe presentar sus propias contribuciones determinadas a nivel nacional (NDCs), lo que permitió superar la limitación de Kioto de centrarse solo en países industrializados. Asimismo, fijó como meta colectiva mantener el aumento de temperatura global por debajo de los 2 grados celsius respecto de los niveles preindustriales, preferiblemente a 1,5 grados celsius y estableció el objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono en la segunda mitad del siglo XXI. Gracias a este acuerdo, los países, regiones, ciudades y empresas están estableciendo objetivos de neutralidad de carbono, volviendo las soluciones de cero emisiones competitivas en todos los sectores, principalmente los de energía y transporte (ONU, 2015). De esta manera, los acuerdos internacionales de Kioto y París no sólo reflejan la voluntad política de reducir las emisiones globales, sino que también ponen en evidencia la necesidad de acciones concretas que permitan alcanzar los objetivos fijados.

Desde la perspectiva social, la figura de Greta Thunberg ha adquirido una relevancia central en el debate contemporáneo sobre el cambio climático. Nacida en Suecia en 2003, comenzó en 2018 una propuesta individual frente al Parlamento sueco, conocida como “huelga escolar por el clima”, que dio origen al movimiento internacional Fridays for Future. Desde entonces, se ha convertido en un símbolo del activismo juvenil y una de las voces más influyentes en instalar la noción de emergencia climática en la agenda pública global. Su mensaje se caracteriza por la interpelación directa a los líderes políticos y empresariales, cuestionando la falta de acción frente a la crisis ambiental. En su intervención en la Cumbre de Acción Climática de la ONU en 2019, Thunberg enfatizó: “La gente está sufriendo y muriendo. Ecosistemas enteros colapsando. Estamos al comienzo de una extinción masiva, y de lo único que pueden hablar es de dinero y cuentos de hadas sobre un eterno crecimiento económico. ¡Cómo se atreven!” (Thunberg, 2019).

Desde la perspectiva ambiental-tecnológica el cambio climático puede analizarse a partir de los factores que actúan como motores de mitigación, tanto naturales como humanos. El primero es un motor natural, representado por ecosistemas estratégicos como la Amazonia, cuyo rol resulta indispensable. Este bosque, el más grande del planeta, cumple dos funciones esenciales, por un lado, regula el ciclo hidrológico, reduciendo el riesgo de inundaciones y por otro lado, actúa como sumidero de carbono, al capturar enormes

cantidades de dióxido de carbono durante la fotosíntesis y almacenarlo en su biomasa, evitando que dicho gas se acumule en la atmósfera y contribuya al calentamiento global (Cifuentes y Cote, 2022). El segundo es un motor humano, basado en el desarrollo de energías renovables como la solar o la eólica que permiten generar electricidad sin emisiones de gases de efecto invernadero. Estas fuentes constituyen la base tecnológica de la transición energética, aunque representan el desafío de la intermitencia, el sol no brilla las 24 horas y el viento no sopla siempre con la misma intensidad. Por ello, el almacenamiento energético se convierte en una condición necesaria para que las energías renovables puedan sustituir efectivamente los combustibles fósiles, en este marco, el litio se posiciona como un recurso estratégico clave, ya que permite la fabricación de baterías recargables capaces de almacenar energía renovable y garantizar su disponibilidad continua.

### **2.3. Transición Energética**

La transición energética es el proceso de transformación del sistema energético mundial hacia un modelo basado en fuentes renovables y bajas en carbono, con el objetivo de descarbonizar la economía y reducir la dependencia de combustibles fósiles (Pérez, 2020). Este proceso implica sustituir progresivamente el carbón, el petróleo y el gas por fuentes limpias como la energía solar, eólica, hidráulica o geotérmica, y promover el desarrollo de tecnologías de almacenamiento como las baterías de ion-litio, fundamentales para garantizar estabilidad en la red eléctrica.

Un claro ejemplo de esta transición se observa en el sector del transporte, donde los vehículos eléctricos comienzan a reemplazar a los autos de combustión interna. Mientras los primeros funcionan mediante energía eléctrica almacenada en baterías recargables, los segundos dependen de motores que queman combustibles fósiles, liberando dióxido de carbono y otros contaminantes. Según la Agencia Internacional de Energía (2023), los autos eléctricos emiten entre un 50% y 70% menos de CO<sub>2</sub> a lo largo de su ciclo de vida en comparación con los vehículos convencionales, especialmente cuando la electricidad que utilizan provienen de fuentes renovables.

En este contexto, los parques solares, instalaciones de gran escala que agrupan cientos o miles de paneles fotovoltaicos, se han convertido en pilares de la generación de energía limpia. Estos parques permiten producir electricidad a gran escala y contribuyen a aumentar la proporción de energía renovable

vendida dentro del mercado eléctrico nacional, un indicador que refleja el avance hacia matrices energéticas más sostenibles (Ministerio de Economía, 2021).

De esta manera, la transición energética no solo representa un cambio tecnológico, sino también un proceso estructural que redefine los modos de producción y consumo de energía a nivel global. Al mismo tiempo, implica una transformación social hacia un modelo de desarrollo sostenible que prioriza la eficiencia, la innovación y la equidad ambiental. Debido a esto, las energías renovables constituyen el eje central de este proceso, ya que permiten reemplazar progresivamente los combustibles fósiles mediante tecnologías sostenibles y de bajo impacto ambiental.

### **2.3.1. Energías renovables**

En el contexto de cambio, las energías renovables tienen un papel principal en el desarrollo de un modelo sostenible, capaz de responder a la creciente demanda de energía y preservar los recursos naturales así como mitigar el cambio climático. Cabe destacar que este paradigma ecológico es una consecuencia del uso excesivo de energías con alto impacto en el ambiente a partir de la Revolución Industrial, comentado en el punto anterior. Entre las principales fuentes disponibles se encuentran la energía solar y eólica, se imponen por su bajo impacto ambiental durante la generación y contribución de emisiones de gases de efecto invernadero, aunque no son perfectas, resultan de gran ayuda para el cambio de energético.

La energía solar tiene como base la adquisición de la radiación electromagnética proveniente del Sol, siendo esta transformada en electricidad gracias a sistemas fotovoltaicos o con el calor mediante tecnologías térmicas. En los últimos años, el desarrollo de esta tecnología mejoró los costos y la eficiencia en el uso de la energía. Se demuestra que “la disminución está impulsada por la eficiencia de módulos fotovoltaicos y los costos de hardware e inversores” (National Renewable Energy Laboratory, 2021). De acuerdo con López (2021), la energía solar ha pasado de ser una fuente complementaria a constituir uno de los pilares de la generación eléctrica en numerosos países, especialmente en regiones con alta radiación solar, como América Latina. Uno de los principales beneficios que otorga es la oportunidad de realizar pequeñas instalaciones domésticas como también de dimensiones industriales. Sin dejar de tener en cuenta que es sumamente necesaria la disponibilidad de luz solar para su óptimo funcionamiento, lo que implica que durante días nublados o directamente de noche, lleva a disminuir o interrumpir la producción.

Por otro lado, la energía eólica tiene un principio de funcionamiento basado en la transformación de la energía cinética del viento en energía eléctrica, mediante el uso de turbinas y sus aspas. Algunos autores confirman que “la energía eólica se ha consolidado como una de las tecnologías más competitivas del mercado eléctrico mundial, siendo capaz de generar grandes volúmenes de energía limpia” (González y Martín, 2020). El desarrollo de esta energía tiene como principal ventaja la disponibilidad del recurso que utiliza, aunque es necesario realizar un análisis exhaustivo de las condiciones climáticas y geográficas para un funcionamiento eficiente de los llamados campos eólicos.

Como señalamos con anterioridad y conclusiones afirman “esta clase de tecnologías se caracterizan por una importante fluctuación al momento de generar electricidad gracias a la variabilidad de la disponibilidad de viento o sol, fenómeno denominado como intermitencia” (Ejalde y Ponce, 2016). Este aspecto plantea grandes desafíos tales como planificar su uso de forma masiva o la preservación de la energía cuando el recurso principal de cada una no se encuentra disponible. Una vez expresado este punto, una solución son las baterías de ion-litio, convirtiéndose en una herramienta indispensable para superar las limitaciones de las energías renovables. Según Pérez (2020), “la incorporación de sistemas de almacenamiento basados en litio permite acumular el excedente energético producido y liberarlo durante los picos de demanda o cuando las condiciones climáticas desfavorables”. En este sentido, los bancos de baterías para energía solar, formados por conjuntos de baterías interconectadas, cumplen un rol clave al almacenar la electricidad generadas durante las horas de mayor radiación y liberarla cuando la producción disminuye, garantizando así un suministro más estable y eficiente. Por ende, el almacenamiento energético se consolida como un complemento esencial para el uso sostenible de la energía solar y eólica.

#### **2.4. Litio**

El litio es un elemento químico perteneciente al grupo de los metales alcalinos, con número atómico 3 y símbolo Li. Se caracteriza por ser el metal sólido más ligero y de menor densidad, con una gran reactividad química debido a su configuración electrónica, lo que le permite formar compuestos estables en su forma iónica  $Li^+$  (Britannica, s.f.). Además, según Greenwood y Earnshaw (1997), este metal posee propiedades que lo diferencian de otros alcalinos, ya que es más duro y reacciona con menor rapidez frente al agua en condiciones ambientales. Estas características explican por qué el litio ha adquirido gran

relevancia en el desarrollo de nuevas tecnologías, especialmente en el almacenamiento de energía a través de baterías recargables (Wietelmann y Klett, 2018).

El descubrimiento del litio se produjo en 1877, cuando el químico sueco August Arfvedson, trabajando en el laboratorio de Jöns Jakob Berzelius, identificó un nuevo componente en la petalita, mineral hallado previamente en 1800 por el naturalista brasileño Jose Bonifacio de Andrada e Silva. De todas maneras, Arfvedson no fue él quien logró aislar el metal en estado puro, pero sí quien propuso el nombre lithion, derivado del griego lithos (piedra), en referencia a su origen mineral (Emsley, 1998). Más tarde, en 1855, Robert Bunsen y Augustus Matthiessen perfeccionaron el método de aislamiento y consiguieron producir grandes volúmenes de litio metálico, permitiendo el inicio de investigaciones más detalladas sobre sus propiedades físicas y químicas (Wietelmann y Klett, 2018). Estos avances consolidaron al litio como un elemento de interés científico en el siglo XIX, y hoy en día lo ubican como un recurso estratégico clave para la transición energética global.

En cuanto a su presencia en la naturaleza, el litio no se encuentra libremente o en estado elemental debido a su alta reactividad, sino que siempre está combinado con otros elementos. Como lo aclara Greenwood y Earnshaw (1997), “el litio está ampliamente distribuido en pequeñas cantidades en la corteza terrestre, pero se encuentra en concentraciones más altas en ciertos minerales como la espodumena, la lepidolita y la petalita, así como en algunas salmueras” (p. 63). Esto explica la razón por la cual, en la actualidad, los depósitos más importantes se ubican en ambientes geológicos específicos, como pegmatitas graníticas y cuencas de salares. A nivel mundial, se destaca el “Triángulo del Litio”, que concentra gran parte de las reservas explotables y se ha convertido en el eje central para la producción global (USGS, 2023).

Las propiedades fisicoquímicas de este metal también contribuyen a su creciente interés científico e industrial. Posee una densidad de apenas 0,534 g/cm<sup>3</sup>, lo que lo convierte en el metal más ligero conocido. Presenta un punto de fusión de 180,5 °C y un punto de ebullición de 1342 °C, valores más elevados que los otros metales alcalinos, lo que lo hace relativamente más estable. Tal como señala Emsley (1998), “estas propiedades distinguen al litio de sus homólogos, confiriendo un comportamiento químico único entre los alcalinos” (p.246). Además, el pequeño tamaño de su ion le otorga una elevada energía de ionización y la

capacidad de intercalarse en diversas matrices cristalinas, propiedad clave para el funcionamiento de las baterías de ion-litio modernas (Whittingham, 2004).

Desde su aislamiento en el siglo XIX, el litio comenzó a utilizarse en aplicaciones industriales que aprovechan sus propiedades particulares. Entre los primeros usos documentados se encuentra la fabricación de vidrios y cerámicas resistentes al calor, grasas lubricantes de alto rendimiento y aleaciones metálicas ligeras para la industria aeronáutica (Habashi, 1997). Estas aplicaciones iniciales se sustentaban en su baja densidad, la estabilidad térmica y la capacidad del litio para mejorar propiedades mecánicas de los materiales.

Con el paso del tiempo, y especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, el litio adquirió un papel protagónico en el ámbito energético y tecnológico. La invención de las baterías recargables ion-litio en la década de 1980 marcó un punto de inflexión, al posibilitar el desarrollo de dispositivos electrónicos portátiles. Como señalan Tarascon y Armand (2001), “las baterías ion-litio han revolucionando la vida moderna al convertirse en la principal fuente de energía para la electrónica portátil y, más recientemente para la propulsión eléctrica” (p. 2014).

Actualmente, los compuestos de litio son empleados en una gran variedad de industrias: En la energética, como componente esencial de las baterías de vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energías renovables; en la metalúrgica, en la producción de aleaciones ligeras de aluminio y magnesio; en la industria del vidrio y la cerámica, para mejorar resistencia térmica; y en la lubricación industrial, en forma de grasas de litio que soportan altas temperaturas (Xu, 2014; Zubi et al., 2018). Esta diversificación de usos refleja su carácter estratégico en muchas industrias pero principalmente en el desarrollo de nuevas tecnologías sostenibles.

#### **2.4.1. Proceso de Extracción**

La importancia de América Latina en el mercado global de litio es indiscutible y la región conformada por Argentina, Bolivia y Chile concentra el 58% de las reservas mundiales de este recurso en salares, lo que garantiza una alta rentabilidad dado que los métodos de extracción en salmueras resultan menos costosos que los aplicados en depósitos de roca dura, presentes en países como Australia, Brasil,

México y Perú (USGS, 2021). En particular, Argentina se ubica como el segundo país con mayores recursos identificados, con 19,3 millones de toneladas de litio, sólo superado por Bolivia con 21 millones. El país cuenta con litio tanto en salares de Catamarca, Salta y Jujuy, como en depósitos de roca en Córdoba, San Luis, Catamarca y Salta, y se ha consolidado como el cuarto productor mundial de carbonato de litio equivalente (LCE), con 33.000 toneladas en 2021, lo que representa aproximadamente el 6% de la oferta global (USGS, 2021; Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021). El LCE es una unidad estandarizada que permite expresar la cantidad total de litio contenida en diferentes compuestos, como el carbonato o el hidróxido de litio, bajo una misma medida de referencia, facilitando la comparación entre proyectos y países productores (USGS, 2023).

Como ya se ha mencionado, el litio se encuentra en la naturaleza tanto en salmueras continentales como en minerales de roca dura como espodumena, lepidolita, petalita, entre otros. De allí derivan los dos métodos principales de extracción: la evaporación solar de salmueras y el procesamiento de minerales de roca dura.

#### **2.4.1.1. Salmueras**

En el caso de las salmueras, que representa la principal fuente de litio en Sudamérica, el proceso consiste en la extracción de agua subterránea rica en sales hacia grandes piletas de evaporación solar o piletas de acopio de salmuera. Allí, mediante la acción solar y la reducción progresiva de volumen, se concentran los diferentes compuestos hasta obtener soluciones ricas en cloruro de litio, que luego son sometidas a procesos químicos para obtener carbonato o hidróxido de litio de grado comercial (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021).

Este procedimiento se desarrolla a través de distintas etapas de evaporación solar, en las cuales se añade cal con el fin de precipitar sales con sodio, potasio, magnesio y calcio, que suelen estar presentes en mayor proporción que el litio. A medida que avanza el proceso, la concentración de litio en la salmuera se incrementa significativamente: De un contenido inicial aproximado del 0,22% puede alcanzar hasta un 6%, dependiendo de la composición química particular de cada salar y de la presencia de impurezas como boro y magnesio. Una vez concentrada, la salmuera se traslada a una planta industrial, donde se eliminan aquellas impurezas restantes y se añade carbonato de sodio para inducir la precipitación del carbonato de litio

( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), un compuesto sólido con baja solubilidad que se separa con facilidad. Posteriormente, este se seca, refina y clasifica según su pureza para obtener carbonato de litio grado batería, o bien se transforma en otros derivados como hidróxido de litio, cloruro o fluoruro de litio, según las demandas del mercado (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021).

Cabe destacar que este método, si bien ofrece una ventaja económica respecto a la explotación de minerales de roca dura, también presenta limitaciones ambientales y operativas, principalmente por su alto consumo de agua y a la dependencia de condiciones climáticas secas y soleadas. En palabras de Flexer, Baspineiro y Galli (2018), “el método de evaporación solar es el más utilizado en el Triángulo del Litio debido a su bajo costo, aunque presenta limitaciones ambientales y en el consumo de agua” (p. 2).

#### **2.4.1.2. Minerales de roca dura**

La extracción a partir de minerales de roca dura, característica de países como Australia, donde predomina la espodumena, pero también presente en algunos yacimientos argentinos, implica la explotación minera de espodumena y otros aluminosilicatos. El proceso comienza con la extracción minera tradicional, que implica la remoción del mineral, su trituración y posterior concentración por métodos físico-químicos, como separación gravitacional o flotación. Una vez concentrado, el material se somete a un tratamiento térmico en hornos, lo que permite transformar la fase natural del mineral en una fase más reactiva. Esta conversión es fundamental porque facilita la posterior disolución y liberación del litio (Flexer, Baspineiro & Galli, 2018).

Luego, el concentrado calcinado es tratado con ácidos o con carbonato de sodio a alta temperatura, dependiendo del proceso utilizado. En el caso de la lixiviación ácida, el resultado es la formación de sulfato de litio, que posteriormente se precipita y purifica. En cambio, el tratamiento con carbonato de sodio permite obtener directamente carbonato de litio, que puede refinarse hasta alcanzar calidad industrial o grado batería (Zhang et al., 2018). Si bien este método permite una producción más rápida, independiente de factores climáticos y controlada, sus costos son significativamente más altos en comparación con los de la evaporación de salmueras (Flexer et al., 2018; USGS, 2021).

### 2.4.1.3. DLE

La Extracción Directa de Litio (Direct Lithium Extraction, DLE) es una de las innovaciones tecnológicas más relevantes en la industria del litio en los últimos años. Este grupo de técnicas busca optimizar la recuperación del metal a partir de salmueras naturales, lo que reduce en gran medida el impacto ambiental y los plazos de producción respecto a métodos convencionales de evaporación. Gracias al aumento de demanda del litio, tecnologías como el DLE tienen un foco mucho mayor para las estrategias de las diversas empresas en cuanto a la sostenibilidad de la cadena de suministro de baterías.

La principal diferencia al método tradicional, basado en tanques de evaporación que requieren entre 12 y 18 meses para alcanzar la concentración adecuada, es que usa sistemas modulares de procesamiento en los que el metal se separa al cabo de horas o días mediante procesos físico químicos. Estas técnicas permiten extraer los iones de litio de la salmuera y devolver el fluido residual nuevamente al salar, contribuyendo a la conservación del equilibrio hídrico y reduciendo la huella ambiental (Goldman Sachs Global Metals & Mining, 2023).

Desde una perspectiva más técnica, el proceso DLE implica el bombeo de salmuera desde el subsuelo hacia una planta, donde el litio se captura en materiales especializados tales como resinas, perlas cerámicas o membranas y luego una liberación de la solución concentrada que puede transformarse en carbono o cloruro de litio. Gracias a este proceso se elimina la dependencia de las condiciones climáticas, evaporación solar y el uso extensivo de tierras, lo que representa una ventaja sustancial frente al método tradicional de pozas de evaporación, cuya operación requiere grandes extensiones de superficie y un elevado consumo de agua (Goldman Sachs Global Metals & Mining, 2023).

En el informe de Goldman Sachs (2023) se destaca que con la implementación del DLE se podría duplicar la producción mundial del litio gracias a las elevadas tasas de recuperación, dando como resultado un impacto en la rentabilidad y en la sostenibilidad del sector. Además, gracias a la posibilidad de reinyectar la salmuera procesada se reduce la presión ambiental de los sistemas donde se trabaja. En cuanto a la cantidad de suelo utilizado, con los proyectos DLE se reduce a más de 20 veces la superficie utilizada para producir la misma cantidad de litio (Goldman Sachs Global Metals & Mining, 2023).

Existen diversas variantes tecnológicas dentro del DLE. La adsorción es actualmente la más desarrollada a nivel global: utiliza materiales sintéticos con estructuras porosas diseñadas para retener selectivamente los iones de litio, alcanzando recuperaciones superiores al 90% sin necesidad de reactivos químicos agresivos. El intercambio iónico (IX), por su parte, se basa en resinas funcionalizadas que sustituyen los iones del medio por litio, mientras que la extracción con solventes (SX) y las membranas selectivas se encuentran en etapas de desarrollo avanzado, ofreciendo alternativas prometedoras para distintos tipos de salmueras. Cada tecnología requiere ajustes específicos según la composición química del salar, pero todas comparten el objetivo de maximizar la eficiencia y minimizar los impactos ambientales.

## **2.5. Análisis de alternativas energéticas**

En el marco de la transición energética global, las tecnologías de almacenamiento y conversión de energía ocupan un rol central para garantizar un futuro sostenible. Si bien el litio ha adquirido un papel protagónico como insumo estratégico para las baterías que impulsan la electromovilidad y permiten integrar energías renovables, no constituye la única alternativa disponible. En los últimos años, han surgido otras opciones como las baterías de sodio y las aplicaciones basadas en hidrógeno, que ofrecen diferentes ventajas y limitaciones según el contexto de uso. El análisis de estas alternativas resulta clave para comprender cuál de ellas se presenta hoy como la más adecuada en el escenario de negocios y sostenibilidad.

El litio ha sido reconocido como un mineral clave para la transición energética por su presencia en baterías aplicadas a la movilidad eléctrica y al almacenamiento de energías renovables. Sin embargo, el aumento de su demanda y de sus costos ha impulsado la investigación sobre alternativas que pueden complementar su uso, entre las que se destacan las baterías de sodio y las tecnologías basadas en hidrógeno. Tal como señalan Paco et al. (2024), la comparación entre estas tres alternativas debe contemplar factores como los costos de fabricación, la autonomía, el tiempo de vida, la eficiencia y la infraestructura requerida. Bajo este enfoque, cada una de estas tecnologías aporta ventajas particulares y responde a finalidades específicas, lo que permite alcanzar hacia un modelo energético más diversificado.

### 2.5.1. Sodio

El sodio ha despertado gran interés como recurso para baterías debido a que es un mineral ampliamente disponible en la naturaleza y distribuido de manera más equitativa a nivel mundial, lo que reduce riesgos de suministro y presión sobre territorios específicos (Romero y Vázquez. 2024). Como señalan algunos autores, “el sodio se plantea como una solución más económica y viable en climas de extremo frío o calor, aunque su densidad energética es menor respecto al litio” (Paco et al., 2024). Como se puede ver en la Tabla 1, sus limitaciones son significativas, la menor densidad energética restringe la autonomía de las baterías mientras que su ciclo de vida más corto reduce la durabilidad de las mismas.

**Tabla 1**

*Tabla comparativa entre baterías de litio y sodio*

	<b>Baterías Li-Ion</b>	<b>Baterías Na-Ion</b>
<b>Costo de fabricación</b>	190 US\$/kWh	50 US\$/kWh
<b>Autonomía (Distancia)</b>	800 - 1.000 Km	400 - 500 Km
<b>Tiempo de vida</b>	4.000 - 10.000 ciclos	2.000 - 5.000 ciclos
<b>Salud de la batería</b>	60% - 80%	80%

Nota. Adaptado de Paco, I. W. N., Suárez, A. I. D. L. H., & Suárez, B. A. D. L. H. (2024). Comparativa de baterías de litio, sodio e hidrógeno en la descarbonización de las economías. *Polo del Conocimiento*, 9(4), 1313-1336.

Cuentan con un tiempo promedio de vida de entre 2.000 y 5.000 ciclos frente a las de litio que ofrecen desde 4.000 a 10.000 ciclos, a su vez, su autonomía ronda entre los 400-500 Km comparado a los 800-1.100 Km que ofrecen las baterías de Li-ion. En este sentido, el sodio se perfila como una opción complementaria más que sustitutiva, es abundante, accesible y seguro, pero aún requiere superar barreras técnicas para alcanzar la competitividad del litio en aplicaciones de gran escala.

### **2.5.2. Hidrógeno**

El hidrógeno se presenta como una de las alternativas más prometedoras para la transición energética por su potencial para generar electricidad sin emitir gases contaminantes. A diferencia de las baterías convencionales, no almacena energía directamente, sino que al combinarse con el oxígeno en una pila de combustible produce electricidad en tiempo real, generando únicamente agua y calor como desechos. Este proceso convierte el hidrógeno en un vector energético limpio y versátil, capaz de alimentar motores eléctricos sin generar dióxido de carbono. Entre sus beneficios se destacan la rapidez de recarga y la elevada autonomía, lo que lo vuelve altamente competitivo en transporte pesado y de larga distancia. Además, las pilas de hidrógeno son más compactas, ligeras y silenciosas que las baterías de Ion-Litio, lo que mejora la eficiencia y la experiencia de conducción. Sin embargo, sus desventajas siguen siendo notorias, la producción de hidrógeno verde aún presenta costos elevados debido al uso de materias primas como el platino y la infraestructura necesaria es más compleja, requiriendo tanques de alta presión, compresores y sistemas de preenfriamiento (Paco et al., 2024).

Es importante aclarar que no todo el hidrógeno tiene el mismo impacto ambiental, ya que existen diferentes tipologías según su forma de producción: El hidrógeno gris obtenido a partir de gas natural fósil mediante reformado con vapor, liberando cerca de diez toneladas de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de hidrógeno producido, por lo que resulta altamente contaminante. El hidrógeno azul comparte el mismo proceso, pero incorpora sistemas de Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC) que permiten retener hasta un 90% de las emisiones, lo que lo convierte en una opción de bajas emisiones pero no totalmente neutra. El hidrógeno verde, en cambio, se produce mediante electrólisis del agua utilizando electricidad proveniente de energías renovables, y es el único que puede considerarse completamente sostenible al no generar emisiones de dióxido de carbono. Junto a estos, se reconocen alternativas como el hidrógeno naranja, producido a partir de

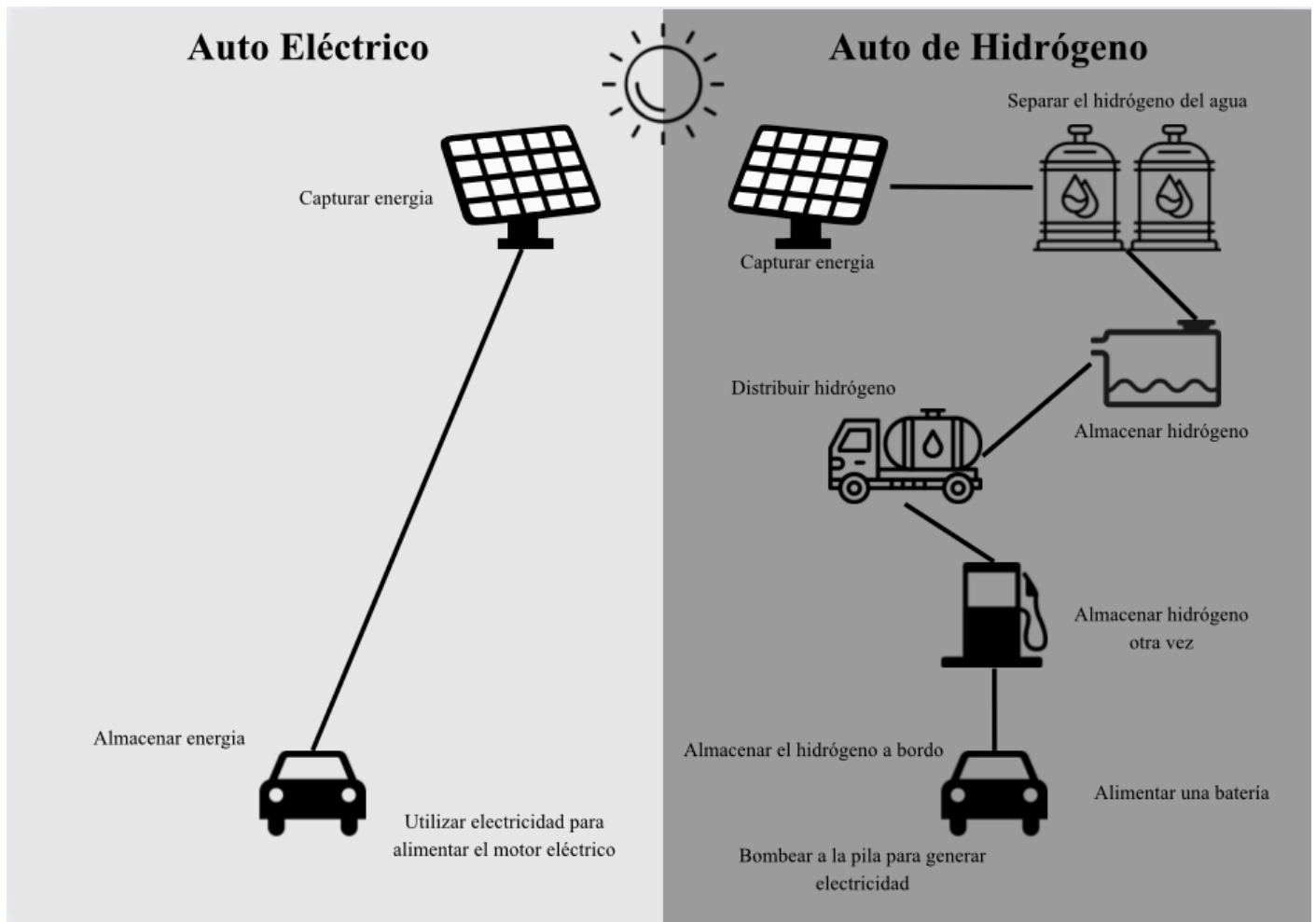
residuos y considerado neutro en carbono y el hidrógeno turquesa, obtenido mediante la pirólisis del metano que genera carbono sólido en lugar de CO<sub>2</sub>. No obstante, tanto el naranja como el turquesa aún se encuentran en fases iniciales de aplicación. En este sentido, el hidrógeno verde se perfila como el más alineado con los objetivos de descarbonización, aunque sus altos costos de producción constituyen la principal barrera para su masificación (BMW, 2024).

Diversas empresas automotrices ya han comenzado a desarrollar proyectos que reflejan el potencial de esta tecnología. Scania, por ejemplo, ha presentado camiones eléctricos de pila de combustible con más de 600 km de autonomía y tiempos de repostaje similares al diésel (Scania, 2021). Por su parte, BMW se ha posicionado como uno de los pioneros en la investigación del hidrógeno con desarrollos desde el año 1980. A lo largo de los años, la empresa ha llevado a cabo diferentes fases de experimentación, desde motores a combustión interna alimentados por hidrógeno líquido hasta las actuales pilas de combustible. Su alianza con Toyota, firmada en 2013, permitió acelerar el desarrollo conjunto de esta tecnología y dio origen al modelo BMW iX5 Hydrogen, presentado en 2023, con una autonomía aproximada de 500 a 600 km y tiempos de recarga de menos de 4 minutos (BMW, 2024). Este vehículo, basado en el clásico BMW X5 marca un hito en la movilidad sostenible, al integrar la rapidez del repostaje con las ventajas de un sistema de propulsión completamente libre de emisiones.

Las diferencias entre el litio y el hidrógeno radican principalmente en su eficiencia, autonomía y aplicabilidad. Las baterías de ion-litio presentan un sistema más directo y eficiente, en el que la energía captada se almacena y utiliza casi sin intermediarios, lo que las hace ideales para movilidad urbana, trayectos intermedios y vehículos livianos. Como se puede ver en la figura 2, el proceso energético del litio resulta más simple y lineal que el hidrógeno, que requiere etapas adicionales de producción, almacenamiento y reconversión de energía, este último demanda un proceso más complejo pero ofrece mayor autonomía y tiempos de recarga considerablemente más cortos. Por esta razón, el hidrógeno se perfila como la opción más adecuada para el transporte pesado y los viajes de larga distancia. Además, los tanques de hidrógeno son más livianos en relación a las baterías de litio, lo que puede significar un ahorro de hasta dos toneladas, lo que permite mayor capacidad de carga útil. De este modo, ambas tecnologías no compiten entre sí, sino que se complementan dentro del nuevo paradigma de movilidad sostenible, respondiendo a diferentes necesidades energéticas y operativas.

**Figura 2**

*Diferencias en los procesos de conversión y almacenamiento de energía entre autos eléctricos y de hidrógeno.*



Nota. Adaptado de Car, P. (2022, febrero 11). Vehículo Eléctrico vs Hidrógeno. Powering Car. <https://www.poweringcar.com/2022/02/11/elementor-26846/>

## 2.6. Triple impacto

### 2.6.1. Impacto económico

El litio es el recurso que se perfila hoy en día como un pilar estratégico para la economía argentina dentro del contexto global de la sustentabilidad. Su explotación abre oportunidades significativas, pero también plantea desafíos en términos de captura de valor y sostenibilidad. La producción y exportación de litio contribuyen directamente al ingreso de divisas; en 2023, las ventas argentinas alcanzaron 835 millones de dólares, representando más del 20% de las exportaciones mineras del país (Dialogue Earth, 2023). A nivel provincial, se estima que los proyectos en marcha pueden generar ingresos multimillonarios en divisas, lo que refuerza su papel como recurso estratégico para el comercio exterior (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021).

Para desarrollar estos proyectos, Argentina ha buscado atraer inversión extranjera mediante incentivos fiscales y estabilidad tributaria, lo que ha derivado en un fuerte ingreso de capitales internacionales en provincias como Jujuy, Salta y Catamarca. Sin embargo, informes como el del Centro de Economía Política Argentina (2023) advierten que esta dependencia del capital y de la tecnología extranjera puede limitar la autonomía nacional y dificultar la consolidación de una cadena de valor local.

Actualmente, gran parte del litio argentino se exporta como materia prima, con destino principal a Estados Unidos y China, lo que restringe la captura de valor agregado en el país (FARN, 2019). Este modelo extractivo-exportador limita el desarrollo de industrias de segunda etapa, como la fabricación de celdas o baterías, que permiten aumentar los beneficios económicos y tecnológicos. Para superar esta restricción, se plantea la necesidad de políticas públicas que promuevan el procesamiento químico, la industrialización y la innovación tecnológica en territorio nacional (CEPA, 2023).

La minería del litio también impacta en las economías regionales. Genera empleos directos en los proyectos mineros e indirectos a través de proveedores, transporte y servicios. En áreas como la Puna Argentina, donde la infraestructura es limitada, estas inversiones tienen el potencial de dinamizar la actividad económica y mejorar la calidad de vida local. No obstante, la distribución de beneficios sigue siendo desigual; los contratos y regalías provinciales muchas veces no logran capturar una parte suficiente de

la renta minera, y la fragmentación institucional dificulta la coordinación de políticas (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021).

Otro aspecto relevante es la vulnerabilidad frente a la volatilidad de los precios internacionales. En 2023, las exportaciones argentinas de litio cayeron un 24% respecto al año anterior debido a la baja de precios globales (AAACI, 2024). Esta dependencia expone a la economía nacional a ciclos de auge y caída, especialmente cuando gran parte del recurso se exporta sin valor agregado. De este modo, el litio ofrece a la Argentina oportunidades significativas en términos de ingresos y desarrollo, pero también plantea desafíos en torno a la sostenibilidad del modelo económico basado en recursos naturales.

### **2.6.2. Impacto social**

El desarrollo de proyectos mineros en Argentina ha generado consecuencias sociales que se manifiestan en distintas dimensiones, como la participación ciudadana, los derechos territoriales de comunidades indígenas, los beneficios laborales, y los conflictos locales. Un estudio reciente en el Salar del Hombre Muerto, provincia de Catamarca, identificó varias quejas de comunidades cercanas relacionadas con lo que se denomina justicia distributiva, procedimental y de reconocimiento. Como señalan Escosteguy et al. (2024), “las comunidades locales perciben que los beneficios económicos se distribuyen de manera desigual, que su participación en los procesos de toma de decisión es limitada y que su identidad cultural es invisibilizada en la agenda de desarrollo” (p. 6).

En Catamarca, si bien se levantan expectativas de mejora económica, también hay incertidumbre y preocupación por los impactos ambientales y por cómo se distribuyen las capacidades de decisión. Muchas comunidades locales perciben que los proyectos se implantan sin un diálogo suficientemente inclusivo ni una evaluación clara de cómo afectarán sus modos de vida tradicionales (Gonzalez Cuidet y Alvarez Ulloa, 2024).

Otro asunto clave es la relación con el agua, que además de ser un tema ambiental tiene fuertes repercusiones sociales. La presión sobre el recurso hídrico no solo afecta el ambiente, sino que incide directamente en la supervivencia económica de comunidades que dependen de la agricultura, ganadería o fuentes de agua local. Esa percepción de riesgo está presente en reportes periodísticos donde comunidades

indígenas como las de Atacama y Kolla denuncian que se siente amenazados de perder acceso al agua o que esta se contamina, y que se ven obligados a negociar con empresas que les ofrecen empleo, lo que a veces divide a las comunidades (The Guardian, 2024).

En términos de empleo y desarrollo local, hay señales positivas de una reconfiguración de las dinámicas laborales y comunitarias, aunque con matices. Algunas iniciativas en regiones salineras han llevado a la creación de puestos de trabajo directos e indirectos, y a mejoras en infraestructura local, lo que mejora la calidad de vida de algunas comunidades. De todas maneras el acceso a empleos se ve limitado por requisitos técnicos y escasa participación de mujeres y jóvenes locales. Litio Argentina (s.f.) destaca que las empresas han implementado programas de formación y empleo inclusivo, aunque estos aún no logran compensar las asimetrías estructurales entre las poblaciones locales y los trabajadores especializados que provienen de otras regiones. Sumado a que este aumento de empleos, muchas veces no compensan las preocupaciones sobre salud, pérdida de soberanía local o cambios en los usos del territorio. Las expectativas de empleo pueden generar tensiones si quedan incumplidas o si los puestos son temporales o no están acompañados de formación suficiente.

En los últimos años, el Estado nacional y los gobiernos provinciales han impulsado políticas que buscan fortalecer la licencia social para operar, entendida como la aceptación y confianza de las comunidades locales ante el desarrollo de proyectos extractivos. En el marco del Convenio 169 de la OIT, Argentina está obligada a garantizar procesos de consulta previa, libre e informada para los pueblos indígenas cuando se realicen actividades que puedan afectar sus territorios. Este requisito refuerza el papel de las comunidades en el proceso de evaluaciones ambientales y en la definición del destino de los recursos naturales. Empresas como YPF Litio y Techint han adoptado mecanismos de diálogo temprano y acuerdos de cooperación con comunidades indígenas para garantizar el cumplimiento de estas exigencias legales y evitar conflictos socioambientales que retrasen los proyectos (Organización Internacional del Trabajo, 1989

Finalmente, la ausencia o debilidad de mecanismos efectivos de consulta previa, informe técnico ambiental claro y transparencia en los acuerdos entre comunidades, gobiernos provinciales y empresas mineras ha sido recalçada como carencia estructural en varios estudios. En particular, la falta de participación informada y de reconocimiento de demandas culturales se ve como un factor que exacerba

conflictos locales, reduce la legitimidad social de los proyectos y pone en riesgo la sostenibilidad social de la minería del litio (Escosteguy et al., 2024).

### **2.6.3. Impacto ambiental**

La expansión de la minería de litio en Argentina ha generado un intenso debate sobre su sostenibilidad ambiental, especialmente por los efectos vinculados al uso de agua y la alteración de ecosistemas en zonas áridas de altura. Esto ocurre debido a la concentración del recurso en ambientes extremadamente frágiles donde los recursos hídricos son escasos y vitales tanto para las comunidades locales como para la biodiversidad.

Uno de los impactos más documentados es el consumo hídrico intensivo. La huella hídrica, entendida como el volumen total de agua dulce utilizada directa e indirectamente en todo el proceso productivo de un bien o servicio (Hoekstra et al., 2011), permite dimensionar este efecto en términos concretos. Según un estudio reciente, la huella hídrica total del litio fue de 51,0 y 135,5 m<sup>3</sup> por tonelada de carbonato de litio en proyectos actuales, cifras que equivalen al consumo anual de decenas de miles de habitantes en regiones donde viven apenas unos cientos (Diaz Paz et al., 2025). Esta comparación refleja el fuerte desequilibrio entre la disponibilidad de agua y las demandas industriales, generando conflictos sociales y ambientales en torno al acceso y gestión del recurso.

Como ya hemos mencionado en la sección 2.4.1.1, el proceso de extracción por evaporación solar requiere bombear grandes volúmenes de salmuera subterráneas hacia piletas superficiales. Este procedimiento provoca una reducción progresiva de las reservas de agua subterránea y puede generar procesos de salinización en fuentes de agua dulce, afectando directamente a ríos, lagunas y humedales del entorno. En consecuencia, los ecosistemas altoandinos, caracterizados por su fragilidad y por albergar especies emblemáticas como los flamencos andinos y las vicuñas, experimentan alteraciones en sus ciclos hídricos y en la disponibilidad de alimento, lo que pone en riesgo el equilibrio ecológico de la región. Para mitigar estos efectos del elevado consumo hídrico en la extracción, algunas empresas han comenzado a incorporar tecnologías de tratamiento y reutilización del agua. Entre ellas destaca la ósmosis inversa, un proceso físico-químico que separa sales y permite recuperar agua dulce a partir de las salmueras residuales,

posibilitando su reincorporación en circuitos cerrados de producción y reduciendo la presión sobre los ecosistemas locales (Fluence Corp., 2024).

A estos impactos se suma el riesgo de contaminación química derivado del uso de reactivos industriales durante las etapas de purificación del litio. Según el Climate and Community Project (s.f.), los derrames accidentales o filtraciones pueden afectar la calidad del suelo y del agua, poniendo en riesgo la salud de los ecosistemas y de las poblaciones locales. Estos riesgos se amplifican por la limitada capacidad de control ambiental y la falta de información pública sobre los balances hídricos de cada proyecto.

En 2024, la provincia de Catamarca fue escenario de un conflicto emblemático, cuando la justicia provincial suspendió la emisión de nuevos permisos mineros en la cuenca del río Los Patos, ubicado en el noroeste de la provincia, y el Salar del Hombre Muerto, exigiendo estudios de impacto ambiental adicionales tras denuncias de comunidades indígenas que atribuyeron al avance minero la desecación parcial del río (Reuters, 2024). Este caso ilustra la creciente presión social y judicial por una minería más responsable y transparente.

Por último, nuevas investigaciones advierten que los modelos que estiman la disponibilidad de agua en los salares podrían sobrevalorar las reservas hídricas reales. Un estudio publicado en *Communications Earth & Environment* (2025) concluyó que la cantidad de agua dulce disponible para la extracción de litio ha sido altamente sobreestimada, sugiriendo que la sostenibilidad del sector podría ser menor de lo proyectado.

## **2.7. Litio con valor agregado**

El litio representa una oportunidad histórica para la Argentina, pero su verdadero potencial no reside únicamente en su extracción, sino en la capacidad del país de industrializarlo y transformarlo en conocimiento, tecnología y desarrollo nacional. La simple exportación del mineral en su estado primario implica reproducir un modelo extractivo que limita los beneficios locales y deja fuera del territorio la mayor parte del valor económico generado en la cadena. En cambio, avanzar hacia la producción de compuestos materiales activos y baterías permitiría multiplicar el impacto productivo, tecnológico y social del recurso.

Como advierte el Centro de Economía Política Argentina (CEPA), si el país no adopta una estrategia de industrialización podría darse un escenario preocupante, en el que finalmente el carbonato de litio se extraiga en la Argentina pero se procese en otro país, incluso en uno sin reservas propias. Esta situación se presenta como una oportunidad desperdiciada, especialmente considerando que se cuenta localmente con el recurso natural y la presencia de terminales automotrices que podrían articularse dentro de una política nacional de movilidad sustentable y agregado de valor (CEPA, 2024).

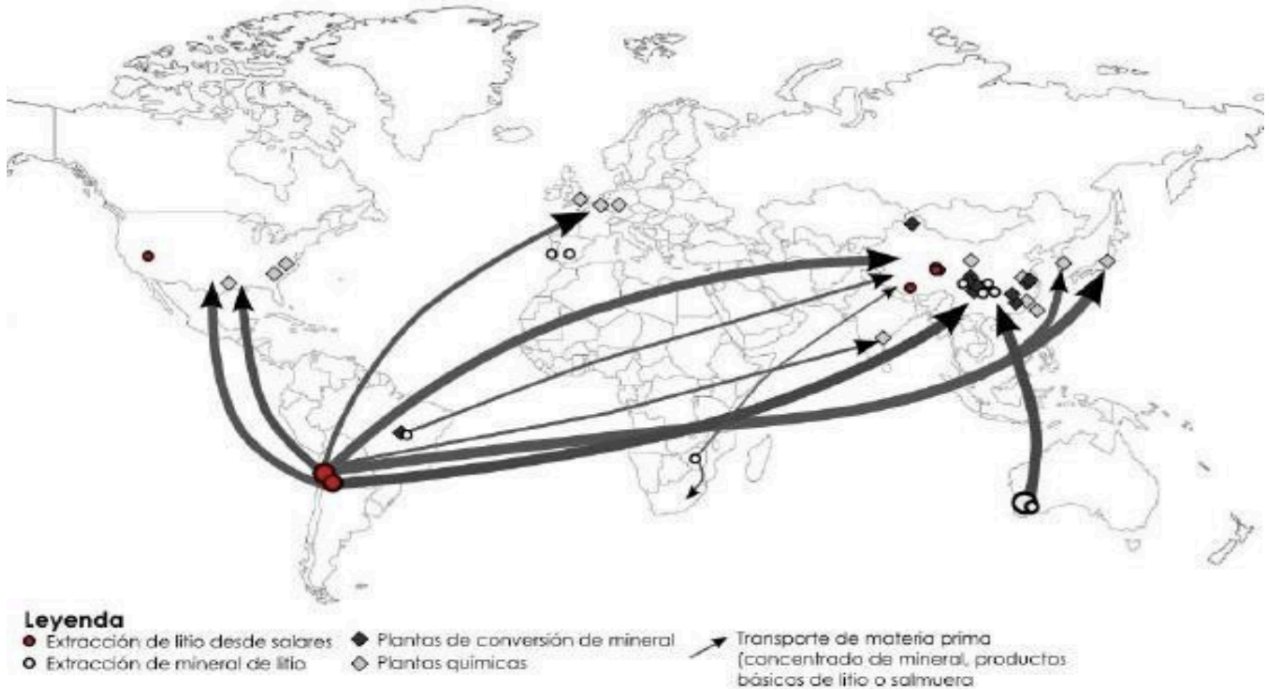
En efecto, este riesgo no se limita al caso argentino, sino que forma parte de un fenómeno global más amplio. La posición de Argentina dentro de la cadena del litio refleja un patrón histórico que también afecta a otros países productores de materias primas, donde los recursos se exportan sin valor agregado mientras el conocimiento y la tecnología se concentran en los países industrializados. Comprender esta dinámica resulta clave para dimensionar los desafíos del desarrollo nacional y la necesidad de avanzar hacia un modelo productivo que rompa con esa lógica dependiente.

### **2.7.1. Distribución global del litio y asimetrías en la cadena de valor**

El comercio internacional del litio refleja una estructura altamente concentrada y desigual, donde países que poseen el recurso se especializan en su extracción, mientras que las naciones industrializadas controlan las etapas de transformación y producción de alto valor agregado. Como se observa en la Figura 3, los principales flujos de exportación del litio parten desde el denominado Triángulo del Litio y desde Australia, hacia los centros industriales de Asia-Pacífico, Europa y Norteamérica. Esta configuración consolida un esquema caracterizado por la dependencia tecnológica de países productores y la hegemonía económica de aquellos que lideran la fabricación de baterías, vehículos eléctricos y dispositivos electrónicos.

**Figura 3**

*Distribución global del litio.*



Nota. Tomado de Fuentes, P. (2024). *El rol del Estado emprendedor-empresario en la industrialización del litio en Argentina: Los casos de Y-TEC e YPF Litio* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación).

Según Fuentes (2024), esta inserción primario-exportadora reproduce las relaciones de dependencia estructural que históricamente han condicionado a las economías del Sur global. La importación masiva del litio es unidireccional, parte de los territorios extractivos hacia los países desarrollados, donde el recurso se reelabora en bienes industriales de alto valor agregado. En este contexto, la mayoría de los países con reservas continúan exportando el litio con bajo nivel de procesamiento, mientras las grandes potencias tecnológicas han diseñado políticas de control, inversión e innovación para consolidar su dominio sobre la cadena de suministro.

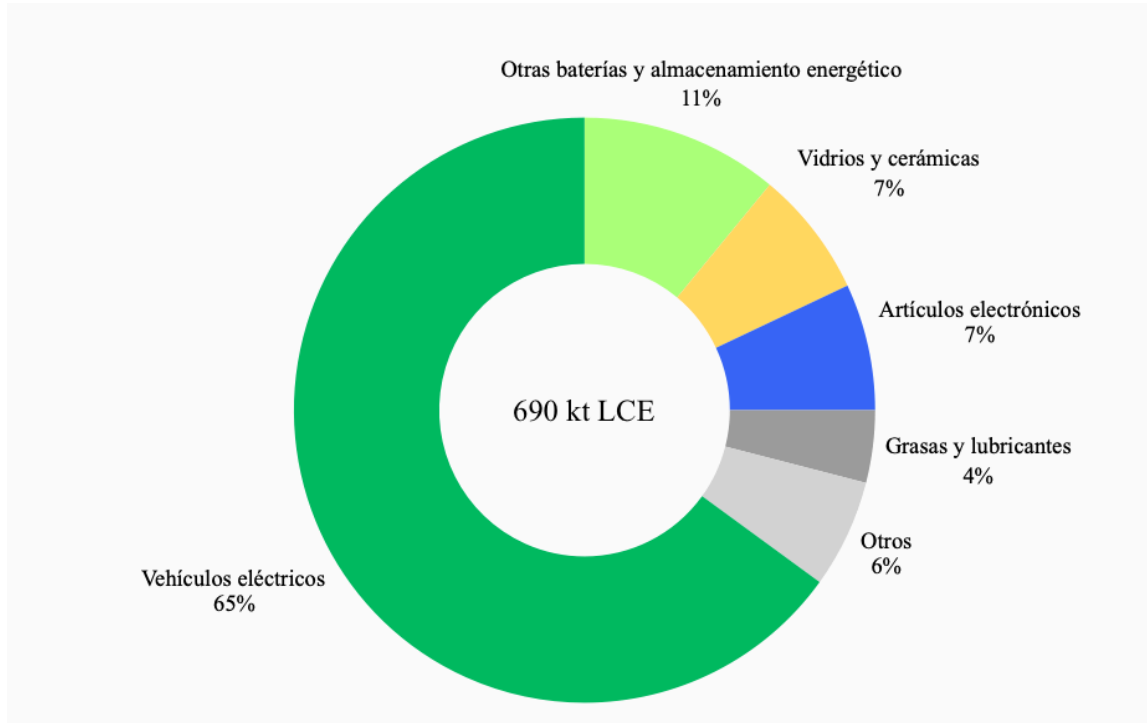
De este modo, el comercio global del litio pone en evidencia las asimetrías estructurales que caracterizan al sistema internacional, mientras algunos países se especializan en la extracción del recurso, otros se concentran en las etapas de procesamiento, innovación y comercialización final. El término de asimetría hace referencia precisamente al desequilibrio en la distribución de beneficios, capacidades tecnológicas y poder de decisión dentro de la cadena de valor. No se trata sólo de diferencias económicas, sino de quién controla el conocimiento, la tecnología y la orientación de los mercados. Comprender este concepto resulta fundamental para pensar en estrategias de desarrollo que prioricen la industrialización local, la cooperación científica y la integración regional, elementos clave para capturar un mayor valor dentro del proceso productivo y transformar el litio en un verdadero motor de desarrollo sostenible.

### **2.7.2. Usos finales del litio en la economía mundial**

En los últimos años, la demanda global del litio se ha incrementado de forma exponencial, impulsada por la transición energética y la diversificación de sus aplicaciones industriales. Este mineral ya no se utiliza exclusivamente en la fabricación de baterías, sino que tiene una amplia variedad de usos que abarcan sectores estratégicos de la economía mundial.

**Figura 4**

*Consumo de litio por su uso final.*



Nota. Adaptado de Fuentes, P. (2024). *El rol del Estado emprendedor-empresario en la industrialización del litio en Argentina: Los casos de Y-TEC e YPF Litio* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación).

Como se observa en la Figura 4, el 65% del consumo global del litio corresponde a la producción de vehículos eléctricos, mientras que un 11% se destina a otras baterías y sistemas de almacenamiento energético. Además, el litio se utiliza en la elaboración de vidrios y cerámicas (7%), artículos electrónicos (7%), grasas y lubricantes (4%) y otros productos industriales. Esta distribución evidencia que el litio es un recurso transversal en múltiples cadenas de valor, lo que explica su creciente relevancia económica y tecnológica a nivel internacional.

El predominio de los usos asociados a la electromovilidad, el almacenamiento energético y la industria electrónica demuestra que el verdadero valor del litio no reside en su extracción, sino en su transformación tecnológica. En este campo, se están incorporando innovaciones orientadas a optimizar la eficiencia y la seguridad de los sistemas de almacenamiento, como las baterías UPS (Uninterruptible Power Supply), que actúan como fuente de energía de respaldo para mantener equipos electrónicos operativos ante cortes o fluctuaciones eléctricas y el sistema BMS (Battery Management System), que emplea sensores para monitorear la temperatura ambiente y de las celdas, permitiendo detectar desviaciones y prevenir daños. Por ello, se vuelve fundamental que la Argentina oriente sus políticas de desarrollo hacia proyectos nacionales capaces de insertarse en estos segmentos de alto valor agregado, consolidando una producción sustentable que articule la innovación, el conocimiento y la soberanía energética (Fuentes, 2024).

### **2.7.2.1. Baterías**

Como menciona la sección anterior, las baterías ion-litio constituyen actualmente el principal destino del litio extraído a nivel mundial y representan un pilar fundamental en la transición hacia una economía baja en carbono. Su funcionamiento se basa en el movimiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo durante los ciclos de carga y descarga, lo que les otorga alta densidad energética, eficiencia y durabilidad frente a otras tecnologías tradicionales (Whittingham, 2004; Tarascon & Armand, 2001). Estas propiedades explican su uso masivo en dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento para energías renovables, como los bancos de baterías instalados en parques solares y eólicos.

A diferencia de las baterías de plomo-ácido, empleadas históricamente en automóviles convencionales y sistemas de respaldo energético, las de ion-litio presentan ventajas significativas en peso, rendimiento y sostenibilidad. Mientras una batería de plomo ofrece una densidad energética de 30–50 Wh/kg, una de ion-litio puede superar los 250 Wh/kg, lo que se traduce en mayor autonomía y menor tiempo de recarga (Romero & Vázquez, 2024). Además, requieren menos mantenimiento y generan menores emisiones indirectas, aunque su costo de producción y la obtención responsable de materias primas siguen siendo desafíos clave para la industria.

En el marco de la transición energética, las baterías de ion-litio también desempeñan un papel esencial como sistemas de almacenamiento energético, que permiten conservar el excedente de electricidad

generada por fuentes renovables y liberarlo durante los picos de demanda. Este tipo de tecnologías contribuye a estabilizar las redes eléctricas y reducir la dependencia de combustibles fósiles, fortaleciendo la seguridad y soberanía energética de los países (Pérez, 2020; National Renewable Energy Laboratory, 2021).

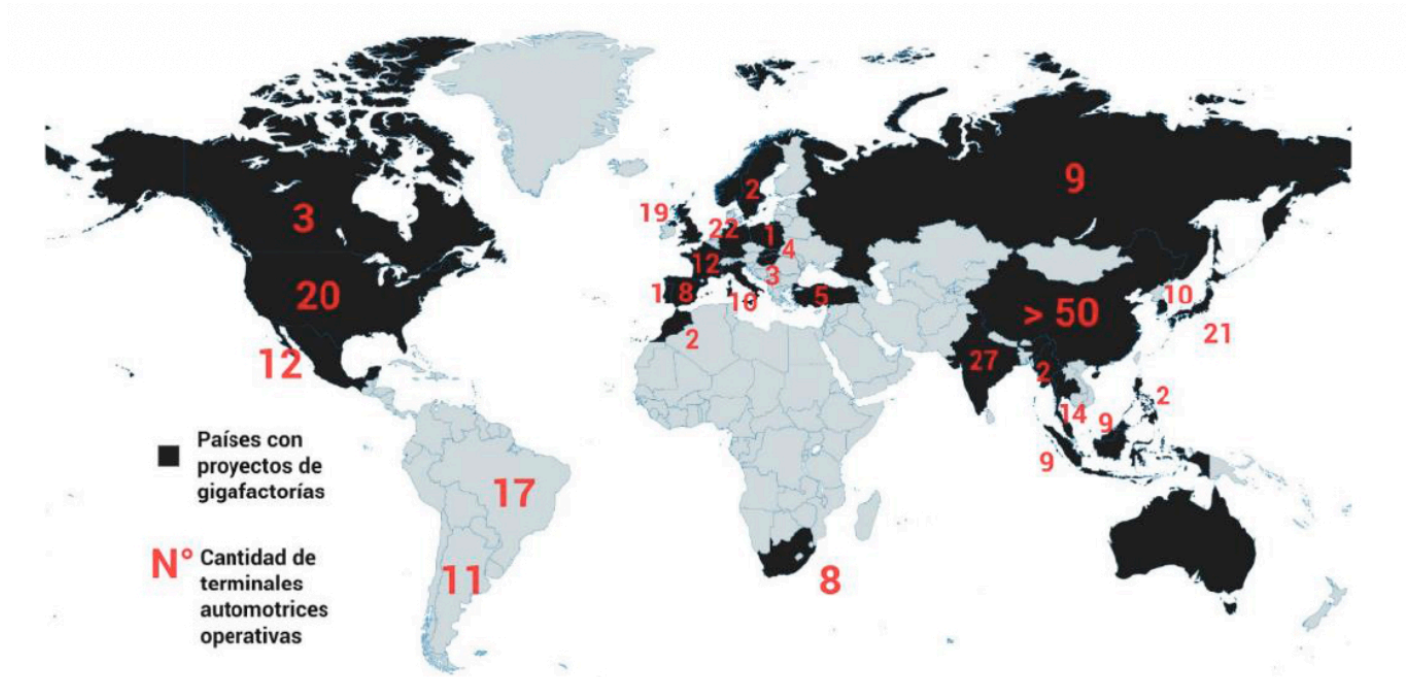
### **2.7.3. Proyectos nacionales de industrialización del litio**

Argentina posee una ventaja estructural única en el contexto de la transición energética global, no solo dispone de abundantes reservas de litio en su territorio, sino que además cuenta con una infraestructura automotriz consolidada, capaz de articular la producción de baterías con el desarrollo de vehículos eléctricos. Esta doble condición, recurso natural y capacidad industrial instalada, convierte al país en un actor con un enorme potencial para avanzar hacia la integración vertical de la cadena del litio, desde la extracción hasta la manufactura de bienes finales de alto valor agregado.

Como se observa en la Figura 5, los países con mayor número de terminales automotrices y proyectos de factorías de baterías de litio se concentran en el hemisferio norte. China lidera el panorama mundial con más de 50 proyectos de producción de baterías, seguida por Europa, con 22 terminales en Alemania y múltiples iniciativas distribuidas en su territorio, y Estados Unidos, que también presenta una fuerte expansión en este sector.

Figura 5

Mapa global con presencia de terminales automotrices y proyectos de factorías de baterías de litio.



Nota. Tomado de CEPA, P. (2024, diciembre 5). *Los desafíos del litio en la Argentina: Industrialización y agregado de valor en la cadena de valor*. Centro CEPA. <https://centrocepa.com.ar/informes/https%3A%2F%2Fcentrocepa.com.ar%2Finformes%2F590-los-desafios-del-litio-en-la-argentina-industrializacion-y-agregado-de-valor-en-la-cadena>

En contraste, América Latina cuenta con escasos proyectos industriales, a pesar de ser una de las regiones con mayores reservas de litio a nivel global. En este contexto, Argentina y Brasil poseen 11 y 17 terminales automotrices respectivamente, pero solo Argentina combina la existencia del recurso con la capacidad industrial instalada, lo que la posiciona como un actor potencial real para liderar la transición hacia la electromovilidad (CEPA, 2024).

Dentro del conjunto de iniciativas nacionales orientadas a fortalecer esta cadena, destacan los desarrollos impulsados por Y-TEC, YPF Litio y el CONICET, que representan un esfuerzo conjunto por construir una política nacional del litio abarcando todas las etapas del proceso productivo. Y-TEC, creada en 2012, se ha consolidado como la empresa líder en investigación y desarrollo tecnológico del país, y se encuentra entre las cinco organizaciones con mayor inversión en I+D de la Argentina. Su misión consiste en desarrollar nuevas tecnologías para la explotación de toda la cadena de valor del recurso, impulsando la industrialización nacional mediante la producción de baterías, celdas, materiales activos y electrolitos, en colaboración con el sistema científico nacional, universidades y empresas innovadoras (CONICET, 2024). De este modo, Y-TEC tracciona el desarrollo en torno al litio desde el final de la cadena de valor, aportando conocimiento, innovación y tecnología aplicada.

Además, según el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (2024), Y-TEC surge como una alianza estratégica entre YPF S.A. y el CONICET, con el objetivo de transformar el conocimiento científico en innovación aplicada al sector energético. La empresa combina la investigación académica con la experiencia industrial, articulando más de 200 investigadores, ingenieros y técnicos especializados en 13 laboratorios y centros tecnológicos. Desde sus inicios, Y-TEC orienta sus proyectos al desarrollo de energías renovables, almacenamiento energético, materiales avanzados y biocombustibles, posicionándose como un referente en la tecnología energética sustentable. En el ámbito del litio, lidera la investigación aplicada para la producción nacional de celdas, baterías y materiales activos, impulsando la creación de un ecosistema científico industrial capaz de agregar valor al recurso y fortalecer la transición energética del país.

En paralelo, YPF Litio S.A., creada en 2022, interviene en la primera parte de la cadena de valor, abarcando desde la exploración de salares y el diálogo con comunidades locales, hasta la evaluación de la factibilidad económica, la extracción y el procesamiento del mineral en forma de carbonato, hidróxido o cloruro de litio. Su rol resulta complementario al de Y-TEC, ya que permite abastecer de insumos estratégicos a las etapas posteriores del proceso industrial. En conjunto, ambas empresas constituyen el núcleo de una política nacional integrada del litio, que combina producción primaria, investigación científica y desarrollo tecnológico.

### 2.7.3.1. UNILIB

Entre los resultados más destacados de esta articulación se encuentra la creación de la Planta Nacional de Desarrollo Tecnológico de Celdas y Baterías de Ion Litio (UNILIB), un proyecto emblemático que materializa los avances logrados por Y-TEC, YPF Litio, el CONICET y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Concebida dentro del Polo Productivo Tecnológico “Jorge Sábato”, UNILIB surge con el propósito de desarrollar capacidades científicas, tecnológicas e industriales propias para producir baterías de ion-litio en el país y constituye un paso decisivo hacia la industrialización soberana de este recurso.

El proyecto responde a una necesidad estratégica de reducir la dependencia tecnológica externa y de migrar hacia fuentes de energía limpias, en consonancia con los compromisos internacionales asumidos por Argentina de mitigar el cambio climático. Sus principales objetivos incluyen adquirir y sistematizar conocimiento técnico e industrial, favorecer la transferencia tecnológica del sector productivo, mejorar la balanza comercial mediante la producción de bienes con valor agregado y formar profesionales y técnicos especializados. En este sentido, UNILIB representa una infraestructura pionera que articula ciencia, industria y política pública, orientada a consolidar la transición energética nacional (Tauber et al., 2025).

Desde el punto de vista tecnológico, la planta fue desarrollada a partir de la refuncionalización de dos edificios industriales preexistentes en la UNLP, equipados con tecnología de última generación y acondicionados con altos estándares de seguridad y control ambiental. En términos estructurales, el proyecto contempla dos edificios dentro de una envolvente general, por un lado, el bloque que concentra la actividad productiva, construido con panelería tipo “pharma”, lo que permitió generar 17 salas limpias de distintas condiciones y prestaciones. Por otro lado, el sistema de servicios, dispuesto sobre el primero, que abastece a todos los equipos y áreas de la planta. Estas instalaciones aseguran condiciones óptimas de temperatura, presión, pureza del aire y humedad relativa, alcanzando los estándares internacionales de producción farmacéutica. La capacidad de producción anual estimada es de 7,2 MWh, equivalente a 70 baterías para ómnibus eléctricos o 1.000 módulos de almacenamiento estacionario para energías renovables (CEPA, 2024; Tauber et al., 2025).

El montaje y puesta en marcha de la planta implicó una colaboración tecnológica con China, que incluyó la importación de más de 100 toneladas de equipamiento industrial, así como la participación

conjunta de técnicos e ingenieros de ambos países en el diseño y la calibración de las líneas productivas. Este proceso no solo implicó la transferencia de maquinaria, sino también la adquisición de conocimiento técnico e industrial, lo que permitió generar capacidades únicas en la región. Tal como describen Tauber, Delucchi y Olivieri (2025):

Para el desarrollo del proyecto y todas sus ingenierías, se requirieron decenas de teleconferencias entre Argentina y China, con usos horarios opuestos y participación de técnicos, especialistas y traductores de ambos lados, barriendo aspectos generales tanto como detalles constructivos y tecnológicos, que permitieron construir un conocimiento sobre el montaje de una planta de este tipo que es único en toda Latinoamérica. (p. 6)

De esta manera, UNILIB no solo representa la primera planta nacional dedicada al desarrollo tecnológico y la producción de baterías de ion litio, sino también el símbolo de una nueva etapa en la política industrial Argentina, donde la ciencia y la tecnología se convierten en pilares de la agregación de valor, la sostenibilidad energética y la soberanía productiva. Su creación demuestra que el país posee las capacidades técnicas y científicas necesarias para transformar un recurso natural en conocimiento e innovación, consolidando un modelo de desarrollo basado en la tecnología y cooperación público-privada. En este sentido, UNILIB constituye un ejemplo tangible de cómo la articulación entre el sistema científico y el sector productivo puede traducirse en avances concretos hacia un futuro energético sustentable y competitivo.

### **2.7.3.2. Ecosan**

Ecosan se especializa en construcciones modulares y campamentos industriales destinados a la minería. La empresa lidera la provisión de infraestructura para yacimientos como Exar y Sales de Jujuy. Su presidente, Juan Pablo Rudoni, explicó que los complejos habitacionales que construyen funcionan como pequeñas ciudades, con dormitorios, comedores, baños y centros de recreación, adaptados a condiciones inhóspitas y equipados con sistemas de climatización. El 80% de la fabricación se realiza en la planta de Loma Verde (Escobar) y el 20% restante en el terreno, bajo formato llave en mano. La compañía invirtió \$1.900 millones para ampliar su capacidad y proyecta una facturación de \$24.000 millones para el año. En respuesta a la baja de precios del litio y la suba de costos, Ecosan redujo sus precios un 30% ajustando

costos y márgenes, aprovechando también la caída en los precios de algunos insumos. Fundada hace 29 años, la empresa surgió tras un viaje a Chile en el que Rudoni observó el uso de baños químicos en eventos masivos, convirtiéndose luego en pionera en este rubro en Argentina. Ecosan fue reconocida por su apuesta a la innovación, la eficiencia energética y la economía circular, habiendo recibido cuatro premios del Modular Building Institute (EE.UU.) y el Premio PYME Oro 2023 (Ferández, 2025).

### **2.7.3.3. GVH (Grupo Vacazur Hermanos)**

El Grupo Vacazur Hermanos (GVH) representa el eslabón logístico de la minería del litio. Su fundador, Luis Vacazur, comenzó transportando personal para Rio Tinto en 1999 y actualmente dirige un conglomerado que factura más de 10 millones de dólares anuales. GVH brinda servicios de transporte de pasajeros y cargas, rescate, contingencias, cobertura médica y ambulancias, y tiene como clientes a empresas como Rio Tinto, Mansfield, Taca Taca, Hannaq y Ganfeng Lithium. Vacazur, de origen colla, creó en 2013 la Cámara de Proveedores de la Puna (CAPROSEMTP), que agrupa a comunidades locales y promueve la Ley 8.164 de Promoción Minera de Salta, orientada al compra local. Sin embargo, advierte que la crisis argentina, el aumento de costos logísticos y la caída de precios del mineral redujeron en 60% la demanda de servicios y provocaron la paralización de varios proyectos, como Puna Mining. Con una flota de 92 vehículos y tecnología de monitoreo Starlink, GVH compite con grandes empresas mediante inversiones en bitrenes de 60 y 75 toneladas que reducen la huella de carbono y está en proceso de certificar ISO 9000 (Ferández, 2025).

### **2.7.3.4. Hidroper**

Radicada en San Fernando del Valle de Catamarca, Hidroper es pionera en perforaciones y estudios hidrogeológicos aplicados a la extracción de litio. Fundada en 1985 por Miguel Ángel Castro, geólogo especializado en aguas subterráneas, la empresa combina experiencia técnica con la incorporación de tecnología de última generación. Sus operaciones incluyen perforaciones de entre 400 y 700 metros de profundidad, con pozos de 12 pulgadas de diámetro equipados con bombas y filtros. En proyectos con reservas de 20.000 toneladas, se perforan hasta 30 pozos, desde los cuales se transporta la salmuera hacia las piletas de evaporación. El gerente general, Ariel Castro, señaló que esta metodología se encuentra en revisión ante el avance del método de extracción directa (DLE), que conecta los pozos directamente con las plantas procesadoras, reduciendo drásticamente los tiempos de producción y el consumo de agua. Hidroper

realizó sus primeras perforaciones en Sales de Jujuy en 2019, con cotizaciones de 1,2 millones de dólares por pozo y trabajos de hasta cien días de duración, expandiendo luego su capacidad mediante equipos Dual Rotary de alta eficiencia (Ferández, 2025).

#### **2.7.3.5. Ferigutti S.H.**

Con sede en Palpalá (Jujuy), Ferigutti S.H. es el mayor fabricante de infraestructura metalmecánica para la industria del litio en la provincia. Fundada en 1950 por Pietro Ferigutti, la empresa familiar produce tanques de acero de carbón con recubrimiento epoxi, pasarelas, puentes, agitadores mecánicos y plataformas para contener materiales abrasivos como cal viva y ácido clorhídrico. Según su presidente, Renato Ferigutti, el sector atraviesa una etapa de “esperar y ver”, sin nuevos proyectos activos. No obstante, la firma participa en licitaciones de Rio Tinto, cuyo inicio de producción se estima para dentro de tres años. La empresa, que emplea a 85 trabajadores, destina el 95% de su producción a la minería y enfrenta demoras de hasta 150 días en los pagos. En diciembre inaugurará una nueva planta industrial de 11.000 m<sup>2</sup> con 12 puentes grúa, resultado de una inversión de más de 10 millones de dólares financiada mediante reinversión de utilidades. Ferigutti fue pionera en la producción de tanques de gran porte desde 2014, cuando incorporó maquinaria automática de alta capacidad (Ferández, 2025).

#### **2.7.3.6. Calera Los Tilianes**

Ubicada en Volcán (Jujuy), Calera Los Tilianes es una de las principales proveedoras de cal viva para la industria del litio, insumo esencial en el proceso químico que separa impurezas de la salmuera y permite obtener carbonato de litio. La empresa, que cuenta con 200 empleados, produce 600 toneladas diarias de cal, destinando el 70% de su producción a proyectos mineros en Jujuy y Catamarca. En 2024 inauguró su décimo horno y prevé invertir entre 4 y 5 millones de dólares en uno nuevo para ampliar su capacidad. El proceso industrial alcanza temperaturas de 1.100 a 1.300 grados celsius, transformando piedra caliza en cal viva mediante la mezcla con carbón de petróleo. Su gerente general, Nilo Carrión, sostuvo que la demanda del sector atraviesa un período de estabilización tras el boom de precios impulsado por la electromovilidad, con varios proyectos en pausa, aunque la empresa mantiene una visión de crecimiento a largo plazo, incluyendo la posibilidad de retomar exportaciones hacia la industria del cobre en Chile (Ferández, 2025).

## 2.8. Gestión de residuos de baterías

La administración de los residuos generados por las baterías de ion-litio representa una de las etapas más importantes dentro del ciclo de vida de este metal alcalino, debido a que determina cuán sustentable en realidad es. Aunque el litio es el principal elemento para la transición hacia energías limpias, debe considerarse sustentable si se tiene en cuenta si la gestión y tratamiento responsable de sus desechos al finalizar su vida útil (Zubi et al., 2018).

El gran aumento de la demanda de baterías ha tenido como consecuencia el proporcional incremento en los residuos que contienen litio, cobalto, níquel y otros compuestos que además de ser altos en valor económico, son potencialmente tóxicos. En el momento en que las baterías son desechadas sin realizar ningún tipo de tratamiento específico o adecuado, existe la posibilidad de que se liberen sustancias contaminantes que son perjudiciales para el suelo o el agua, como también la emisión de gases inflamables por la degradación de electrolitos. Según Harper et al. (2019) este tipo de residuos tiene como consecuencia un doble desafío, uno por el problema que representa al cuidado o preservación del medio ambiente y uno económico, por la pérdida de materiales de alto valor estratégico que podrían ser reutilizados.

El modelo actual de la gestión de residuos de las baterías de ion-litio yace del paradigma de la economía circular, donde se busca la extensión de la vida útil de los materiales y la minimización del desperdicio gracias a la reparación, reutilización y reciclaje. Este enfoque tiene como objetivo el cambio de la típica estructura lineal de extraer, producir y desechar, en cambio busca un sistema más alineado a un ciclo de recuperar, reutilizar y reintegrar. Teniendo en cuenta lo dicho, las baterías agotadas no son vistas como desechos, sino como una fuente de recursos secundaria que pueden ser sustitutos en un grado de la extracción primarias del litio y otros metales críticos (Fan et al., 2022).

Si tomamos un enfoque más técnico, para el reciclaje de las baterías de ion-litio se utilizan principalmente tres métodos: Pirometalurgia, hidrometalurgia y reciclaje directo, cada uno compone diferentes niveles de complejidad, costos y eficiencia ambiental. A continuación vamos a desarrollarlos, exponiendo sus ventajas y desventajas a la hora de preservar el medio ambiente y evaluar su grado de sustentabilidad.

La pirometalurgia es uno de los métodos más utilizados a día de hoy gracias a su madurez industrial y la capacidad para procesar grandes volúmenes de residuos. Este procedimiento está basado en la fusión térmica de los componentes metálicos de las baterías a temperaturas que llegan a los mil grados centígrados, logra recuperar metales valiosos como el níquel, el cobalto y el cobre (Harper et al., 2019). Su utilización cuenta con un detalle, presenta importantes limitaciones ambientales debido a que su proceso demanda un alto consumo energético y genera emisiones de dióxido de carbono y gases tóxicos (Fan et al., 2022). Además, parte del litio se desperdicia o se volatiliza durante la fundición, lo que reduce la eficiencia en su recuperación (Zubi et al., 2018). Por estas razones, sostienen que es eficaz aunque resulta la menos adecuada para el plantear una economía circular (Gaines, 2018).

La hidrometalurgia se posiciona como una alternativa más sustentable ya que utiliza soluciones químicas que disuelven de forma selectiva los metales contenidos en las celdas ya agotadas. Mediante este método los metales son recuperados mediante precipitación, intercambio iónico o extracción con solventes, dando como resultado un producto con alta pureza (Zhang et al., 2018). Este procedimiento logra tasas de recuperación superiores al 90% para el cobalto y al 80% para el litio, según estudios realizados en Asia y Europa (Li et al., 2020). Además, al no tener que usar temperaturas tan altas como la pirometalurgia reduce en gran medida el consumo energético. Aunque un aspecto a tener en cuenta es que necesita de un control estricto para su aplicación industrial, debido a que los residuos líquidos generados deben tratarse de manera prudente para evitar impactos secundarios (Gaines, 2018).

El reciclaje directo o físico-químico es el más reciente, busca preservar la estructura original de los materiales activos del cátodo sin desgastarlos completamente. Este método está enfocado en recuperar los compuestos electroquímicos mediante procesos de limpieza, reactivación química y recomposición (Fan et al., 2022). En comparación a los demás métodos, no necesita disolver ni fundir los materiales por lo que el consumo energético y las emisiones son menores. Según Wang et al. (2021), esta técnica puede reducir hasta un 40% los costos de producción de nuevas baterías y disminuir un 30% la huella de carbono total del proceso. Pero se tiene que tener en cuenta el desafío técnico que nos plantea la necesidad de clasificación precisa de celdas y la variabilidad en las composiciones químicas de las baterías desechadas (Harper et al., 2019).

China lidera actualmente la industria global del reciclaje de baterías de ion-litio, con plantas de tratamiento que aplican las tecnologías hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas para recuperar hasta el 95% de los metales valiosos (Xu, 2014). Empresas como GEM Co. y Brunp Recycling, asociadas con grandes fabricantes de baterías como CATL, procesan miles de toneladas de residuos de baterías al año, reduciendo la demanda de extracción de minerales vírgenes y contribuyendo a la sostenibilidad de la cadena de suministro. Este modelo demuestra que la gestión eficiente de residuos tecnológicos puede convertirse en una fuente alternativa de materias primas estratégicas. A diferencia de América Latina, que como ya describe la sección 2.7.3., el reciclaje de baterías de litio aún se encuentra en una etapa incipiente, aunque comienzan a surgir iniciativas impulsadas por universidades, empresas y organismos públicos. Este tipo de proyectos contribuyen a reducir la huella ambiental, disminuir la presión sobre los recursos naturales y fortalecer las capacidades tecnológicas locales (Calvo, 2019).

Por otra parte, además de los procesos de reciclaje, se encuentra una práctica emergente para la gestión de las baterías agotadas que es la reutilización o “segunda vida”. Esta corriente consta de reacondicionar las baterías y emplearlas en sistemas de almacenamiento energético o respaldo eléctrico y como consecuencia extender su vida útil y disminuir el impacto ambiental. Según Fan et al. (2022) esta metodología puede convertirse en la más sustentable en el largo plazo, aunque por el momento se encuentra en etapas iniciales en cuanto a su aplicación industrial.

## **2.9. Marco legal**

### **2.9.1 Regulaciones ambientales**

La agenda internacional sobre el cambio climático y desarrollo sostenible constituye el marco de referencia que legitima y orienta políticas nacionales en materia de energías renovables. El Acuerdo de París (2015) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecen metas y compromisos que obligan a los Estados a promover la descarbonización de sus matrices energéticas y a facilitar la incorporación de tecnologías limpias. Estas obligaciones internacionales se traducen en políticas públicas y marcos regulatorios nacionales que fomentan la inversión en energía renovables y el desarrollo de mecanismos de apoyo financiero y técnico.

En Argentina, el marco normativo para promover las fuentes renovables de generación eléctrica está encabezado por la Ley 27.191, Régimen de Fomento para el Uso de Fuentes Renovables. Esta ley fija objetivos de participación de energías limpias en la matriz eléctrica y crea instrumentos de promoción como el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER). Sobre esta se articuló el Programa RenovAr, destinado a atraer inversiones mediante rondas de licitación, garantías financieras y beneficios fiscales. El programa permitió la incorporación de proyectos solares, eólicos y de biomasa, contribuyendo a diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles (Ministerio de Economía, 2021).

El marco constitucional y ambiental del país complementan estas normas sectoriales. El artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina (1994) establece que “todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen deber de preservarlo” (1994, art. 41). Esta disposición impone al Estado la obligación de protección ambiental, como lo hace la Ley General del Ambiente (N°25675), que regula la evaluación del impacto ambiental (EIA) y los principios de prevención, progresividad y equidad intergeneracional.

Desde el punto de vista institucional, las decisiones sobre las energías renovables involucran diversos organismos del ámbito nacional y provincial. Entre ellos se destacan la Secretaria de Energía del Ministerio de Economía, la Subsecretaria de Energía Eléctrica, CAMMESA y las agencias provinciales que regulan la actividad local. En particular, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico tiene a su cargo la coordinación del sistema eléctrico nacional, la administración del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y la integración de las fuentes renovables a la red. Además, actúa como comprador de energía en el marco del programa RenovAr, garantizando la comercialización de la electricidad generada por proyectos sustentables (CAMMESA, s.f.). En conjunto, estas estructuras conforman una red institucional que articula incentivos económicos, garantías y mecanismos de control ambiental orientados a promover un modelo energético sostenible.

### 2.9.2. Régimen jurídico del litio

Respecto del régimen jurídico del litio, las características más relevantes es la configuración federal del dominio sobre los recursos naturales. La Constitución Nacional Argentina dispone que “corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”(1994, art. 124). Por lo tanto, son las provincias las titulares del recurso y las responsables de otorgar concesiones, fijar regalías y evaluar los impactos ambientales dentro de sus jurisdicciones.

La actividad minera se rige por el Código de Minería, que establece las etapas de cateo, exploración y explotación, así como los derechos y obligaciones de los concesionarios. Además, la Ley de Inversiones Mineras N° 24.196 otorga beneficios fiscales como la estabilidad impositiva por treinta años, la amortización acelerada y la exención de derecho de importación, con el objetivo de incrementar la inversión privada en proyectos estratégicos como los del litio (Ley 24.196, 1993).

A nivel ambiental, la Ley 25.675 y las normas provinciales de evaluación ambiental exigen la presentación y aprobación de estudios de impacto ambiental antes del inicio de cualquier actividad extractiva. Asimismo, Argentina adhiere al Convenio 169 de la OIT, que es su artículo 6 obliga a los gobiernos a “consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas susceptibles de afectarles directamente” (1989, art. 6). Este compromiso resulta especialmente relevante en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, donde gran parte de los salares de explotación se ubican en territorios habitados por comunidades indígenas.

En los últimos años, el gobierno nacional ha impulsado estrategias para compatibilizar la producción de litio con la sostenibilidad ambiental y el desarrollo local. El Plan Estratégico para el Desarrollo Minero Argentina 2030 propone “una minería social y ambientalmente sostenible, que fomente el agregado de valor local y la innovación tecnológica en la cadena productiva de lito” (Secretaría de Minería, 2022, p.14). Estas orientaciones buscan avanzar hacia un modelo industrial que combine eficiencia económica, responsabilidad ambiental y equidad social.

Finalmente, las tendencias actuales en la regulación del litio muestran tres ejes principales; la promoción de inversiones a través de regímenes de incentivos como el Régimen de Incentivo para Grandes Inversiones, el fortalecimiento de las exigencias ambientales y sociales mediante evaluaciones de impacto y consultas comunitarias y la promoción del agregado de valor local con foco en la industrialización y la producción de baterías (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021). Este marco aún en desarrollo, refleja la tensión entre la urgencia por aprovechar el potencial económico del litio y la necesidad de garantizar su explotación sostenible.

### **2.9.3. Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones**

En 2024 se creó en Argentina el Régimen de Incentivo para Grandes Inversiones (RIGI), un esquema orientado a atraer capital extranjero y nacional para proyectos de gran escala, con especial impacto en sectores estratégicos como la minería del litio. El RIGI establece beneficios fiscales, aduaneros y cambiarios para inversiones superiores a 200 millones de dólares, además de estabilidad normativa por 30 años, reducción de derechos de exportación y facilidades para importar bienes de capital (Ley 27.742, 2024). En materia minera, el régimen busca acelerar el desarrollo de nuevas capacidades productivas y promover la integración de proveedores locales, aunque distintos informes académicos advierten que su efectividad dependerá de su articulación con las normativas provinciales y con los estándares ambientales vigentes (Cohen y González, 2024).

Esta interacción entre los incentivos nacionales y las potestades provinciales resulta especialmente relevante en el sector del litio, donde cada jurisdicción mantiene la autoridad para evaluar los impactos ambientales, definir las condiciones de explotación y aprobar o rechazar los proyectos. En este contexto, muchas empresas que operan en Jujuy, Salta y Catamarca han comenzado a incorporar estándares internacionales de sostenibilidad como IRMA (Initiative for Responsible Mining Assurance) y TSM (Towards Sustainable Mining), que establecen lineamientos rigurosos en materia ambiental, social y de transparencia. Si bien estos estándares no sustituyen la normativa local, funcionan como marcos complementarios que refuerzan la credibilidad de los procesos extractivos y contribuyen a mejorar la licencia social para operar (IRMA, 2022; Mining Association of Canada, 2021).

## **Capítulo 3: Metodologías de investigación**

### **3.1. Introducción**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para llevar adelante la investigación y el fundamento de su elección. Se detalla el tipo de estudio adoptado, el enfoque metodológico y los instrumentos empleados para la recolección y análisis de datos. Del mismo modo, se explica el alcance de la investigación y la forma en que se integraron las estrategias cualitativas y cuantitativas, con el fin de realizar una triangulación, obtener una comprensión completa del fenómeno y dar sustento empírico a los objetivos planteados en el trabajo.

### **3.2. Tipo de investigación**

El presente trabajo se enmarca dentro de un diseño metodológico mixto, combinando los enfoques cuantitativos y cualitativos bajo un alcance descriptivo. La elección de esta modalidad responde a la necesidad de abordar el fenómeno del litio y su gestión ambiental desde una doble perspectiva. Por un lado, comprender las percepciones, experiencias y opiniones de los distintos actores sociales involucrados (dimensión cualitativa) y, por otro lado, medir el conocimiento y conciencia ambiental de la población general en relación al uso y los impactos del litio (dimensión cuantitativa).

De acuerdo con Sabino (2014), las investigaciones descriptivas “se preocupan por describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto su estructura o comportamiento” (p. 63). En este sentido, el presente estudio busca obtener información sistemática sobre las percepciones y prácticas vinculadas al litio, considerando su relevancia como recurso estratégico en la transición energética y su impacto ambiental.

En cuanto a los paradigmas que guían esta investigación, se adoptan tres perspectivas distintas que sustentan el diseño mixto del estudio. Por un lado, el paradigma positivista respalda el enfoque cuantitativo, al considerar que la realidad puede observarse, medirse y analizarse de forma objetiva, sin la influencia de percepciones personales. Este enfoque se aplica sobre la encuesta dirigida a la población general, cuyo propósito es cuantificar el conocimiento y la conciencia ambiental sobre el litio y sus impactos.

Por otra parte, los paradigmas fenomenológico e interpretativo se asocian al enfoque cualitativo. El primero se orienta a comprender la realidad a partir de la experiencia subjetiva de los individuos, indagando cómo los actores perciben y significan los fenómenos que los involucran. En cambio, el interpretativo busca entender las interpretaciones y sentidos que los participantes construyen colectivamente sobre su entorno, a partir del análisis de sus discursos y relatos (Mejía-Rivas, 2022). Ambos sustentan la fase cualitativa de entrevistas, cuyo objetivo es profundizar en la comprensión de las percepciones y valoraciones de los expertos respecto al rol del litio en la transición energética y su gestión sustentable.

### **3.2.1. Enfoque cuantitativo**

Esta fase de la investigación se desarrolló a través de la aplicación de una encuesta, cuyo propósito fue medir el nivel de conocimiento, actitudes y percepciones de la población general sobre el litio y su impacto ambiental. Esta herramienta permitió recopilar datos empíricos que reflejan el grado de información y conciencia existente en torno al uso cotidiano del litio, presente en baterías, dispositivos electrónicos, así como la comprensión de sus implicancias en la transición energética y la sostenibilidad ambiental. El uso de este instrumento resulta fundamental para cuantificar las tendencias y patrones de comportamiento de los individuos frente al manejo y descarte de productos que contienen litio.

El diseño cuantitativo adoptado en esta investigación se fundamenta en la necesidad de estimar y describir la magnitud del fenómeno analizado. Según Hernandez Sampieri (2018), la ruta cuantitativa se caracteriza por su búsqueda de objetividad y sistematicidad, mediante un proceso estructurado que permite medir los fenómenos y analizar los resultados a través de procedimientos estadísticos. Este enfoque posibilita identificar patrones, relaciones y tendencias entre variables, garantizando la validez y confiabilidad de los datos obtenidos. En la misma línea, Sabino (2014) sostiene que el diseño de la encuesta, propio de las ciencias sociales, parte de la premisa de que la mejor forma de conocer la realidad social es preguntar a las personas involucradas y así obtener información primaria. Además, el autor destaca que las encuestas permiten recolectar datos representativos de un grupo social significativo y extraer conclusiones generalizables a la población mediante un análisis cuantitativo. De esta forma, el uso de este método en la presente investigación resultó fundamental para cuantificar las percepciones y comportamientos de la población frente al litio, ofreciendo una base empírica sólida que refleja el conocimiento y conciencia ambiental existente en la sociedad.

### 3.2.1.1. Instrumento

La encuesta se estructuró en seis secciones principales, diseñadas con el propósito de relevar distintas dimensiones del conocimiento, las percepciones y las conductas relacionadas con el litio y su gestión responsable. Cada bloque aborda un aspecto específico del fenómeno en estudio, que permite obtener información integral y sistemática sobre las variables consideradas en la investigación.

La primera parte corresponde a los datos generales de los participantes. En esta sección se recopila información sociodemográfica básica, como la edad, el género, el nivel educativo alcanzado, la ocupación principal y la región de residencia. Estos datos permiten caracterizar el perfil de los encuestados y segmentar los resultados para analizar posibles diferencias en el nivel de conocimiento o en las actitudes ambientales según las características individuales de cada grupo. El propósito de esta sección es contextualizar las respuestas obtenidas y garantizar la heterogeneidad de la muestra, representando distintos rangos etarios y niveles educativos dentro de la población argentina.

En la segunda sección, referida al uso cotidiano de dispositivos, se busca identificar el grado de exposición de las personas al uso de tecnologías que contienen baterías de litio, como celulares, notebooks, auriculares o herramientas eléctricas. A través de estas preguntas se procura establecer la frecuencia de uso y el contacto habitual con este tipo de dispositivos, así como conocer la experiencia previa en el descarte de pilas o baterías. Esta información es relevante porque permite relacionar el nivel de conocimiento o preocupación ambiental con la frecuencia de consumo y uso de productos que emplean litio.

La tercera sección aborda el conocimiento y las percepciones sobre el litio, indagando en el nivel de información que poseen los encuestados respecto a qué es este recurso, para qué se utiliza y qué impactos ambientales puede generar su gestión inadecuada. Mediante una escala tipo Likert de cinco puntos, se evalúan además las percepciones y actitudes ambientales de los participantes, incluyendo su grado de acuerdo con afirmaciones relacionadas con la importancia de cuidar el medioambiente, la responsabilidad individual y colectiva, y la disposición a modificar hábitos de consumo o descarte. De esta manera, esta

sección permite cuantificar el grado de conciencia ambiental y la valoración social que se otorga a la gestión responsable del litio.

En la cuarta parte, centrada en las conductas actuales, se indagan las prácticas concretas que las personas realizan en relación con el uso y descarte de pilas y baterías. Las preguntas buscan determinar qué hacen los encuestados al finalizar la vida útil de estos productos, si los conservan, los desechan junto con la basura común o los entregan en puntos de recolección. También se consulta si los participantes reconocen la existencia de centros de acopio cercanos a su domicilio o lugar de trabajo, lo que permite analizar la coherencia entre el conocimiento y el comportamiento ambiental, e identificar posibles brechas entre la intención y la acción.

La quinta sección, vinculada a las barreras y disposición al cambio, examina los factores que dificultan la adopción de prácticas de descarte responsable, como la falta de información, la distancia a los puntos de recolección o la desconfianza en los procesos de reciclaje. Además, incorpora una pregunta de valoración que mide la predisposición de las personas a modificar sus hábitos si existieran condiciones más favorables para hacerlo, como la presencia de puntos de recolección accesibles. Los resultados de este bloque permiten identificar los obstáculos percibidos por la población y estimar el grado de intención de comportamiento proambiental.

Finalmente, la sexta sección aborda los canales de información y comunicación, explorando las fuentes que las personas utilizan o utilizarían para informarse sobre el manejo y reciclaje de pilas y baterías. El objetivo es determinar qué medios resultan más eficaces y confiables para la difusión de mensajes ambientales, con el fin de diseñar, en futuras etapas, estrategias de sensibilización y educación orientadas a mejorar la gestión del litio. Asimismo, se indaga el interés de los participantes por recibir materiales informativos o instructivos sobre el correcto descarte, lo que permite evaluar el nivel de apertura hacia la capacitación y la concientización ambiental.

### **3.2.1.2. Muestra**

Para garantizar que la muestra fuera representativa y adecuada para el análisis se estableció un filtro excluyente, el mismo es que los encuestados deben ser mayores de 18 años. De esta manera, se buscó revelar

la percepción de personas adultas pertenecientes a la población general de Argentina, que utilizan cotidianamente dispositivos con baterías de litio, pero que no necesariamente poseen conocimientos técnicos sobre el material ni su gestión ambiental. Asimismo, se recopilaron datos sobre variables sociodemográficas como nivel de estudios, ocupación y lugar de residencia, en el fin de obtener información contextual que permita comprender mejor el perfil de los participantes y analizar posibles diferencias en función de estos factores.

### **3.2.2. Enfoque cualitativo**

La fase cualitativa de la investigación tiene como propósito profundizar en la comprensión de las percepciones, valoraciones y experiencias de actores vinculados al sector del litio en la Argentina, con el fin de complementar el enfoque cuantitativo y enriquecer el análisis del fenómeno desde una perspectiva experta. A través de esta instancia, se buscó obtener una mirada técnica y contextual sobre las oportunidades, desafíos y perspectivas del litio en el marco de la transición energética y la sostenibilidad ambiental. Las entrevistas permitieron recoger testimonios directos de especialistas con experiencia en distintos eslabones de la cadena de valor, desde la extracción y producción hasta la gestión de los impactos ambientales y sociales, posibilitando un análisis más interpretativo.

#### **3.2.2.1. Instrumento**

En esta etapa se optó por el uso de entrevistas semiestructuradas, un instrumento ampliamente utilizado en investigaciones cualitativas debido a su capacidad de profundizar en la comprensión de las percepciones y experiencias de los informantes. Según Lópezosa (2020), este tipo de entrevista se caracteriza por su estructura flexible, ya que combina un conjunto de preguntas previamente definidas con la posibilidad de que los entrevistados respondan de forma libre y espontánea, permitiendo al investigador adaptar las preguntas en función del desarrollo de la conversación.

A diferencia de las entrevistas estructuradas, que son más rígidas y cerradas, las semiestructuradas fomentan un intercambio dinámico y abierto, en el que se pueden explorar nuevas ideas, matices o significados que surgen durante la interacción. Este formato resulta especialmente adecuado para el presente estudio dado que posibilita captar diversidad de opiniones, experiencias y valoraciones de los especialistas

entrevistados, manteniendo al mismo tiempo una coherencia temática que facilita el análisis posterior de la información.

### 3.2.2.2. Muestra

Toda investigación parte del reconocimiento de un universo, entendido como conjunto total de unidades o elementos que comparten las características del fenómeno que se desea estudiar. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo y recursos, resulta prácticamente imposible analizar todas las unidades que lo componen. Por esta razón, se recurre a la muestra, que constituye una porción del universo seleccionada para representar su comportamiento general. En palabras del autor es “una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo” (p. 126). Sin embargo, no todas las muestras resultan igualmente útiles, la validez de una muestra depende de su capacidad de reflejar las características esenciales del universo, lo que determina su grado de representatividad. Cuando una muestra logra reproducir de manera aproximada las condiciones del universo, se considera representativa y sus resultados son susceptibles de ser generalizados, aunque siempre dentro de un margen de error aceptable. El autor distingue dos grandes tipos de muestreo, el probabilístico y el no probabilístico. En las muestras probabilísticas, todos los elementos del universo tienen una probabilidad conocida y calculable de ser seleccionados, lo que permite estimar el nivel de confianza de los resultados. Por el contrario, en las muestras no probabilísticas, la selección depende del criterio del investigador y no es posible determinar matemáticamente el error muestral. Dentro de este último grupo se encuentran las muestras accidentales, por cuotas e intencionales. Las primeras se conforman por circunstancias fortuitas, las segundas buscan tener una proporción entre las categorías predefinidas y las intencionales se basan en la elección deliberada de unidades o informantes cuyas características resultan especialmente relevantes para los objetivos de la investigación (Sabino, 2014).

La selección de los informantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, técnica que resulta ser la más adecuada en la investigación cualitativa, ya que permite elegir deliberadamente a los participantes que poseen información relevante y significativa sobre el fenómeno estudiado. A diferencia del muestreo aleatorio, que se basa en el azar, el muestreo intencional se fundamenta en criterios teóricos y de pertinencia, orientados a incluir a personas con experiencia directa, conocimiento técnico y disposición a colaborar en el proceso de investigación. En este sentido, el autor sostiene que en la investigación cualitativa le corresponde al investigador determinar quiénes formarán parte de la muestra y

que los entrevistados deben cumplir con dos condiciones esenciales, la primera es poseer una riqueza de información sobre el objeto de estudio. La segunda es presentar una clara disposición a cooperar con el investigador (Palacios, 2014).

La elección de los entrevistados en este estudio respondió a estos principios, priorizando su vinculación profesional con el sector del litio y su capacidad para aportar miradas complementarias sobre su ciclo de vida. De esta manera, sus aportes contribuyen con una diversidad de perspectivas y profundidad analítica, garantizando la riqueza informativa necesaria para cumplir con los objetivos cualitativos del estudio.

Se realizaron dos entrevistas con el objetivo de obtener información en profundidad que permita comprender el ciclo de vida del litio en Argentina desde distintas perspectivas. A través de este instrumento se buscó recoger testimonios, valoraciones y experiencias directas de actores clave, complementar los resultados obtenidos mediante la encuesta y fortalecer la triangulación metodológica.

Los entrevistados fueron contactados por medio de plataformas como LinkedIn, WhatsApp y Mail comentando nuestra idea y solicitando su tiempo para concretar una entrevista, los mensajes de contacto se pueden observar en el Anexo: A.1.1. Cada una constó de un total de 10 preguntas. Las mismas se realizaron entre el 24 de octubre de 2025 y el 3 de noviembre de 2025 de manera virtual, lo que permitió garantizar la accesibilidad de los participantes y mantener un registro completo del intercambio. Cada entrevista fue grabada con autorización de los participantes, únicamente con fines académicos, para garantizar la precisión del registro y del proceso de análisis.

La primera entrevista se dirigió a representantes de empresas vinculadas al ciclo de vida del litio, específicamente a Gustavo Nervo, Valentin Arias Magnou, Bruno Zucchini y Federico Van Zandweghe, la cual se detalla en el Anexo 1: A.1.2.

**Tabla 2**

*Entrevistas al sector empresarial*

<b>Entrevistado/a</b>	<b>Puesto / Cargo</b>	<b>Empresa</b>	<b>Modalidad</b>
<b>Gustavo Nervo</b>	Gerente Ejecutivo Excelencia Operacional Downstream YPF SA   Vicepresidente del Directorio en YPF GAS SA	YPF	Virtual - Google Meet
<b>Valentin Arias Magnou</b>	Lithium Planning Analyst   DCF, Strategy, Capex & Opex	Tecpetrol - Techint	Virtual - Google Meet
<b>Bruno Zucchini</b>	Ingeniero Químico en Tecpetrol   Planificación estratégica para proyectos de transición energética.	Tecpetrol - Techint	Virtual - Google Meet
<b>Federico Van Zandweghe</b>	Ingeniero en VZH SRL	Van Zandweghe Hnos	Virtual - Google Meet

*Nota.* Elaboración propia.

En esta instancia se buscó relevar cómo las compañías integran el litio en sus estrategias energéticas, identificar los principales desafíos productivos, ambientales y sociales asociados a su explotación, y conocer las acciones que impulsan para promover la sostenibilidad, la innovación tecnológica y el agregado de valor local. En este sentido, las respuestas empresariales permitieron analizar las prácticas concretas de gestión, monitoreo ambiental y responsabilidad social corporativa, aportando una visión aplicada sobre el funcionamiento del sector.

La segunda entrevista se realizó con la licenciada en ciencia política, Micaela Oroz, especialista en proyectos de transición socio-ambiental y sustentabilidad, con Cecilia Domínguez, especialista en sustentabilidad y conducta responsable y por último, con Augusto Aquiles Gonçalves, abogado con

experiencia en inversiones mineras y parte del proyecto de litio Tres Quebradas en Catamarca. Esta se detalla en el Anexo 1: A.1.3.

**Tabla 3**

*Entrevistas a expertos*

<b>Entrevistado/a</b>	<b>Puesto / Cargo</b>	<b>Especialidad</b>	<b>Modalidad</b>
<b>Micaela Oroz</b>	Licenciada en Ciencia Política	Especialista en proyectos de transición socio-ambiental y sustentabilidad	Virtual - Google Meet
<b>Cecilia Domínguez</b>	Responsable del departamento ambiental y sustentable de la Cámara Argentina de Empresarios Mineros (CAEM)	Sustentabilidad y Conducta Empresarial Responsable	Virtual - Google Meet
<b>Augusto Aquiles Gonçalves</b>	Abogado en Zijin Mining Group (Proyecto de litio Tres Quebradas, Catamarca)	Inversiones mineras y gestión legal en proyectos de litio	Virtual - Google Meet

*Nota.* Elaboración propia.

En este caso, el objetivo fue obtener una mirada experta sobre el desarrollo del litio en el país, abordando la coordinación entre el sistema público y privado, la efectividad del marco legal vigente y la integración del recurso dentro de las cadenas de valor nacionales. Estas entrevistas permitieron incorporar una perspectiva institucional, clave para comprender los factores que condicionan o favorecen un desarrollo equilibrado del litio en la Argentina.

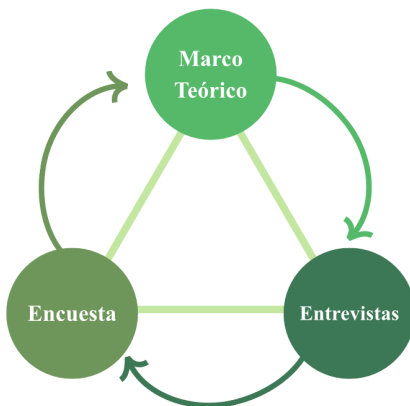
### 3.3. Triangulación metodológica

Tras completar la recolección de datos a través de los enfoques metodológicos previamente detallados, se llevó a cabo el análisis integral de la información aplicando la metodología de triangulación. Esta metodología, según De Arteche (2007), se basa en la combinación y contraste de métodos cualitativos y cuantitativos con el propósito de fortalecer la validez de los hallazgos y enriquecer la comprensión del fenómeno analizado. La triangulación posibilita examinar un mismo objeto de estudio desde diferentes perspectivas metodológicas para integrar diversas fuentes de información y reducir los sesgos que podrían derivarse del uso de un único método.

En el presente trabajo, esta metodología permite articular, como se puede ver en la Figura 6, los aportes teóricos desarrollados en el Capítulo 2: Marco teórico con los resultados empíricos obtenidos mediante la encuesta y las entrevistas, generando una visión integral sobre las percepciones sociales, los niveles de conocimiento y las miradas especializadas en torno al litio y su gestión ambiental. De este modo, el análisis conjunto de los enfoques cualitativo y cuantitativo permitió ampliar la comprensión del fenómeno, aportando una interpretación más completa, coherente y contextualizada del rol que ocupa el litio dentro de la transición energética y del desarrollo sustentable en la Argentina.

**Figura 6**

*Triangulación metodológica*



Nota. Elaboración propia

## **Capítulo 4: Trabajo de campo**

### **4.1. Introducción**

En el presente capítulo se exponen las actividades de trabajo de campo realizadas para la investigación, las cuales permitieron recopilar información empírica y relevante sobre el ciclo de vida del litio en Argentina. Se presentan las entrevistas realizadas a empresarios y expertos del sector y, así como las encuestas efectuadas y sus resultados para complementar la información cuantitativa.

### **4.2. Entrevistas semiestructuradas**

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a representantes de distintas empresas y a expertos vinculadas al sector del litio en Argentina, las cuales se pueden encontrar en el Anexo 2.

#### **4.2.1. Entrevistas a empresarios**

##### **4.2.1.1. Narración: Valentin Arias Magnou**

Valentín Arias Magnou compartió su visión sobre el papel que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de Tecpetrol, destacando su importancia como eje central en el proceso de transición energética y descarbonización del Grupo Techint. Señaló que la compañía ha incorporado áreas específicas dedicadas a la transición energética, impulsadas por la necesidad global de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. En este marco, explicó que el litio cumple un rol clave en la movilidad eléctrica y en la sustitución de los combustibles fósiles, consolidándose como un mineral crítico para el futuro energético mundial.

Respecto a los factores que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años, Arias Magnou mencionó que el principal motor ha sido la transición energética global, junto con el reconocimiento de ciertos minerales estratégicos, entre ellos el litio, el níquel, el cobalto y el manganeso, como insumos esenciales para la fabricación de baterías. Además, destacó las ventajas

competitivas de Argentina, donde el litio proveniente de salmueras resulta más eficiente y económico que el extraído de roca, lo que motivó a la empresa a profundizar su participación en este mercado emergente.

En relación con los desafíos y oportunidades que presenta el desarrollo del litio en el país, el entrevistado identificó como principales obstáculos el escaso desarrollo del mercado local, la volatilidad de los precios internacionales y la falta de un marco regulatorio consolidado. Sin embargo, señaló como oportunidad destacada la posibilidad de que el litio se convierta en una fuente significativa de exportaciones para la Argentina, comparable al sector agroindustrial, así generar divisas y fortalecer el crecimiento de las provincias productoras.

Arias Magnou explicó que la empresa actualmente trabaja en la producción de carbonato de litio mediante un método innovador basado en la Extracción Directa de Litio (DLE), una alternativa más eficiente y sustentable que las tradicionales piletas de evaporación. Este proceso, según indicó, permite reducir el impacto ambiental, optimizar tiempos de producción y posicionar a Tecpetrol como pionera en la adopción de tecnologías de avanzada en la región.

En cuanto a la relación con las comunidades locales, subrayó que la empresa cuenta con un área específica destinada a la gestión social y comunitaria, dado que la obtención de licencias ambientales depende del acuerdo con las poblaciones cercanas a los salares. Relató que Tecpetrol ha desarrollado programas de acercamiento, participación y apoyo local, logrando una mejora progresiva en la aceptación y cooperación de las comunidades aledañas a los proyectos.

En materia ambiental, Arias Magnou reconoció que el principal impacto asociado al procesamiento del litio es el uso del agua, un recurso escaso en las zonas donde se desarrollan los proyectos. Explicó que la empresa implementa un sistema de ósmosis inversa para purificar y reutilizar el agua, reduciendo significativamente el consumo mediante un circuito cerrado de recirculación. Además, mencionó la importancia de establecer indicadores para medir la eficiencia en el uso del recurso y optimizar los procesos.

En relación con la innovación tecnológica, reafirmó la apuesta de Tecpetrol por la tecnología DLE como la principal herramienta para aumentar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental.

Destacó que esta técnica permite alcanzar niveles de recuperación de entre el 85% y el 90%, frente al 60% de las piletas de evaporación, y ocupa menos superficie territorial, contribuyendo a una explotación más sustentable.

Sobre la gestión de residuos y el enfoque de economía circular, señaló que la empresa maneja un sistema de reutilización del agua residual y proyecta que, en el futuro, entre el 10% y el 15% de la demanda de litio pueda ser cubierta mediante baterías recicladas. Explicó que el reciclaje permitirá recuperar minerales críticos como níquel, manganeso, cobalto y litio, reincorporándolos a nuevos procesos de fabricación.

Finalmente, Arias Magnou destacó la necesidad de generar un consenso público y regulatorio en torno a la producción y exportación de carbonato de litio, subrayando que Argentina debería especializarse en esta etapa del proceso por sus ventajas comparativas, sin forzar la industrialización en sectores donde otros países poseen mayor eficiencia. También consideró esencial que las provincias mantengan participación en los proyectos y que se fortalezcan las condiciones macroeconómicas y regulatorias para atraer inversiones, consolidando así un desarrollo sostenible del sector a largo plazo.

#### **4.2.1.2. Narración: Gustavo Nervo**

Gustavo Nervo explicó que, dentro de la estrategia energética de YPF, el litio ocupa actualmente un rol de negocio en desarrollo, integrado a un plan estratégico más amplio enfocado en el crudo no convencional y el Gas Natural Licuado (GNL). Si bien el eje principal de la compañía continúa siendo el sector hidrocarburífero, Nervo reconoció que el litio representa una nueva línea de expansión dentro del proceso de diversificación energética, con perspectivas de crecimiento a mediano y largo plazo.

En relación con los factores que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio, Nervo destacó la creciente demanda mundial derivada de la electromovilidad y de la transición hacia fuentes energéticas más limpias. Señaló que el litio es actualmente un componente central e irremplazable en las baterías eléctricas, lo que incrementa su valor estratégico a nivel global. Asimismo, subrayó la ventajosa posición geográfica de la Argentina dentro del Triángulo del Litio, considerando que su disponibilidad de

recursos le otorga un papel estratégico y geopolítico relevante. A esto sumó los avances tecnológicos y las condiciones financieras y ambientales que hoy hacen viable la explotación del mineral bajo estándares internacionales.

Consultado sobre los principales desafíos y oportunidades para el desarrollo de proyectos de litio en el país, Nervo identificó como mayor obstáculo la inestabilidad macroeconómica y la falta de previsibilidad regulatoria, factores que dificultan la planificación de inversiones de largo plazo en un sector que requiere altos niveles de capital inicial. No obstante, resaltó las condiciones naturales excepcionales del noroeste argentino, así como el know how minero existente, la disponibilidad de infraestructura básica y la presencia de proveedores locales capacitados, que representan oportunidades concretas para impulsar el crecimiento sostenido del sector.

En cuanto a la industrialización del litio, explicó que YPF mantiene actualmente su foco en la etapa extractiva, sin haber avanzado todavía en proyectos de agregado de valor o producción de baterías, aunque no descarta la posibilidad de hacerlo en el futuro. Esta posición responde a una estrategia gradual de desarrollo, priorizando el fortalecimiento de las etapas iniciales de la cadena de valor.

Sobre la relación con las comunidades locales, Nervo sostuvo que, en las zonas donde se desarrollan grandes proyectos, la inclusión laboral se produce naturalmente, especialmente durante la etapa de construcción, cuando la demanda de mano de obra es más alta. Destacó que una parte significativa del personal contratado proviene de las regiones de influencia, tanto a través de empleos directos como indirectos, y que YPF implementa programas específicos de relacionamiento comunitario definidos por el área de Relaciones Institucionales, adaptados a las necesidades de cada territorio.

En materia ambiental, el entrevistado señaló que todos los proyectos de YPF se acompañan de un estudio de impacto ambiental exhaustivo, que permite identificar los riesgos asociados y diseñar medidas de mitigación acordes a las normativas locales e internacionales. Indicó que, por tratarse de una actividad extractiva, los cambios en el entorno son inevitables, pero que la empresa trabaja para minimizar los efectos sobre el suelo, el agua, la flora y la fauna, complementando las operaciones con proyectos de infraestructura estratégica que favorecen el desarrollo sostenible de las regiones donde opera.

Respecto al monitoreo energético y ambiental, Nervo explicó que la empresa cuenta con objetivos estratégicos de mejora continua, orientados a optimizar parámetros como la huella hídrica, el consumo energético y las emisiones. Detalló que estas acciones se agrupan en tres niveles: Uno de gestión, centrado en la planificación y monitoreo de aspectos ambientales; otro tecnológico, basado en la implementación de herramientas de control avanzado y sistemas de alarma; y un tercer nivel operativo, vinculado a la adopción de prácticas sostenibles en la operación diaria.

Al referirse a la innovación tecnológica, remarcó que YPF se encuentra en un proceso continuo de búsqueda e implementación de tecnologías que mejoren la productividad y reduzcan el impacto ambiental. Mencionó la utilización de detectores de contaminación de última generación, analizadores en línea, sistemas inteligentes de monitoreo y el control automatizado de procesos, junto con el empleo del sistema ADAS para la gestión de flotas y el uso progresivo de Inteligencia Artificial (IA) en distintos tramos de la cadena de valor.

En lo que respecta a la gestión de residuos y la economía circular, Nervo destacó que YPF promueve una firme política de reciclaje y reutilización, que abarca desde pilas y baterías hasta aceites, chatarra y plásticos. Reconoció que el principal desafío radica en adaptar estas políticas a regiones alejadas que aún carecen de infraestructura suficiente, lo que demanda esfuerzos adicionales de logística, segregación y transporte de materiales.

Por último, al ser consultado sobre las condiciones necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina, subrayó la importancia de contar con políticas estables, previsibles y de largo plazo, que brinden confianza a los inversores y garanticen la promoción de la actividad junto con el desarrollo de infraestructura crítica. Concluyó que la sostenibilidad del sector dependerá de la articulación entre el Estado, las empresas y las comunidades locales, en un marco de estabilidad económica e institucional.

#### 4.2.1.3. Narración: Federico Van Zandweghe

Federico Van Zandweghe explicó que, dentro de la estrategia de su empresa, el litio ocupa un rol incipiente pero con fuerte proyección a futuro, especialmente en la fabricación y optimización de bancos de baterías para energía solar, sistemas UPS y telecomunicaciones. Señaló que la organización cuenta con experiencia en diseño y ensamblaje de baterías, lo que le permite posicionarse en un segmento de innovación aplicada dentro del sector energético. Desde su perspectiva, el litio representa una oportunidad tecnológica y de crecimiento, asociada al avance de las energías renovables y a la transición hacia sistemas de almacenamiento más eficientes.

Al referirse a los factores que impulsaron el interés empresarial por el litio, Van Zandweghe indicó que el “boom” global del mineral fue determinante, ya que motivó a múltiples compañías a explorar nuevas tecnologías y a evaluar el reemplazo progresivo de sistemas tradicionales por soluciones basadas en baterías de litio. Consideró que esta tendencia global actúa como motor de cambio para la industria y genera incentivos para la modernización tecnológica en distintos sectores.

En relación con los principales desafíos y oportunidades observados en el desarrollo de proyectos vinculados al litio, el entrevistado destacó la falta de conocimiento técnico generalizado y la necesidad de capacitación de las empresas que buscan incorporar esta nueva tecnología. También mencionó las demoras logísticas y la dependencia de equipos importados, lo que encarece y ralentiza los procesos de adopción. No obstante, señaló que existen grandes oportunidades de reconversión tecnológica, especialmente en aquellos espacios donde actualmente se utilizan baterías de plomo, planteando la posibilidad de reemplazarlas por sistemas de litio más seguros, eficientes y sostenibles.

Consultado sobre las líneas de trabajo vinculadas al agregado de valor e industrialización, Van Zandweghe explicó que la empresa apuesta por la diferenciación a través del desarrollo de accesorios tecnológicos en sus bancos de baterías, tales como sistemas de monitoreo a distancia, GPS y equipos de

protección interna. Estas innovaciones buscan aumentar la seguridad, el control operativo y la trazabilidad de los sistemas, fortaleciendo su propuesta en el mercado energético industrial.

En cuanto a la vinculación con las comunidades locales, comentó que la empresa desarrolla capacitaciones técnicas orientadas a la difusión de conocimientos sobre distintas tecnologías de baterías y sus usos. Sin embargo, aclaró que no se trata de formaciones exclusivas sobre litio, dado que el contenido técnico es amplio y complejo, y requiere abordar temas de seguridad eléctrica, electrónica y control térmico. Destacó la importancia de la placa electrónica de control (BMS) en las baterías de litio, encargada de regular parámetros críticos y evitar sobrecalentamientos, lo que evidencia la creciente sofisticación tecnológica del sector.

Respecto a los impactos ambientales asociados al uso del litio, Van Zandweghe identificó como principal desafío el manejo del final de la vida útil de las baterías, señalando la ausencia de infraestructura de reciclaje en la Argentina y en gran parte de Sudamérica. Explicó que, ante la inexistencia de plantas recicladoras y las restricciones legales para el traslado de residuos, el destino habitual de estos materiales es la disposición final controlada, aunque reconoció que este esquema no es el ideal y requiere soluciones normativas urgentes.

En relación con el consumo energético y las emisiones, señaló que la empresa no realiza un monitoreo externo de su huella ambiental, pero destacó su compromiso con la energía limpia al operar de manera totalmente desconectada de la red eléctrica. Informó que la compañía cuenta con más de 160 paneles solares, capaces de generar hasta 55 kW de potencia pico, abasteciendo la totalidad de las operaciones diarias, incluidos los sistemas informáticos, servidores y climatización. Además, mencionó el uso de una aplicación digital que permite monitorear el consumo energético en tiempo real, promoviendo la eficiencia y el control interno.

Al abordar el tema de la gestión de residuos y economía circular, Van Zandweghe reafirmó que actualmente no existen plantas de reciclaje de baterías de litio en el país, lo que limita el desarrollo de modelos circulares. Subrayó que las restricciones al transporte de residuos entre provincias o países dificultan el aprovechamiento de materiales recuperables y encarecen la disposición final.

Finalmente, al analizar las condiciones necesarias para un desarrollo sostenible del litio en Argentina, señaló que el principal desafío se encuentra en los altos costos de importación, que encarecen significativamente los equipos y componentes tecnológicos. Indicó que esta situación genera una brecha de precios con respecto a otros mercados internacionales, aunque reconoció que la mayor oferta proveniente de China y la consecuente baja en los precios del litio podrían mejorar la competitividad a mediano plazo. Concluyó que, para consolidar el crecimiento del sector, será indispensable reducir los costos de importación y fortalecer los incentivos a la inversión tecnológica local.

#### **4.2.1.4. Narración: Bruno Zucchini**

Bruno Zucchini explicó que, dentro de la estrategia energética de Tecpetrol, el litio representa una oportunidad estratégica de diversificación frente a los cambios estructurales del mercado energético global. Señaló que, al ser una empresa de oil & gas, Tecpetrol percibe en el litio una vía para reducir el riesgo asociado a la disminución futura de la demanda de combustibles fósiles, impulsada por la transición hacia la movilidad eléctrica. En este sentido, destacó que el desarrollo del litio constituye una respuesta empresarial ante una innovación tecnológica disruptiva, permitiendo ampliar el portafolio de negocios y fortalecer la posición del grupo en un escenario de descarbonización global.

Respecto a los factores que explican el crecimiento del interés por el litio en los últimos años, Zucchini mencionó que el auge de las ventas de vehículos eléctricos en regiones como China y Europa ha sido el principal impulsor del incremento de la demanda. Subrayó que la Argentina cuenta con una de las mejores calidades de litio del mundo, lo que ha despertado un marcado interés empresarial y posiciona al país como un actor clave dentro de la oferta internacional del mineral.

En relación con los principales desafíos y oportunidades del sector, el entrevistado indicó que la industria del litio atraviesa una etapa de maduración acelerada, impulsada por el crecimiento sostenido de la demanda global. Consideró que este escenario genera amplias oportunidades de negocio, aunque reconoció que la volatilidad de los precios internacionales, especialmente por la expansión de la oferta proveniente de

China y África, constituye un obstáculo significativo para el lanzamiento de nuevos proyectos, afectando su rentabilidad y previsibilidad económica.

Al ser consultado sobre las iniciativas vinculadas a la industrialización y agregado de valor, Zucchini sostuvo que la empresa no considera viable la producción local de baterías debido a dos factores principales: La baja demanda regional de vehículos eléctricos y la escasa disponibilidad nacional de insumos esenciales, más allá del litio. Argumentó que la fabricación de baterías implicaría altos costos de importación y una pérdida de competitividad, por lo que la estrategia más eficiente para el país radica en fortalecer la etapa extractiva y consolidarse como proveedor de carbonato de litio de alta calidad.

En materia de vinculación con las comunidades locales, el entrevistado destacó que Tecpetrol mantiene una relación activa y constante con las poblaciones cercanas a sus operaciones, tanto en proyectos de litio como de hidrocarburos. Subrayó la relevancia de la licencia social para operar, indicando que sin la aprobación de las comunidades resulta prácticamente imposible avanzar con los proyectos. Mencionó ejemplos de experiencias positivas de cooperación, como la instalación de conectividad en zonas rurales y la inclusión laboral de habitantes locales en proyectos exploratorios, lo que refleja el compromiso de la empresa con el desarrollo territorial.

En cuanto a los impactos ambientales asociados al litio, Zucchini identificó dos principales: el impacto visual de las piletas de evaporación y el uso intensivo del agua en zonas áridas. Remarcó la necesidad de gestionar cuidadosamente el recurso hídrico y consideró que estas problemáticas son de alta sensibilidad social y ambiental, especialmente en regiones turísticas.

Sobre el monitoreo de emisiones y consumo energético, explicó que si bien la empresa dispone de herramientas digitales avanzadas para sus operaciones de oil & gas, los proyectos de litio aún se encuentran en fase de desarrollo, por lo que no se realizan mediciones específicas. No obstante, mencionó que Tecpetrol lleva adelante estudios de recarga hídrica de cuencas para determinar niveles sostenibles de extracción y que analiza la posibilidad de incorporar parques solares para abastecer sus procesos productivos con energía limpia, complementada con sistemas de almacenamiento.

En el plano de la innovación tecnológica, Zucchini destacó la evaluación del sistema DLE (Direct Lithium Extraction) como alternativa más eficiente y ambientalmente responsable frente al método tradicional de evaporación. Explicó que esta tecnología reduce el impacto visual, aumenta la eficiencia de recuperación y acelera los tiempos de procesamiento, lo que la posiciona como una herramienta clave para el futuro de la industria.

En lo relativo a la gestión de residuos y reciclaje, Zucchini reconoció no participar directamente en esa etapa del proceso productivo, pero señaló que el reciclaje de baterías representa un eslabón clave para el futuro sostenible de la industria. Destacó los avances internacionales que permiten recuperar minerales críticos como el litio, el níquel y el cobalto, y su reincorporación al circuito productivo, reduciendo así la necesidad de nuevas extracciones y el impacto ambiental asociado. Asimismo, remarcó que la implementación de estas prácticas en Argentina dependerá del desarrollo de infraestructura adecuada y de un marco regulatorio que fomente la economía circular dentro del sector.

Finalmente, al reflexionar sobre las condiciones necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina, Zucchini subrayó la importancia de garantizar estabilidad macroeconómica y previsibilidad normativa, elementos fundamentales para atraer inversiones de largo plazo. Además, destacó el rol de los gobiernos provinciales en la construcción de consensos con las comunidades locales, considerándolo un factor decisivo para destrabar proyectos y promover un desarrollo socialmente aceptado y ambientalmente responsable.

#### **4.2.2. Cuadro resumen de entrevistas a empresarios**

Con el objetivo de sintetizar los principales aportes obtenidos en las entrevistas realizadas a referentes empresariales del sector energético e industrial, se elaboró el siguiente cuadro resumen. El mismo reúne las respuestas de Valentín Arias Magnou, Gustavo Nervo, Federico Van Zandweghe y Bruno Zucchini, quienes representan distintos perfiles corporativos vinculados al desarrollo del litio en Argentina. A través de este resumen, se busca identificar los puntos de coincidencia, divergencia y complementariedad en torno al

rol estratégico del litio, sus desafíos productivos, las oportunidades de industrialización y los aspectos ambientales, sociales y tecnológicos que atraviesan la actividad. El cuadro permite visualizar, de manera sintética, cómo cada empresa interpreta y gestiona su participación dentro de la cadena de valor del litio en el marco de la transición energética.

**Tabla 4**

*Cuadro resumen de entrevistas a empresarios*

Preguntas	Entrevistados/as			
	<i>Valentín Arias Magnou</i>	<i>Gustavo Nervo</i>	<i>Federico Van Zandweghe</i>	<i>Bruno Zucchini</i>
<b>¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?</b>	Considera que el litio ocupa un rol central en la transición energética del Grupo Techint, orientado a la descarbonización y diversificación de negocios.	Describe al litio como un negocio “en desarrollo”, enmarcado dentro de la estrategia de diversificación de YPF.	Afirma que el litio es un componente emergente con potencial futuro en bancos de baterías y energía solar.	Señala que el litio representa una oportunidad estratégica para diversificar el negocio y reducir el riesgo frente a la caída de la demanda de hidrocarburos.

<p><b>¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?</b></p>	<p>Destaca la transición energética global, la eficiencia del litio argentino proveniente de salmuera y su rentabilidad económica.</p>	<p>Subraya la creciente demanda global impulsada por la electromovilidad y la posición geopolítica favorable del país.</p>	<p>Atribuye el interés al “boom” internacional del litio y a la reconversión tecnológica de las empresas.</p>	<p>Menciona el aumento de la demanda mundial por autos eléctricos y la alta calidad del litio argentino.</p>
<p><b>Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?</b></p>	<p>Identifica la falta de desarrollo regulatorio y la volatilidad del mercado como desafíos; y el potencial exportador del litio como principal oportunidad.</p>	<p>Considera la inestabilidad macroeconómica como el principal obstáculo, y las condiciones naturales y logísticas del NOA como ventajas competitivas.</p>	<p>Señala la falta de conocimiento técnico y las demoras en importaciones como desafíos; y la sustitución tecnológica del plomo como oportunidad.</p>	<p>Menciona la baja de precios internacionales como desafío y el crecimiento global de la demanda como una oportunidad de expansión.</p>
<p><b>¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?</b></p>	<p>Explica que Tecpetrol busca producir carbonato de litio utilizando tecnología DLE como proceso innovador y sustentable.</p>	<p>Indica que YPF limita su acción a la fase extractiva, sin proyectos de industrialización locales por el momento, aunque no descarta la posibilidad.</p>	<p>Menciona que el valor agregado proviene de accesorios tecnológicos en bancos de baterías, como GPS y monitoreo remoto.</p>	<p>Considera inviable la producción local de baterías por los altos costos y la baja demanda regional, priorizando la etapa extractiva.</p>

<p><b>¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?</b></p>	<p>Destaca la creación de un área específica de vinculación social que trabaja en diálogo, programas y acuerdos con comunidades locales.</p>	<p>Explica que la inclusión laboral se produce principalmente durante la etapa de construcción y que la empresa impulsa programas de relacionamiento institucional.</p>	<p>Describe la realización de capacitaciones técnicas sobre baterías, sin un enfoque comunitario directo.</p>	<p>Señala que la empresa mantiene una relación activa con las comunidades, brindando empleo y mejoras en conectividad.</p>
<p><b>¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?</b></p>	<p>Identifica el uso del agua como principal impacto y menciona el empleo de sistemas de ósmosis inversa para su reutilización.</p>	<p>Detalla la realización de estudios de impacto ambiental y planes de mitigación con el objetivo de minimizar los efectos sobre el suelo, el agua, la flora y la fauna.</p>	<p>Enfatiza los problemas del reciclaje y la falta de infraestructura local, proponiendo la disposición final como solución provisoria.</p>	<p>Subraya los impactos visuales de las piletas de evaporación y la sensibilidad del uso del agua en zonas áridas.</p>
<p><b>¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?</b></p>	<p>Explica que aún no poseen software específico, pero miden KPIs de agua y eficiencia de ósmosis para optimizar el consumo.</p>	<p>Detalla un sistema integral con objetivos estratégicos de sostenibilidad y control ambiental centralizado.</p>	<p>Reconoce que no realizan mediciones formales, aunque comercializan energía solar a nivel nacional.</p>	<p>Menciona el uso de mediciones de recarga hídrica y la evaluación de parques solares para autoabastecimiento energético.</p>

<p><b>¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?</b></p>	<p>Resalta la aplicación del sistema DLE, con mayor eficiencia y menor impacto ambiental que los métodos tradicionales.</p>	<p>Menciona la incorporación de tecnologías digitales, monitoreo inteligente e inteligencia artificial en operaciones.</p>	<p>Destaca el uso de 160 paneles solares y aplicaciones de seguimiento del consumo energético diario.</p>	<p>Coincide en la evaluación del DLE y suma la posibilidad de integrar energías renovables en los procesos productivos.</p>
<p><b>¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?</b></p>	<p>Explica que el proceso incluye acopio y reutilización de salmuera, y prevé el futuro reciclaje de minerales críticos en baterías.</p>	<p>Describe políticas activas de reciclaje y segregación de residuos bajo estándares ambientales internacionales.</p>	<p>Señala la inexistencia de plantas de reciclaje en el país y las restricciones legales al traslado de residuos.</p>	<p>Reconoce no intervenir directamente, pero destaca el potencial del reciclaje de baterías para reducir nuevas extracciones.</p>
<p><b>En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?</b></p>	<p>Considera fundamental lograr consenso nacional, estabilidad regulatoria y participación provincial en los proyectos.</p>	<p>Destaca la necesidad de previsibilidad, promoción a la inversión y desarrollo de infraestructura crítica.</p>	<p>Menciona los altos costos de importación y la necesidad de políticas que mejoren la competitividad del mercado interno.</p>	<p>Subraya la importancia de la estabilidad macroeconómica y el apoyo de gobiernos provinciales para fortalecer la licencia social.</p>

*Nota.* Elaboración propia.

En conjunto, el cuadro resume las ideas principales expresadas por los entrevistados, brindando una visión representativa sobre cómo diferentes empresas y perfiles profesionales perciben y gestionan el

desarrollo del litio dentro del contexto energético y productivo argentino. Las respuestas recopiladas constituyen una fuente directa de información empírica que servirá como base para los posteriores análisis y comparaciones dentro del trabajo de investigación.

#### **4.2.3. Entrevistas a expertos**

A continuación, se exponen los principales resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a especialistas del sector minero, energético y científico-tecnológico vinculados al desarrollo del litio en Argentina. Las respuestas recopiladas reflejan una mirada experta sobre las oportunidades y desafíos que enfrenta el país en materia de innovación, sostenibilidad y articulación institucional, así como el rol del litio dentro del contexto global de la transición energética. Estas entrevistas permiten complementar la perspectiva empresarial, aportando un enfoque analítico sobre los aspectos ambientales, regulatorios y tecnológicos que condicionan la competitividad del sector y su integración dentro de un modelo de desarrollo sostenible a largo plazo.

##### **4.2.3.1. Narración: Micaela Oroz**

Micaela Oroz explicó que la relevancia del litio dentro de la transición energética global radica en su rol como vector de almacenamiento, fundamental para las baterías de ion-litio. Estas, aunque contienen un bajo porcentaje de litio, permiten almacenar energía de manera liviana y transportable, resolviendo uno de los principales desafíos de las energías renovables: su almacenamiento y traslado. Destacó que el interés global por este mineral se sustenta en el avance de la electromovilidad y las regulaciones internacionales que exigen la sustitución de combustibles fósiles, señalando además que Argentina cuenta con yacimientos de litio en salmuera de alta calidad y bajo costo de explotación. No obstante, advirtió sobre el riesgo de perder la actual “ventana de oportunidad” si el país no acelera su desarrollo productivo, científico y normativo.

En relación con las alternativas al litio, sostuvo que el hidrógeno verde y el sodio pueden cumplir roles complementarios dentro de la matriz energética, pero que el litio sigue siendo el vector más eficiente de

almacenamiento y transporte de energía limpia. Consideró que el hidrógeno resulta particularmente útil para la generación in situ, mientras que el sodio aún no presenta un desarrollo tecnológico equiparable.

Al referirse a los impactos ambientales, señaló que la extracción de litio en Argentina se encuentra mal gestionada, debido a su alta demanda hídrica en zonas con estrés de agua. Mencionó los riesgos de salinización de acuíferos subterráneos y la afectación de ecosistemas locales, incluyendo la flora, fauna y comunidades originarias. Subrayó la necesidad de reforzar el cumplimiento de las evaluaciones de impacto ambiental y de garantizar la articulación efectiva entre las provincias, las empresas y el Estado. Aun así, destacó que, en muchos casos, las mineras terminan asumiendo funciones que el Estado no cubre, generando dinamismo económico en las regiones donde operan.

Respecto a las oportunidades productivas, afirmó que el litio debería insertarse dentro de una estrategia más amplia de diversificación económica. Consideró que el país debe aprovechar su potencial científico y tecnológico, con más de cuarenta centros de investigación vinculados al litio, para ampliar la cadena de valor y generar empleo calificado. Propuso avanzar hacia la producción local de celdas de baterías o componentes intermedios, en lugar de limitarse a exportar carbonato de litio. También resaltó la necesidad de fortalecer la articulación con los gobiernos provinciales para promover proveedores locales y asegurar que la actividad extractiva genere un impacto positivo en el desarrollo regional.

Sobre la articulación público-privada, sostuvo que es el único camino posible para un desarrollo sostenible del litio. Planteó que el sistema científico-tecnológico depende del Estado, pero que la inversión privada es indispensable para escalar la innovación y generar rendimiento económico. Propuso fomentar esquemas de cooperación entre universidades, empresas y gobiernos, con políticas que incentiven la producción tecnológica nacional en lugar de la importación.

En cuanto al desarrollo tecnológico, destacó que Argentina cuenta con capacidades científicas comparables a las de países europeos o Estados Unidos, pero aún enfrenta dificultades para incorporar dichas innovaciones en los procesos industriales. Identificó un déficit de comunicación entre el sistema científico y el sector productivo, y asignó al Estado un rol clave como articulador entre ambos. Además, criticó el Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones (RIGI), al considerarlo un marco excesivamente

laxo y poco sostenible, que otorga beneficios desproporcionados a las empresas mineras sin garantizar retornos significativos para el país.

En materia de residuos, advirtió sobre la falta de normativas efectivas y de control en la gestión de baterías en desuso, y propuso establecer reglamentaciones similares a las de la Unión Europea. Señaló que la gestión de residuos representa, a su vez, una oportunidad de desarrollo económico local, si se impulsa adecuadamente. Finalmente, destacó que la gran oportunidad de Argentina reside en la integración regional: propuso fomentar un mercado sudamericano del litio, articulado con Brasil como polo automotriz, para fortalecer la electromovilidad y construir una estrategia común de transición energética.

#### **4.2.3.2. Narración: Cecilia Domínguez**

Cecilia Domínguez describió la creciente relevancia del litio a partir de su ventaja distintiva como vector de almacenamiento liviano y de alta densidad energética, fundamental para el desarrollo de la electromovilidad. Explicó que esta capacidad de almacenar más energía en menor volumen y peso le otorga al litio un papel central dentro de la transición energética. Sin embargo, aclaró que no se trata de un recurso exclusivo ni insustituible: El sodio, por ejemplo, aparece como una alternativa viable, sobre todo para baterías estacionarias donde el peso no constituye una restricción. En este sentido, sostuvo que el escenario futuro estará conformado por un mix tecnológico, donde convivirán distintas soluciones energéticas y no una única fuente dominante.

Al comparar el litio con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno y el sodio, señaló que el hidrógeno se encuentra todavía en una etapa temprana de desarrollo y con escasos proyectos piloto en funcionamiento. Consideró que, a medida que las transiciones energéticas avancen, los países deberán adoptar una combinación de tecnologías que garanticen seguridad energética y estabilidad de abastecimiento. Desde esta perspectiva, el litio mantiene una ventaja competitiva temporal debido a su madurez tecnológica y a su eficiencia comprobada, pero no debe entenderse como la única solución dentro del panorama energético global.

En relación con los impactos ambientales, explicó que la extracción de litio en Argentina se realiza principalmente a partir de salmueras, lo que reduce los costos de producción respecto de la minería de roca, aunque plantea desafíos asociados al manejo del recurso hídrico. Describió que el proceso de bombeo de salmueras desde el subsuelo implica extraer grandes volúmenes de fluido, por lo que la gestión de las cuencas y la planificación de la reinyección son factores determinantes para evitar desequilibrios ambientales. En este sentido, destacó el desarrollo de la Extracción Directa de Litio (DLE), una tecnología que permite separar el litio y reinyectar la salmuera empobrecida al sistema, disminuyendo los tiempos de producción y la dependencia de condiciones climáticas. Si bien reconoció que esta técnica genera cambios en el equilibrio hidrogeológico, remarcó que dichos impactos son previsibles, medibles y gestionables mediante una adecuada planificación de ingeniería.

Sobre las tecnologías que las empresas adoptan actualmente, Domínguez indicó que el uso del DLE ha significado una mejora sustancial en términos de eficiencia y sostenibilidad, al eliminar la dependencia de factores ambientales como la evaporación solar o las precipitaciones. Comentó que en la actualidad existen operaciones en el país que han incorporado procesos mixtos, combinando métodos tradicionales con DLE, mientras que otras nuevas ya operan con sistemas 100% de extracción directa. Sostuvo que cada yacimiento requiere soluciones adaptadas a sus condiciones geológicas y ambientales, por lo que la innovación tecnológica debe ir acompañada de una gestión integral de riesgos.

Respecto a la integración del litio en los procesos productivos nacionales, afirmó que la principal oportunidad para Argentina no radica únicamente en la industrialización final, sino en la consolidación de una cadena de valor tecnológica local. Propuso que el país se enfoque en el desarrollo de bienes y servicios para la minería, equipos, ingeniería, insumos técnicos y servicios especializados, que podrían incluso convertirse en una industria exportadora en sí misma, al estilo del modelo australiano. Sostuvo que este enfoque permitiría escalar las capacidades científicas y generar divisas de manera sostenible, fortaleciendo a su vez el entramado industrial argentino.

En materia social y laboral, explicó que la construcción de proyectos mineros genera picos de empleo durante las etapas iniciales, con una posterior estabilización al iniciar la fase operativa. Mencionó que las empresas del sector han realizado importantes inversiones en capacitación y alfabetización laboral,

incorporando a comunidades locales y pueblos originarios a los proyectos. Destacó además la implementación de protocolos de relacionamiento comunitario, como los estándares IRMA y TSM, y la aplicación de la Ley de Consulta Previa, Libre e Informada, que regulan las prácticas de diálogo y participación en zonas de influencia minera.

En cuanto a la articulación entre los sectores público, privado y científico-tecnológico, consideró que constituye una condición esencial para el desarrollo sostenible del litio. Señaló que la participación del Estado es clave para garantizar la credibilidad y la transparencia del proceso extractivo, especialmente en provincias con escasa experiencia minera. También remarcó que la cooperación entre las empresas y el sistema científico nacional ha mejorado en los últimos años, dejando atrás antiguas tensiones ideológicas y abriendo una nueva etapa de colaboración orientada a la resolución de desafíos tecnológicos.

Al evaluar el avance del país en innovación y desarrollo tecnológico, reconoció que Argentina aún se encuentra rezagada respecto de los grandes actores internacionales, como China, que lidera en la producción de litio metálico y en el desarrollo de baterías de nueva generación. Explicó que el país debe acelerar su curva de aprendizaje y aprovechar las oportunidades de transferencia tecnológica derivadas de las inversiones extranjeras, fortaleciendo simultáneamente su marco regulatorio para atraer capitales de largo plazo y fomentar la innovación local.

En relación con los residuos y subproductos derivados del proceso, señaló que la evaporación genera grandes volúmenes de sales de descarte que, aunque no son tóxicas, alteran el paisaje natural y requieren estrategias de manejo adecuadas. Propuso destinar esfuerzos de investigación y desarrollo para revalorizar esos subproductos, explorando su uso en materiales de construcción, farmacéutica u otras industrias, de modo de promover esquemas de economía circular. También destacó la importancia de diseñar desde etapas tempranas los protocolos de cierre de mina, que brinden certeza sobre el futuro de las comunidades y los entornos donde operan los proyectos.

Finalmente, Domínguez sostuvo que Argentina posee una ventaja competitiva basada en los bajos costos de producción del litio en salmuera, pero que para consolidar su posición internacional necesita fortalecer la infraestructura, garantizar reglas claras y fomentar la confianza inversora a largo plazo. Explicó

que el desarrollo del sector requiere de capital intensivo y horizontes de recuperación de entre veinte y treinta años, por lo que resulta imprescindible generar estabilidad macroeconómica e institucional. Concluyó que la sostenibilidad del sector dependerá de la capacidad del país para equilibrar las oportunidades económicas con la preservación ambiental y la planificación estratégica del recurso.

#### **4.2.3.3. Narración: Augusto Aquiles Gonçalves**

Augusto Aquiles Gonçalves señaló que el creciente interés global y local por el litio se explica por la transición energética y la expansión de la industria de baterías, especialmente para vehículos eléctricos. Indicó que la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles, posiciona al litio como un recurso estratégico dentro de un nuevo modelo energético y productivo.

En cuanto a las alternativas al litio, sostuvo que este recurso presenta ventajas relevantes frente al hidrógeno o el sodio, particularmente por su mayor desarrollo tecnológico y la disponibilidad de infraestructura para su uso industrial. Sin embargo, reconoció que su extracción implica desafíos ambientales significativos, especialmente en términos de consumo de agua, mientras que otras opciones podrían resultar más abundantes o menos impactantes. Aun así, afirmó que el litio continúa siendo la opción más eficiente y escalable para el almacenamiento energético en la actualidad.

Señaló que los principales riesgos ambientales se relacionan con el uso intensivo de agua en zonas de salares y con la posible alteración de ecosistemas frágiles. Explicó que en su empresa estos impactos se gestionan mediante estudios ambientales rigurosos, monitoreos continuos y la implementación de tecnologías de extracción directa destinadas a reducir la presión sobre los recursos hídricos y minimizar la huella ambiental.

En relación con las prácticas tecnológicas adoptadas por el sector, destacó la creciente incorporación de la extracción directa de litio, el uso de energías renovables en los procesos operativos y los sistemas de recirculación del agua. Según detalló, estas innovaciones mejoran la eficiencia del proceso y permiten alinearse con estándares internacionales de sostenibilidad.

Al momento de evaluar la integración del litio en la estructura productiva nacional, planteó que su mayor potencial radica en promover la refinación local, el desarrollo de celdas de batería y sistemas de almacenamiento energético. Consideró que esto permitiría generar empleo calificado, fortalecer la industria argentina y consolidar al país como un actor relevante de la transición energética global. Agregó que la minería también impulsa la demanda de bienes e insumos locales, lo que amplifica su impacto económico.

Respecto al vínculo con las comunidades locales, describió que se llevan adelante programas de capacitación, iniciativas de empleo local y acciones de apoyo comunitario. Mencionó que en Fiambalá, donde opera el proyecto, se realizan cursos de formación, actividades culturales y proyectos destinados a promover una minería sostenible y un desarrollo inclusivo.

Sobre la articulación entre los sectores público, privado y científico-tecnológico, afirmó que resulta indispensable para construir una política de Estado en torno al litio. Consideró que una cooperación efectiva permitiría impulsar la innovación, armonizar estándares ambientales y asegurar que la explotación del recurso genere beneficios amplios y sostenibles.

Por otro lado, indicó que Argentina ha avanzado en materia de desarrollo tecnológico, investigación e innovación, aunque todavía enfrenta desafíos en la transferencia tecnológica y la coordinación institucional. Evaluó que el marco regulatorio actual brinda estabilidad para la inversión, pero remarcó la necesidad de actualizarlo para incentivar el desarrollo industrial y el agregado de valor dentro del país.

En cuanto la gestión de residuos, señaló que persisten desafíos vinculados al tratamiento de salmueras residuales y materiales derivados del procesamiento. Consideró que las estrategias más prometedoras incluyen la reutilización de subproductos, la mejora en la eficiencia de los circuitos de recuperación y la promoción de normativas orientadas a una economía circular en el sector minero.

Finalmente, planteó que Argentina posee una oportunidad estratégica para combinar el aprovechamiento económico del litio con estándares ambientales elevados y una mayor competitividad internacional. En su visión, avanzar en producción responsable, inversión tecnológica e inserción global

sostenible permitiría consolidar al país como referente dentro de la transición energética sin comprometer sus recursos naturales.

#### **4.2.4. Cuadro resumen de entrevistas a expertos**

Con el objetivo de organizar y presentar de manera clara los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas a especialistas del ámbito energético y minero, se elaboró el siguiente cuadro resumen. En él se recopilan las respuestas de Micaela Oroz, Cecilia Domínguez y Augusto Aquiles Gonçalves, quienes aportaron su mirada experta sobre la relevancia del litio en la transición energética, los desafíos ambientales y tecnológicos que enfrenta su explotación, y las oportunidades de articulación entre los sectores público, privado y científico. Este cuadro permite visualizar los principales ejes temáticos abordados en las entrevistas, reflejando las percepciones y experiencias de ambas profesionales.

**Tabla 5**

*Cuadro resumen de entrevistas a expertos*

<b>Preguntas</b>	<b>Entrevistados/as</b>		
	<i>Micaela Oroz</i>	<i>Cecilia Domínguez</i>	<i>Augusto Aquiles Gonçalves</i>
<b>¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?</b>	<p>Señaló que el litio es esencial por su capacidad de almacenar y transportar energía limpia en baterías livianas, lo que lo convierte en un recurso clave para la transición energética y la electromovilidad.</p> <p>Advirtió, sin embargo, que Argentina debe aprovechar la actual ventana de oportunidad y acelerar su desarrollo productivo y normativo.</p>	<p>Describió que el litio destaca por su capacidad de almacenamiento con bajo peso, fundamental para la electromovilidad. Afirmó que no es un recurso insustituible, ya que el sodio podría complementar su uso, y previó un futuro energético basado en un mix de tecnologías.</p>	<p>Indicó que el interés creció rápido por la transición energética y la electromovilidad, que requiere de baterías como eje central del nuevo modelo productivo. El litio se volvió estratégico porque ayuda a reducir la dependencia de combustibles fósiles y eso impulsó la demanda global y local.</p>

<p><b>¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?</b></p>	<p>Aclaró que el hidrógeno y el sodio cumplen roles distintos: el primero es útil para la generación in situ, mientras que el litio sigue siendo el vector más eficiente para almacenar energía. Sostuvo que el litio conserva ventajas competitivas en eficiencia y madurez tecnológica.</p>	<p>Explicó que el hidrógeno se encuentra en una etapa de desarrollo inicial y que el sodio podría ser útil para baterías estacionarias. Enfatizó que la seguridad energética se logrará con una combinación inteligente de tecnologías, donde el litio mantiene un rol protagónico pero no exclusivo.</p>	<p>Señaló que el litio lleva ventaja por su madurez tecnológica y su infraestructura ya instalada. Aun así, su extracción tiene mayores desafíos ambientales, mientras que alternativas como el sodio o el hidrógeno podrían ser más abundantes o menos impactantes, aunque todavía menos viables.</p>
<p><b>¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?</b></p>	<p>Criticó la gestión ambiental actual, señalando el alto consumo de agua en zonas áridas y el riesgo de contaminación de acuíferos. Reclamó un control más estricto de las evaluaciones de impacto ambiental y una mejor articulación entre Estado, provincias y empresas.</p>	<p>Indicó que la extracción de litio en salmuera implica desafíos en el manejo de cuencas por el bombeo de grandes volúmenes de fluido. Destacó la tecnología de Extracción Directa de Litio (DLE) como una alternativa más eficiente y con menor impacto, aunque requiere control hidrogeológico.</p>	<p>Indicó que el principal impacto es el uso intensivo de agua y la afectación de ecosistemas. Lo gestionan con estudios ambientales, monitoreos y tecnologías como el proceso de extracción directa para reducir el consumo hídrico.</p>

<p><b>¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?</b></p>	<p>Reconoció que aún no hay grandes innovaciones implementadas en el país, aunque mencionó el interés por nuevas metodologías de extracción. Consideró que las empresas deben invertir más en investigación aplicada y sostenibilidad.</p>	<p>Señaló que el DLE reduce significativamente los tiempos de producción y la dependencia climática, y que ya existen operaciones nacionales que lo aplican parcial o totalmente. Sostuvo que la innovación debe acompañarse de una gestión de riesgos adaptada a cada yacimiento.</p>	<p>Mencionó la expansión de la extracción directa, el uso de energías renovables y la recirculación de agua para mejorar eficiencia y cumplir estándares ambientales más altos.</p>
<p><b>¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?</b></p>	<p>Propuso diversificar la matriz productiva incorporando el litio como motor de innovación. Sugirió avanzar en la producción de celdas o componentes intermedios, articulando con el sistema científico para fortalecer la cadena de valor local.</p>	<p>Planteó que la oportunidad está en desarrollar una red nacional de bienes y servicios para la minería del litio. Consideró que una cadena de valor tecnológica exportable permitiría replicar el modelo australiano y generar divisas sostenibles.</p>	<p>Sostuvo que se puede impulsar una cadena local: refinación, fabricación de celdas y sistemas de almacenamiento. Esto generaría empleo calificado y fortalecería la industria y los proveedores locales.</p>

<p><b>¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?</b></p>	<p>Reconoció no tener información directa sobre los programas de inclusión, aunque sostuvo que la articulación público-privada es clave para maximizar el impacto positivo de la actividad en las comunidades del norte argentino.</p>	<p>Explicó que la construcción minera genera picos de empleo y que el sector invierte en formación y alfabetización laboral. Mencionó el cumplimiento de estándares IRMA y TSM, y la Ley de Consulta Previa como pilares del diálogo comunitario.</p>	<p>Comentó que se implementan capacitaciones, cumplimiento de estándares, empleo local y proyectos comunitarios. En Fiambalá realizan formaciones, actividades culturales y programas de apoyo.</p>
<p><b>¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?</b></p>	<p>Sostuvo que la articulación público-privada es la única vía posible para el desarrollo sostenible del litio. Defendió la cooperación entre empresas, universidades y gobierno para generar innovación y competitividad.</p>	<p>Consideró que la vinculación entre los tres sectores es esencial para generar credibilidad social y fortalecer la gobernanza minera. Destacó que en los últimos años mejoró el diálogo entre el sistema científico y el sector industrial.</p>	<p>Afirmó que la articulación es clave para crear una política de Estado, impulsar la innovación y asegurar una gobernanza sólida con beneficios duraderos.</p>
<p><b>¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el</b></p>	<p>Afirmó que Argentina posee un ecosistema científico-tecnológico de alto nivel, aunque aún falta articularlo con la industria. Criticó el Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones (RIGI) por generar</p>	<p>Reconoció que Argentina se encuentra rezagada frente a países como China, líderes en innovación y producción. Sostuvo que el país debe acelerar su curva de aprendizaje, fortalecer su regulación y atraer inversiones de largo plazo.</p>	<p>Sostuvo que Argentina avanzó en investigación, pero necesita mejorar la transferencia tecnológica. El marco regulatorio da previsibilidad, aunque requiere modernización para fomentar la industrialización.</p>

<p><b>marco regulatorio actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?</b></p>	<p>desequilibrios y escasos beneficios locales.</p>		
<p><b>¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?</b></p>	<p>Destacó la necesidad de reglamentar la gestión de residuos y reciclaje de baterías, similar al modelo europeo, y consideró que puede representar una oportunidad de dinamismo económico local.</p>	<p>Indicó que la evaporación genera grandes volúmenes de sales de descarte con impacto visual. Propuso invertir en investigación para revalorizar estos subproductos y fomentar la economía circular mediante usos alternativos.</p>	<p>Indicó que la gestión de salmueras y materiales residuales es un reto. Propuso reutilizar subproductos, optimizar recuperaciones y crear normas específicas para avanzar hacia una economía circular.</p>
<p><b>¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?</b></p>	<p>Planteó que el país debería impulsar un mercado regional del litio junto a Brasil, orientado a la electromovilidad, como vía para fortalecer la cooperación y la integración latinoamericana.</p>	<p>Afirmó que Argentina cuenta con ventajas de costos, pero requiere infraestructura, reglas claras y estabilidad institucional para atraer capital intensivo y consolidarse como productor competitivo a nivel internacional.</p>	<p>Señaló que Argentina puede posicionarse fuerte si produce de forma responsable, invierte en innovación y mejora su inserción internacional, equilibrando economía y cuidado ambiental.</p>

*Nota.* Elaboración propia.

En conjunto, el cuadro resume los aportes de los expertos consultados, brinda una síntesis ordenada de sus opiniones y conocimientos sobre los aspectos estratégicos, ambientales y tecnológicos del desarrollo del litio en Argentina. Las respuestas recabadas constituyen una base empírica relevante para comprender las

perspectivas técnicas y académicas que complementan la visión empresarial del sector, y servirán como sustento para el análisis comparativo posterior dentro del trabajo.

### **4.3. Encuestas**

La presente encuesta se administró mediante la plataforma Google Forms, y estuvo compuesta por 22 preguntas, alcanzando un total de 110 respuestas. El propósito central fue relevar percepciones y prácticas vinculadas al uso y disposición de dispositivos que contienen baterías de litio. Con el objetivo de garantizar la coherencia del estudio, se definió un criterio excluyente de participación: Únicamente pudieron responder personas mayores de dieciocho años. De este modo, se procuró conformar una muestra acorde al público objetivo del trabajo, asegurando la validez de los datos obtenidos.

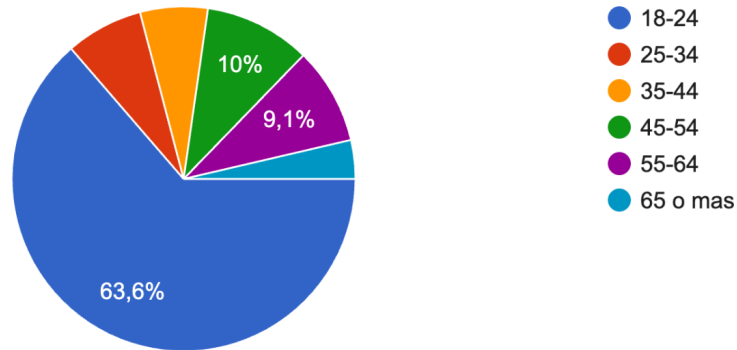
Además del requisito etario, se incorporaron preguntas sobre el género, nivel educativo, situación laboral y lugar de residencia de los participantes. Si bien estas variables no operaron como filtros, se incluyeron con la finalidad de contar con información contextual que contribuya a una mejor comprensión del perfil de los encuestados. A partir de la sexta pregunta, el cuestionario se orientó hacia los temas específicos de la investigación, abordando cuestiones relacionadas con la sustentabilidad, el conocimiento sobre las baterías de litio y las prácticas de reciclaje o descarte. A continuación se exponen los resultados y una breve explicación de los mismos.

## Figura 7

### Pregunta 1 - Encuesta

#### Edad

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

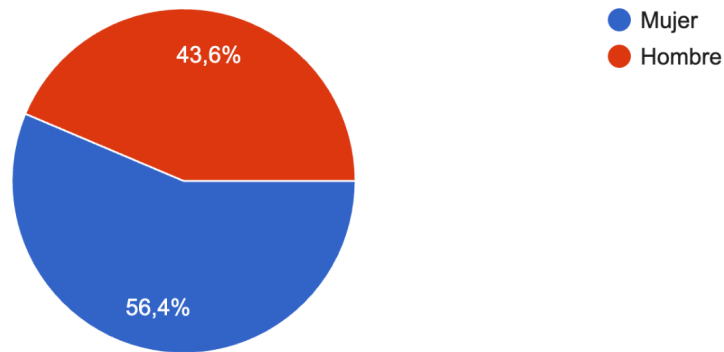
Para conocer la composición etaria de la muestra, se solicitó a los encuestados que indicaran su edad dentro de diferentes rangos. La mayoría, un 65,6 %, tiene entre 18 y 24 años, mientras que el 10 % se encuentra en el grupo de 45 a 54 años y el 9,1 % entre 55 y 64 años. Por debajo se ubican los segmentos de 25 a 34 años con un 7,3 %, de 35 a 44 años con un 6,4 %, y finalmente el grupo de 65 años o más, que representa el 3,6 %.

## Figura 8

### Pregunta 2 - Encuesta

#### Genero

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

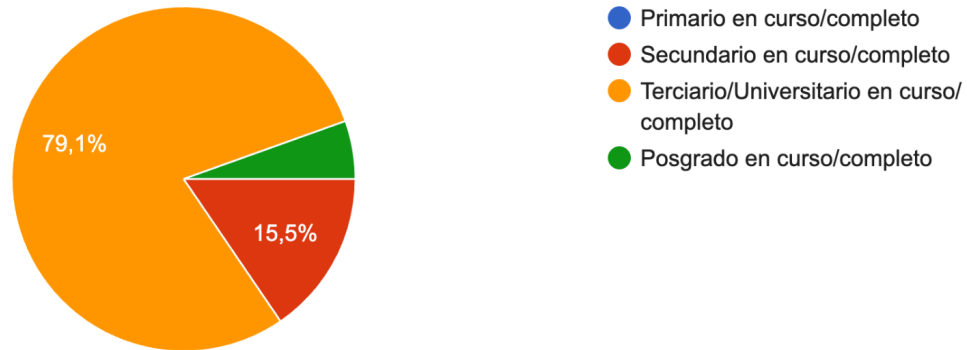
En cuanto al género, el 56,4 % de los encuestados se identificó como mujer, mientras que el 43,6 % corresponde a hombres.

## Figura 9

### Pregunta 3 - Encuesta

#### Nivel educativo alcanzado

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

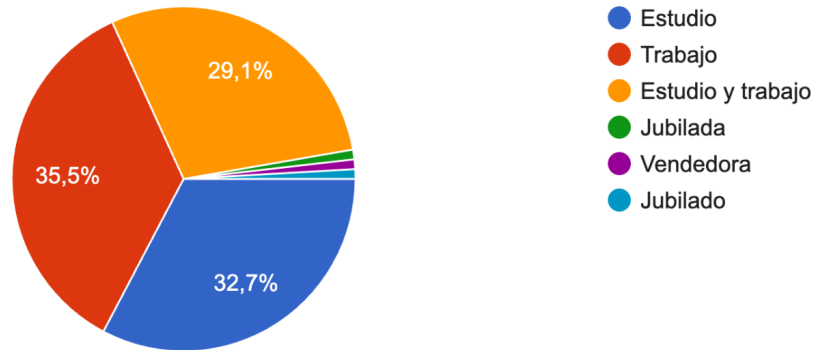
Respecto al nivel académico, el 79,1 % de los participantes indicó contar con estudios terciarios o universitarios en curso o completos, seguido por un 15,5 % que señaló haber finalizado o estar cursando el nivel secundario. En menor medida, el 5,5 % manifestó poseer estudios de posgrado, ya sea en curso o finalizados.

## Figura 10

### Pregunta 4 - Encuesta

#### Actividad principal

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

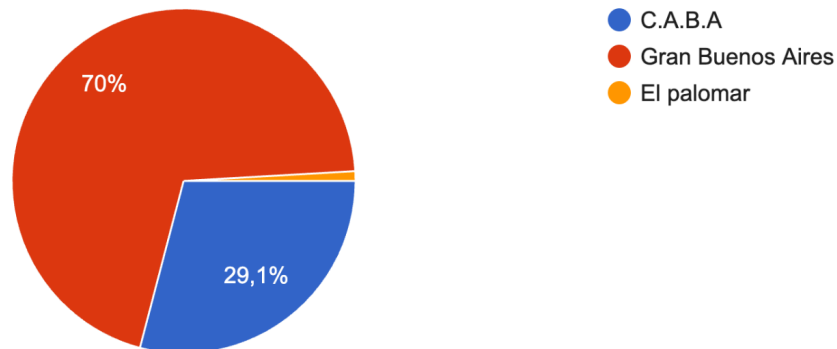
En relación con la actividad principal, el 36,4 % de los encuestados declaró que su ocupación es el trabajo, incluyendo la categoría “vendedora”. El 32,7 % se identificó como estudiante, mientras que el 29,1 % indicó que estudia y trabaja de forma simultánea. Por último, el 1,8 % pertenece al grupo de personas jubiladas.

## Figura 11

### Pregunta 5 - Encuesta

#### Lugar de residencia

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

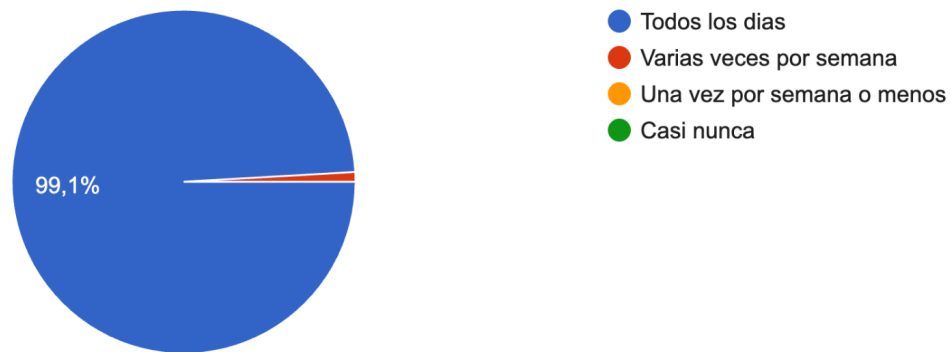
Al consultar sobre el lugar de residencia, el 70,9 % de los participantes señaló vivir en el Gran Buenos Aires (incluyendo la localidad de El Palomar), mientras que el 29,1 % reside en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.).

## Figura 12

### Pregunta 6 - Encuesta

¿Con qué frecuencia usa dispositivos con batería (celular, notebook, auriculares, smartwatch, herramientas, etc.)?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

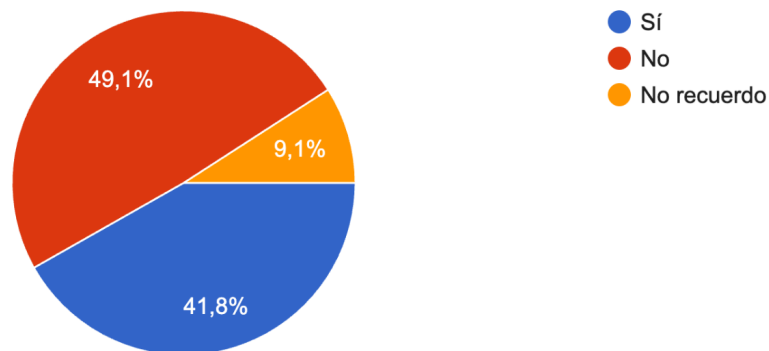
En cuanto al uso cotidiano de dispositivos con batería, la gran mayoría, un 99,1 %, afirmó utilizarlos todos los días, mientras que un 0,9 % lo hace varias veces por semana.

### Figura 13

#### Pregunta 7 - Encuesta

En los últimos 12 meses, ¿tuvo que descartar pilas o baterías recargables?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

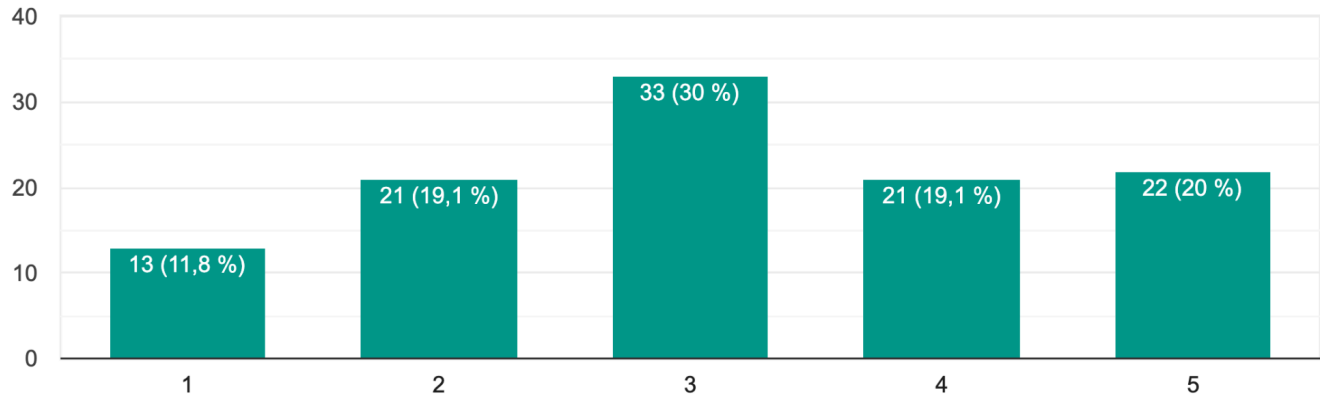
Con respecto al descarte reciente de pilas o baterías recargables, el 49,1 % de los encuestados indicó no haberlo hecho durante los últimos doce meses, mientras que el 41,8 % respondió que sí lo ha hecho, y un 9,1 % manifestó no recordar haber realizado esa acción.

**Figura 14**

*Pregunta 8 - Encuesta*

Sé qué es el litio y para qué se usa.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

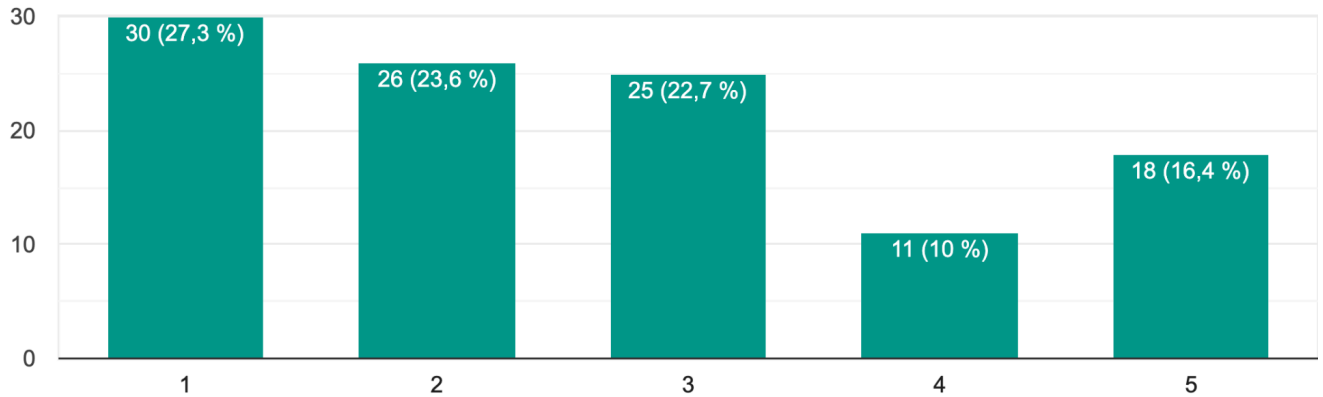
Se consultó también el nivel de conocimiento sobre el litio y sus usos. Los resultados muestran que el 30 % de los encuestados se ubicó en un punto intermedio dentro de la escala de 1 a 5, siendo 1 “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”, mientras que el 20 % afirmó tener un conocimiento alto (opción 5) y un 19,1 % se posicionó tanto en niveles bajos (opción 2) como relativamente altos (opción 4). En menor medida, el 11,8 % expresó no poseer ningún conocimiento sobre el tema (opción 1).

**Figura 15**

*Pregunta 9 - Encuesta*

Sé cómo se deberían descartar las pilas y baterías usadas.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

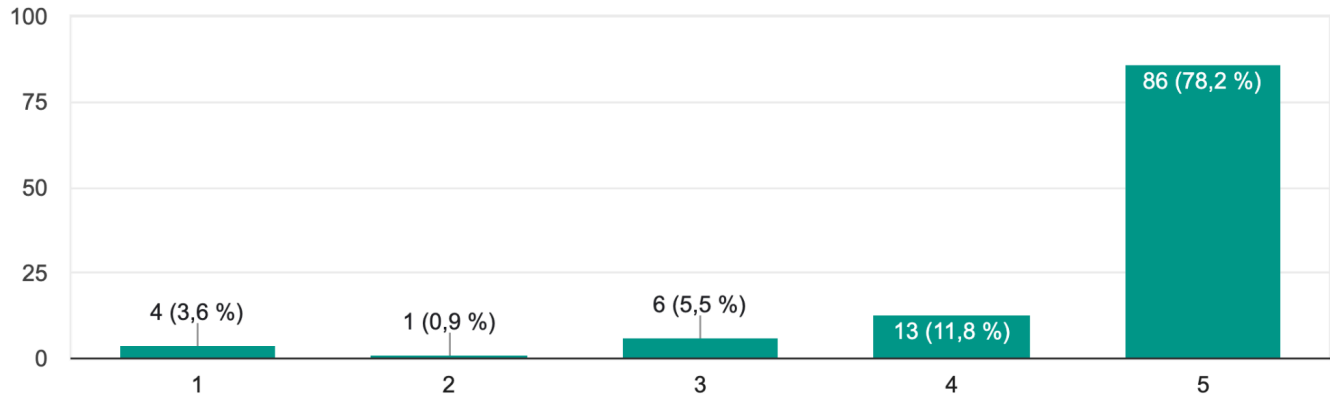
En cuanto al conocimiento sobre cómo se deben descartar las pilas y baterías usadas, el 27,3 % manifestó no poseer conocimiento (opción 1), seguido por un 23,6 % con nivel bajo (opción 2) y un 22,7 % con conocimiento intermedio (opción 3). Por otro lado, el 10 % mostró un nivel relativamente alto (opción 4) y el 16,4 % declaró tener total conocimiento (opción 5).

## Figura 16

### Pregunta 10 - Encuesta

#### Desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

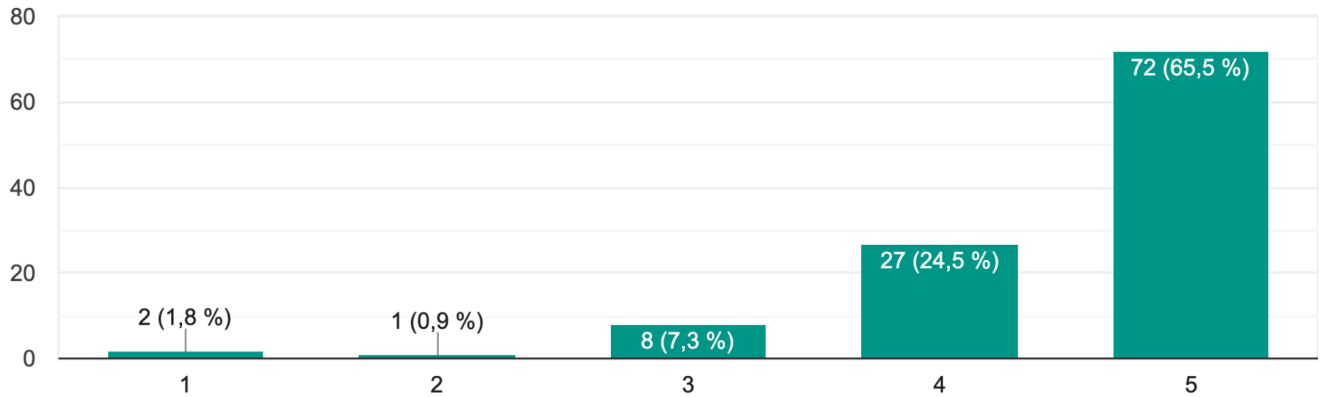
En relación con la afirmación “Desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente”, la mayoría de los encuestados, un 78,2 %, se mostró totalmente de acuerdo. El 11,8 % manifestó estar de acuerdo, mientras que porcentajes menores expresaron posiciones neutrales o de desacuerdo (5,5 %, 3,6 % y 0,9 %, respectivamente).

**Figura 17**

*Pregunta 11 - Encuesta*

Es importante gestionar correctamente el ciclo de vida del litio para cuidar el medioambiente.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

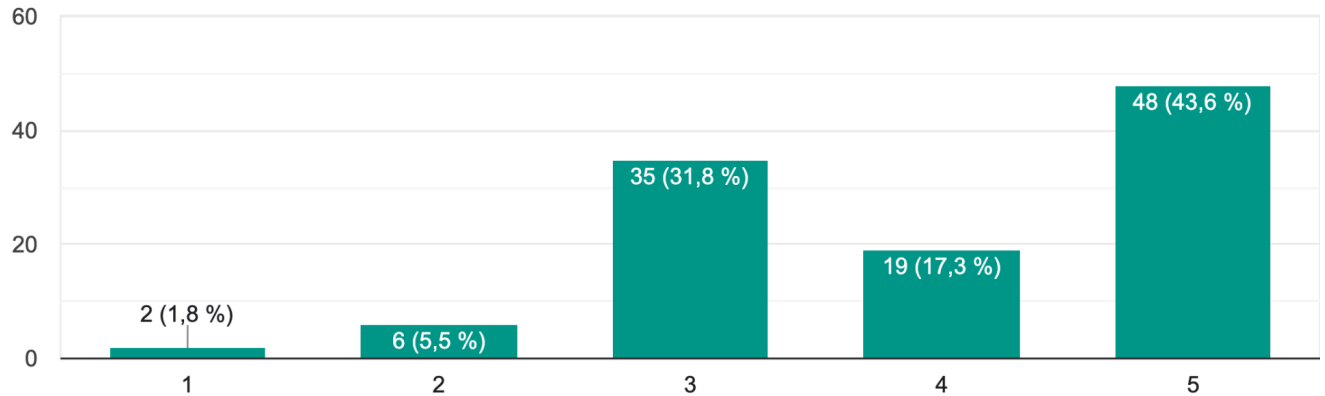
Al abordar la idea de que “Es importante gestionar correctamente el ciclo de vida del litio para cuidar el medioambiente”, el 65,5 % de los participantes se mostró totalmente de acuerdo, el 24,5 % de acuerdo, y el 7,3 % mantuvo una postura intermedia. En menor medida, el 1,8 % estuvo totalmente en desacuerdo y el 0,9 % en desacuerdo.

## Figura 18

### Pregunta 12 - Encuesta

Me preocupa el impacto ambiental del descarte inadecuado de pilas y baterías.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

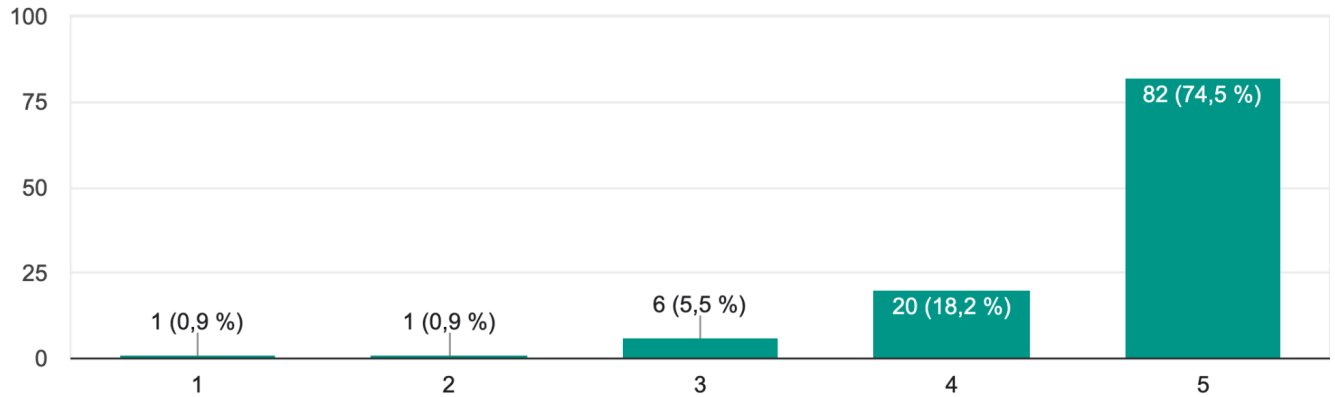
Cuando se consultó el nivel de acuerdo con la frase “Me preocupa el impacto ambiental del descarte inadecuado de pilas y baterías”, el 43,6 % manifestó estar totalmente de acuerdo, el 31,8 % optó por una postura neutral, y el 17,3 % señaló estar de acuerdo. Por su parte, el 5,5 % indicó estar en desacuerdo, mientras que el 1,8 % se declaró totalmente en desacuerdo.

## Figura 19

### Pregunta 13 - Encuesta

Con información clara, estaría dispuesto/a a cambiar mis hábitos de descarte.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

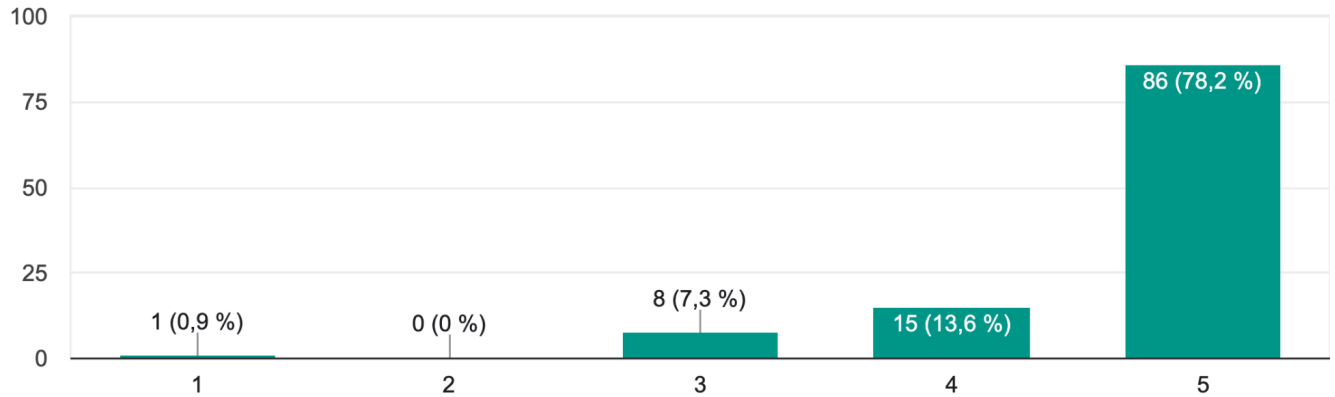
Ante la afirmación “Con información clara, estaría dispuesto/a a cambiar mis hábitos de descarte”, el 74,5 % de los encuestados se mostró completamente dispuesto/a, el 18,2 % manifestó una alta predisposición, y el 5,5 % adoptó una postura intermedia. Solo el 0,9 % señaló estar poco dispuesto/a o nada dispuesto/a a realizar cambios.

**Figura 20**

*Pregunta 14 - Encuesta*

Las empresas deberían ofrecer programas de recolección de pilas y baterías usadas.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

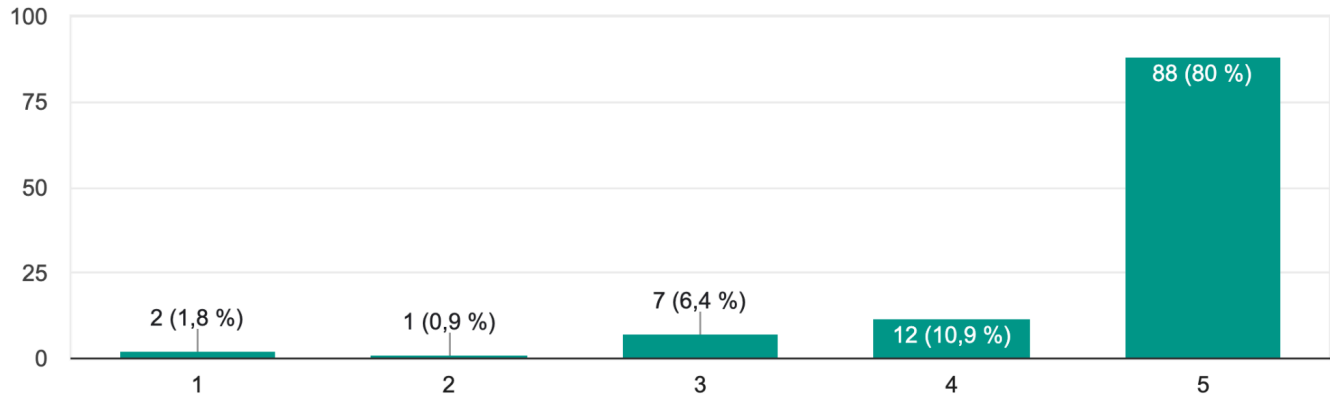
En cuanto al rol de las empresas, se pidió valorar la frase “Las empresas deberían ofrecer programas de recolección de pilas y baterías usadas”. El 78,2 % de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo, el 13,6 % de acuerdo, el 7,3 % mantuvo una posición neutral y el 0,9 % manifestó total desacuerdo.

## Figura 21

### Pregunta 15 - Encuesta

El Estado debería facilitar puntos de desecho accesibles.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

Sobre la función del Estado, se consultó si “El Estado debería facilitar puntos de desecho accesibles”. La amplia mayoría, un 80 %, se mostró totalmente de acuerdo, mientras que el 10,9 % señaló estar de acuerdo y el 6,4 % mantuvo una posición intermedia. Solo un pequeño grupo expresó desacuerdo o total desacuerdo (1,8 % y 0,9 %, respectivamente).

## Figura 22

### Pregunta 16 - Encuesta

¿Qué hizo la última vez que tuvo que descartar pilas o una batería chica (por ejemplo, de celular o auriculares)?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

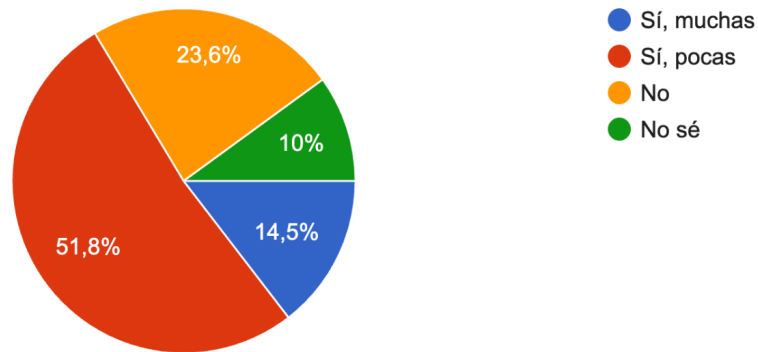
Al preguntar qué acciones realizaron los encuestados la última vez que debieron descartar pilas o una batería pequeña, el 36,4 % indicó haberlas arrojado junto con la basura común, el 30,9 % las guardó sin desechar, el 12,7 % las entregó en un comercio que recibe este tipo de residuos, y un 7,3 % las llevó a un punto de recolección. Finalmente, el 12,7 % expresó no recordar o no haber estado en esa situación.

### Figura 23

#### Pregunta 17 - Encuesta

¿Tiene actualmente pilas o baterías usadas guardadas en su casa?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

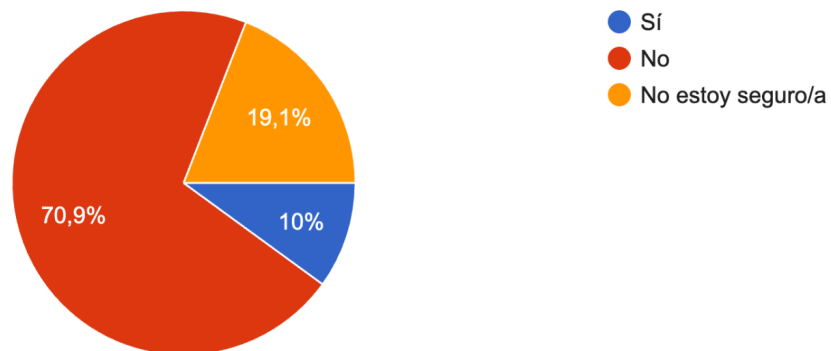
También se consultó si los participantes tienen actualmente pilas o baterías usadas guardadas en su casa. Más de la mitad, el 51,8 %, respondió que sí, pocas, mientras que el 14,5 % indicó sí, muchas. En menor medida, el 23,6 % señaló no tener y el 10 % manifestó no saberlo.

## Figura 24

### Pregunta 18 - Encuesta

¿Ha visto puntos de recolección de pilas o baterías cerca de su casa, trabajo o estudio?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

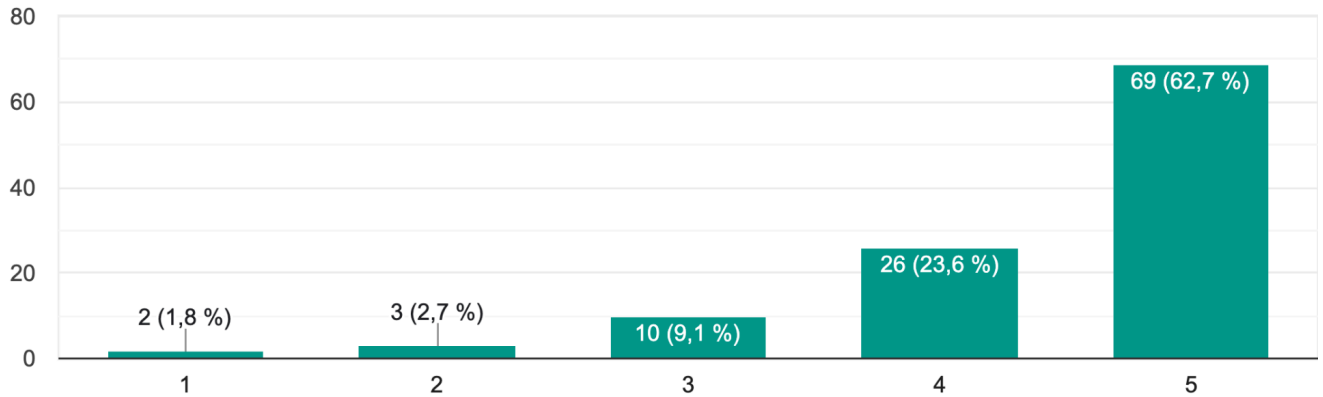
Se preguntó además si los encuestados han visto puntos de recolección de pilas o baterías en su entorno cercano. La mayoría, un 70,9 %, respondió no haber visto ninguno, el 19,1 % manifestó no estar seguro/a, y solo el 10 % afirmó haber identificado algún punto de recolección.

## Figura 25

### Pregunta 19 - Encuesta

Si tuviera cerca un punto de recolección, llevaría sus pilas o baterías usadas.

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

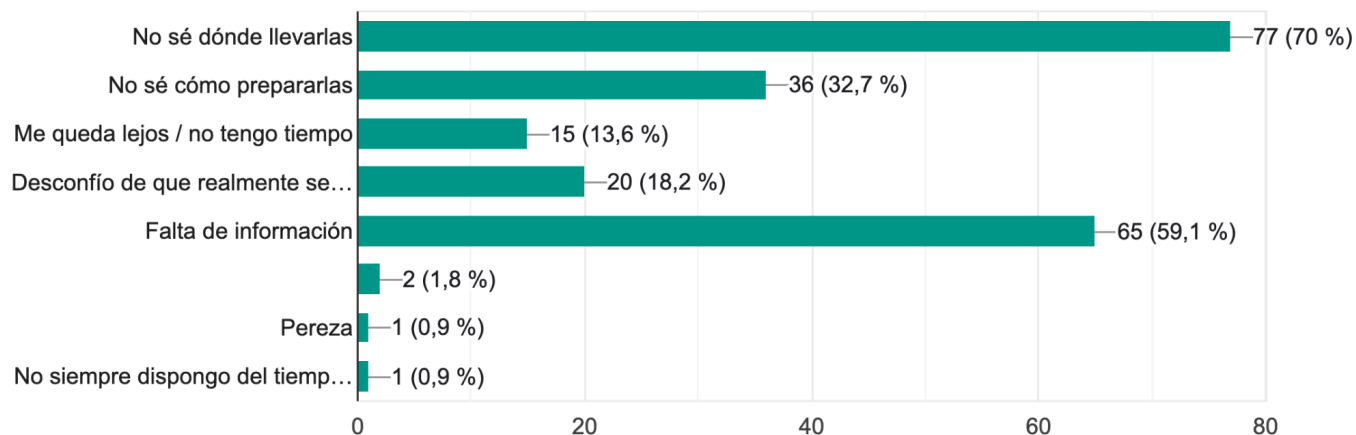
Respecto a la disposición para colaborar con estos sistemas, se presentó la afirmación “Si tuviera cerca un punto de recolección, llevaría sus pilas o baterías usadas”. El 62,7 % de los encuestados manifestó estar totalmente de acuerdo, el 23,6 % de acuerdo, el 9,1 % se ubicó en una postura neutral, mientras que el resto indicó algún grado de desacuerdo (2,7 % y 1,8 %).

**Figura 26**

*Pregunta 20 - Encuesta*

¿Cuáles considera las principales dificultades para descartar pilas o baterías correctamente?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

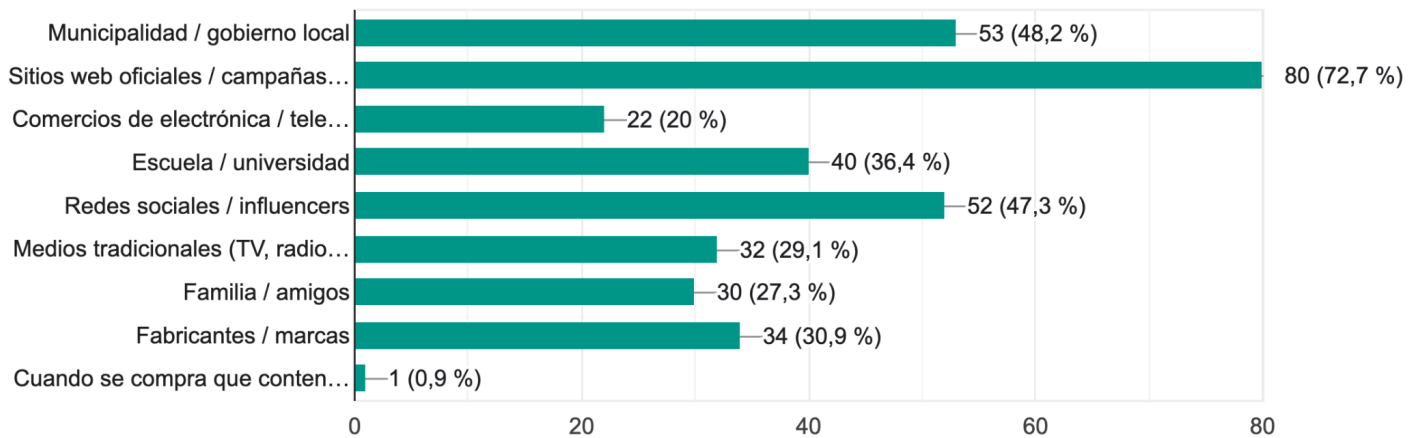
Al consultar sobre las principales dificultades para descartar pilas o baterías correctamente, el 70 % señaló no saber dónde llevarlas, el 59,1 % mencionó la falta de información, y el 32,7 % indicó no conocer el modo adecuado de prepararlas para su disposición final. Además, el 18,2 % expresó desconfianza sobre el tratamiento que reciben, el 14,5 % señaló falta de tiempo o distancia de los puntos de recolección, y el 0,9 % mencionó pereza.

**Figura 27**

*Pregunta 21 - Encuesta*

¿De dónde obtiene (o obtendría) información confiable sobre descarte o reciclaje de pilas y baterías?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

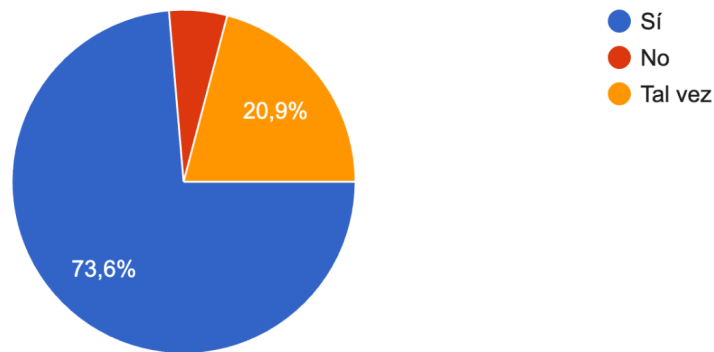
Para conocer las fuentes de información consideradas confiables, se consultó dónde los encuestados obtienen o obtendrían datos sobre el descarte o reciclaje de pilas y baterías. El 72,7 % mencionó sitios web oficiales o campañas institucionales, el 48,2 % señaló la municipalidad o gobierno local, y el 47,3 % las redes sociales o influencers. En proporciones menores, el 36,4 % eligió la escuela o universidad, el 30,9 % a fabricantes o marcas, el 29,1 % a medios tradicionales, el 27,3 % a familia o amigos, el 20 % a comercios de electrónica o telefonía, y el 0,9 % a otros medios.

## Figura 28

### Pregunta 22 - Encuesta

¿Le interesaría recibir un instructivo simple (checklist) para descartar pilas o baterías de forma segura?

110 respuestas



*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente, se consultó si los encuestados estarían interesados en recibir un instructivo simple (checklist) para descartar pilas o baterías de forma segura. La mayoría, un 73,6 %, respondió sí, el 20,9 % manifestó que tal vez, y el 5,5 % indicó no estar interesado.

## Capítulo 5: Análisis de los resultados

### 5.1. Introducción

En este capítulo se realiza un análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir del trabajo de campo, con el propósito de establecer relaciones entre los datos recolectados y los conceptos teóricos desarrollados previamente. Para ello, se aplican herramientas de análisis en profundidad, como el método semántico de Osgood, la herramienta de semáforo y la triangulación, que permiten evaluar de manera comparativa las percepciones, impactos y oportunidades vinculadas al ciclo de vida del litio en Argentina.

## 5.2. Análisis comparativo de las entrevistas

### 5.2.1. Análisis de entrevistas a empresarios

**Tabla 6**

*Cuadro de análisis de entrevistas a empresarios*

Preguntas	Entrevistados/as			
	<i>Valentín Arias Magnou</i>	<i>Gustavo Nervo</i>	<i>Federico Van Zandweghe</i>	<i>Bruno Zucchini</i>
<b>¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?</b>	Considera que el litio ocupa un rol central en la transición energética del Grupo Techint, orientado a la descarbonización y diversificación de negocios.	Describe al litio como un negocio “en desarrollo”, enmarcado dentro de la estrategia de diversificación de YPF.	Afirma que el litio es un componente emergente con potencial futuro en bancos de baterías y energía solar.	Señala que el litio representa una oportunidad estratégica para diversificar el negocio y reducir el riesgo frente a la caída de la demanda de hidrocarburos.

<p><b>¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?</b></p>	<p>Destaca la transición energética global, la eficiencia del litio argentino proveniente de salmuera y su rentabilidad económica.</p>	<p>Subraya la creciente demanda global impulsada por la electromovilidad y la posición geopolítica favorable del país.</p>	<p>Atribuye el interés al “boom” internacional del litio y a la reconversión tecnológica de las empresas.</p>	<p>Menciona el aumento de la demanda mundial por autos eléctricos y la alta calidad del litio argentino.</p>
<p><b>Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?</b></p>	<p>Identifica la falta de desarrollo regulatorio y la volatilidad del mercado como desafíos; y el potencial exportador del litio como principal oportunidad.</p>	<p>Considera la inestabilidad macroeconómica como el principal obstáculo, y las condiciones naturales y logísticas del NOA como ventajas competitivas.</p>	<p>Señala la falta de conocimiento técnico y las demoras en importaciones como desafíos; y la sustitución tecnológica del plomo como oportunidad.</p>	<p>Menciona la baja de precios internacionales como desafío y el crecimiento global de la demanda como una oportunidad de expansión.</p>
<p><b>¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?</b></p>	<p>Explica que Tecpetrol busca producir carbonato de litio utilizando tecnología DLE como proceso innovador y sustentable.</p>	<p>Indica que YPF limita su acción a la fase extractiva, sin proyectos de industrialización locales por el momento, aunque no descarta la posibilidad.</p>	<p>Menciona que el valor agregado proviene de accesorios tecnológicos en bancos de baterías, como GPS y monitoreo remoto.</p>	<p>Considera inviable la producción local de baterías por los altos costos y la baja demanda regional, priorizando la etapa extractiva.</p>

<p><b>¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?</b></p>	<p>Destaca la creación de un área específica de vinculación social que trabaja en diálogo, programas y acuerdos con comunidades locales.</p>	<p>Explica que la inclusión laboral se produce principalmente durante la etapa de construcción y que la empresa impulsa programas de relacionamiento institucional.</p>	<p>Describe la realización de capacitaciones técnicas sobre baterías, sin un enfoque comunitario directo.</p>	<p>Señala que la empresa mantiene una relación activa con las comunidades, brindando empleo y mejoras en conectividad.</p>
<p><b>¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?</b></p>	<p>Identifica el uso del agua como principal impacto y menciona el empleo de sistemas de ósmosis inversa para su reutilización.</p>	<p>Detalla la realización de estudios de impacto ambiental y planes de mitigación con el objetivo de minimizar los efectos sobre el suelo, el agua, la flora y la fauna.</p>	<p>Enfatiza los problemas del reciclaje y la falta de infraestructura local, proponiendo la disposición final como solución provisoria.</p>	<p>Subraya los impactos visuales de las piletas de evaporación y la sensibilidad del uso del agua en zonas áridas.</p>
<p><b>¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?</b></p>	<p>Explica que aún no poseen software específico, pero miden KPIs de agua y eficiencia de ósmosis para optimizar el consumo.</p>	<p>Detalla un sistema integral con objetivos estratégicos de sostenibilidad y control ambiental centralizado.</p>	<p>Reconoce que no realizan mediciones formales, aunque comercializan energía solar a nivel nacional.</p>	<p>Menciona el uso de mediciones de recarga hídrica y la evaluación de parques solares para autoabastecimiento energético.</p>

<p><b>¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?</b></p>	<p>Resalta la aplicación del sistema DLE, con mayor eficiencia y menor impacto ambiental que los métodos tradicionales.</p>	<p>Menciona la incorporación de tecnologías digitales, monitoreo inteligente e inteligencia artificial en operaciones.</p>	<p>Destaca el uso de 160 paneles solares y aplicaciones de seguimiento del consumo energético diario.</p>	<p>Coincide en la evaluación del DLE y suma la posibilidad de integrar energías renovables en los procesos productivos.</p>
<p><b>¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?</b></p>	<p>Explica que el proceso incluye acopio y reutilización de salmuera, y prevé el futuro reciclaje de minerales críticos en baterías.</p>	<p>Describe políticas activas de reciclaje y segregación de residuos bajo estándares ambientales internacionales.</p>	<p>Señala la inexistencia de plantas de reciclaje en el país y las restricciones legales al traslado de residuos.</p>	<p>Reconoce no intervenir directamente, pero destaca el potencial del reciclaje de baterías para reducir nuevas extracciones.</p>
<p><b>En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?</b></p>	<p>Considera fundamental lograr consenso nacional, estabilidad regulatoria y participación provincial en los proyectos.</p>	<p>Destaca la necesidad de previsibilidad, promoción a la inversión y desarrollo de infraestructura crítica.</p>	<p>Menciona los altos costos de importación y la necesidad de políticas que mejoren la competitividad del mercado interno.</p>	<p>Subraya la importancia de la estabilidad macroeconómica y el apoyo de gobiernos provinciales para fortalecer la licencia social.</p>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 7**

*Referencias de coincidencias en entrevistas a empresarios*

Referencia	Coincide	Coincide de forma parcial	No coincide
------------	----------	---------------------------	-------------

*Nota.* Elaboración Propia

Del análisis comparativo de las entrevistas se desprende una coincidencia general en torno al rol estratégico del litio dentro de la matriz energética y productiva del país. En el caso de Tecpetrol (representada por Valentín Arias Magnou y Bruno Zucchini), ambos destacan que el litio ocupa un lugar central en la transición energética y los procesos de descarbonización, esto representa una oportunidad para diversificar el negocio y reducir la dependencia de los hidrocarburos. En una línea similar, Gustavo Nervo (YPF) lo considera un negocio en crecimiento con un papel relevante dentro de la estrategia energética nacional. En contraste, Federico Van Zandweghe (VZH) ofrece una mirada más acotada, enfocada en las aplicaciones industriales y tecnológicas del litio, especialmente en el almacenamiento energético. En conjunto, las respuestas revelan un consenso sobre la importancia del mineral como recurso crítico para la movilidad eléctrica y la sostenibilidad, aunque con diferencias en el grado de desarrollo e incorporación que cada empresa le otorga dentro de su estructura estratégica.

Respecto a los factores que impulsaron el crecimiento del interés empresarial, todos los entrevistados coinciden plenamente en señalar que el auge del litio responde a la transición energética global, al crecimiento de la demanda internacional de baterías y al posicionamiento geopolítico de Argentina dentro del Triángulo del Litio. Tecpetrol e YPF subrayan las ventajas comparativas del país, como la abundancia de salmueras, los menores costos de extracción en las mismas y las condiciones naturales favorables, mientras que VZH enfatiza el fenómeno global del “boom del litio” y el interés de las empresas en reconvertir sus tecnologías hacia soluciones energéticas más limpias. Esta coincidencia demuestra una comprensión compartida del litio como motor de desarrollo económico y tecnológico, alineado con las tendencias energéticas internacionales.

En cuanto a los principales desafíos y oportunidades que presenta el sector, las coincidencias también son amplias. Tecpetrol advierte sobre la falta de desarrollo productivo y la ausencia de un marco regulatorio consolidado, así como la volatilidad de los precios internacionales, mientras que YPF destaca la inestabilidad macroeconómica y la necesidad de infraestructura que acompañe los proyectos de gran escala. Desde un enfoque más técnico, VZH menciona la falta de conocimiento especializado y las dificultades logísticas en la importación de equipos. A pesar de los matices, todos coinciden en que el litio representa una oportunidad estratégica para el crecimiento del país, capaz de generar divisas, atraer inversiones y fortalecer las economías regionales.

Se evidencian diferentes posturas en torno a las iniciativas de industrialización y agregado de valor local. Tecpetrol apuesta por la innovación dentro del proceso extractivo mediante la tecnología Direct Lithium Extraction (DLE), una alternativa más eficiente y sustentable que el método tradicional de piletas de evaporación. Tanto Zucchini como Arias Magnou coinciden en el enfoque hacia la industrialización de los procesos extractivos, descartando la viabilidad de la industrialización de baterías. YPF, en cambio, se mantiene centrada en la fase extractiva y aún no desarrolla proyectos de industrialización o producción de baterías, aunque reconoce su potencial a futuro. Por su parte, VZH plantea una estrategia diferente, enfocada en la incorporación de componentes tecnológicos en los bancos de baterías, como monitoreo remoto o sistemas de seguridad. Estas respuestas reflejan una falta de consenso sectorial sobre el rumbo de la industrialización, mostrando que el agregado de valor en la cadena del litio continúa en una etapa incipiente y desigual.

En el plano social, las coincidencias vuelven a ser elevadas. Tecpetrol e YPF destacan la importancia de fortalecer la relación con las comunidades locales, entendiénden que la licencia social para operar es un requisito indispensable para la sostenibilidad de los proyectos. Ambas empresas relatan prácticas de diálogo y participación activa, generación de empleo local y programas de desarrollo comunitario. En contraposición, VZH centra su aporte en la capacitación técnica vinculada a las tecnologías de baterías, sin una interacción directa con las comunidades del territorio. Si bien las formas de vinculación difieren, existe un consenso en torno al valor social del litio, se reconoce su potencial para impulsar inclusión, conocimiento y desarrollo en las zonas de influencia.

En lo referente a los aspectos ambientales, las respuestas evidencian una coincidencia parcial. Tanto Tecpetrol como YPF coinciden en señalar el uso del agua como el principal impacto asociado a la extracción y procesamiento del litio, destacando la necesidad de garantizar un manejo responsable del recurso en regiones áridas. Describen la implementación de sistemas de ósmosis inversa y la reutilización del agua dentro de un circuito cerrado, con el objetivo de minimizar el consumo y reducir los efectos sobre el entorno natural. Zucchini agrega además la importancia de atender el impacto visual que generan las piletas de evaporación, subrayando la dimensión paisajística del problema. En contraposición, VZH adopta una mirada distinta al focalizarse en la etapa final del ciclo de vida de las baterías, hace hincapié en la ausencia de regulaciones y en la necesidad de desarrollar infraestructura para el reciclaje. Esta situación marca una diferencia temática: Mientras Tecpetrol e YPF centran su preocupación ambiental en la etapa extractiva, VZH aborda el impacto desde una perspectiva posterior al uso industrial del litio. Aun así, todas las respuestas comparten la idea de que la gestión ambiental constituye un eje central para garantizar la sostenibilidad del sector.

En materia de monitoreo ambiental y eficiencia energética, las posturas son parcialmente coincidentes. Arias Magnou señala la aplicación de indicadores de desempeño para optimizar el uso del agua y medir la eficiencia de los procesos. Además, Zucchini menciona el análisis de alternativas sustentables, como la incorporación de parques solares. Nervo (YPF) complementa con la existencia de sistemas de control ambiental, monitoreo inteligente e incorporación de tecnologías digitales y de inteligencia artificial. Si bien Tecpetrol e YPF realizan mediciones, YPF está más centrado en avances tecnológicos de control y monitoreo ambiental mientras que Tecpetrol se encuentra en una fase de desarrollo de distintas medidas aplicadas a la práctica, como por ejemplo, la ósmosis inversa. En contraste, VZH al ser una empresa que se encarga del diseño y ensamblaje de baterías, no realiza mediciones propias sobre huella hídrica ni emisiones. De esta forma, las respuestas evidencian distintos niveles de madurez en la gestión ambiental, que van desde sistemas integrales hasta etapas iniciales de adopción.

En relación con las innovaciones tecnológicas, se observa una convergencia general en la búsqueda de procesos más eficientes y sostenibles. Tecpetrol lidera este enfoque con la implementación del sistema DLE, mientras que YPF describe innovaciones vinculadas al control automatizado, el monitoreo ambiental y la digitalización de procesos. VZH, por su parte, enfatiza la generación de energía solar y el uso de

herramientas digitales para el seguimiento del consumo energético, indica que la empresa está únicamente abastecida por este tipo de energía renovable. Si bien las estrategias difieren, todas las empresas comparten una visión orientada a la optimización tecnológica y la reducción del impacto ambiental como pilares del desarrollo futuro.

En cuanto a la gestión de residuos y los modelos de economía circular, las coincidencias son parciales. Tecpetrol e YPF señalan la existencia de políticas activas de reciclaje, segregación de materiales y disposición responsable de los residuos, ajustadas a normativas ambientales y orientadas a reducir el impacto de sus operaciones. En contraposición, VZH advierte que en la Argentina todavía no existe infraestructura ni plantas de reciclaje de baterías de litio, y que las restricciones legales para el traslado de residuos dificultan el desarrollo de esquemas de economía circular. Finalmente, Zucchini reconoce que no interviene directamente en la gestión de residuos ni posee información específica sobre el proceso, aunque destaca que a nivel internacional ya existen importantes avances en el reciclaje de baterías, lo que permitiría reaprovechar el litio sin necesidad de extraer nuevos recursos. Las respuestas muestran un panorama heterogéneo, donde algunas opiniones avanzan hacia prácticas sostenibles de manejo de residuos, mientras otras enfrentan limitaciones contextuales o carecen de información detallada sobre este aspecto.

Por último, en cuanto a las condiciones necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio, se observa una coincidencia alta entre Tecpetrol e YPF, que subrayan la necesidad de estabilidad macroeconómica, previsibilidad regulatoria y articulación entre los distintos niveles de gobierno y las comunidades locales. Ambas sostienen que un marco de reglas claras y una política de incentivos sostenida son fundamentales para garantizar la inversión a largo plazo. VZH aporta una visión complementaria al resaltar los altos costos de importación y la falta de competitividad comercial, señalando la importancia de promover políticas que mejoren las condiciones del mercado interno.

El análisis integral refleja una fuerte convergencia entre las empresas energéticas (Tecpetrol e YPF) en torno a la visión estratégica, ambiental y social del litio, mientras que VZH, desde su perfil más técnico e industrial, aporta una mirada enfocada en la innovación, la operatividad y las limitaciones del contexto nacional. Si bien existen diferencias en cuanto al nivel de desarrollo tecnológico y la posibilidad de industrialización, todos los entrevistados comparten la percepción del litio como un recurso clave para la

transición energética y el desarrollo sostenible de Argentina, coinciden con la necesidad de fortalecer el marco regulatorio, mejorar la infraestructura y garantizar condiciones de estabilidad para potenciar su aprovechamiento integral.

### 5.2.2. Análisis de entrevistas a expertos

**Tabla 8**

*Cuadro de análisis de entrevistas a expertos*

Preguntas	Entrevistados/as		
	<i>Micaela Oroz</i>	<i>Cecilia Domínguez</i>	<i>Augusto Aquiles Gonçalves</i>
<b>¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?</b>	Señaló que el litio es esencial por su capacidad de almacenar y transportar energía limpia en baterías livianas, lo que lo convierte en un recurso clave para la transición energética y la electromovilidad. Advirtió, sin embargo, que Argentina debe aprovechar la actual ventana de oportunidad y acelerar su desarrollo productivo y normativo.	Describió que el litio destaca por su capacidad de almacenamiento con bajo peso, fundamental para la electromovilidad. Afirmó que no es un recurso insustituible, ya que el sodio podría complementar su uso, y previó un futuro energético basado en un mix de tecnologías.	Indicó que el interés creció rápido por la transición energética y la electromovilidad, que requiere de baterías como eje central del nuevo modelo productivo. El litio se volvió estratégico porque ayuda a reducir la dependencia de combustibles fósiles y eso impulsó la demanda global y local.

<p><b>¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?</b></p>	<p>Aclaró que el hidrógeno y el sodio cumplen roles distintos: El primero es útil para la generación in situ, mientras que el litio sigue siendo el vector más eficiente para almacenar energía. Sostuvo que el litio conserva ventajas competitivas en eficiencia y madurez tecnológica.</p>	<p>Explicó que el hidrógeno se encuentra en una etapa de desarrollo inicial y que el sodio podría ser útil para baterías estacionarias. Enfatizó que la seguridad energética se logrará con una combinación inteligente de tecnologías, donde el litio mantiene un rol protagónico pero no exclusivo.</p>	<p>Señaló que el litio lleva ventaja por su madurez tecnológica y su infraestructura ya instalada. Aun así, su extracción tiene mayores desafíos ambientales, mientras que alternativas como el sodio o el hidrógeno podrían ser más abundantes o menos impactantes, aunque todavía menos viables.</p>
<p><b>¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?</b></p>	<p>Criticó la gestión ambiental actual, señalando el alto consumo de agua en zonas áridas y el riesgo de contaminación de acuíferos. Reclamó un control más estricto de las evaluaciones de impacto ambiental y una mejor articulación entre Estado, provincias y empresas.</p>	<p>Indicó que la extracción de litio en salmuera implica desafíos en el manejo de cuencas por el bombeo de grandes volúmenes de fluido. Destacó la tecnología de Extracción Directa de Litio (DLE) como una alternativa más eficiente y con menor impacto, aunque requiere control hidrogeológico.</p>	<p>Indicó que el principal impacto es el uso intensivo de agua y la afectación de ecosistemas. Lo gestionan con estudios ambientales, monitoreos y tecnologías como el proceso de extracción directa para reducir el consumo hídrico.</p>

<p><b>¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?</b></p>	<p>Reconoció que aún no hay grandes innovaciones implementadas en el país, aunque mencionó el interés por nuevas metodologías de extracción. Consideró que las empresas deben invertir más en investigación aplicada y sostenibilidad.</p>	<p>Señaló que el DLE reduce significativamente los tiempos de producción y la dependencia climática, y que ya existen operaciones nacionales que lo aplican parcial o totalmente. Sostuvo que la innovación debe acompañarse de una gestión de riesgos adaptada a cada yacimiento.</p>	<p>Mencionó la expansión de la extracción directa, el uso de energías renovables y la recirculación de agua para mejorar eficiencia y cumplir estándares ambientales más altos.</p>
<p><b>¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?</b></p>	<p>Propuso diversificar la matriz productiva incorporando el litio como motor de innovación. Sugirió avanzar en la producción de celdas o componentes intermedios, articulando con el sistema científico para fortalecer la cadena de valor local.</p>	<p>Planteó que la oportunidad está en desarrollar una red nacional de bienes y servicios para la minería del litio. Consideró que una cadena de valor tecnológica exportable permitiría replicar el modelo australiano y generar divisas sostenibles.</p>	<p>Sostuvo que se puede impulsar una cadena local: Refinación, fabricación de celdas y sistemas de almacenamiento. Esto generaría empleo calificado y fortalecería la industria y los proveedores locales.</p>

<p><b>¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?</b></p>	<p>Reconoció no tener información directa sobre los programas de inclusión, aunque sostuvo que la articulación público-privada es clave para maximizar el impacto positivo de la actividad en las comunidades del norte argentino.</p>	<p>Explicó que la construcción minera genera picos de empleo y que el sector invierte en formación y alfabetización laboral. Mencionó el cumplimiento de estándares IRMA y TSM, y la Ley de Consulta Previa como pilares del diálogo comunitario.</p>	<p>Comentó que se implementan capacitaciones, cumplimiento de estándares, empleo local y proyectos comunitarios. En Fiambalá realizan formaciones, actividades culturales y programas de apoyo.</p>
<p><b>¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?</b></p>	<p>Sostuvo que la articulación público-privada es la única vía posible para el desarrollo sostenible del litio. Defendió la cooperación entre empresas, universidades y gobierno para generar innovación y competitividad.</p>	<p>Consideró que la vinculación entre los tres sectores es esencial para generar credibilidad social y fortalecer la gobernanza minera. Destacó que en los últimos años mejoró el diálogo entre el sistema científico y el sector industrial.</p>	<p>Afirmó que la articulación es clave para crear una política de Estado, impulsar la innovación y asegurar una gobernanza sólida con beneficios duraderos.</p>
<p><b>¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el marco regulatorio</b></p>	<p>Afirmó que Argentina posee un ecosistema científico-tecnológico de alto nivel, aunque aún falta articularlo con la industria. Criticó el Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones (RIGI) por generar desequilibrios y escasos beneficios locales.</p>	<p>Reconoció que Argentina se encuentra rezagada frente a países como China, líderes en innovación y producción. Sostuvo que el país debe acelerar su curva de aprendizaje, fortalecer su regulación y atraer inversiones de largo plazo.</p>	<p>Sostuvo que Argentina avanzó en investigación, pero necesita mejorar la transferencia tecnológica. El marco regulatorio da previsibilidad, aunque requiere modernización para fomentar la industrialización.</p>

<p><b>actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?</b></p>			
<p><b>¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?</b></p>	<p>Destacó la necesidad de reglamentar la gestión de residuos y reciclaje de baterías, similar al modelo europeo, y consideró que puede representar una oportunidad de dinamismo económico local.</p>	<p>Indicó que la evaporación genera grandes volúmenes de sales de descarte con impacto visual. Propuso invertir en investigación para revalorizar estos subproductos y fomentar la economía circular mediante usos alternativos.</p>	<p>Indicó que la gestión de salmueras y materiales residuales es un reto. Propuso reutilizar subproductos, optimizar recuperaciones y crear normas específicas para avanzar hacia una economía circular.</p>
<p><b>¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?</b></p>	<p>Planteó que el país debería impulsar un mercado regional del litio junto a Brasil, orientado a la electromovilidad, como vía para fortalecer la cooperación y la integración latinoamericana.</p>	<p>Afirmó que Argentina cuenta con ventajas de costos, pero requiere infraestructura, reglas claras y estabilidad institucional para atraer capital intensivo y consolidarse como productor competitivo a nivel internacional.</p>	<p>Señaló que Argentina puede posicionarse fuerte si produce de forma responsable, invierte en innovación y mejora su inserción internacional, equilibrando economía y cuidado ambiental.</p>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 9**

*Referencias de coincidencias en entrevistas a expertos*

Referencia	Coincide	Coincide de forma parcial	No coincide
------------	----------	---------------------------	-------------

*Nota.* Elaboración Propia

Del análisis comparativo de las entrevistas realizadas a Micaela Oroz, Cecilia Domínguez y Augusto Aquiles Gonçalves, se desprende una coincidencia general en torno a la relevancia estratégica del litio dentro de la transición energética global. Los tres especialistas coinciden en que el mineral ocupa un papel central en la generación, almacenamiento y transporte de energías limpias, impulsado por la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y avanzar hacia una matriz más sostenible. En conjunto, reconocen que Argentina posee una posición privilegiada dentro del Triángulo del Litio, con potencial para liderar el desarrollo regional en materia de electromovilidad y sostenibilidad energética.

Respecto de las alternativas energéticas emergentes, como el hidrógeno o el sodio, las opiniones presentan matices complementarios. Tanto Micaela Oroz como Augusto Gonçalves sostienen que el litio continúa siendo la opción más eficiente, madura y escalable en el corto y mediano plazo, mientras que Cecilia Domínguez propone avanzar hacia un “mix energético” más diversificado que incorpore distintas fuentes de almacenamiento y generación. De este modo, mientras Oroz y Gonçalves priorizan el liderazgo del litio dentro del proceso de transición, Domínguez amplía el horizonte hacia una coexistencia tecnológica más equilibrada.

En relación con los impactos ambientales, los tres entrevistados coinciden en que el principal desafío está asociado al uso del agua en regiones áridas y a la afectación de ecosistemas frágiles del norte argentino. Los tres subrayan la importancia de implementar evaluaciones ambientales rigurosas y sistemas de control permanente, aunque con distintos niveles de énfasis. Gonçalves y Domínguez destacan la incorporación de tecnologías como la extracción directa de litio (DLE) para optimizar el uso de recursos y reducir los

impactos, mientras que Oroz enfatiza la necesidad de fortalecer los mecanismos normativos y el cumplimiento regulatorio, apuntando a un control más estricto por parte del Estado.

En materia de tecnologías y prácticas de sostenibilidad, las coincidencias son parciales. Los tres entrevistados coinciden en la importancia de incorporar innovaciones que reduzcan el impacto ambiental y optimicen la eficiencia del proceso extractivo, aunque cada uno lo aborda desde un enfoque diferente. Micaela Oroz centra su planteo en la necesidad de promover la innovación y la investigación aplicada dentro de las empresas, impulsando la sostenibilidad como eje estratégico de desarrollo. Cecilia Domínguez, en cambio, pone el foco en la implementación de la tecnología DLE (extracción directa de litio), destacando su capacidad para acortar los tiempos de producción y disminuir la dependencia climática, además de exigir una gestión de riesgos adaptada a cada yacimiento. Finalmente, Augusto Gonçalves coincide en resaltar el valor del DLE, pero complementa su visión con la incorporación de energías renovables y sistemas de recirculación de agua, como herramientas para elevar los estándares ambientales y cumplir con criterios internacionales de sostenibilidad. Así, las tres perspectivas convergen en el objetivo de una producción más eficiente y responsable, pero difieren en el grado de avance tecnológico y en las prioridades asignadas a la innovación, la gestión ambiental o la infraestructura energética.

En cuanto a la industrialización y agregado de valor, las diferencias se vuelven más notorias. Oroz y Gonçalves coinciden en que Argentina debe aprovechar sus capacidades científicas e industriales para avanzar hacia la producción local de celdas y baterías, reducir la exportación de carbonato y generar empleo calificado. En contraposición, Domínguez sostiene que el potencial nacional radica en desarrollar una red de bienes y servicios asociados a la minería, siguiendo el modelo australiano, antes que en la fabricación de productos finales. En este punto, se enfrentan dos estrategias posibles: una orientada al desarrollo industrial y otra a la consolidación del ecosistema extractivo y tecnológico de soporte.

En el plano social y comunitario, los entrevistados coinciden parcialmente. Todos reconocen la importancia de fortalecer los vínculos con las comunidades locales y promover empleo en las zonas de influencia, aunque difieren en la profundidad de la participación. Domínguez y Gonçalves destacan la implementación de programas de formación, empleo local e infraestructura comunitaria, mientras que Oroz

subraya la necesidad de integrar a las comunidades dentro de un modelo de desarrollo territorial más participativo y con enfoque de inclusión productiva.

Respecto de la articulación entre el Estado, las empresas y el sistema científico-tecnológico, se observa una alta coincidencia entre los tres entrevistados. Todos sostienen que la cooperación público-privada es fundamental para consolidar un desarrollo sostenible del litio. Oroz remarca la importancia de un Estado articulador que promueva la innovación y la inversión tecnológica; Domínguez enfatiza el fortalecimiento institucional de las provincias y la colaboración con el sistema científico; y Gonçalves agrega que esta articulación debe traducirse en políticas de Estado que trasciendan los gobiernos y garanticen estabilidad regulatoria e innovación aplicada.

En relación con la innovación y el desarrollo tecnológico, las opiniones vuelven a converger parcialmente. Gonçalves y Oroz coinciden en que Argentina ha avanzado significativamente en materia científica, pero debe mejorar la transferencia tecnológica hacia el sector industrial. Domínguez, por su parte, sostiene que el país aún se encuentra rezagado respecto a las potencias internacionales, aunque reconoce avances en la adopción de tecnologías sostenibles como la extracción directa. Las coincidencias también se extienden al tema de la gestión de residuos y economía circular, aunque con distintos enfoques. Oroz insiste en la necesidad de implementar regulaciones estrictas y marcos de control similares a los europeos; Domínguez propone revalorizar los subproductos del proceso extractivo para crear nuevas cadenas de valor locales; y Gonçalves complementa ambas visiones, al plantear la reutilización de subproductos y la creación de normativas específicas que fomenten la economía circular dentro del sector minero.

Finalmente, frente a la pregunta sobre las oportunidades para combinar desarrollo económico, protección ambiental y competitividad internacional, los tres entrevistados muestran coincidencias parciales. Oroz propone una integración regional con Brasil que potencie la electromovilidad sudamericana; Domínguez enfatiza la importancia de garantizar estabilidad macroeconómica y reglas claras para atraer inversiones; y Gonçalves plantea que la clave está en promover una producción responsable y tecnológicamente avanzada, que combine crecimiento industrial y preservación ambiental.

El análisis evidencia un alto nivel de convergencia conceptual entre los expertos en torno a la relevancia estratégica del litio, su potencial industrial y su papel en la transición energética. Las diferencias emergen principalmente en los enfoques: Domínguez adopta una perspectiva institucional y técnica centrada en la minería responsable; Oroz prioriza la innovación, la diversificación productiva y la integración regional; y Gonçalves articula ambas visiones con un enfoque empresarial sustentable, orientado a la eficiencia tecnológica y al equilibrio entre desarrollo económico y protección ambiental. Las entrevistas reflejan un consenso sobre la necesidad de un modelo de gobernanza integral que combine ciencia, industria y sostenibilidad, posicionando al litio como un eje estructural del futuro energético argentino.

### **5.3. Análisis del espacio semántico de Osgood**

Con el fin de complementar la interpretación cualitativa de las entrevistas y representar de manera comparativa las percepciones obtenidas, se elaboraron seis gráficos mediante la técnica del diferencial semántico de Osgood. Esta herramienta permite traducir en términos visuales las valoraciones de los entrevistados respecto de distintos aspectos del desarrollo del litio, identificando coincidencias, matices y divergencias entre sus discursos. Cada representación ubica a los actores en un plano bidimensional definido por pares de conceptos opuestos, facilitando así la observación de patrones comunes y contrastes significativos.

Los análisis se estructuran en tres niveles: En primer lugar, dos diferenciales centrados en las entrevistas a empresarios del sector energético e industrial; en segundo lugar, dos aplicados a las entrevistas realizadas a expertos en temas ambientales y productivos; y finalmente, dos gráficos integradores que reúnen las percepciones de todos los entrevistados. Este abordaje progresivo permite observar tanto las particularidades de cada grupo como las tendencias generales del conjunto, ofreciendo una comprensión más completa sobre la posición del litio en la estrategia energética, la gestión organizacional y los desafíos para un desarrollo sostenible en Argentina.

### 5.3.1. Análisis Osgood a empresarios

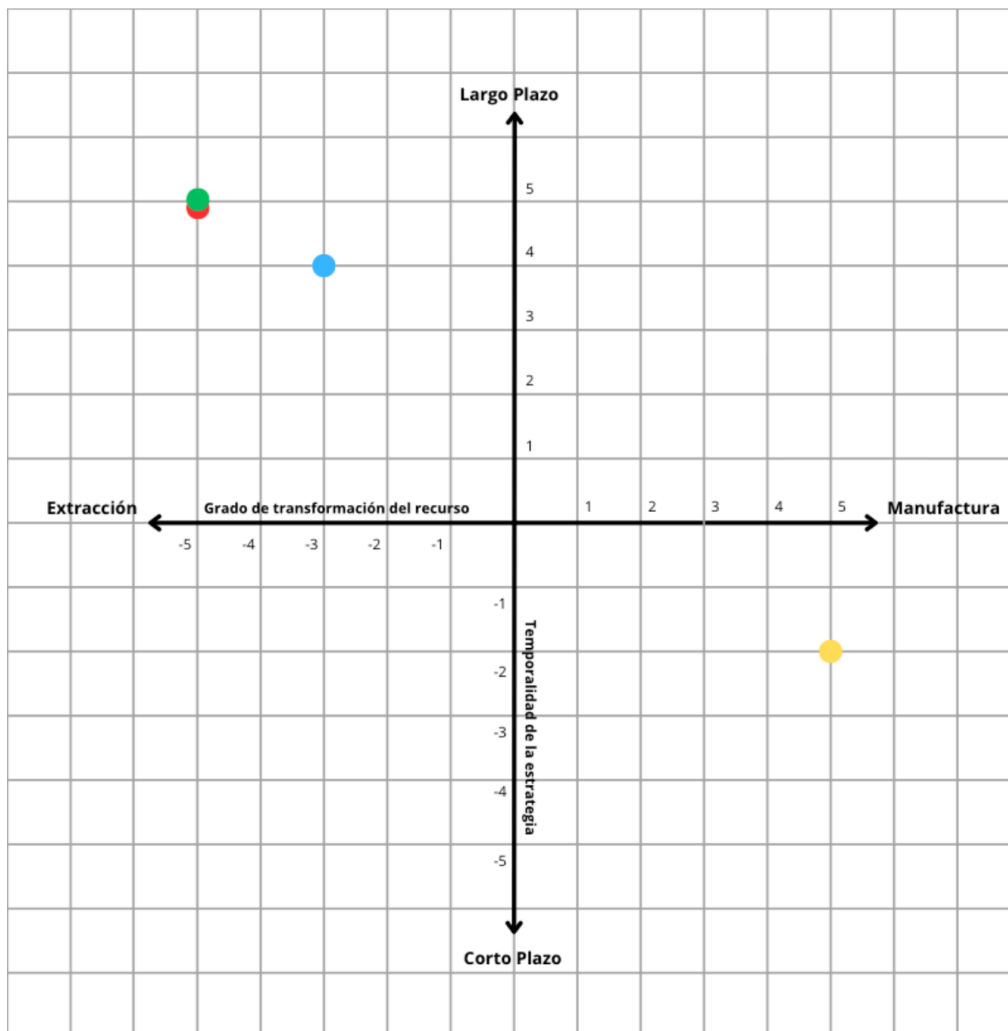
En esta primera instancia, el análisis mediante el diferencial semántico de Osgood se centra en las entrevistas realizadas a empresarios del sector energético e industrial, con el propósito de identificar cómo cada entrevistado posiciona al litio dentro de su estrategia corporativa y de qué modo gestiona su incorporación a los procesos productivos. A partir de esta herramienta se busca representar de manera comparativa las percepciones de los actores empresariales, evidenciando tanto las coincidencias en torno a la relevancia estratégica del recurso como las diferencias en sus niveles de desarrollo, planificación e innovación.

Los gráficos que se presentan a continuación permiten visualizar las posturas relativas de los entrevistados, Valentín Arias Magnou, Bruno Zucchini, Gustavo Nervo y Federico Van Zandweghe, frente a los ejes seleccionados para este grupo de análisis. De este modo, el Osgood posibilita una lectura integrada de las dimensiones estratégicas, tecnológicas y temporales que caracterizan el modo en que el sector privado aborda el desarrollo del litio en Argentina.

Figura 29

Análisis Osgood 1 - Entrevista a empresarios

- Valentin Arias Magnou
- Gustavo Nervo
- Federico Van Zandweghe
- Bruno Zucchini



Nota. Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Grado de transformación del recurso. Eje Y: Temporalidad de la estrategia.

Este gráfico representa la orientación estratégica de las empresas frente al desarrollo del litio, distingue entre aquellas que se enfocan en la extracción primaria del recurso y las que proyectan su participación en etapas de mayor valor agregado y usos industriales. El eje horizontal, que va de Extracción a Manufactura, permite visualizar el grado en que cada entrevistado concibe al litio como un insumo básico o como parte de una cadena productiva más compleja, vinculada con el ensamblaje y diseño de baterías u otros derivados tecnológicos. Por su parte, el eje vertical, de Corto Plazo a Largo Plazo, refleja la temporalidad de la estrategia empresarial, haciendo diferencia entre proyectos centrados en resultados inmediatos y visiones de desarrollo sostenido en el tiempo.

Los resultados muestran una fuerte coincidencia entre Valentín Arias Magnou y Bruno Zucchini, representantes de Tecpetrol, quienes se ubican en el cuadrante superior izquierdo, correspondiente a una estrategia extractiva pero de largo plazo. Ambos reconocen que el principal objetivo de la empresa es la producción de carbonato de litio, sin avanzar en etapas posteriores de industrialización, aunque dentro de una planificación a largo plazo orientada a consolidar la posición de la compañía en el mercado internacional. Arias Magnou destaca la incorporación de tecnologías innovadoras, como la Extracción Directa de Litio (DLE), para optimizar la eficiencia del proceso, mientras que Zucchini subraya que la industrialización en Argentina no resulta competitiva debido a los altos costos y a la falta de infraestructura. En conjunto, ambos reflejan una visión pragmática y sostenida en el tiempo, donde la eficiencia y la consolidación extractiva se priorizan frente al agregado de valor local.

En el caso de YPF (Gustavo Nervo), su ubicación se mantiene dentro del cuadrante Extractivo y Largo Plazo, aunque ligeramente más abajo y más cerca del eje central que Tecpetrol. Esto se debe a que, si bien comparte la visión de desarrollo sostenido y la orientación hacia la producción primaria, su grado de avance en tecnologías a largo plazo, tales como el DLE, es menor. Además, YPF reconoce la necesidad de generar, en el futuro, condiciones que permitan avanzar hacia procesos de mayor valor agregado, lo que la posiciona con una proyección de largo plazo aún en desarrollo, más flexible y abierta que la de Tecpetrol.

Por su parte, Federico Van Zandweghe se posiciona en el cuadrante inferior derecho, correspondiente a una estrategia de manufactura y de corto plazo. Desde su perspectiva, el litio representa una oportunidad de

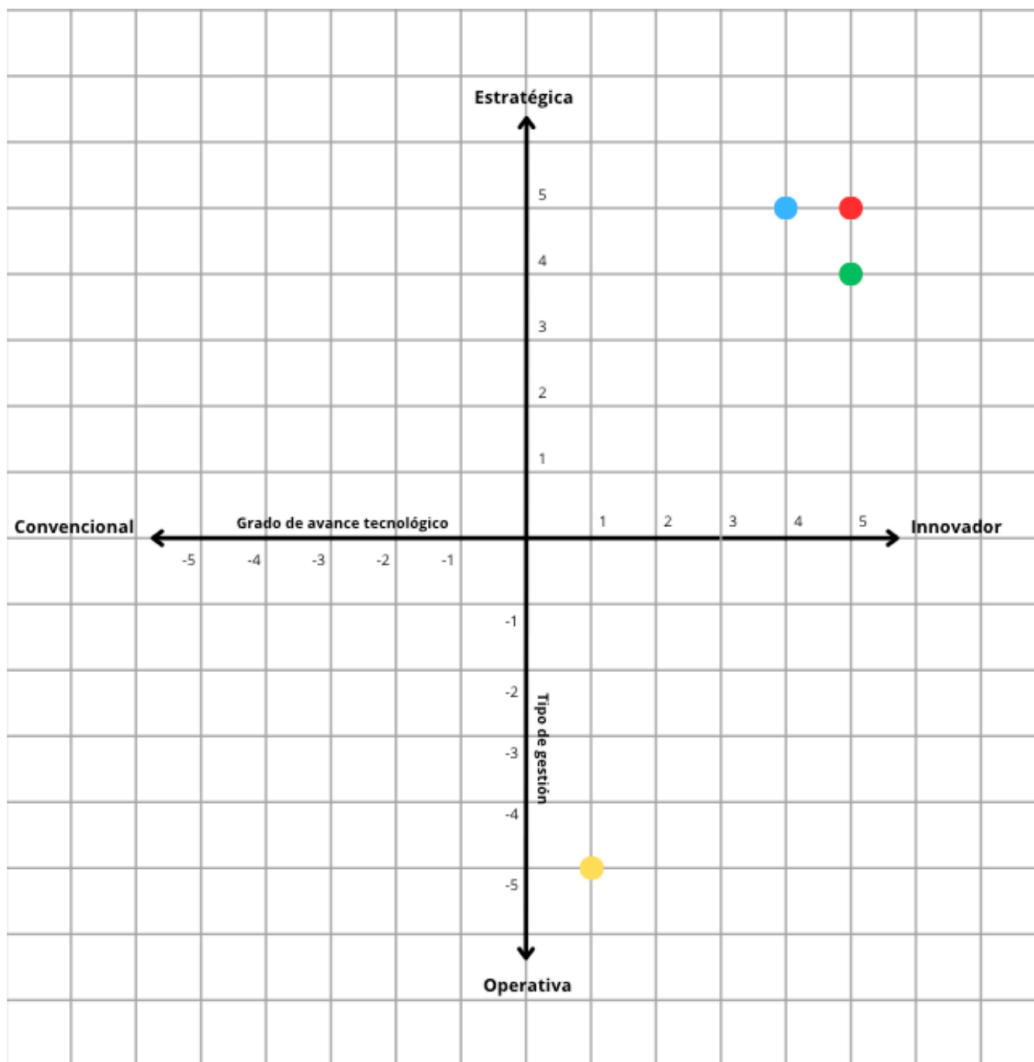
desarrollo tecnológico con proyección futura aunque actualmente, los esfuerzos de la empresa están enfocados a proyectos con beneficios inmediatos, especialmente en aplicaciones industriales como bancos de batería, sistemas solares y telecomunicaciones. Aunque su enfoque es más técnico y acotado en escala, su visión se orienta al aprovechamiento del litio dentro de una cadena de valor industrial, lo que lo distingue de las empresas energéticas, que priorizan la fase extractiva.

El análisis del primer diferencial semántico evidencia dos estrategias con enfoques opuestos. Por un lado, Tecpetrol y YPF priorizan la consolidación extractiva con una planificación sostenida en el tiempo; por el otro, Van Zandweghe proyecta un modelo industrial con perspectiva presente, orientado al desarrollo tecnológico y la aplicación del litio en productos de valor agregado gracias a su conocimiento en diseño y ensamblaje. Esta diferenciación refleja los distintos grados de inserción dentro de la cadena de valor y la coexistencia de dos visiones de desarrollo en el sector: Una centrada en la exportación del recurso y otra orientada a los usos industriales.

**Figura 30**

*Análisis Osgood 2 - Entrevista a empresarios*

- Valentin Arias Magnou
- Gustavo Nervo
- Federico Van Zandweghe
- Bruno Zucchini



*Nota.* Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Grado de avance tecnológico. Eje Y: Tipo de gestión.

Este gráfico representa la forma en que los entrevistados gestionan la incorporación del litio dentro de sus organizaciones y el grado de innovación tecnológica que caracteriza sus procesos. El eje horizontal, que se extiende de Convencional a Innovador, evalúa el nivel de adopción tecnológica y modernización de los procesos vinculados al litio, considerando la incorporación de metodologías avanzadas, digitalización y prácticas sustentables. El eje vertical, de Operativa a Estratégica, representa el tipo de gestión empresarial predominante, diferenciando entre un manejo técnico y una gestión integrada dentro de la planificación corporativa.

Los resultados muestran una coincidencia general entre Valentín Arias Magnou y Bruno Zucchini, ambos representantes de Tecpetrol, quienes se ubican en el cuadrante superior derecho, correspondiente a una gestión estratégica e innovadora. Sin embargo, sus posiciones presentan diferencias sutiles pero significativas. Arias Magnou se sitúa en el punto más alto, reflejando su participación en la planificación estratégica y la definición de lineamientos corporativos del negocio del litio dentro del Grupo Techint. Desde su rol como Lithium Planning Analyst, enfatiza la incorporación de la tecnología DLE (Direct Lithium Extraction) como elemento disruptivo en los procesos extractivos, junto con una visión de largo plazo orientada a la descarbonización y la diversificación energética.

Por su parte, Zucchini se ubica apenas por debajo, lo que evidencia una participación más técnica y operativa, centrada en la evaluación y aplicación práctica de las innovaciones. Desde su rol como ingeniero químico, su mirada se enfoca en la implementación de proyectos y la optimización de procesos, particularmente en la integración de fuentes renovables y tecnologías de eficiencia energética. De esta manera, ambos entrevistados coinciden en la dirección estratégica de la empresa, aunque difieren en el nivel de intervención dentro de la gestión tecnológica: Arias Magnou desde la planificación y diseño, y Zucchini desde la ejecución y evaluación técnica.

En una posición cercana, aunque con un nivel de innovación algo menor, se encuentra Gustavo Nervo, representante de YPF, cuya ubicación refleja una gestión estratégica en consolidación, caracterizada por la incorporación gradual de herramientas digitales, sistemas de monitoreo ambiental y tecnologías de control. Si bien la empresa aún no alcanza el grado de avance tecnológico de Tecpetrol, demuestra un

enfoque estructurado y coherente con los lineamientos de sostenibilidad y transición energética impulsados a nivel institucional.

Por su parte, Federico Van Zandweghe se posiciona en el cuadrante inferior derecho, correspondiente a una gestión operativa con un nivel de innovación moderado. Su enfoque se orienta a la aplicación técnica, aunque con un pequeño grado de innovación, del litio en sistemas industriales y energéticos. Esto lo aplica mediante el uso de bancos de baterías, sistemas solares y telecomunicaciones, incorporando además herramientas tecnológicas como GPS, monitoreo remoto y control digital del rendimiento. Si bien su empresa no desarrolla innovaciones disruptivas como las impulsadas por Tecpetrol, por ejemplo, la aplicación del sistema DLE, su actividad demuestra una capacidad de adaptación tecnológica constante, que le permite mantenerse competitiva dentro del segmento industrial. En este sentido, su posición dentro del gráfico no representa una falta de innovación, sino una innovación de carácter incremental y aplicado, propia de empresas que adoptan y optimizan tecnologías existentes sin depender de grandes estructuras de investigación y desarrollo.

En conjunto, el análisis del segundo diferencial semántico permite observar una relación directa entre el nivel de innovación tecnológica y el grado de integración estratégica dentro de las empresas entrevistadas. Tecpetrol, representada por Valentín Arias Magnou y Bruno Zucchini, se consolida como la organización con mayor desarrollo tecnológico y visión estratégica, impulsando procesos disruptivos como la tecnología de Extracción Directa de Litio (DLE) y una planificación alineada con los objetivos de descarbonización y transición energética. YPF, en cambio, avanza en una línea de innovación gradual y planificación sustentable, incorporando herramientas digitales y sistemas de monitoreo ambiental que fortalecen su posicionamiento institucional hacia la diversificación energética. Finalmente, Federico Van Zandweghe representa un modelo técnico y operativo con innovaciones aplicadas, propio de empresas que, si bien no desarrollan tecnologías disruptivas, mantienen una dinámica constante de adaptación y modernización mediante la integración de soluciones como GPS, monitoreo remoto y control digital del rendimiento.

Los resultados confirman que la gestión del litio en Argentina atraviesa una etapa de diversificación, donde convergen enfoques estratégicos orientados a la innovación tecnológica, como los impulsados por compañías vinculadas a la extracción y desarrollo del recurso, con otros de carácter operativo y aplicado,

enfocados en la eficiencia y el aprovechamiento energético, como el caso de VZH, que incorpora baterías importadas y las adapta para sistemas de almacenamiento solar. Más que una brecha, esta diferencia evidencia la complementariedad entre los distintos niveles de innovación, esenciales para sostener el crecimiento de una industria en expansión y en proceso de consolidación dentro de la transición energética global.

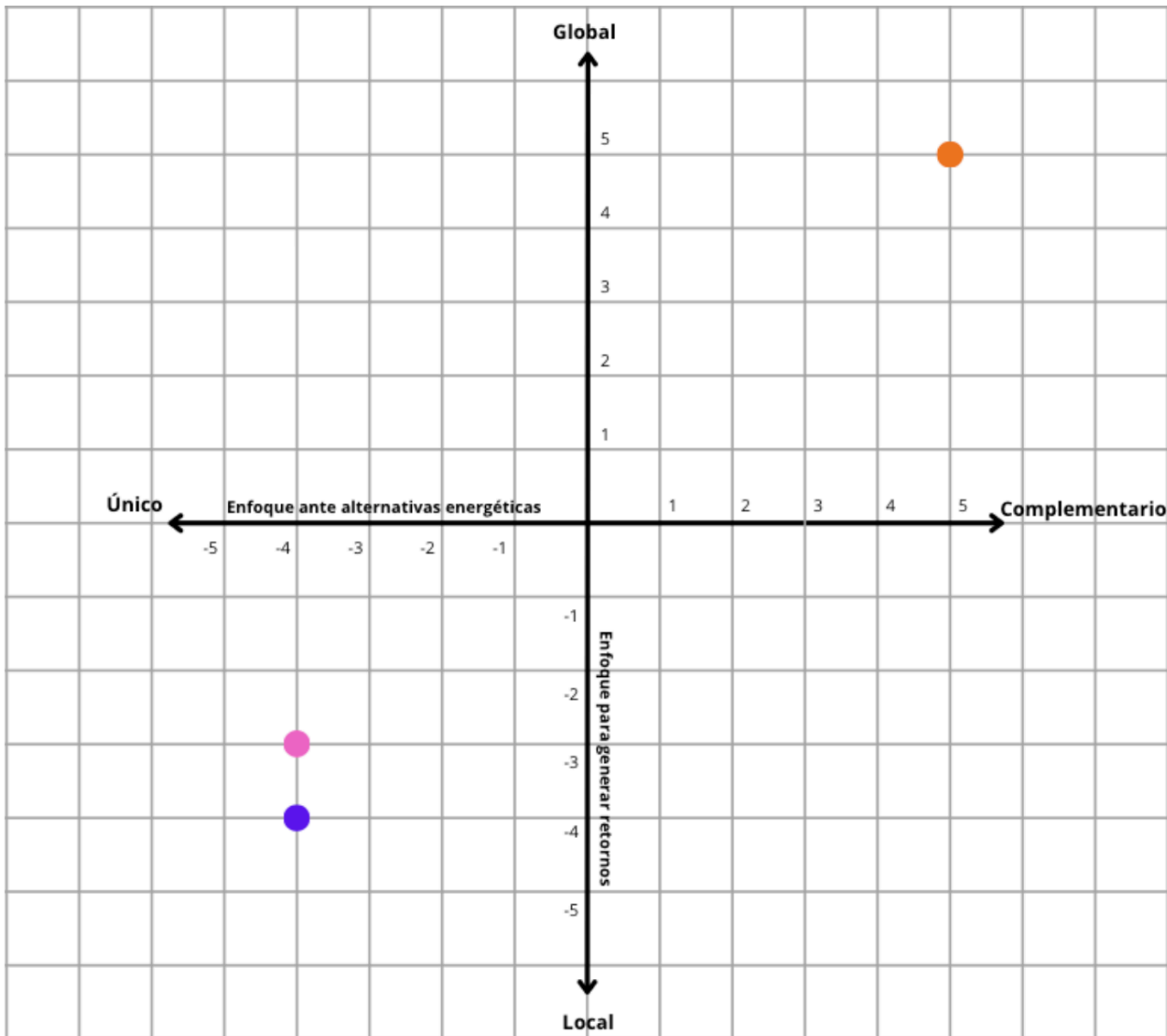
### **5.3.2. Análisis Osgood a expertos**

En esta segunda instancia, el análisis mediante el diferencial semántico de Osgood se centra en las entrevistas realizadas a expertos vinculadas al sector del litio y la transición energética, con el objetivo de identificar cómo interpretan el papel del recurso dentro de la matriz productiva nacional y su contribución al desarrollo sostenible. En este caso, los entrevistados fueron Micaela Oroz, Cecilia Domínguez y Augusto Aquiles Gonçalves, cuyas trayectorias dentro del ámbito energético y minero permiten aportar miradas complementarias sobre los desafíos, oportunidades y enfoques institucionales que atraviesan el desarrollo del litio en Argentina.

**Figura 31**

*Análisis Osgood 3 - Entrevista a expertos*

- Micaela Oroz
- Cecilia Domínguez
- Augusto Aquiles Gonçalves



*Nota.* Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Enfoque ante alternativas energéticas. Eje Y: Grado para generar retornos.

El gráfico refleja las diferencias conceptuales entre las entrevistadas respecto del papel del litio dentro de la transición energética y su contribución al desarrollo económico nacional. El eje horizontal, denominado “Enfoque ante alternativas energéticas”, contrapone una visión única, donde el litio es considerado el principal motor de la transición energética, frente a una mirada complementaria, que lo concibe como parte de un conjunto de fuentes sostenibles dentro de un mix tecnológico más amplio. Por su parte, el eje vertical, titulado “Enfoque para generar retornos”, diferencia entre una estrategia local o regional, orientada al desarrollo productivo e industrialización dentro del país o la región, y una perspectiva global, centrada en la inserción competitiva en los mercados internacionales mediante la exportación de materias primas.

En este marco, Micaela Oroz se posiciona en el cuadrante inferior izquierdo (único–local), al considerar que el litio constituye actualmente el vector energético más sólido y maduro en términos de eficiencia y disponibilidad. Su propuesta busca trascender el modelo extractivo tradicional, promoviendo la industrialización nacional del recurso y la integración con Brasil a través del desarrollo de la industria automotriz regional. Desde su perspectiva, el litio debe ser el punto de partida para diversificar la matriz productiva argentina, generando valor agregado mediante la fabricación de celdas y componentes intermedios y potenciando el vínculo entre el sistema científico y el sector industrial. Oroz propone un enfoque que combina innovación local y cooperación regional, orientado a generar retornos económicos sostenibles a partir del desarrollo interno y no exclusivamente de la exportación de recursos naturales.

Augusto Aquiles Gonçalves se posiciona en el cuadrante inferior izquierdo (único–local), compartiendo con Micaela Oroz la visión del litio como el vector energético más eficiente y consolidado dentro de la transición energética. Sin embargo, su enfoque se diferencia por su mayor orientación técnica y operativa, centrada en la industrialización local y en el fortalecimiento de las capacidades nacionales de refinación, producción de celdas y sistemas de almacenamiento energético. Considera que la verdadera oportunidad de Argentina reside en agregar valor dentro del país, generando empleo calificado y reduciendo la dependencia de las importaciones. Desde esta perspectiva, el litio no solo representa un recurso estratégico, sino también una plataforma de desarrollo industrial y tecnológico nacional, capaz de articular la minería con la manufactura y consolidar una cadena de valor doméstica alineada con los objetivos de la transición energética sostenible.

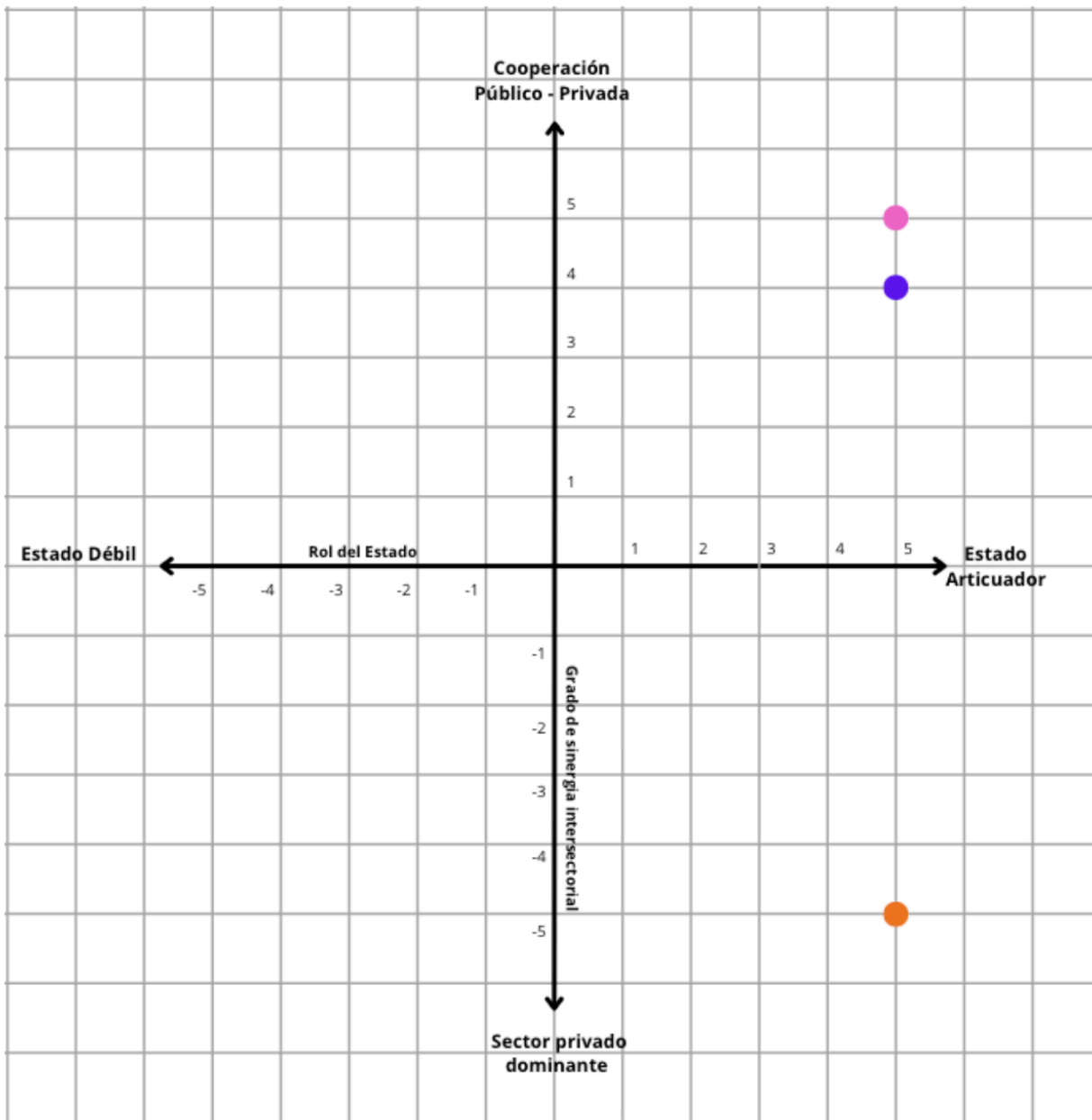
En contraste, Cecilia Domínguez se ubica en el cuadrante superior derecho (complementario–global), al sostener que el litio debe formar parte de un mix energético diversificado, compartiendo protagonismo con alternativas como el hidrógeno o el sodio. Sin embargo, su enfoque económico se centra en el aprovechamiento del recurso a través de la extracción y exportación directa, similar al modelo agroindustrial argentino. Considera que la ventaja competitiva de Argentina radica en sus bajos costos de extracción y la alta calidad del mineral, lo que posiciona al país como un actor relevante dentro del mercado global. Desde esta mirada, la prioridad pasa por atraer inversiones internacionales, garantizar reglas claras y previsibilidad macroeconómica, y consolidar una estrategia de inserción global basada en la eficiencia productiva y la estabilidad institucional.

El análisis del diferencial semántico evidencia coincidencias en reconocer al litio como un recurso estratégico y motor de la transición energética, pero difieren en el modo de transformar ese potencial en retorno económico: Mientras Oroz y Gonçalves promueven un modelo de desarrollo industrial local con base tecnológica, Domínguez sostiene un modelo de inserción internacional centrado en la eficiencia extractiva y la atracción de inversiones. Asimismo, Oroz y Gonçalves coinciden en considerar al litio como el principal vector energético dentro de la transición hacia fuentes sostenibles, frente a la postura de Domínguez, que propone un mix diversificado de energías donde el litio comparte protagonismo con otras alternativas como el hidrógeno o el sodio. Estas posturas reflejan las tensiones estructurales del sector: Entre la exportación de recursos primarios y la creación de valor agregado nacional, entre la competitividad global y la soberanía productiva.

**Figura 32**

*Análisis Osgood 4 - Entrevista a expertos*

- Micaela Oroz
- Cecilia Domínguez
- Augusto Aquiles Gonçalves



*Nota.* Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Rol del Estado. Eje Y: Grado de sinergia intersectorial.

El gráfico representa las distintas visiones sobre el papel del Estado y la articulación entre actores en el desarrollo del litio en Argentina. El eje horizontal, denominado “Estado débil – Estado articulador”, mide el grado de intervención estatal percibido en la gobernanza del sector: Desde un Estado con escasa capacidad de coordinación hasta uno capaz de liderar políticas de desarrollo y cooperación intersectorial. Por su parte, el eje vertical, “Sector privado dominante – Cooperación público-privada”, distingue entre una dinámica empresarial centrada en la iniciativa individual de las compañías y un esquema articulado donde el sector público, el privado y el sistema científico-tecnológico comparten responsabilidades y objetivos comunes.

En este contexto, Micaela Oroz se ubica en el cuadrante superior derecho (Estado articulador – cooperación público-privada), ya que sostiene que la articulación entre Estado, empresas y sistema científico-tecnológico es la única vía posible para el desarrollo sostenible del litio. Su mirada destaca el rol central del Estado como promotor y facilitador, a través de programas de fomento, universidades públicas y redes de innovación, pero también reconoce que el sector privado debe asumir un papel activo en la inversión y desarrollo de nuevas tecnologías. Oroz propone una sinergia entre lo público y lo privado, donde la ciencia y la producción se integren para transformar la innovación en resultados económicos concretos. Además, plantea que la innovación no debe ser vista como una amenaza a los sectores tradicionales, sino como un potenciador del valor agregado nacional, extendiendo esta lógica al agro y otras industrias. Su postura refleja un modelo de gobernanza cooperativo, con un Estado presente, pero complementado por la iniciativa privada y el sistema científico.

Augusto Aquiles Gonçalves se posiciona en el cuadrante superior derecho, cercano a la postura de Micaela Oroz. Su visión sostiene que la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico es clave para construir una política de Estado en torno al litio, capaz de generar innovación, promover estándares ambientales comunes y garantizar beneficios sociales y económicos duraderos. Reconoce que el marco regulatorio argentino brinda estabilidad para la inversión, pero advierte la necesidad de modernizarlo para impulsar etapas industriales posteriores a la extracción, fomentar la investigación aplicada y agregar valor local. Desde esta perspectiva, propone un modelo de gobernanza cooperativo, donde el Estado actúe como articulador estratégico, el sector privado como motor de inversión y eficiencia, y el sistema científico como eje de innovación tecnológica. Su enfoque combina una mirada

estructural sobre la sostenibilidad con una orientación práctica hacia la industrialización y la competitividad internacional.

Por otro lado, Cecilia Domínguez se posiciona también hacia el lado derecho del gráfico, coincidiendo en la necesidad de un Estado articulador, pero lo hace en la parte inferior del eje vertical, “sector privado dominante”. Aunque reconoce la importancia de la articulación interinstitucional y valora la presencia del Estado como garante y mediador, su narrativa enfatiza el papel protagónico del sector privado como motor del desarrollo minero. Domínguez sostiene que muchas provincias “aprendieron a ser mineras de la mano del interés de las compañías”, lo que evidencia un proceso donde las empresas han impulsado tanto el dinamismo económico como el fortalecimiento institucional local. En su visión, el Estado debe acompañar y legitimar la actividad, brindando credibilidad ante las comunidades y estabilidad normativa, pero sin asumir un rol de dirección centralizada. Este enfoque sugiere una cooperación pragmática, en la que las empresas lideran la ejecución y el Estado actúa como socio regulador y garante de confianza social.

El análisis revela una coincidencia general en torno a la necesidad de coordinación entre el Estado, el sector privado y el sistema científico-tecnológico como condición indispensable para el desarrollo sostenible del litio. No obstante, las diferencias se centran en el grado de protagonismo que cada entrevistado asigna a estos actores. Micaela Oroz plantea que la articulación entre Estado, empresas y sistema científico-tecnológico constituye la única vía posible para consolidar una estrategia nacional de desarrollo, en la que el Estado asuma un rol articulador y promotor de la innovación. Augusto Aquiles Gonçalves, en cambio, comparte esta visión cooperativa, pero desde una mirada más técnica y pragmática, que entiende la articulación como un pilar estratégico dentro de un marco regulatorio que debe modernizarse para fomentar la industrialización y el valor agregado local. Por su parte, Cecilia Domínguez propone una perspectiva más descentralizada y orientada al protagonismo empresarial, en la que el Estado actúa como garante, mediador y facilitador del desarrollo. Las tres posturas coinciden en que el futuro del litio argentino dependerá de la calidad del entramado interinstitucional, pero difieren en la intensidad y el liderazgo de la cooperación público-privada: mientras Oroz la concibe como una condición excluyente, Gonçalves la interpreta como una herramienta estratégica de competitividad, y Domínguez la entiende como un equilibrio necesario entre la regulación estatal y la iniciativa privada.

### 5.3.3. Análisis Osgood integral

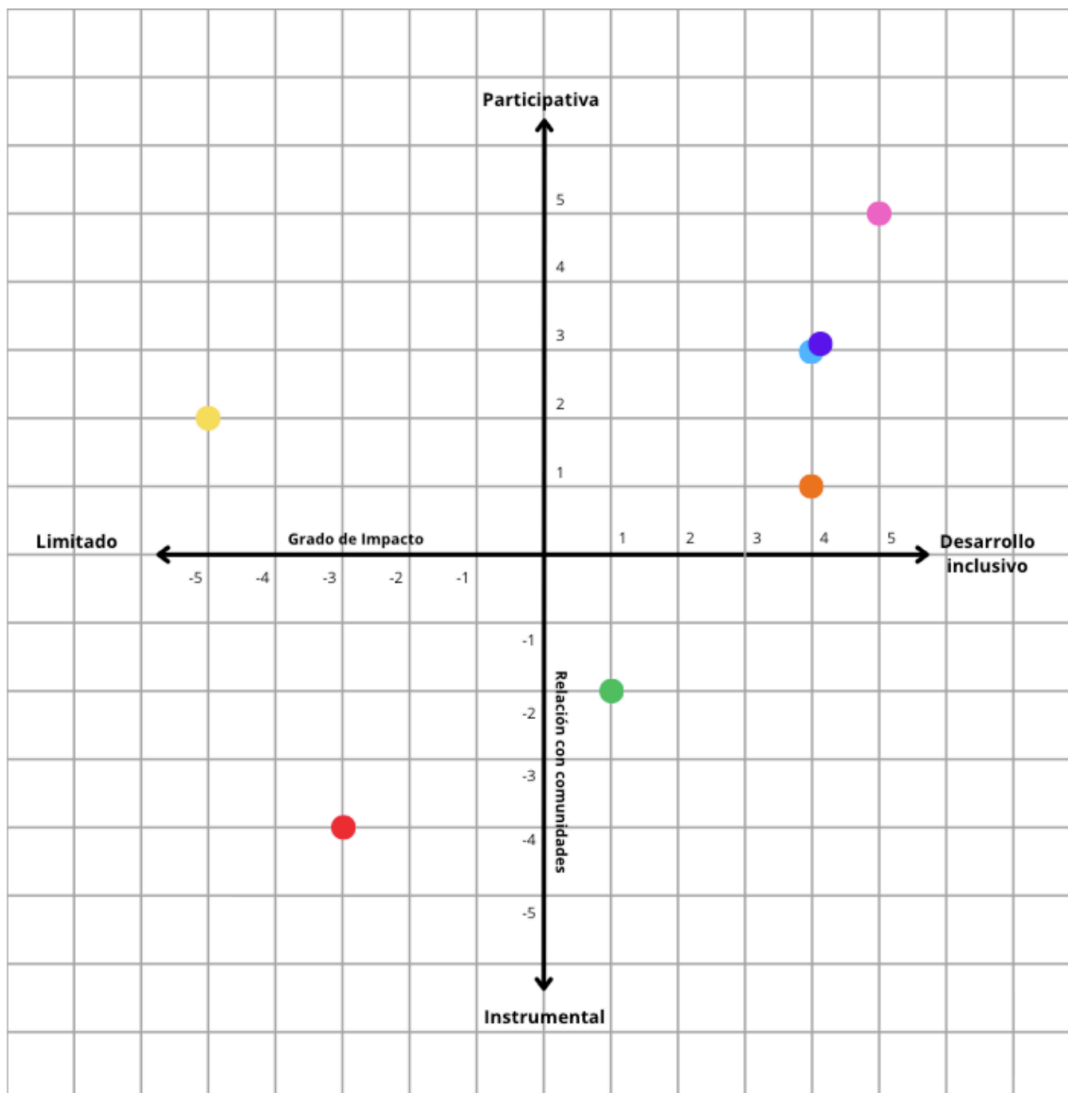
En esta última instancia, el análisis integral mediante el diferencial semántico de Osgood busca unificar las percepciones obtenidas de los dos grupos de entrevistados, empresarios y expertos, con el fin de construir una visión global sobre el modo en que distintos actores interpretan el desarrollo del litio en la Argentina. Esta etapa permite contrastar y complementar las valoraciones provenientes de ambos enfoques, integrando dimensiones estratégicas, ambientales, tecnológicas y sociales.

A continuación, se presentan dos gráficos que sintetizan los principales resultados del Osgood integral. El primero examina cómo los entrevistados conciben la relación entre la industria del litio y las comunidades locales, analizando el tipo de desarrollo territorial que promueven y el grado de participación comunitaria implicado. El segundo aborda las percepciones sobre la gestión ambiental y la sostenibilidad del ciclo productivo del litio, contrastando los enfoques preventivos y correctivos, así como las diferencias de soluciones entre perspectivas puntuales y sistémicas. En conjunto, ambos gráficos permiten visualizar los distintos niveles de madurez, compromiso y profundidad con que los actores interpretan los desafíos del desarrollo sostenible del litio en la Argentina.

**Figura 33**

*Análisis Osgood 5 - Integral*

- Valentin Arias Magnou
- Gustavo Nervo
- Federico Van Zandweghe
- Bruno Zucchini
- Micaela Oroz
- Cecilia Domínguez
- Augusto Aquiles Gonçalves



*Nota.* Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Grado de impacto. Eje Y: Relación con las comunidades.

El presente diferencial semántico integral de Osgood permite analizar cómo los distintos actores entrevistados conciben la relación entre la industria del litio y las comunidades locales, así como el tipo de desarrollo territorial que promueven a partir de su vínculo con ellas. El gráfico se estructura en torno a dos ejes interpretativos: el eje horizontal, que distingue entre un impacto limitado y un enfoque de desarrollo inclusivo, y el eje vertical, que contrapone una relación instrumental frente a una relación participativa. A partir de estas dimensiones se busca comprender si la vinculación comunitaria es percibida como un requisito operativo o como un componente estratégico del desarrollo sostenible.

En la zona inferior izquierda, Valentín Arias Magnou (Tecpetrol) se posiciona dentro del cuadrante instrumental y de impacto limitado. Su intervención enfatiza la existencia de un área específica en la empresa dedicada a la gestión comunitaria, pero sin profundizar en acciones concretas o resultados. Esta descripción refleja una mirada centrada en el cumplimiento institucional de la licencia social para operar, donde la relación con las comunidades se entiende como un requisito administrativo más que como una oportunidad de transformación territorial.

En una posición cercana, aunque con una motivación diferente, Federico Van Zandweghe (VZH) también se ubica sobre el eje izquierdo, pero con una orientación más humana y educativa. Si bien sus acciones no tienen un impacto territorial amplio, se distingue por un compromiso personal en la capacitación técnica sobre baterías, buscando compartir conocimientos y sensibilizar sobre la tecnología del litio. Su enfoque, aunque limitado en escala, introduce un componente de participación espontánea, basado en la transmisión de saberes más que en políticas institucionales.

Por su parte, Bruno Zucchini (Tecpetrol) se ubica en el cuadrante de relación instrumental con orientación al desarrollo inclusivo. Si bien forma parte del mismo grupo corporativo que Arias Magnou, su testimonio incorpora ejemplos más tangibles de articulación social, como la instalación de conectividad en comunidades originarias. Este tipo de acciones, aunque promovidas desde una lógica empresarial, trascienden el mero cumplimiento normativo y contribuyen a mejorar las condiciones de vida local, lo que le otorga un mayor grado de impacto inclusivo.

En un nivel intermedio, Gustavo Nervo (YPF) se posiciona alrededor de un punto entre participación y desarrollo inclusivo. Su enfoque destaca la incorporación de trabajadores locales y la definición de programas de relacionamiento según las necesidades específicas de cada zona. Si bien mantiene una estructura institucional semejante a la de otras empresas del sector, su énfasis en la colaboración y la adaptación territorial permite reconocer un avance hacia modelos de gestión más participativos.

Augusto Aquiles Gonçalves se ubica dentro del cuadrante de desarrollo inclusivo con una orientación participativa moderada. Su enfoque combina la generación de empleo local con la implementación de programas de capacitación y proyectos de infraestructura en las zonas de influencia, especialmente en comunidades como Fiambalá. Considera que la inclusión laboral y el fortalecimiento territorial son componentes esenciales del desarrollo sostenible del litio, siempre que se articulen con una gestión ambiental responsable y una planificación a largo plazo. Al igual que Nervo, entiende la relación con las comunidades como un compromiso institucional sostenido, en el que la empresa asume un rol activo en la creación de oportunidades y en la promoción del diálogo social, pero sin llegar a una co-gestión plena. Desde esta perspectiva, su postura se orienta hacia un modelo de sostenibilidad compartida, donde el crecimiento económico se vincula con la mejora de las condiciones locales y la integración progresiva de las comunidades en el entramado productivo.

En el cuadrante superior derecho, Micaela Oroz se posiciona como la entrevistada con la visión más participativa e inclusiva respecto de las comunidades locales. Su enfoque sostiene que la minería del litio puede transformarse en un motor de desarrollo territorial compartido, siempre que las comunidades sean protagonistas activas y no meros beneficiarios pasivos del proceso. Propone que la articulación entre empresas, Estado y sistema científico-tecnológico debe orientarse a fortalecer las capacidades locales, generando empleo genuino, formación técnica y oportunidades de encadenamiento productivo. Asimismo, plantea que los proyectos deben incorporar mecanismos de cooperación con las provincias y regulaciones que promuevan la contratación de proveedores y trabajadores de la zona, de modo que el impacto económico permanezca en el territorio. Desde su perspectiva, la sostenibilidad del litio depende directamente de la participación social y del empoderamiento comunitario, entendiendo la licencia social no como un trámite, sino como un proceso de construcción conjunta del desarrollo.

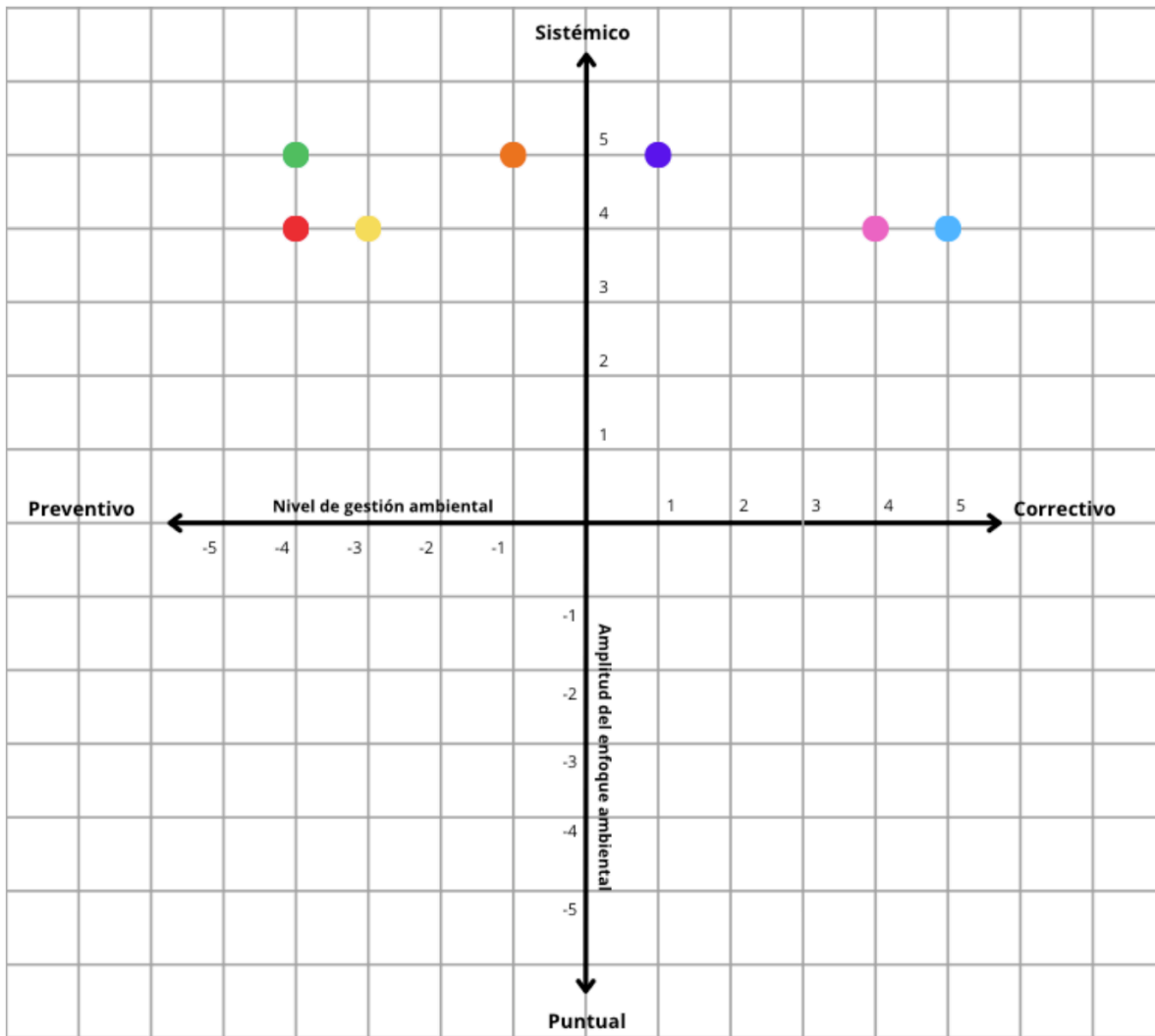
Cecilia Domínguez, en cambio, se ubica en un punto de alto desarrollo inclusivo pero de participación moderada, reflejando una mirada más estructural e institucional sobre el rol de las comunidades. Considera que el principal aporte social del litio proviene de la generación de empleo, la capacitación laboral y la dinamización económica que las empresas producen en su entorno inmediato. Explica que durante la etapa de construcción de las minas se genera un pico de ocupación muy alto, con pleno empleo local y una fuerte demanda de mano de obra, pero que ese nivel de actividad suele descender una vez iniciada la fase operativa, donde el empleo se estabiliza y se vuelve más especializado. Sostiene que las compañías complementan este proceso con programas de alfabetización y formación básica, destinados a integrar a las comunidades cercanas en las tareas productivas. Sin embargo, su enfoque no prioriza la participación directa de los habitantes en la gestión de los proyectos, sino que entiende el desarrollo comunitario como un efecto derivado del crecimiento del sector minero y del fortalecimiento institucional de las provincias. Desde esta perspectiva, las comunidades locales forman parte de un entramado social más amplio, beneficiadas por la expansión económica, pero sin asumir un rol protagónico en la toma de decisiones.

El análisis integral evidencia distintos niveles de compromiso y profundidad en la forma en que los actores conciben su vínculo con las comunidades locales. Mientras las empresas consolidadas del sector energético tienden a estructurar sus relaciones desde una gestión institucional y funcional, orientada al cumplimiento de estándares sociales y ambientales, perfiles como los de Gustavo Nervo y Augusto Aquiles Gonçalves expresan una visión intermedia, centrada en el desarrollo inclusivo y la participación moderada, donde las comunidades son vistas como aliadas estratégicas para el progreso territorial. Entre las expertas se observan pequeñas diferencias de enfoque: Micaela Oroz presenta una mirada claramente más participativa e integradora, que propone convertir a las comunidades en protagonistas activas del proceso de desarrollo, a diferencia de Cecilia Domínguez que tiene un enfoque participativo menor. Esta diversidad de enfoques no refleja contradicciones, sino una evolución progresiva en la concepción de la licencia social, que pasa de ser un requisito operativo a transformarse en un modelo de corresponsabilidad y construcción colectiva. En última instancia, la sostenibilidad del litio en Argentina dependerá de la capacidad del sector para profundizar la articulación con las comunidades, promoviendo un desarrollo que combine responsabilidad social, inclusión territorial y fortalecimiento local.

Figura 34

Análisis Osgood 6 - Integral

- Valentin Arias Magnou
- Gustavo Nervo
- Federico Van Zandweghe
- Bruno Zucchini
- Micaela Oroz
- Cecilia Domínguez
- Augusto Aquiles Gonçalves



Nota. Elaboración propia. Referencia de ejes: Eje X: Nivel de gestión ambiental. Eje Y: Amplitud del enfoque ambiental.

El segundo diferencial semántico integral de Osgood aborda las percepciones de los entrevistados en torno a la gestión ambiental y la sostenibilidad del ciclo productivo del litio, considerando tanto el tipo de enfoque adoptado (preventivo o correctivo) como el alcance de su mirada (local o sistémica). Este modelo permite identificar cómo cada actor integra las dimensiones tecnológicas, regulatorias y ambientales dentro de su práctica o análisis del sector, revelando distintos niveles de madurez en la gestión sostenible del recurso.

En el cuadrante superior izquierdo se ubican Bruno Zucchini y Valentín Arias Magnou (Tecpetrol), aunque con diferencias de profundidad en su abordaje ambiental. Zucchini se posiciona un punto por encima de Arias Magnou al combinar la implementación de la tecnología de extracción directa de litio (DLE) con el desarrollo de un parque solar destinado al autoabastecimiento energético. Esta doble estrategia refleja una visión más integrada de la sostenibilidad, en la que convergen la innovación tecnológica y la eficiencia energética. Además, ambos enfoques se consideran sistémicos porque trascienden las acciones operativas puntuales e implican cambios estructurales dentro de la organización, que afectan su planificación energética, sus procesos productivos y su modo de concebir la competitividad a largo plazo. Arias Magnou, en cambio, se mantiene en un nivel de gestión ambiental similar, pero con un enfoque más acotado al perfeccionamiento del proceso extractivo mediante el DLE y la reutilización por ósmosis inversa.

Por su parte, Federico Van Zandweghe comparte una posición cercana a la de los representantes de Tecpetrol, aunque con un enfoque preventivo más acentuado en materia energética. Su empresa opera mediante autogeneración solar, lo que representa una acción concreta para reducir el consumo de energía no renovable y disminuir el impacto ambiental de sus operaciones. Sin embargo, su mirada también incorpora un componente correctivo, al reconocer las limitaciones estructurales del país en materia de reciclaje y disposición final de baterías. Si bien su discurso evidencia un conocimiento técnico del problema, su abordaje se mantiene más orientado a la gestión posterior de los residuos que a la eliminación de su origen. Esta combinación refleja un compromiso genuino con la sostenibilidad, que se manifiesta en la adopción de energías limpias y en la búsqueda de soluciones técnicas para el manejo de residuos, aun frente a las limitaciones estructurales del contexto nacional.

En el cuadrante superior izquierdo del gráfico se sitúa Cecilia Domínguez, con alto grado de sistematicidad entre los entrevistados y una inclinación hacia el enfoque preventivo, aunque con componentes correctivos presentes. Su perspectiva combina la planificación a largo plazo con la evaluación de los impactos ambientales desde el diseño de los proyectos, destacando la importancia de los protocolos de cierre de mina como herramienta de gestión anticipada y de sostenibilidad estructural. Al mismo tiempo, incorpora un enfoque correctivo al proponer la reutilización de los subproductos derivados de la extracción, como las sales residuales, para generar nuevos insumos o actividades económicas complementarias. Esta dualidad muestra una concepción madura de la sostenibilidad: por un lado, orientada a prevenir impactos futuros mediante una gestión planificada; y por otro, enfocada en aprovechar los residuos existentes para cerrar el ciclo productivo y reducir su huella ambiental.

Augusto Aquiles Gonçalves se posiciona en un nivel alto de sistematicidad, aunque con una mayor inclinación hacia el enfoque correctivo. Su mirada combina la innovación tecnológica con una gestión ambiental centrada en la optimización de procesos productivos ya en funcionamiento. Destaca la incorporación de tecnologías como la extracción directa de litio (DLE), la recirculación de agua y el uso de energías renovables como medios para reducir impactos y aumentar la eficiencia operativa. Sin embargo, su enfoque se orienta principalmente a mitigar y corregir los efectos ambientales dentro de un esquema extractivo ya consolidado, más que a prevenirlos desde la planificación inicial. Esta orientación correctiva se refleja también en su énfasis sobre la reutilización de subproductos y la mejora continua de los circuitos de recuperación, lo que demuestra una sostenibilidad entendida como respuesta técnica y funcional a los impactos, antes que como anticipación estructural de los mismos. Aun así, su visión conserva un fuerte carácter sistémico, al reconocer la necesidad de modernizar el marco regulatorio, promover la investigación aplicada y fortalecer la cooperación público-privada como pilares para una gestión ambiental más integrada y competitiva a largo plazo.

Micaela Oroz, en tanto, comparte con Valentín Arias Magnou, Federico Van Zandweghe y Gustavo Nervo un nivel medio-alto de sistematicidad, aunque con una orientación más correctiva que preventiva. Su enfoque se centra en la creación de marcos regulatorios y normativos claros, inspirados en modelos europeos, que garanticen un manejo responsable de los residuos y un control estatal efectivo sobre las prácticas industriales. Si bien su mirada prioriza la intervención ex post, es decir, una vez que los impactos

ambientales ya se han producido, plantea que la gestión adecuada del final de vida de las baterías puede transformarse en una oportunidad para el desarrollo local. Desde esta perspectiva, la regulación y el reciclaje no solo cumplen una función de control, sino que también pueden impulsar nuevos circuitos productivos vinculados a la economía circular y al dinamismo territorial.

Finalmente, Gustavo Nervo se posiciona como el caso más representativo del enfoque correctivo, con un nivel alto de sistematicidad. Su relato describe un esquema de monitoreo ambiental permanente, basado en sensores y sistemas automáticos que se activan ante desvíos o superaciones de parámetros, lo que evidencia una infraestructura organizacional compleja y coordinada. Este grado de sistematicidad se fundamenta en la integración de múltiples herramientas tecnológicas y de gestión, que permiten a la empresa supervisar de forma continua sus operaciones y asegurar el cumplimiento de estándares ambientales y normativos. Si bien esto refleja un elevado compromiso institucional y una visión estructurada de la sostenibilidad, su enfoque responde más a la reacción ante el impacto que a la prevención del mismo. La estrategia de YPF, según su descripción, privilegia el cumplimiento normativo y la corrección de desvíos dentro de un marco de responsabilidad operativa, consolidando un modelo de sostenibilidad fuertemente institucionalizado pero con predominio del control posterior sobre la anticipación del impacto.

Este análisis evidencia una coincidencia general entre los entrevistados respecto a la necesidad de incorporar la sostenibilidad ambiental como un componente estructural y sistémico dentro de la gestión del litio. Más allá de las diferencias en sus enfoques, todos reconocen que la sostenibilidad ya no puede concebirse como una acción periférica o de mitigación aislada, sino como un principio transversal que redefine los procesos productivos, las decisiones tecnológicas y los marcos institucionales. Este consenso marca una evolución en la forma en que se concibe el rol del litio en la transición energética, donde el control ambiental deja de ser un requisito operativo para transformarse en un eje de competitividad y legitimidad a largo plazo.

## 5.5. Análisis de la encuesta

### 5.5.1. Primera sección

La primera sección de la encuesta permitió caracterizar el perfil sociodemográfico de los encuestados, ofreciendo un panorama sobre la composición etaria, el género, el nivel educativo, la ocupación y la región de residencia. Esta información resulta fundamental para contextualizar los resultados obtenidos en las secciones posteriores, dado que las percepciones y actitudes ambientales suelen estar influenciadas por factores individuales como la edad, la formación o el entorno social.

En términos generales, la muestra estuvo conformada mayormente por personas jóvenes adultas: El 65,6 % de los participantes tiene entre 18 y 24 años, mientras que sólo un 3,6 % pertenece al grupo de 65 años o más. Este predominio de población joven imprime a los resultados una mirada asociada a generaciones altamente familiarizadas con la tecnología y el uso constante de dispositivos electrónicos. La menor representación de grupos etarios mayores sugiere que los resultados reflejan principalmente las percepciones y hábitos propios de una población joven, con una mirada asociada al uso intensivo de tecnologías y a nuevas formas de consumo.

En cuanto al género, las respuestas reflejaron una leve mayoría de mujeres (56,4 %) sobre varones (43,6 %). Esta distribución equitativa asegura la presencia de ambas perspectivas en el análisis, aunque no se detectan diferencias significativas entre los géneros que condicionen las actitudes o comportamientos vinculados al uso del litio.

El nivel educativo muestra una marcada concentración en los niveles superiores: El 79,1 % de los encuestados indicó poseer estudios terciarios o universitarios en curso o completos, el 15,5 % declaró haber alcanzado el nivel secundario, y un 5,5 % manifestó contar con formación de posgrado. Este dato revela un grupo con alto nivel de instrucción, lo cual podría influir positivamente en la comprensión de temas técnicos o ambientales. Este perfil educativo permite suponer una mayor familiaridad con conceptos vinculados a la sostenibilidad y la gestión ambiental, favoreciendo una comprensión más informada de los temas abordados en la encuesta.

En relación con la ocupación principal, el 36,4 % de los participantes trabaja, el 32,7 % se dedica al estudio, y el 29,1 % combina ambas actividades, mientras que el 1,8 % restante corresponde a personas jubiladas. Este perfil evidencia una población activa, dinámica y con fuerte contacto diario con herramientas tecnológicas, un aspecto que adquiere relevancia al analizar el vínculo entre el uso de dispositivos y las conductas de descarte.

Por último, el lugar de residencia muestra una fuerte concentración urbana: El 70,9 % de los encuestados vive en el Gran Buenos Aires, mientras que el 29,1 % reside en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.). Esta localización geográfica sugiere un contexto de alta densidad tecnológica, mayor consumo de productos electrónicos y, potencialmente, un acceso más amplio a información ambiental y puntos de recolección.

En conjunto, los datos generales permiten caracterizar a la muestra como un grupo joven, urbano y con alto nivel educativo, condiciones que resultan coherentes con el propósito del estudio y que contribuyen a comprender las percepciones, actitudes y comportamientos frente al litio y su impacto ambiental en sectores con fuerte exposición tecnológica y capacidad de influencia sobre los patrones de consumo sustentable.

### **5.5.2. Segunda sección**

Esta sección de la encuesta tuvo como propósito identificar la frecuencia con la que los participantes utilizan dispositivos que contienen baterías de litio, como celulares, notebooks, auriculares, relojes inteligentes o herramientas electrónicas, así como conocer su experiencia reciente en el descarte de pilas o baterías recargables. Este bloque permitió estimar el grado de exposición cotidiana al litio y su vinculación con las prácticas de uso y eliminación de estos componentes.

Los resultados evidencian una presencia prácticamente universal de dispositivos con batería en la vida diaria de los encuestados: El 99,1 % afirmó utilizarlos todos los días, lo que confirma la centralidad que ocupa la tecnología portátil en los hábitos contemporáneos de comunicación, trabajo y entretenimiento. Este

nivel de uso constante refleja una dependencia estructural del litio como fuente de energía para el funcionamiento de la mayoría de los dispositivos electrónicos actuales.

Por otra parte, se consultó si durante los últimos doce meses los participantes habían tenido que descartar pilas o baterías recargables. Casi la mitad (49,1 %) indicó no haberlo hecho, mientras que el 41,8 % respondió sí, y un 9,1 % manifestó no recordarlo. Este dato muestra que, si bien el uso de productos con litio es cotidiano y generalizado, las acciones de descarte no ocurren con la misma frecuencia.

La diferencia entre el uso constante y la menor proporción de descartes puede deberse, en parte, a la acumulación de pilas o baterías usadas en los hogares, una práctica común que se profundiza ante la falta de puntos de recolección visibles o accesibles. Este comportamiento, guardar en lugar de desechar, será analizado con mayor detalle en la sección dedicada a las conductas actuales de descarte y almacenamiento.

Los resultados de esta sección reflejan que los encuestados conforman una población altamente expuesta al uso de tecnologías que incorporan litio, pero que aún no traduce esa frecuencia de uso en prácticas sistemáticas de eliminación o reciclaje. Este hallazgo refuerza la relevancia de analizar, en los apartados siguientes, el nivel de conocimiento y las percepciones ambientales que acompañan el manejo de estos productos.

### **5.5.3. Tercera sección**

La tercera sección de la encuesta tuvo como propósito indagar en el nivel de conocimiento que poseen los encuestados sobre el litio, sus usos y los impactos ambientales asociados a su extracción y disposición final. A su vez, buscó evaluar las percepciones y actitudes ambientales frente al uso de este recurso, considerando variables como la preocupación ambiental, la importancia atribuida a la gestión responsable y la disposición a modificar hábitos de consumo o descarte.

En primer lugar, se consultó a los participantes su grado de conocimiento sobre el litio y sus aplicaciones. Los resultados reflejan que la mayoría de los encuestados manifestó tener un nivel intermedio de conocimiento, con un 30 % ubicado en la posición media de la escala. Un 20 % indicó poseer un

conocimiento alto, mientras que porcentajes similares (19,1 %) se concentraron tanto en niveles bajos como relativamente altos. En el extremo inferior, un 11,8 % señaló no tener conocimiento alguno sobre el tema. Este patrón sugiere que, aunque el litio se ha vuelto un recurso ampliamente mencionado en la agenda pública y tecnológica, todavía existe una brecha de información entre su uso cotidiano, a través de dispositivos, y la comprensión real de su origen o impacto ambiental.

Luego se indagó el nivel de conocimiento respecto al descarte de pilas y baterías usadas, donde los resultados evidenciaron un panorama aún más heterogéneo. Un 27,3 % de los encuestados reconoció no poseer información sobre cómo deben eliminarse estos residuos, mientras que un 23,6 % manifestó un conocimiento bajo y un 22,7 % un nivel intermedio. En contraste, sólo un 26,4 % indicó tener un conocimiento alto o total. Este dato refleja que, incluso en una población con elevado nivel educativo, la información sobre prácticas de disposición final sigue siendo limitada, lo que podría incidir en comportamientos inadecuados o en la tendencia a postergar el descarte.

Al analizar las actitudes ambientales, los resultados fueron más consistentes. La afirmación “Desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente” obtuvo un consenso casi absoluto: Un 78,2 % de los encuestados se mostró totalmente de acuerdo, y otro 11,8 % manifestó acuerdo, lo que revela un alto nivel de conciencia ambiental respecto de los efectos contaminantes de estos materiales.

De manera similar, la mayoría coincidió en que “Es importante gestionar correctamente el ciclo de vida del litio para cuidar el medioambiente”, con un 65,5 % totalmente de acuerdo y un 24,5 % de acuerdo. Estos resultados evidencian que, aunque el conocimiento técnico puede ser parcial, existe una comprensión generalizada sobre la necesidad de una gestión responsable del recurso y su relación con la sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la preocupación ambiental, el 43,6 % expresó estar totalmente de acuerdo con la afirmación “Me preocupa el impacto ambiental del descarte inadecuado de pilas y baterías”, mientras que un 31,8 % adoptó una postura neutral y un 17,3 % se mostró de acuerdo. Este equilibrio sugiere que, aunque la mayoría reconoce la problemática, una parte de la población aún no traduce esa preocupación en una implicación emocional o comportamental fuerte.

La disposición al cambio mostró resultados alentadores. Ante la afirmación “Con información clara, estaría dispuesto/a a cambiar mis hábitos de descarte”, el 74,5 % de los encuestados se mostró completamente dispuesto/a, y otro 18,2 % manifestó alta predisposición. Este consenso refleja una actitud favorable hacia la adopción de prácticas más sostenibles, siempre que existan condiciones informativas y estructurales adecuadas.

También se evaluaron las percepciones sobre la responsabilidad colectiva e institucional. En la afirmación “Las empresas deberían ofrecer programas de recolección de pilas y baterías usadas”, un 78,2 % de los encuestados se mostró totalmente de acuerdo, mientras que el 13,6 % manifestó acuerdo. Esta tendencia evidencia una expectativa social clara hacia la participación del sector privado, no solo como productor, sino también como actor corresponsable en la gestión posconsumo y la implementación de estrategias de reciclaje o recolección.

En la misma línea, la afirmación “El Estado debería facilitar puntos de desecho accesibles” obtuvo el consenso más alto de toda la encuesta: El 80 % se mostró totalmente de acuerdo y el 10,9 % de acuerdo, superando el 90 % de adhesión. Este resultado refleja una fuerte demanda hacia la acción estatal y la necesidad de políticas públicas que promuevan una infraestructura de gestión ambiental más accesible, eficiente y transparente.

A modo de cierre de esta sección, los resultados revelan un nivel de conciencia ambiental elevado y una predisposición general al cambio, tanto individual como institucional. Si bien los conocimientos técnicos sobre el litio y las prácticas de descarte aún presentan brechas, la población muestra una comprensión clara del problema ambiental y una expectativa marcada hacia la responsabilidad compartida entre ciudadanía, empresas y Estado. Este escenario sugiere un terreno social favorable para el desarrollo de campañas de educación ambiental y políticas de gestión integral de residuos tecnológicos que articulen la información, la accesibilidad y la acción colectiva.

#### 5.5.4. Cuarta sección

La presente sección tuvo como finalidad identificar las prácticas concretas que realizan los encuestados en relación con el manejo de pilas y baterías una vez que finalizan su vida útil. Las preguntas permitieron conocer los hábitos de descarte, el grado de almacenamiento doméstico y el nivel de visibilidad o acceso a puntos de recolección, con el propósito de analizar la coherencia entre el conocimiento ambiental expresado y las acciones efectivamente realizadas.

Los resultados evidencian una diversidad de comportamientos frente al momento del descarte. El 36,4 % de los encuestados reconoció haber tirado las pilas o baterías junto con la basura común, lo que pone de manifiesto la persistencia de prácticas ambientalmente inadecuadas. Por otro lado, un 30,9 % indicó que prefiere guardarlas sin desechar, mientras que el 12,7 % las entregó en un comercio que recibe este tipo de residuos y otro 7,3 % las llevó a un punto de recolección específico. Un 12,7 % adicional manifestó no recordar o no haber tenido que hacerlo. Esta distribución muestra que, aunque existe un segmento que adopta conductas responsables, la mayoría aún no cuenta con mecanismos claros o accesibles para la disposición final.

La tendencia a almacenar baterías o pilas usadas se confirmó en la pregunta siguiente, donde el 51,8 % señaló tener pocas guardadas en su hogar y un 14,5 % reconoció conservar una cantidad importante. En contraste, el 23,6 % aseguró no tener y el 10 % manifestó no estar seguro/a. Estos datos sugieren que la acumulación doméstica funciona como una estrategia de contención ante la falta de información o de lugares habilitados para el descarte. Si bien esta práctica evita impactos inmediatos en el ambiente, también implica riesgos potenciales, como la degradación de los materiales o la posibilidad de que terminen siendo eliminados con los residuos comunes.

En relación con la accesibilidad, se consultó si los encuestados han visto puntos de recolección de pilas o baterías en su entorno cotidiano. El 70,9 % respondió no haber identificado ninguno, el 19,1 % manifestó no estar seguro/a, y solo el 10 % afirmó haber visto alguno. Esta baja visibilidad de espacios habilitados refuerza la percepción de ausencia de infraestructura ambiental, lo que limita la adopción de comportamientos sostenibles incluso entre quienes están dispuestos a actuar responsablemente.

Los resultados de esta sección permiten observar que la población encuestada mantiene una alta exposición al uso de productos que contienen litio, pero una baja frecuencia de descarte adecuado. La acumulación doméstica y la falta de puntos visibles de recolección se posicionan como los principales factores que dificultan la transición entre la intención ambiental y la acción concreta.

#### **5.5.5. Quinta sección**

La quinta sección tuvo como propósito analizar las actitudes y condiciones percibidas que influyen en la disposición de las personas a adoptar prácticas de descarte responsable. Las preguntas se centraron en dos aspectos complementarios: Por un lado, la predisposición a cambiar los hábitos en función de la accesibilidad a puntos de recolección, y por otro, la identificación de las barreras que dificultan la correcta gestión de pilas y baterías en el ámbito doméstico.

En primer lugar, se presentó la afirmación “Si tuviera cerca un punto de recolección, llevaría sus pilas o baterías usadas”, con el objetivo de medir la intención de comportamiento proambiental ante condiciones más favorables. Los resultados fueron ampliamente positivos: el 62,7 % de los encuestados se mostró totalmente de acuerdo, mientras que un 23,6 % manifestó acuerdo. Solo un pequeño porcentaje adoptó posturas neutras o de desacuerdo. Este alto nivel de adhesión indica que la mayoría de la población está dispuesta a actuar de manera más sostenible, siempre que existan facilidades logísticas y una infraestructura accesible. La disposición declarada sugiere que la problemática no radica únicamente en la falta de interés o conciencia, sino en la ausencia de condiciones estructurales que permitan canalizar adecuadamente esa voluntad de acción.

A continuación, se consultó cuáles son las principales dificultades que los encuestados identifican al momento de descartar pilas o baterías correctamente, con el fin de reconocer los obstáculos percibidos y comprender las causas detrás de las conductas observadas. El 70 % de los participantes señaló no saber dónde llevarlas, posicionando la falta de información y de puntos visibles como el problema más extendido. En segundo lugar, el 59,1 % mencionó la falta de información general sobre el proceso de disposición, lo que refuerza la idea de un vacío comunicacional en materia ambiental. Un 32,7 % indicó no saber cómo preparar estos residuos antes de entregarlos, mientras que el 18,2 % manifestó desconfianza respecto al tratamiento que se realiza una vez recolectados. Por otro lado, el 14,5 % agrupó como barreras la falta de tiempo, la

distancia o la inaccesibilidad de los puntos de recolección, y un 0,9 % mencionó la pereza como factor secundario. Este panorama evidencia que las principales limitaciones no son actitudinales sino estructurales y de información, asociadas a la escasa comunicación institucional y a la falta de infraestructura disponible.

Los resultados revelan una disposición ciudadana claramente favorable al cambio de hábitos, siempre que existan mecanismos accesibles y confiables para hacerlo. La falta de información, la baja visibilidad de los espacios de recolección y la desconfianza en los procesos de reciclaje emergen como los principales obstáculos que deben abordarse desde las políticas públicas y las estrategias de comunicación ambiental. Superar estas barreras permitiría transformar la predisposición declarada en acciones concretas, promoviendo un comportamiento ambiental más coherente y sostenido en el tiempo.

#### **5.5.6. Sexta sección**

La última sección de la encuesta estuvo orientada a identificar los canales de información que la población utiliza o consideraría más confiables para informarse sobre el manejo y reciclaje de pilas y baterías, así como a conocer el nivel de interés en recibir materiales educativos vinculados al tema. El análisis de esta dimensión resulta esencial para diseñar estrategias efectivas de comunicación ambiental y programas de sensibilización ciudadana.

En primer lugar, se consultó a los encuestados de dónde obtienen o obtendrían información confiable sobre el descarte o reciclaje de pilas y baterías. Los resultados muestran que el 72,7 % señaló los sitios web oficiales o campañas institucionales como la fuente más confiable, reflejando una clara preferencia por los canales formales y de carácter público. En segundo lugar, el 48,2 % mencionó a la municipalidad o gobierno local, y el 47,3 % a las redes sociales o influencers, lo que sugiere que las plataformas digitales también cumplen un papel relevante en la difusión de contenidos ambientales, especialmente entre los grupos etarios más jóvenes. Asimismo, el 36,4 % manifestó confiar en la escuela o universidad como espacio de aprendizaje y concientización, el 30,9 % en fabricantes o marcas, y el 29,1 % en medios tradicionales como la televisión, la radio o los diarios. Otras fuentes mencionadas con menor frecuencia fueron la familia o amigos (27,3 %), los comercios de electrónica o telefonía (20 %) y otros medios puntuales (0,9 %). Este conjunto de resultados permite inferir que los ciudadanos valoran tanto la credibilidad institucional como la

accesibilidad de los medios digitales, reconociendo a las redes sociales y a las instituciones educativas como herramientas complementarias para la educación ambiental.

Por otra parte, se indagó si los participantes estarían interesados en recibir un instructivo simple (checklist) que brinde pautas claras sobre cómo descartar pilas o baterías de forma segura. La mayoría, un 73,6 %, respondió sí, mientras que un 20,9 % manifestó que tal vez, y solo un 5,5 % indicó no estar interesado. Este alto nivel de aceptación evidencia una actitud receptiva y proactiva hacia la adquisición de información práctica, lo que refuerza la importancia de desarrollar materiales educativos accesibles, visuales y breves que promuevan conductas sostenibles.

En conjunto, los resultados de esta sección evidencian una demanda informativa significativa y un interés generalizado en recibir orientación sobre el manejo responsable de productos con litio. La combinación de confianza en canales institucionales y el uso extendido de redes sociales sugiere que las estrategias de comunicación ambiental más efectivas serían aquellas que integren campañas oficiales con acciones digitales participativas, capaces de llegar a distintos públicos y traducir la conciencia ambiental en prácticas concretas de reciclaje y disposición final responsable.

#### **5.5.7. Síntesis final de la encuesta**

El análisis integral de los resultados obtenidos a partir de la encuesta permitió comprender de manera más profunda el nivel de conocimiento, las percepciones y las actitudes de la población frente al litio y su impacto ambiental. En conjunto, los datos revelan un panorama en el que coexisten altos niveles de conciencia ambiental declarada con brechas significativas de información y acción, particularmente en lo que respecta a la gestión y el descarte responsable de pilas y baterías.

Desde una perspectiva sociodemográfica, la muestra estuvo conformada mayoritariamente por una población joven, urbana y con alto nivel educativo, lo que se traduce en un grupo con una fuerte exposición tecnológica y un contacto cotidiano con productos que contienen litio. Esta característica favorece la comprensión de los temas abordados y la sensibilidad ambiental, aunque también pone de manifiesto la

necesidad de reforzar los canales de información ambiental incluso entre los sectores más instruidos, donde persisten dudas sobre los procedimientos adecuados de disposición final.

El uso de dispositivos con batería resultó prácticamente universal: Casi la totalidad de los encuestados afirmó utilizarlos todos los días. Sin embargo, esa presencia cotidiana del litio no se traduce en un conocimiento proporcional sobre sus impactos ni en conductas de gestión adecuadas. Casi la mitad de los participantes señaló no haber descartado pilas o baterías en el último año, mientras que una proporción importante admitió almacenarlas en el hogar o eliminarlas junto con la basura común, lo que evidencia una desconexión entre la conciencia ambiental y las prácticas efectivas.

En cuanto al conocimiento específico sobre el litio, los resultados muestran que la mayoría de los encuestados posee un nivel intermedio o bajo de información, tanto sobre el recurso en sí como sobre los modos de descarte seguro. A pesar de ello, se destaca una fuerte conciencia ambiental generalizada: Más del 90 % coincidió en que desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente, y casi una proporción equivalente reconoció la importancia de una gestión responsable del ciclo de vida del litio. Estos datos reflejan la existencia de valores ambientales internalizados, aunque aún no acompañados por un conocimiento operativo suficiente.

En las preguntas orientadas a la responsabilidad institucional, la tendencia fue contundente. Los encuestados expresaron una expectativa social clara hacia la intervención tanto del Estado como del sector privado en la gestión de los residuos tecnológicos. Más del 90 % consideró que el Estado debería facilitar puntos de recolección accesibles, mientras que una proporción similar sostuvo que las empresas deberían implementar programas de recuperación y reciclaje. Esta coincidencia sugiere una comprensión colectiva del problema como una responsabilidad compartida, en la que la ciudadanía está dispuesta a participar, pero requiere estructuras institucionales que acompañen y faciliten esa acción.

Las secciones sobre conductas actuales y barreras percibidas mostraron que los principales obstáculos no son actitudinales, sino estructurales. La falta de información, la escasa visibilidad de puntos de recolección y la desconfianza sobre el destino final de los residuos aparecen como los factores que más dificultan el cambio de comportamiento. Aun así, la disposición al cambio es ampliamente positiva: Más del

85 % manifestó que modificaría sus hábitos si existieran condiciones adecuadas para hacerlo. Este hallazgo confirma que la conciencia ambiental, aunque presente, necesita de incentivos y marcos de acción concretos para transformarse en hábito sostenido.

Por último, el análisis de los canales de información revela un alto interés social por recibir orientación y material educativo sobre el manejo responsable de productos con litio. La confianza en fuentes institucionales, como organismos públicos, gobiernos locales y campañas oficiales, se combina con la relevancia creciente de las redes sociales como medio de difusión, lo que plantea un escenario propicio para el desarrollo de estrategias de comunicación híbridas, que integren la credibilidad del Estado con la inmediatez de los entornos digitales.

Los resultados reflejan una población informada parcialmente, pero ambientalmente consciente y predispuesta al cambio, que identifica con claridad la necesidad de un rol activo por parte de las instituciones públicas y privadas. El desafío principal radica en cerrar la brecha entre la intención y la acción ambiental, fortaleciendo los mecanismos de educación, comunicación y acceso a infraestructura de recolección. De este modo, la gestión del litio y sus residuos podría avanzar hacia un modelo más participativo, articulado y sostenible, alineado con los objetivos de la transición energética y la responsabilidad ambiental colectiva.

## 5.6. Triangulación

En esta sección se presentan distintas triangulaciones que permiten analizar el desarrollo del litio desde múltiples dimensiones. Se abordan aspectos vinculados a la industrialización y generación de valor agregado en el país, las estrategias de gestión y reciclaje de residuos derivados del mineral, los efectos ambientales y las innovaciones tecnológicas asociadas a su extracción, así como las implicancias económicas y sociales del sector. Finalmente, se comparan el litio y otras alternativas energéticas emergentes, como el hidrógeno y el sodio, con el fin de proyectar escenarios sostenibles para la transición energética argentina.

### **5.6.1. Agregado de valor local y oportunidad de la industria automotriz.**

Una de las principales problemáticas que enfrenta la Argentina, según Federico Van Zandweghe (VZH), radica en los altos costos de importación de baterías y equipos tecnológicos, consecuencia directa de la ausencia de producción local de celdas y sistemas de almacenamiento energético. Esta limitación obstaculiza el desarrollo de la electromovilidad nacional y reduce la competitividad de los proyectos industriales, generando una fuerte dependencia del equipamiento extranjero y retrasos logísticos que afectan la adopción tecnológica.

Bruno Zucchini (Tecpetrol) advierte que la fabricación local de baterías presenta hoy baja viabilidad económica, debido a la escasa demanda regional y a la falta de insumos nacionales, lo que obliga a importar la mayoría de los componentes esenciales. Esta postura evidencia una visión empresarial, centrada en la eficiencia y en la consolidación de capacidades extractivas antes de avanzar hacia la industrialización. Sin embargo, tanto el marco teórico como la visión experta contrastan con esta perspectiva, al sostener que el verdadero valor estratégico del litio no reside en su extracción, sino en su transformación tecnológica y su capacidad para articular la producción nacional con sectores de alto valor agregado, como la industria automotriz y la electromovilidad.

Desde el marco teórico (sección 2.7.3. Proyectos nacionales de industrialización del litio), se sostiene que Argentina posee una ventaja estructural única dentro de la transición energética global, al combinar vasta disponibilidad del recurso natural con una infraestructura automotriz consolidada, capaz de articular la extracción del litio con la producción de bienes finales de alto valor agregado. Esta doble condición, recurso estratégico y capacidad industrial instalada, convierte al país en un actor clave para avanzar hacia una integración vertical de la cadena del litio, desde la minería hasta la manufactura tecnológica. Mientras la postura empresarial que enfatiza las limitaciones económicas actuales, el marco teórico propone una mirada de largo plazo orientada a la industrialización, la innovación tecnológica y la generación de empleo calificado, posicionando a la Argentina como un líder regional en electromovilidad y transición energética sostenible (CEPA, 2024).

A su vez, dentro de la sección 2.7.2. Usos finales del litio en la economía mundial, Fuentes (2024) sostiene que el 65% del consumo mundial de litio se destina a la fabricación de vehículos eléctricos, mientras que otro 11% corresponde a otras baterías y sistemas de almacenamiento energético. Además, un 7% se aplica a vidrios y cerámicas, otro 7% a artículos electrónicos, un 4% a grasas y lubricantes, y el 6% restante a otros usos industriales. Esta distribución confirma que el litio es un insumo transversal en múltiples cadenas de valor, y que su verdadero potencial económico reside en la transformación tecnológica más que en la mera extracción del mineral. Por ello, orientar las políticas públicas hacia la industrialización y la innovación tecnológica se vuelve clave para fortalecer la soberanía energética nacional y consolidar una producción sustentable basada en el conocimiento.

A esta visión estructural se suma el aporte de la experta Micaela Oroz, quien enfatiza la necesidad de insertar el litio dentro de una estrategia más amplia de diversificación económica. Propone aprovechar la capacidad científica y tecnológica nacional, con más de cuarenta centros de investigación vinculados al litio, para ampliar la cadena de valor y generar empleo calificado, evitando que la actividad se limite a la exportación de carbonato. En su perspectiva, la gran oportunidad argentina reside en la integración regional con Brasil, principal polo automotriz del continente, para desarrollar una industria de celdas y baterías que impulse la electromovilidad sudamericana.

En la misma línea, Augusto, en su entrevista, señala que Argentina podría desarrollar capacidades locales en refinación, producción de celdas y sistemas de almacenamiento, reduciendo la dependencia de importaciones y generando empleo calificado. Destaca que una cadena de valor nacional amplía el impacto económico al movilizar proveedores vinculados a la minería, y que el país tiene la oportunidad de combinar industrialización y sostenibilidad para posicionarse estratégicamente en la transición energética.

Esta triangulación permite reconocer que la principal limitación para el desarrollo de la cadena de valor del litio en Argentina radica en la falta de producción local de baterías y componentes tecnológicos, lo que eleva los costos de importación y reduce la competitividad industrial. Sin embargo, esta problemática puede transformarse en una oportunidad si se impulsa una estrategia de industrialización planificada que articule la extracción del recurso con la producción automotriz, la innovación tecnológica y la cooperación regional. A partir de esta visión, la consolidación de una industria nacional de celdas y sistemas de

almacenamiento no solo permitiría sustituir importaciones, sino también fortalecer la soberanía energética y posicionar al país como un actor estratégico dentro de la transición hacia la electromovilidad sostenible.

### **5.6.2. Gestión de residuos y sostenibilidad del ciclo del litio**

La gestión de los residuos derivados de las baterías de ion-litio representa uno de los desafíos más críticos dentro de la transición energética. Desde el marco teórico (sección 2.8. Gestión de residuos de baterías), se sostiene que el rápido aumento en la demanda de baterías genera una acumulación proporcional de desechos que contienen materiales de alto valor económico y alto riesgo ambiental. Cuando estos residuos no reciben tratamiento adecuado, pueden liberar sustancias tóxicas que contaminan suelos y aguas, además de emitir gases inflamables durante su degradación. Harper et al. (2019) describen esta situación como un doble desafío: ambiental, por la contaminación, y económico, por la pérdida de metales estratégicos reutilizables. China se posiciona hoy como el referente global en reciclaje de baterías, recuperando hasta el 95 % de los metales valiosos mediante tecnologías hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas (Xu, 2014), mientras que en América Latina la industria del reciclaje aún se encuentra en una etapa incipiente, con esfuerzos emergentes desde universidades y organismos públicos (Calvo, 2019).

Desde las entrevistas empresariales y de expertos, se evidencia una comprensión heterogénea del problema. Federico Van Zandweghe (VZH) expone la falta de infraestructura regional como una barrera concreta, señalando que Argentina carece de plantas de reciclaje y enfrenta restricciones normativas para trasladar residuos entre provincias o países, lo que obliga a disponer las baterías de manera no ideal. Su mirada coincide parcialmente con la de Micaela Oroz, quien advierte sobre la debilidad regulatoria y propone adoptar marcos normativos similares a los de la Unión Europea, que promuevan el control estatal y la responsabilidad extendida del productor. Para ella, la gestión de residuos no solo debe entenderse como un problema ambiental, sino también como una oportunidad económica local, capaz de dinamizar cadenas de valor y generar empleo en el territorio. En el caso de Gustavo Nervo (YPF), se observa un enfoque operativo más estructurado, basado en una política de reciclaje y economía circular que incluye pilas, baterías, aceites, plásticos y chatarra. Sin embargo, reconoce que la falta de infraestructura en regiones periféricas dificulta la aplicación uniforme de estas prácticas y exige un esfuerzo logístico adicional.

Los resultados de las encuestas complementan esta visión institucional al revelar una alta conciencia ambiental y una fuerte expectativa social hacia la acción pública y privada. Más del 90 % de los encuestados considera que el Estado debería habilitar puntos de recolección accesibles y que las empresas deben asumir un rol activo en el reciclaje y la recuperación de materiales. A su vez, más del 85 % estaría dispuesto a modificar sus hábitos si existieran las condiciones adecuadas, lo que demuestra que la principal brecha no es de actitud, sino de infraestructura, información y confianza en el destino final de los residuos.

De este modo, los resultados evidencian tres ejes de acción prioritarios: La necesidad de aumentar la accesibilidad a puntos de recolección, mejorar la información y comunicación ambiental mediante campañas educativas, y fortalecer la confianza en el destino final de los residuos a través de mecanismos transparentes de seguimiento. Estas estrategias, además de reducir la contaminación, podrían incentivar la creación de nuevos emprendimientos especializados en reciclaje y recuperación de materiales, generando empleo verde y fomentando la economía circular.

La triangulación permite identificar un diagnóstico claro: La gestión de residuos de baterías en Argentina se encuentra en una etapa temprana de desarrollo, caracterizada por la ausencia de normativas específicas, infraestructura insuficiente y una desconexión entre la conciencia ciudadana y los mecanismos institucionales de acción. Sin embargo, tanto el marco teórico como las entrevistas expertas coinciden en que esta debilidad puede transformarse en una ventana de oportunidad. El desarrollo de un sistema nacional de reciclaje de baterías, inspirado en modelos internacionales y sostenido por alianzas público-privadas, permitiría no solo reducir el impacto ambiental, sino también recuperar materiales estratégicos, fomentar la economía circular y fortalecer las capacidades tecnológicas locales, consolidando así una gestión del litio verdaderamente sostenible y de triple impacto.

### **5.6.3. Impacto ambiental de la extracción de litio y transición hacia nuevas tecnologías**

El impacto ambiental asociado a la extracción de litio constituye una de las principales controversias del desarrollo minero argentino. Desde el marco teórico, se reconoce que los métodos tradicionales de evaporación solar de salmueras, desarrollados en el punto 2.4.1.1. Salmueras, ampliamente utilizados en el Triángulo del Litio, implican un elevado consumo hídrico y una fuerte dependencia de condiciones

climáticas áridas (Flexer, Baspineiro y Galli, 2018; USGS, 2021). Este proceso, como se puede ver en el punto 2.6.3. Impacto ambiental, basado en el bombeo de grandes volúmenes de agua subterránea hacia piletas superficiales, puede alterar los equilibrios hidrogeológicos y contribuir a la salinización de acuíferos, afectando tanto a la biodiversidad como a las comunidades locales (Díaz Paz et al., 2025).

A pesar de estos impactos, el método de evaporación continúa siendo el más económico de todos los utilizados en la industria, ya que aprovecha la energía solar y requiere menores inversiones iniciales que la minería de roca dura (detallado en la sección 2.4.1.2. Minerales de roca dura) o los procesos de extracción directa (expresado en la sección 2.4.1.3. DLE). Sin embargo, esta ventaja de costos se logra a expensas de un uso intensivo del agua: Se estima que la huella hídrica del litio se encuentra entre 51 y 135 m<sup>3</sup> por tonelada de carbonato producido (Díaz Paz et al., 2025). En regiones como los salares del noroeste argentino, donde los recursos hídricos son escasos, esta presión genera conflictos sociales y ambientales cada vez más visibles. Casos como la suspensión judicial de nuevos permisos mineros en la cuenca del río Los Patos, en Catamarca, por denuncias de comunidades originarias, ilustran la creciente demanda de control, transparencia y responsabilidad ambiental (Reuters, 2024).

Las entrevistas a expertos coincidieron en señalar que la principal problemática ambiental del litio radica en el uso del agua en ecosistemas áridos. Desde una mirada institucional, Micaela Oroz sostuvo que la extracción de litio en la Argentina se encuentra mal gestionada debido a su alta demanda hídrica en zonas con estrés de agua, subrayando los riesgos de salinización de acuíferos y el impacto en comunidades locales. Planteó además la necesidad de fortalecer la articulación entre Nación y provincias, dado que la gestión del recurso hídrico requiere una gobernanza compartida y una fiscalización efectiva.

Por su parte, Cecilia Domínguez aportó una visión experta desde la gestión ambiental, señalando que el bombeo de salmueras y la falta de planificación en la reinyección pueden generar desequilibrios hidrogeológicos si no se aplican controles rigurosos. No obstante, destacó que la tecnología de Extracción Directa de Litio (DLE) ofrece una alternativa más eficiente y ambientalmente responsable, ya que permite separar el litio y reinyectar la salmuera empobrecida, reduciendo los tiempos de producción, el consumo de agua y la superficie utilizada.

Desde la evidencia empresarial, los entrevistados del sector coincidieron en que el uso del agua es el impacto más crítico de la industria. Arias Magnou (Tecpetrol) explicó que la compañía implementa un sistema de ósmosis inversa que permite purificar y reutilizar el agua dentro de un circuito cerrado, para reducir de manera significativa el consumo y la presión sobre los ecosistemas locales. Además, subrayó la necesidad de incorporar indicadores de eficiencia hídrica y métricas de desempeño ambiental que permitan monitorear en tiempo real la utilización del recurso. Esta práctica forma parte de la estrategia de sostenibilidad de la empresa y se complementa con estudios de impacto ambiental previos a cada etapa operativa.

En la misma línea, Zucchini (Tecpetrol) remarcó que el impacto visual de las piletas de evaporación y el uso intensivo del agua en zonas áridas son las principales preocupaciones socioambientales, y destacó la evaluación de la tecnología DLE como una alternativa más eficiente y sostenible. Según explicó, este método reduce el uso de superficie, optimiza la recuperación del litio y disminuye el consumo de agua, alcanzando niveles de recuperación de entre 85% y 90%, frente al 60% del método tradicional, y reduciendo los tiempos de procesamiento de meses a pocos días. Además, la posibilidad de reinyectar la salmuera empobrecida permite mantener el equilibrio hídrico de los salares y minimizar los riesgos de desecación o alteración de humedales altoandinos.

Los aportes de Hidroper (detallados en la sección 2.7.3.4. Hidroper), empresa proveedora del sector (Fernández, 2025), confirman esta tendencia hacia la modernización tecnológica y la eficiencia ambiental. Su gerente general explicó que las perforaciones más recientes se realizan en articulación con proyectos que aplican extracción directa, lo que no solo acorta los plazos productivos, sino que también reduce el uso de agua y la generación de residuos líquidos.

Desde el plano técnico, el marco teórico respalda estos avances. Según Goldman Sachs Global Metals & Mining (2023), el DLE representa una innovación capaz de duplicar la producción mundial de litio manteniendo estándares ambientales más estrictos, al disminuir la superficie utilizada y permitir la reinyección controlada de las salmueras tratadas. A su vez, la incorporación de sistemas de ósmosis inversa y la gestión en circuito cerrado, como las implementadas por Tecpetrol, coinciden con las recomendaciones

de organismos internacionales especializados, que las identifican como herramientas clave para avanzar hacia una minería de bajo impacto hídrico (Fluence Corp., 2024).

La triangulación permite observar una convergencia entre conocimiento científico, gestión institucional y aplicación tecnológica. Los fundamentos teóricos confirman la criticidad del impacto hídrico y la necesidad de reconvertir los métodos de extracción; los expertos señalan la urgencia de fortalecer la gobernanza ambiental y los mecanismos de control; y las empresas, como Tecpetrol e Hidroper, representan la aplicación concreta de tecnologías de mitigación y reutilización del agua dentro de proyectos de gran escala. El análisis muestra que la industria del litio en la Argentina atraviesa una etapa de transición tecnológica y ambiental, orientada a compatibilizar competitividad productiva y sostenibilidad ecológica. El método de salmueras por evaporación continúa siendo el más barato, pero también el que más agua consume. Frente a ello, la adopción de tecnologías como el DLE y la ósmosis inversa, junto con la consolidación de indicadores ambientales e hídricos, posicionan al sector frente a un nuevo paradigma de minería sustentable, alineado con los objetivos globales de transición energética y responsabilidad ambiental.

#### **5.6.4. Impactos sociales y económicos asociados al litio**

El impacto económico y social derivado de la expansión de la industria del litio en la Argentina representa una de las dimensiones más significativas para evaluar la sustentabilidad del modelo extractivo. Desde el marco teórico, se plantea que el litio se consolida como un pilar estratégico para la economía nacional, tanto por su capacidad de generación de divisas como por su rol en la transición energética global (Dialogue Earth, 2023; Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021). En 2023, las exportaciones argentinas alcanzaron los 835 millones de dólares, representando más del 20% de las exportaciones mineras del país. Sin embargo, este desempeño se vio afectado por la caída de los precios internacionales del mineral, lo que derivó en una reducción del 24% respecto al año anterior (AAACI, 2024). Esta volatilidad evidencia la vulnerabilidad de un modelo económico basado en la exportación de materia prima sin valor agregado, donde los beneficios económicos dependen fuertemente del contexto global.

La literatura especializada advierte que el patrón extractivo-exportador limita la posibilidad de capturar valor agregado dentro del país, debido a la escasa industrialización y a la dependencia tecnológica y

financiera del capital extranjero (CEPA, 2023). En este sentido, el desafío consiste en avanzar hacia la producción local de insumos intermedios y baterías, promoviendo la innovación tecnológica, la transferencia de conocimiento y la diversificación de la matriz productiva. Un ejemplo de esta estrategia es la Planta Nacional de Desarrollo Tecnológico de Celdas y Baterías de Ion Litio (UNILIB), impulsada por Y-TEC, YPF Litio, CONICET y la Universidad Nacional de La Plata. Este proyecto materializa un paso decisivo hacia la industrialización soberana del recurso, fortaleciendo la capacidad científica e industrial argentina para participar en etapas de mayor valor agregado (Tauber et al., 2025).

A nivel regional, la minería del litio ha generado derrames económicos significativos a través del empleo directo e indirecto, la contratación de proveedores locales y el desarrollo de infraestructura. Empresas como Ecosan, Ferigutti S.H., Los Tilianes y GVH reflejan cómo el sector ha dinamizado las economías del noroeste argentino mediante la inversión en plantas, transporte, insumos y servicios especializados (Fernández, 2025). No obstante, los empresarios coinciden en que la actividad está atravesada por un contexto de incertidumbre económica, derivado de la caída de precios y de la falta de nuevos proyectos en ejecución. La empresa GVH, por ejemplo, reportó una caída del 60% en la demanda de servicios logísticos, mientras que Ferigutti señaló demoras de hasta 150 días en los pagos del sector. Estos casos evidencian que, aunque la cadena de valor del litio genera empleo y movimiento económico, su estabilidad está condicionada por los ciclos internacionales y la ausencia de políticas anticíclicas que resguarden a las pymes proveedoras.

Desde la perspectiva social, el desarrollo de proyectos mineros de litio ha producido efectos heterogéneos en las comunidades locales. Si bien la actividad ha contribuido a mejorar la infraestructura y las oportunidades de empleo, persisten tensiones vinculadas con la distribución de los beneficios y la participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones (Escosteguy et al., 2024). Los estudios recientes señalan reclamos asociados a la justicia distributiva, procedimental y de reconocimiento, donde las comunidades perciben que los beneficios se concentran en actores externos y que sus voces no son plenamente consideradas en la agenda de desarrollo (González Cuidet y Álvarez Ulloa, 2024).

Las entrevistas realizadas a actores empresariales y expertos refuerzan esta perspectiva. Arias Magnou (Tecpetrol) y Zucchini (Tecpetrol) destacaron la relevancia de la licencia social para operar,

indicando que sin el consentimiento de las comunidades es imposible avanzar con los proyectos. Ambos mencionaron la implementación de programas de acercamiento y cooperación local, incluyendo obras de conectividad en zonas rurales y la incorporación de trabajadores de las comunidades cercanas a los salares. Nervo (YPF) señaló que la inclusión laboral local se produce principalmente durante las etapas de construcción, cuando la demanda de mano de obra es más alta, mientras que la fase operativa tiende a estabilizarse. En tanto, Van Zandweghe subrayó la importancia de la formación técnica y la difusión de conocimientos vinculados a la transición energética, que podrían convertirse en un canal de integración laboral de mayor calidad para los habitantes de la región.

Por su parte, las entrevistas a expertos aportaron una mirada más estructural. Domínguez destacó las inversiones en capacitación y alfabetización laboral que están realizando las empresas del sector, en particular aquellas que incorporan comunidades originarias a los proyectos. Además, resaltó la implementación de estándares internacionales de responsabilidad social como IRMA y TSM, y la aplicación de la Ley de Consulta Previa, Libre e Informada, que promueve el diálogo y la participación en las zonas de influencia minera. De manera complementaria, Augusto remarcó que en los proyectos mineros de Fiambalá se desarrollan programas de empleo local, capacitación y apoyo comunitario, lo que demuestra un esfuerzo creciente por consolidar una minería con enfoque de desarrollo inclusivo.

Los resultados de la encuesta a la población complementan esta mirada al revelar una brecha entre la conciencia ambiental existente y las prácticas efectivas de gestión del litio al final de su ciclo de vida. Si bien gran parte de los encuestados manifestó preocupación por el impacto ambiental y disposición a cambiar sus hábitos, la mayoría reconoció no saber dónde llevar sus pilas o baterías usadas, o haberlas desechado junto con la basura común. Este comportamiento no refleja desinterés, sino una carencia de educación ambiental y de infraestructura adecuada para el reciclaje y la disposición final. La alta predisposición declarada a participar en programas de recolección, junto con el interés mayoritario en recibir materiales informativos, evidencia la necesidad de fortalecer las políticas de comunicación y educación ambiental, para convertir la conciencia ciudadana en acciones concretas y sostenibles. En este sentido, Oroz señaló que el país necesita avanzar hacia reglamentos de control y gestión de residuos similares a los de la Unión Europea, destacando que la falta de reciclaje de baterías constituye un gran problema, pero también una oportunidad

de dinamismo para la economía local, capaz de generar nuevas empresas dedicadas al tratamiento, recuperación y valorización de estos materiales.

La triangulación entre el marco teórico, las entrevistas y la encuesta permite observar una doble dinámica. Por un lado, el litio constituye una oportunidad económica capaz de dinamizar regiones, atraer inversión extranjera y generar empleo. Por otro lado, persisten debilidades estructurales en la distribución de beneficios, la industrialización local, la gobernanza ambiental y la educación ciudadana. Las empresas han comenzado a asumir un rol activo en el fortalecimiento del capital social, la capacitación técnica y la transparencia, pero los desafíos de largo plazo exigen políticas públicas que integren las dimensiones económica, social y ambiental en una estrategia coherente.

La industria del litio en la Argentina se encuentra en una etapa de expansión acompañada de tensiones distributivas y desafíos sociales. La articulación entre Estado, empresas y comunidades será clave para transformar la bonanza extractiva en desarrollo sostenible. Para ello, será necesario promover la industrialización nacional, garantizar procesos de participación genuina, impulsar la educación y cultura ambiental ciudadana, y fomentar la creación de empresas locales dedicadas al reciclaje y tratamiento de residuos del litio, pilares que permitirán convertir al litio en un verdadero motor de inclusión, innovación y soberanía productiva.

#### **5.6.5. Otras alternativas sostenibles**

La transición hacia una matriz energética sostenible ha impulsado la búsqueda de nuevas tecnologías de almacenamiento y conversión que complementen o eventualmente reemplacen al litio. Si bien este recurso continúa siendo el insumo predominante en las baterías de ion-litio por su alta eficiencia energética y su madurez tecnológica, el avance de alternativas como el sodio y el hidrógeno verde amplía el horizonte de opciones dentro del paradigma de movilidad eléctrica y energías renovables (Paco et al., 2024).

Desde el marco teórico, las baterías de sodio surgen como una opción accesible y segura debido a la abundancia del mineral y a su distribución geográfica más equitativa. Su principal ventaja radica en el bajo costo y la menor dependencia de territorios específicos, lo que las convierte en una alternativa atractiva para países con recursos limitados o para aplicaciones estacionarias. Sin embargo, su menor densidad energética

restringe la autonomía de los vehículos eléctricos, y su vida útil promedio es menor que la de las baterías de litio, lo que limita su uso en transporte de larga distancia o alta demanda energética (Romero y Vázquez, 2024). En este sentido, el sodio se proyecta más como un complemento del litio que como su sustituto, especialmente en sistemas de almacenamiento fijo o en regiones donde el costo y la accesibilidad prevalecen sobre la autonomía.

Por su parte, el hidrógeno verde se posiciona como una de las alternativas más prometedoras dentro de la transición energética, dado que permite generar electricidad sin emisiones contaminantes. A diferencia de las baterías convencionales, no almacena energía directamente, sino que produce electricidad en tiempo real mediante una reacción entre el hidrógeno y el oxígeno, generando únicamente agua y calor como subproductos. Esta tecnología ofrece altos niveles de autonomía y rapidez de recarga, lo que la hace especialmente adecuada para el transporte pesado, la logística interurbana o la aviación (BMW, 2024; Scania, 2021). No obstante, su adopción enfrenta obstáculos significativos: Los altos costos de producción del hidrógeno verde, la necesidad de infraestructura especializada (tanques presurizados, sistemas de compresión, redes de distribución) y la dependencia de materiales escasos como el platino para las pilas de combustible. Estos factores han ralentizado su masificación, manteniéndola aún en una fase experimental en la mayoría de los países.

Desde las entrevistas, se observa una diferenciación clara en las posturas de los expertos. Micaela Oroz y Augusto coincidieron en que el litio continúa siendo el vector más eficiente y escalable para el almacenamiento y transporte de energía limpia. Ambos destacaron su mayor desarrollo tecnológico, la infraestructura existente y su capacidad comprobada de rendimiento industrial frente a opciones todavía incipientes como el hidrógeno o el sodio. No obstante, reconocieron que la sostenibilidad a largo plazo exigirá incorporar innovaciones que mitiguen los impactos ambientales de su extracción y procesamiento.

Por otro lado, Cecilia Domínguez aportó una mirada más amplia y sistémica al analizar las alternativas energéticas. Consideró que el hidrógeno está todavía en una escala de desarrollo más temprana, pero remarcó que los expertos en energía lo señalan como el vector del futuro. Explicó que ha conocido proyectos de almacenamiento y mix de energías con hidrógeno, aunque la mayoría se encuentra en etapas de prototipo o sin implementación piloto real. También reconoció el potencial del sodio como alternativa viable

para baterías estacionarias, donde el peso no constituye un limitante. Desde su perspectiva, el litio mantiene actualmente una posición predominante por su madurez tecnológica, pero advirtió que el futuro de la energía no dependerá de una única fuente. Sostuvo que las transiciones energéticas no tienen soluciones absolutas, sino que deben construirse a partir de un mix inteligente de tecnologías complementarias, que aporte seguridad de abastecimiento, estabilidad operativa y resiliencia frente a distintos escenarios.

La triangulación permite delinear un escenario en el que las tres tecnologías, litio, sodio e hidrógeno, no compiten necesariamente, sino que se articulan en distintos niveles de aplicación. El litio mantiene su liderazgo en la movilidad eléctrica y el almacenamiento portátil por su eficiencia y madurez técnica; el sodio se perfila como una alternativa económica y abundante para aplicaciones estacionarias; y el hidrógeno verde se proyecta como el vector energético del futuro, especialmente en el transporte pesado y la industria, a medida que los costos de producción disminuyan y la infraestructura se expanda. El litio continúa siendo la opción más eficiente y consolidada en el corto plazo, mientras que el sodio y el hidrógeno verde representan complementos estratégicos dentro de un sistema energético más diverso y resiliente. Este equilibrio entre especialización y diversificación constituye la base de un nuevo paradigma de transición energética sostenible, donde Argentina puede desempeñar un rol central no solo como exportador de recursos naturales, sino como actor innovador en el desarrollo de tecnologías limpias y en la construcción de un mix energético de triple impacto: económico, ambiental y social.

## **Capítulo 6: Conclusión**

### **6.1. Introducción**

En esta sección se llevará a cabo la corroboración de los resultados obtenidos en la investigación, estableciendo vínculos entre el marco teórico, las entrevistas a expertos y representantes empresariales y los datos empíricos de la encuesta. El propósito es analizar si, a partir de la evidencia recolectada, fue posible dar respuesta a las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos generales y específicos planteados en el capítulo inicial.

## 6.2. Resumen de hallazgos

A partir de la investigación se identificaron evidencias concretas sobre el desarrollo del litio en la Argentina y su influencia en las dimensiones económica, social y ambiental del país. Los datos obtenidos a través de las entrevistas a expertos y representantes empresariales, junto con los resultados de la encuesta aplicada a la población, permitieron construir una comprensión integral de la situación actual del sector, los avances en materia tecnológica y las percepciones sociales vinculadas a la sostenibilidad del recurso.

En primer lugar, las entrevistas empresariales reflejaron una coincidencia general respecto al rol estratégico del litio para el desarrollo nacional. Los representantes del sector destacaron su potencial para impulsar economías regionales, atraer inversiones y generar empleo calificado en las provincias del norte del país. No obstante, también señalaron limitaciones estructurales, entre ellas la dependencia de insumos importados, volatilidad de precios internacionales y la falta de infraestructura en zonas alejadas. Pese a estas dificultades, los entrevistados coincidieron en que la actividad ha logrado consolidarse como un motor de crecimiento para las economías locales, especialmente en torno a proveedores y servicios asociados a la minería.

En relación con el agregado de valor local, los entrevistados expresaron posturas divergentes sobre el rumbo que debería tomar la Argentina dentro de la cadena del litio. Desde el sector empresarial, Tecpetrol sostiene que la prioridad debe centrarse en mejorar la eficiencia de los procesos extractivos y en consolidar la innovación tecnológica, descartando por el momento la industrialización de baterías en el país. En contraste, YPF adopta una postura más flexible, reconociendo que, si bien su foco actual se mantiene en la fase extractiva, no descarta avanzar hacia etapas de transformación química o fabricación de celdas en el futuro, siempre que existan condiciones técnicas y de escala adecuadas. Por su parte, Van Zandweghe (VZH) propuso un enfoque intermedio, orientado a incorporar valor agregado mediante el desarrollo de componentes electrónicos y sistemas de control inteligente, que fortalezcan la innovación local sin requerir plantas de producción masiva.

Desde una mirada más estructural, Micaela Oroz enfatizó la necesidad de insertar el litio dentro de una estrategia nacional de diversificación económica, aprovechando las capacidades científicas locales, más de cuarenta centros de investigación vinculados al sector, y promoviendo una integración regional con Brasil

para impulsar la producción de celdas y baterías en el marco de la electromovilidad sudamericana. En la misma línea, Augusto subrayó que el país podría desarrollar capacidades locales en refinación y sistemas de almacenamiento, reduciendo la dependencia de importaciones y generando empleo calificado. Estas visiones coinciden en señalar que el desafío principal no es únicamente productivo, sino estratégico, y que el futuro del litio argentino dependerá de su capacidad para combinar innovación tecnológica, cooperación regional y desarrollo industrial sostenible.

En materia ambiental, se observó un consenso entre los entrevistados al reconocer que el uso del agua representa el principal desafío para la sostenibilidad de la industria. Arias Magnou y Zucchini, representantes de Tecpetrol, explicaron que la empresa implementó un sistema de ósmosis inversa que permite purificar y reutilizar el agua dentro de un circuito cerrado, reduciendo el consumo y la presión sobre los ecosistemas locales. Además, destacaron la incorporación de la tecnología de Extracción Directa de Litio (DLE), una alternativa más eficiente y con menor impacto que las piletas de evaporación tradicionales. En la misma línea, otros actores del sector mencionaron que las compañías han comenzado a realizar inversiones orientadas a optimizar el uso de recursos naturales y adoptar procesos más limpios.

Desde la perspectiva económica y social, los entrevistados coincidieron en que la minería del litio contribuye significativamente al desarrollo regional y a la creación de empleo, aunque reconocieron que la distribución de los beneficios no siempre es equitativa. Se destacó la importancia de fortalecer la licencia social para operar, entendida como la aceptación y participación de las comunidades locales en los proyectos. En este sentido, Arias Magnou y Bruno Zucchini señalaron que las licencias ambientales dependen directamente del acuerdo con las poblaciones cercanas a los salares, por lo que Tecpetrol cuenta con un área específica de gestión social y comunitaria. Por su parte, Nervo (YPF) sostuvo que gran parte del empleo local se concentra en la etapa de construcción de los proyectos, mientras que la fase operativa demanda perfiles técnicos especializados, lo que evidencia la necesidad de programas de capacitación laboral.

Los expertos entrevistados coincidieron en que la gestión ambiental y social del litio en la Argentina requiere una planificación más integrada entre Nación y provincias. Cecilia Domínguez advirtió que la extracción en zonas áridas exige una gestión cuidadosa de los acuíferos y de la reinyección de salmueras

para evitar desequilibrios hídricos, mientras que Micaela Oroz señaló que la falta de regulación efectiva en materia de residuos de baterías constituye un vacío crítico dentro del ciclo de vida del litio. Aun así, la experta destacó que esa carencia puede transformarse en una oportunidad para el desarrollo de nuevas empresas dedicadas al reciclaje, capaces de recuperar materiales estratégicos y dinamizar la economía circular.

En cuanto a las alternativas energéticas, los entrevistados manifestaron posturas complementarias. Mientras Micaela Oroz y Augusto sostuvieron que el litio sigue siendo la opción más eficiente y tecnológicamente madura para el almacenamiento energético, Cecilia Domínguez consideró que el futuro estará marcado por un mix de soluciones sostenibles, en el que el hidrógeno y el sodio puedan desempeñar un rol relevante en función de los avances científicos y las necesidades de cada contexto productivo.

Por otra parte, los resultados de la encuesta permitieron conocer la percepción y las prácticas de la población en torno al uso y descarte de productos que contienen litio. La gran mayoría de los participantes afirmó utilizar dispositivos electrónicos con baterías de litio de manera cotidiana, pero se detectó una brecha importante entre la conciencia ambiental y las prácticas de gestión de residuos. Si bien los encuestados reconocen que desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente, una proporción significativa admitió almacenarlas en sus hogares o eliminarlas junto con los residuos comunes, debido a la falta de información o de puntos de recolección visibles.

El relevamiento también evidenció una fuerte predisposición ciudadana al cambio, condicionada por la existencia de infraestructura adecuada. La mayoría de los participantes manifestó que llevaría sus baterías a puntos de recolección si existieran y que la principal barrera es la falta de información sobre cómo y dónde hacerlo. Asimismo, los resultados reflejaron un alto nivel de interés en recibir materiales educativos sobre el manejo responsable de pilas y baterías, considerando los sitios web oficiales, las municipalidades y las redes sociales como los canales más confiables para obtener información.

Los hallazgos empíricos permiten concluir que existe una conciencia ambiental creciente y una demanda social de mayor información, control y transparencia en torno a la gestión del litio. Al mismo tiempo, se observa un sector empresarial que avanza hacia la adopción de tecnologías más eficientes y

sostenibles, acompañado por la necesidad de un marco regulatorio claro y políticas públicas que articulen el desarrollo económico con la responsabilidad ambiental y la participación social.

### 6.3. Discusión

Este estudio corrobora que la industria del litio se consolida como un eje estratégico para el desarrollo económico argentino. Los hallazgos del trabajo de campo muestran que tanto Tecpetrol como YPF reconocen el potencial del litio para dinamizar economías regionales, aunque advierten sobre la volatilidad de precios y la falta de infraestructura en las zonas productivas. Esta situación reproduce el patrón extractivo-exportador descrito en la literatura, donde la mayor parte del recurso se comercializa como materia prima sin incorporar valor agregado. En consecuencia, la sostenibilidad económica del sector dependerá de políticas públicas que promuevan la industrialización local y la participación de proveedores nacionales en la cadena de valor (Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, 2021; FARN, 2019; CEPA, 2023; Dialogue Earth, 2023).

En el plano social, la investigación confirma que la minería del litio genera oportunidades de empleo y desarrollo territorial, pero también tensiones vinculadas a la distribución de beneficios y la participación de las comunidades locales. Las entrevistas coincidieron en destacar la importancia de la licencia social para operar como requisito indispensable para la viabilidad de los proyectos, aspecto ampliamente desarrollado por la literatura sobre gobernanza minera. Asimismo, se observó que las empresas han implementado áreas de gestión social y comunitaria para fortalecer el diálogo con las poblaciones cercanas, aunque persisten asimetrías en el acceso a la información y la representación de los intereses locales. Estas dinámicas muestran que la sostenibilidad social del litio depende de la transparencia institucional y de la articulación efectiva entre empresas, Estado y comunidades (OIT, 1989; Escosteguy et al., 2024; González Cuidet y Álvarez Ulloa, 2024).

Desde la perspectiva ambiental, este estudio corrobora que el principal impacto del litio radica en el uso intensivo del agua en ecosistemas áridos. El método de evaporación solar de salmueras, aunque económico, representa una amenaza para el equilibrio hidrogeológico y la biodiversidad del NOA. Tanto las fuentes teóricas como las entrevistas subrayan la necesidad de reforzar la gestión hídrica, mejorar la

reinyección de salmueras y adoptar tecnologías más limpias. En este sentido, Tecpetrol implementó un sistema de ósmosis inversa y avanzó en la adopción de la extracción directa de litio, prácticas que reflejan una tendencia hacia la eficiencia y la reducción del impacto hídrico. Estos avances se alinean con las recomendaciones internacionales orientadas a reducir la huella ambiental y optimizar los recursos naturales (Flexer, Baspineiro y Galli, 2018; Goldman Sachs Global Metals & Mining, 2023; Fluence Corp., 2024; Díaz Paz et al., 2025).

Los resultados confirman que el agregado de valor dentro de la cadena del litio argentina se encuentra en una etapa incipiente, aunque con avances heterogéneos entre actores. Mientras Tecpetrol prioriza la eficiencia extractiva y descarta la industrialización local, YPF plantea una apertura hacia la producción de derivados o baterías a futuro. A nivel estratégico, los expertos coincidieron en que el país debe aprovechar su capital científico y tecnológico, integrando esfuerzos con Brasil para potenciar la cadena sudamericana de electromovilidad. Este enfoque coincide con los postulados teóricos que plantean la necesidad de vincular ciencia e industria, fortaleciendo un modelo de desarrollo soberano y sostenible (FARN, 2019; CEPA, 2023; Tauber et al., 2025).

La comparación entre el litio y otras tecnologías, como el sodio y el hidrógeno, demuestra que el litio mantiene una ventaja competitiva temporal, debido a su madurez tecnológica y a su infraestructura consolidada. Sin embargo, tanto las entrevistas como el marco teórico destacan que el futuro energético estará definido por un mix de soluciones complementarias que combinen eficiencia, autonomía y sostenibilidad. En este contexto, el hidrógeno verde se perfila como una alternativa prometedora, aunque todavía limitada por sus costos de producción y requerimientos tecnológicos. El análisis conjunto permite afirmar que las diferentes tecnologías no deben considerarse sustitutivas, sino complementarias dentro de un sistema energético diversificado (Paco et al., 2024; Romero y Vázquez, 2024; BMW, 2024; Scania, 2021).

Finalmente, este estudio corrobora que la gestión de residuos de litio y baterías constituye una de las mayores debilidades del ciclo productivo. La falta de infraestructura de reciclaje y de marcos regulatorios efectivos fue señalada tanto en las entrevistas como en la literatura, coincidiendo en que el país carece de plantas especializadas y de normativas que garanticen un tratamiento seguro de estos materiales. Las encuestas revelaron una brecha entre la conciencia ambiental declarada y las prácticas reales, evidenciando

una población dispuesta al cambio pero limitada por la falta de información y de puntos de recolección visibles. En este escenario, el desarrollo de un sistema nacional de reciclaje y programas de educación ambiental se presentan como estrategias clave para promover una economía circular y reducir los impactos del descarte inadecuado (Harper et al., 2019; Calvo, 2019; Hoekstra et al., 2011; Climate and Community Project, s.f.).

#### **6.4. Conclusión**

El problema que motivó esta investigación se centró en comprender cómo influye el ciclo de vida del litio en la sustentabilidad económica, social y ambiental de la Argentina, y en qué medida este recurso puede transformarse en un motor para el desarrollo de negocios sostenibles y competitivos. A partir de esta premisa, el trabajo permitió confirmar que el litio constituye un recurso estratégico para el país, aunque su verdadero potencial depende de la capacidad para gestionar de forma equilibrada sus impactos y oportunidades. La evidencia obtenida demuestra que, si bien el sector ha logrado posicionarse como fuente de divisas e inversiones, aún enfrenta desafíos estructurales vinculados con la industrialización, la gobernanza ambiental y la inclusión social.

En relación con la primera pregunta de investigación, referida a los procesos de extracción del litio en la Argentina, se comprobó que el modelo predominante sigue siendo el de evaporación solar de salmueras, valorado por su bajo costo pero criticado por su elevado consumo de agua. Sin embargo, el avance de la Extracción Directa de Litio (DLE) y la incorporación de sistemas de ósmosis inversa reflejan un proceso de transición hacia métodos más eficientes y sostenibles. Estos hallazgos permiten afirmar que el país se encuentra en una etapa de modernización tecnológica, aunque aún requiere mayor inversión en innovación y control ambiental para consolidar su sostenibilidad productiva.

Respecto a la segunda pregunta, vinculada con los beneficios y desventajas económicas y socioambientales, la investigación corrobora que la minería del litio genera un fuerte impacto positivo en la generación de empleo, la dinamización de economías regionales y la atracción de capital extranjero. No obstante, persisten riesgos asociados a la concentración de beneficios y a la falta de mecanismos claros de redistribución en las provincias productoras. Las entrevistas y el marco teórico coinciden en que el desafío

radica en asegurar una mayor participación local y una gobernanza más equitativa que integre a comunidades y actores regionales dentro del desarrollo minero.

En relación con la tercera pregunta, referida a las alternativas energéticas y tecnológicas sostenibles, se comprobó que, pese al avance del sodio y del hidrógeno como opciones complementarias, el litio mantiene una ventaja competitiva temporal por su madurez tecnológica y disponibilidad de infraestructura. No obstante, el estudio muestra que el futuro de la transición energética requerirá de una matriz diversificada, en la que múltiples fuentes convivan para garantizar seguridad energética y sostenibilidad ambiental. Este hallazgo coincide con las proyecciones internacionales que plantean una convergencia entre tecnologías limpias y almacenamiento de nueva generación.

En cuanto a la cuarta pregunta, sobre la integración del litio en los procesos productivos y su aporte a la competitividad empresarial, las entrevistas con representantes del sector revelaron que las compañías más avanzadas, como Tecpetrol, ya incorporan prácticas de eficiencia hídrica, control ambiental y responsabilidad social, posicionando la sostenibilidad como eje estratégico. Asimismo, se comprobó que la innovación tecnológica, particularmente en los métodos de extracción, representa una fuente de diferenciación competitiva para las empresas nacionales, consolidando al litio como vector de negocios sostenibles y de largo plazo. Desde el marco teórico, se destaca que la Argentina ocupa una posición de ventaja en el contexto internacional, al ser uno de los pocos países que combina abundantes reservas de litio en salares con una estructura automotriz desarrollada, lo que genera condiciones únicas para integrar la minería con la industria manufacturera. Esta sinergia abre la posibilidad de avanzar hacia la producción local de celdas y sistemas de almacenamiento energético, en articulación con la infraestructura automotriz regional, especialmente en cooperación con Brasil, principal polo industrial del continente. De consolidarse, este proceso permitiría fortalecer una cadena de valor sudamericana del litio, orientada a la fabricación de baterías y a la expansión de la electromovilidad como sectores estratégicos de competitividad y sostenibilidad.

La quinta pregunta, vinculada con la gestión de residuos y la disposición final de las baterías, permitió evidenciar que esta etapa del ciclo de vida del litio continúa siendo la más débil dentro del modelo actual. Las encuestas mostraron una población consciente del problema pero sin herramientas efectivas para

actuar, mientras que los expertos subrayaron la falta de infraestructura de reciclaje y de un marco normativo específico. Aun así, esta carencia abre una oportunidad de desarrollo para nuevos emprendimientos en el ámbito de la economía circular, capaces de recuperar materiales estratégicos y reducir los impactos ambientales.

En cuanto al objetivo general, orientado a evaluar el ciclo de vida del litio para identificar su impacto y oportunidades con foco en la generación de negocios sostenibles, se considera plenamente cumplido. La investigación logró integrar de manera coherente las dimensiones económica, social y ambiental del sector, analizando empíricamente su funcionamiento.

Del mismo modo, los objetivos específicos también fueron alcanzados. Se analizaron los procesos de extracción y su evolución tecnológica, evidenciando una transición progresiva hacia prácticas más eficientes y responsables. Se identificaron los impactos económicos y sociales, confirmando tanto el potencial de desarrollo del recurso como las desigualdades que aún persisten en la distribución de beneficios. A su vez, se comparó el litio con otras alternativas energéticas, demostrando su liderazgo actual y su complementariedad futura con el hidrógeno y el sodio. También se exploró la integración empresarial del litio, verificando que las organizaciones que incorporan criterios de sostenibilidad logran ventajas competitivas diferenciales. Finalmente, se distinguieron las principales prácticas y desafíos en la gestión de residuos, identificando oportunidades concretas para la innovación en reciclaje y el fortalecimiento de la economía circular.

La discusión de los resultados confirma que la sustentabilidad del litio en la Argentina depende de la articulación entre innovación tecnológica, políticas públicas efectivas y responsabilidad social corporativa. Este trabajo demuestra que el país cuenta con los recursos naturales, las capacidades técnicas y el conocimiento científico necesarios para consolidarse como líder regional en la transición energética, siempre que logre equilibrar la rentabilidad económica con la equidad social y el cuidado ambiental.

#### **6.4.1. Implicancias**

Este estudio aporta una contribución significativa tanto al ámbito empresarial como al académico al analizar de manera integral el ciclo de vida del litio en la Argentina desde sus dimensiones económica, social y ambiental. En términos generales, los resultados permiten llenar una brecha existente en la literatura y en

la práctica, al combinar evidencia empírica actualizada, a través de entrevistas y encuestas, con el estado del arte sobre sostenibilidad, gobernanza y agregación de valor. De esta forma, se ofrece una visión sistémica del litio como recurso estratégico que trasciende la mirada extractiva tradicional y se posiciona como un vector de innovación tecnológica y desarrollo sostenible.

#### **6.4.1.1. Aportes al mundo empresarial**

En el plano empresarial, los hallazgos brindan insumos concretos para la toma de decisiones en el sector minero-industrial. El trabajo evidencia que la competitividad de las empresas del litio dependerá cada vez más de su capacidad para incorporar tecnologías limpias, optimizar la eficiencia hídrica y fortalecer la relación con las comunidades locales. Asimismo, la identificación de la falta de infraestructura para la industrialización de baterías y el reciclaje de residuos plantea una oportunidad de negocio para nuevos emprendimientos orientados a la economía circular, la gestión de residuos tecnológicos y la provisión de servicios especializados. Desde esta perspectiva, el estudio aporta criterios de gestión y sostenibilidad aplicables a estrategias corporativas, promueve un enfoque de triple impacto que integra rentabilidad, responsabilidad ambiental y desarrollo social.

Las consecuencias derivadas de los resultados sugieren que la Argentina se encuentra ante una ventana de oportunidad histórica: Transformar el potencial del litio en un modelo de desarrollo sostenible y competitivo. Para ello será fundamental consolidar políticas públicas que articulen la innovación tecnológica con la regulación ambiental y la cooperación regional. En este sentido, el estudio no solo aporta evidencia sobre los desafíos actuales, sino que también ofrece lineamientos estratégicos para avanzar hacia una economía basada en el conocimiento, capaz de generar valor agregado, empleo calificado y liderazgo regional en la transición energética.

#### **6.4.1.2. Aportes al mundo académico**

En cuanto al mundo académico, la investigación contribuye a ampliar el cuerpo de conocimiento sobre la minería del litio desde un enfoque interdisciplinario que articula economía, innovación y sostenibilidad. Al integrar el análisis teórico con datos empíricos obtenidos en el contexto argentino, este trabajo fortalece la comprensión del litio como fenómeno complejo y multifactorial, y sienta bases para

futuras investigaciones orientadas a la gobernanza de los recursos naturales, la transición energética y las cadenas de valor sustentables. Además, la triangulación metodológica implementada, entre teoría, entrevistas y encuestas, demuestra la relevancia de combinar fuentes cualitativas y cuantitativas para capturar la interacción entre actores públicos, privados y sociales en torno al recurso.

### **6.5. Limitaciones**

Si bien la investigación logró cumplir con los objetivos propuestos y obtener resultados sólidos a partir del trabajo de campo, se identificaron ciertas limitaciones que condicionaron parcialmente la amplitud del análisis. La principal restricción estuvo vinculada a la ausencia de una fuente empírica directa del sector público. En el diseño inicial del trabajo se había previsto la realización de una entrevista con una senadora nacional especializada en sostenibilidad ambiental, con el fin de incorporar una perspectiva estatal sobre la gobernanza y la regulación del litio en la Argentina. Sin embargo, por motivos de agenda, la entrevista no pudo concretarse, lo que impidió complementar las visiones empresariales y técnicas con una mirada política e institucional.

### **6.6. Invitaciones a futuras investigaciones**

A partir de los hallazgos obtenidos, se abren diversas líneas de investigación futuras que permitan profundizar y ampliar la comprensión del ciclo de vida del litio y sus implicancias para el desarrollo sostenible en la Argentina. En primer lugar, resulta relevante avanzar en estudios orientados al aprovechamiento de los subproductos sólidos derivados de los procesos de evaporación en los salares del noroeste argentino. Actualmente, grandes volúmenes de estas sales permanecen sin utilización y generan impactos visuales y ambientales en las comunidades cercanas. Explorar sus posibles aplicaciones industriales o comerciales, como la fabricación de fertilizantes, materiales de construcción o compuestos químicos, podría transformar un pasivo ambiental en un recurso productivo y así contribuir al dinamismo económico regional.

En segundo término, se plantea la necesidad de investigar estrategias de integración latinoamericana en torno a la cadena de valor del litio. La cooperación entre países del Triángulo del Litio y economías con infraestructura automotriz avanzada, como Brasil, representa una oportunidad estratégica para el desarrollo

conjunto de capacidades en fabricación de baterías, electromovilidad e infraestructura energética. Este enfoque regional permitiría fortalecer la competitividad del bloque, reducir la dependencia tecnológica externa y promover una transición energética con identidad sudamericana.

Asimismo, se sugiere profundizar en el estudio de modelos empresariales y políticas públicas orientadas a la gestión del fin de vida de las baterías. La creación de empresas dedicadas al reciclaje y la recuperación de materiales críticos, como litio, níquel y cobalto, podría constituir una nueva industria verde, generadora de empleo y valor agregado local. Este campo de investigación permitiría vincular sostenibilidad ambiental, innovación tecnológica y desarrollo territorial, consolidando un modelo de economía circular que complementa el crecimiento del sector del litio argentino.

## Bibliografía

- Acuerdo de París. (2015). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas. [https://unfccc.int/paris\\_agreement](https://unfccc.int/paris_agreement)
- Agencia Internacional de Energía. (2023). *Global EV Outlook 2023*. IEA.
- Amico, V., D'Ambrosio, V., Ferrari, G., & Gallelli, V. (2020). El concepto de emergencia climática. *Revista de Derecho Ambiental*, 62, 133–154. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1pdrq3t.9>
- Asociación Argentina de Comercio Internacional (AAACI). (2024). *Informe de exportaciones argentinas de litio 2023*. <https://aaaci.org.ar/>
- BBC News Mundo. (2021, 24 de octubre). Cambio climático: de dónde vienen las emisiones de gases de efecto invernadero que están calentando el planeta. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59013521>
- BMW. (2021). *Hitos con el hidrógeno: espíritu pionero para la movilidad del futuro*. <https://www.bmw.com/es/electric-future/hitos-con-el-hidrogeno-espiritu-pionero-para-la-movilidad-del-futuro.html>
- Britannica. (s.f.). Lithium | *Definition, Properties, Use, & Facts*. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/lithium-chemical-element>
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8(10). <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Cohen, D., & González, L. (2024). Inversiones, federalismo y transición energética en Argentina: Una lectura crítica del RIGI. *Revista de Derecho y Economía*, 12(2), 45–62.

Calvo, E. J. (2019). *Litio, un recurso estratégico para el mundo actual*.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/89689>

CAMMESA. (s.f.). *Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.*  
<https://portalweb.cammesa.com/>

Car, P. (2022, febrero 11). Vehículo eléctrico vs hidrógeno. *Powering Car*.  
<https://www.poweringcar.com/2022/02/11/elementor-26846/>

Carbon Trust. (2020). ¿Qué es una huella de carbono? Recuperado de <https://www.carbontrust.com>

Centro de Economía Política Argentina (CEPA). (2023). *Los desafíos del litio en la Argentina: industrialización y agregado de valor en la cadena*.  
<https://centrocepa.com.ar/informes/590-los-desafios-del-litio-en-la-argentina-industrializacion-y-agregado-de-valor-en-la-cadena>

CEPA, P. (2024, 5 de diciembre). *Los desafíos del litio en la Argentina: industrialización y agregado de valor*. Centro CEPA.  
<https://centrocepa.com.ar/informes/https%3A%2F%2Fcentrocepa.com.ar%2Finformes%2F590-los-desafios-del-litio-en-la-argentina-industrializacion-y-agregado-de-valor-en-la-cadena>

Cifuentes, A., & Cote, L. (2022). Influencia de la deforestación y el cambio climático en la formación de los “ríos voladores” de la Amazonia y su impacto en la disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 45–61.  
<https://doi.org/10.22490/21456453.5758>

Climate and Community Project. (s.f.). *The effects of lithium extraction*.  
<https://climateandcommunity.org/research/effects-of-lithium-extraction/>

CONICET. (2024). *Y-TEC: sobre Y-TEC*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. <https://www.conicet.gov.ar/ytec/sobre-y-tec/>

Constitución Nacional Argentina. (1994). Artículos 41 y 124.

Communications Earth & Environment. (2025). The amount of fresh water available for lithium extraction has been vastly overestimated. *Springer Nature*.

<https://phys.org/news/2025-03-amount-fresh-lithium-vastly-overestimated.html>

De Arteché, M. R. (2007). *Breve introducción a la metodología de la investigación. Documento de uso interno*. Universidad Argentina de la Empresa (UADE).

De Elejalde, R., & Ponce, C. (2016, diciembre). Los desafíos de la intermitencia de las energías renovables no convencionales. *Observatorio Económico*, (111). <https://doi.org/10.11565/oe.vi111.124>

Díaz Paz, A., Pérez, M., González, L., & Torres, P. (2025). Assessing the water footprint of lithium carbonate production in Argentina's salt flats. *Science of the Total Environment*, 933, 172155.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11869023/>

Dialogue Earth. (2023, 25 de septiembre). En Argentina, la extracción de litio seca un río. <https://dialogue.earth/es/naturaleza/en-argentina-la-extraccion-de-litio-seca-un-rio/>

Elon Musk aseguró que “las baterías de litio son el nuevo petróleo”: Qué acciones hay que seguir. (2023, 9 de febrero). *Infobae*.

<https://www.infobae.com/economia/2023/02/09/elon-musk-aseguro-que-las-baterias-de-litio-son-el-nuevo-petroleo-que-acciones-hay-que-seguir/>

Escosteguy, P., Di Risio, D., Figueroa, M., Gamboa, R., Jiménez, J., & Koscinczuk, J. (2024). Lithium extraction and social justice in South America: A case study on the Hombre Muerto salt flat in Argentina. *The Extractive Industries and Society*, 17, 101610. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101610>

Emsley, J. (1998). *Nature's building blocks: An A–Z guide to the elements*. Oxford University Press. ISBN: 9780198503408

Fan, E., Li, L., Wang, Z., Lin, J., Huang, Y., & Chen, R. (2022). Sustainable recycling technology for spent lithium-ion batteries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(3), 211–229.

<https://doi.org/10.1038/s43017-021-00250-4>

Fernández, M. (2025, noviembre 2). La cadena de valor del litio, entre megainversiones y una caída en los precios. *Clarín Económico*, 8–9. Sección Pymes.

Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of the Total Environment*, 639, 1188–1204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>

Fluence Corp. (2024). *Soluciones de minería de litio: tratamiento de salmueras por ósmosis inversa*. [https://www.fluencecorp.com/wp-content/uploads/2024/09/15-Soluciones-Mineria-de-Litio.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.fluencecorp.com/wp-content/uploads/2024/09/15-Soluciones-Mineria-de-Litio.pdf?utm_source=chatgpt.com)

Fridays for Future – How Greta started a global movement. (s.f.). *Fridays For Future*. <https://fridaysforfuture.org/what-we-do/who-we-are/>

Fuentes, P. (2024). *El rol del Estado emprendedor-empresario en la industrialización del litio en Argentina: los casos de Y-TEC e YPF Litio* (Tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata).

Fundación Ambiente y Recursos Naturales [FARN]. (2019). *Lithium extraction in Argentina: A case study on the social and environmental impacts*. Buenos Aires: FARN. <https://farn.org.ar/litio-2019/>

Gaines, L. (2018). The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. *Sustainable Materials and Technologies*, 17, e00087. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.e00087>

Goldman Sachs Global Metals & Mining. (2023, abril). *Direct Lithium Extraction: A potential game changing technology*. The Goldman Sachs Group, Inc.

González, M., & Martín, P. (2020). *Historia y evolución de las fuentes de energía*. Editorial EcoSustentable.

González Cuidet, M. A., & Álvarez Ulloa, L. N. (2024). *El litio en Catamarca, una deuda social pendiente*. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL). <https://www.ocmal.org/el-litio-en-catamarca-una-deuda-social-pendiente/>

Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the elements* (2<sup>a</sup> ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080379418

Greta Thunberg a los líderes mundiales: ¡Cómo se atreven! | Noticias ONU. (2019, 23 de septiembre). *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/audio/2019/09/1462592>

Habashi, F. (1997). *Handbook of extractive metallurgy*. Wiley-VCH. ISBN: 9783527287925

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., & Abbott, A. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575(7781), 75–86. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Earthscan.

Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA). (2022). *Estándar para la minería responsable*. <https://responsiblemining.net>

Ley 24.196. (1993). Ley de inversiones mineras. InfoLEG.

Ley 25.675. (2002). Ley general del ambiente. InfoLEG.

Ley 27.191. (2015). Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía. InfoLEG.

Ley 27.742. (2024). Régimen de incentivo para grandes inversiones (RIGI). Boletín Oficial de la República Argentina.

Litio Argentina. (s.f.). Auge del litio en Argentina: impacto laboral, oportunidades y desafíos 2024. <https://litioargentina.com/desarrollo/auge-del-litio-en-argentina-impacto-laboral-oportunidades-y-desafios-2024/>

Litio Argentina. (s.f.). Impactos sociales de la explotación de litio. <https://litio.com.ar/impactos-sociales>

Li, L., Fan, E., Guan, Y., Zhang, X., Liu, J., Chen, R., Wu, F., & Amine, K. (2020). Sustainable recovery of metals from spent lithium-ion batteries: A review. *Chemical Society Reviews*, 49(3), 795–847.

<https://doi.org/10.1039/C9CS00569E>

Lopezosa, C. (2020). *Entrevistas semiestructuradas con NVivo: pasos para un análisis cualitativo eficaz*.

López, A., Obaya, M., Pascuini, P., & Ramos, A. (2019). *Litio en la Argentina: oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*. Banco Interamericano de Desarrollo / Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

López, R. (2021). *Tecnologías solares y desarrollo sostenible*. Madrid: Ediciones Energía Verde.

Mejía-Rivas, J. (2022). Los paradigmas en la investigación científica. *Revista Ciencia Agraria*, 1(3), 7-14.

Mining Association of Canada. (2021). *Hacia una minería sostenible (TSM): principios rectores y marco de referencia*. <https://mining.ca>

Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. (2021). *Informe litio en la Argentina*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_litio\\_2021\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_litio_2021_final.pdf)

Ministerio de Economía. (2021). *Programa RenovAr*. Secretaría de Energía.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2021, 10 de febrero). *Documenting a decade of cost declines for PV systems*. <https://www.nrel.gov/news/detail/program/2021/documenting-a-decade-of-cost-declines-for-pv-systems>

Obaya, M. (2021). *Una mirada estratégica sobre el triángulo del litio*. Fundar.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas. [https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol)

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas. [https://unfccc.int/paris\\_agreement](https://unfccc.int/paris_agreement)

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (1989). *Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales*.

Paco, I. W. N., Suárez, A. I. D. L. H., & Suárez, B. A. D. L. H. (2024). Comparativa de baterías de litio, sodio e hidrógeno en la descarbonización de las economías. *Polo del Conocimiento*, 9(4), 1313–1336.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). (2021). *Cambio climático 2021: Bases físicas*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Pérez, A. (2020). *Transición energética y políticas públicas en América Latina*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Power Porto, G. (2009). El calentamiento global y las emisiones de carbono. *Ingeniería Industrial*, (27), 101–122.

Reuters. (2024, 14 de marzo). Argentine court in key lithium region halts new permits over environmental concerns. <https://www.reuters.com/world/americas/argentine-court-key-lithium-region-halts-new-permits-over-environmental-concerns-2024-03-14/>

Romero, H. M. Z., & Vázquez, C. (2024). Baterías de iones sodio: una alternativa competitiva a las de iones litio. *Revista Argentina de Ingeniería*, 24, 52–58.

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.

Sabino, C. A. (2014). *El proceso de investigación*. Buenos Aires: Lumen-Hvmanitas.

Tauber, F., Delucchi, D. G., & Olivieri, A. (2025). *Planta Nacional de Desarrollo Tecnológico de Celdas y Baterías de Ión-Litio-UNILIB/2024*.

Tarascon, J. M., & Armand, M. (2001). Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Nature*, 414(6861), 359–367. <https://doi.org/10.1038/35104644>

The Guardian. (2024, 14 de marzo). 'It's a fight for water': Indigenous groups resist lithium mining in Argentina.

<https://www.theguardian.com/global-development/2024/mar/14/argentina-lithium-indigenous-water>

United States Geological Survey (USGS). (2023). *Mineral commodity summaries: Lithium*. U.S. Department of the Interior. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-lithium.pdf>

U.S. Geological Survey (USGS). (2021). *Mineral commodity summaries: Lithium*. U.S. Department of the Interior. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-lithium.pdf>

Vásquez Tarazona, C. (2014). Gestión del carbono: ¿una alternativa efectiva contra el calentamiento global? *Quipukamayoc*, 18(35), 143–154. <https://doi.org/10.15381/quipu.v18i35.3715>

Wang, X., Gaustad, G., Babbitt, C. W., & Bailey, C. (2021). Economically sustainable lithium-ion battery recycling: Progress and perspectives. *Joule*, 5(9), 2300–2321. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.06.005>

Whittingham, M. S. (2004). Lithium batteries and cathode materials. *Chemical Reviews*, 104(10), 4271–4302. <https://doi.org/10.1021/cr020731c>

Wietelmann, U., & Klett, J. (2018). 200 years of lithium and 100 years of organolithium chemistry. *Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie*, 644(4), 194–204. <https://doi.org/10.1002/zaac.201700394>

Xu, K. (2014). Electrolytes and interphases in Li-ion batteries and beyond. *Chemical Reviews*, 114(23), 11503–11618. <https://doi.org/10.1021/cr500003w>

Zhang, W., Hu, J., & Wang, L. (2018). Extraction of lithium from spodumene by bioleaching. *Hydrometallurgy*, 179, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.05.017>

Zubi, G., Dufo-López, R., Carvalho, M., & Pasaoglu, G. (2018). The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 292–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.002>

## **Anexo 1: Cuestionario de las preguntas semiestructuradas**

### **A.1.1. Mensajes de contacto**

#### **A.1.1.1. Mensaje de contacto a empresarios**

Dirigido a Valentin Arias Magnou, Gustavo Nervo, Federico Van Zandweghe y Bruno Zucchini

Estimado,

Somos un grupo de estudiantes universitarios de último año en UADE y estamos trabajando en nuestra tesis de grado que se centra en el uso del litio en Argentina, sus implicancias ambientales, económicas y sociales y su potencial como oportunidad para el desarrollo sostenible del país.

Nos gustaría solicitarle una breve entrevista para conocer su perspectiva desde la experiencia empresarial en el sector. Consideramos que su aporte sería de gran valor para comprender los desafíos y oportunidades que enfrentan las empresas que operan en proyectos de litio. La entrevista puede realizarse de manera virtual o por escrito, según su disponibilidad y preferencia.

Agradecemos de antemano su tiempo y disposición, y quedamos atentos a su respuesta.

#### **A.1.1.2. Mensaje de contacto a expertos**

Dirigido a Micaela Oroz, Cecilia Domínguez y Augusto Aquiles Gonçalves.

Estimado/a,

Somos un grupo de estudiantes universitarios de último año en UADE y estamos trabajando en nuestra tesis de grado que se centra en el uso del litio en Argentina, sus implicancias ambientales, económicas y sociales y su potencial como oportunidad para el desarrollo sostenible del país.

Queríamos solicitarle una breve entrevista con el fin de incorporar su valiosa perspectiva experta en materia ambiental a nuestro análisis. La entrevista podría realizarse de manera virtual o por escrito, según su disponibilidad y preferencia.

Desde ya muchas gracias por su tiempo y disposición, y esperamos su respuesta.

### **A.1.2. Preguntas orientadas a empresarios**

1. ¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?
2. ¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?
3. Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?
4. ¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?
5. ¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?
6. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?
7. ¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?
8. ¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?
9. ¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?

10. En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?

### A.1.3. Preguntas orientadas a expertos

1. ¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?
2. ¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?
3. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?
4. ¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?
5. ¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?
6. ¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?
7. ¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?
8. ¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el marco regulatorio actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?

9. ¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?
10. Finalmente, ¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?

## **Anexo 2: Transcripción de entrevistas**

### **A.2.1. Entrevista a Valentín Arias Magnou**

1. ¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?

Actualmente el Litio ocupa un rol muy importante dentro de lo que es la arista de la transición energética, osea la arista estratégica. El grupo Techint tiene dentro de su estrategia como grupo descarbonizar sus operaciones, este grupo tiene adentro varias empresas algunas producen acero y después hacen los tubos para la extracción de petróleo, otra directamente es una petrscubolera como la que trabajo yo. Entonces lo que hizo el grupo Techint fue empezar a incorporar en sus empresas áreas o sectores que miran únicamente transición energética, que de ahí salió la adquisición de activos de litio, con el objetivo de descarbonizar sus operaciones. Esto es algo global, no solo el grupo Techint, si no que la transición energética empezó a tomar volumen porque se vio que en el mundo se tiene que reducir la emisión de CO2. Entonces bajo esa pata estratégica, entre el litio y tiene un rol muy importante dado que mucha de la demanda o de la forma de descarbonizar el mundo va a ser a través de la movilidad, los autos van a dejar de ser a combustión y van a ser eléctricos, entonces el litio es un mineral crítico para que eso pase.

2. ¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?

Principalmente el factor inicial que impulsó el crecimiento, del interés de todas las empresas es básicamente lo que hable de la transición energética, cuando esta apareció y las empresas empezaron a mirarla, descubren que hay algunos minerales que son críticos para la producción de baterías, dentro de ellos el litio que te diría es el más crítico, por algo se llaman baterías de ion litio, después tienes el níquel, el cobalto, el manganeso que son otros minerales que son críticos que acompañan. Entonces ese es el factor principal, la inclusión estratégica en las empresas, después tienes como todo los factores que hacen a las empresas meterse en proyectos, por ejemplo el económico, las empresas ven que el mineral más demandado de todos va a ser el litio, entonces una empresa como nosotros que estamos en Argentina donde hay litio en forma de salmuera o proveniente de salmuera y no de roca, que este es mucho más ineficiente como pasa en Australia con el espodumeno y mucho más caro para después convertirlo y llevarlo a carbonato de litio. Entonces, acá en Argentina tienes litio que proviene de salmuera que es mucho más barato y más eficiente de producir, eso también es un factor muy importante que hizo a nuestra empresa decir “Che estamos en Argentina tenemos el mineral acá, lo tenemos que mirar a fondo”. Entonces ahí tenés un factor económico, un factor técnico, después más allá de la transición energética tenés que mirar que es lo que más plata te va a dejar a vos como empresa. Nosotros tenemos también buen viento y buen sol para hacer proyectos de energía renovable que también es parte de la transición energética y también lo hacemos un montón, entonces creo que esos son los factores principales.

3. Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?

El principal desafío que hay hoy es el bajo nivel de desarrollo que tiene la producción de carbonato de litio comparado con la cantidad de reservas o recursos que tenemos, tenemos muchísimo para lo poco que estamos produciendo, eso es lo principal que desencadena que tengas un marco regulatorio poco desarrollado porque no hay mucha práctica, cualquier cosa que quieras hacer y digas “esto estará permitido por la ley? o como lo tengo que dimensionar, hay algún marco

técnico?” es un gris o sea te dicen copiar al petrolero para algunas cosas para otras no, es el minero. La segunda es el bajo desarrollo que tiene el mercado del litio en general, el precio es muy volátil, hay un anuncio que una mina va a dejar de producir por dos meses y se dispara el precio para arriba pero después alguna noticia, hoy en día estamos en sobreoferta, así que si hay alguna noticia de que se va a producir más de tal país y el precio vuelve a bajar. Entonces hay un bajo desarrollo en el mercado global que encima, para lo que es Argentina por el riesgo país, por toda la incertidumbre que hay acá, impacta el doble. Creo que esos son los dos principales desafíos.

De las principales oportunidades, que es la mas potente creo yo es que podemos sumar al litio como un recurso más que exportamos como país y genera un montón de ingresos, el litio puede convertirse en otro campo, literalmente haciendo la cuenta te da que el nivel de exportaciones en plata puede ser como otro campo. Hay que aprovechar ese nivel de exportaciones y también en su forma de desarrollarlo hoy en día ya que la provincia se queda con participación en los proyectos, no invierte nada y se queda con facturación. Entonces se le puede dejar algo a las provincias, al país y encima generar un montón de exportaciones que nos van a ser entrar un montón de dólares al país, así que creo que es claramente la principal oportunidad. Argentina hoy tiene aproximadamente 18 millones de toneladas de LCE de reservas, y está produciendo entre 100 y 120 mil toneladas de LCE al año. Es decir, hoy en capacidad de producción anual está desarrollando las reservas a un ritmo de 0,5%. Tiene muchísimo por explotar aún así, ya mete +600 MM us\$ en exportaciones al año, solo por el litio.

4. ¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?

Lo que nosotros estamos tratando de hacer es producir carbonato de litio, parte del proceso lo conocemos bastante que es la extracción del mineral porque al ser una petrolera toda la parte del pozo ya la tenemos por así decirlo, es un pozo distinto pero no sale mucho de lo común lo que hay que hacer. La parte que viene después es la que estamos industrializando fuertemente nosotros como pioneros porque no la vamos a producir por piletas de evaporación, no es la idea ya que está hecha la estimación de cómo sería, cuanto saldría y sabemos que es una opción, pero esta la opción de un

proceso bastante nuevo que se llama DLE, lo pueden investigar si quieren, que es Direct Lithium Extraction. Eso es lo que vamos a industrializar, un nuevo método más innovador que hay hoy en día.

5. ¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

Tenemos un área de trabajo directamente dedicado a eso, es un stakeholder del proyecto muy importante la parte social, hay salares que están fuertemente influenciados por comunidades que directamente la provincia no te otorga la licencia ambiental de explotación de las minas si no está de acuerdo esa comunidad con que vos te metas en la zona, así que no es poca cosa. Básicamente está trabando millones en inversión el tema social con comunidades, así que nosotros le dedicamos mucho, tenemos un equipo que se ocupa de eso, el 100% de su tiempo en meterse con la comunidad tener mas llegado hacer programas con ellos para que la gente los conozca, los han traído a Buenos Aires a sede, los han visitado nuestra gente a ellos directamente en su comunidad. Y bueno, poco a poco las relaciones se van mejorando y en nuestro caso tuvimos una experiencia un salar que al principio no podíamos prácticamente ni pisar la zona por la comunidad, dos años después pudimos hacer una exploración, nos dieron el “Si” para hacer una exploración e hicimos un pozo hace poco y estamos en muy buenos términos con la comunidad.

6. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?

Los principales impactos ambientales asociados yo creo que es el tema del agua, el proceso del litio, más que nada en la parte del refinado, al principio lo extraes y prácticamente agua no consumís. Después en el refinado del mineral, que es un proceso para llegar al producto final del litio que es el polvo, se usa bastante agua mezclado con otros químicos que retiran impurezas y ese es el principal problema ya que el agua es un recurso escaso, esta agua industrial se consigue mediante pozos de agua que se realizan. ¿Cómo se ataca este problema? Una vez utilizada el agua en este proceso industrial se le hace un proceso de osmosis, que lo que hace es purificarla nuevamente y reutilizarla, entonces se reduce la cantidad de agua ya que la mayor parte la vas a poder reutilizar

todo el tiempo, sería un ciclo cerrado. Vos utilizas un agua y usas siempre la misma, aunque hay que seguir sacando ya que no se puede aprovechar el 100% de lo que purifiques pero todo el tiempo sacas una cantidad bastante reducida con la recirculación.

7. ¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?

Todavía no estamos en producción así que no te puedo decir una herramienta concreta un software o algo así, pero básicamente se estudian KPIs de cuantos metros cúbicos de agua por día necesitas o necesitas para producir y ese número tratas de reducirlo al máximo y después en el sistema de recuperación del agua que usas en el proceso, que se llama ósmosis inversa, uno trata de que la eficiencia de ese proceso sea lo más alta posible, que el 100% del agua que intentó purificar sea por lo menos un 90% u 85% me quede utilizable y el resto se pierde. Te puedo nombrar un ejemplo de Chile que por no tratar este tema lo suficientemente bien, prácticamente se quedó sin agua, antes hacían pozos y utilizaban agua de ahí, ahora no tiene más, entonces tienen que hacer un ducto hasta el mar para llevar agua hasta las minas y desalinizar esa agua, es realmente un quilombo.

8. ¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?

La innovación principal es la tecnología que les mencione DLE versus las piletas de evaporación, es la tecnología principal que está surgiendo hoy en la industria, casi todos los proyectos anunciados son por DLE, esto es para producir por salmuera no estoy hablando de espodumeno ni de lepidolita, no por roca, eso va a seguir minando igual, yo hablo por la salmuera que está en Argentina, Chile. El proceso tiene una eficiencia total del 85/90% versus un 60% en las piletas, estas ocupan un montón de lugar por la cantidad de hectáreas que se usan ya que son gigantes, por su parte el DLE es como una planta convencional y por último el tiempo, en las piletas tenes que dejar que el sol evapore agua y un proceso más largo mientras que el otro se hace mucho más rápido. Ya hoy en día no se anuncian proyectos con piletas de evaporación, la visión de todas las empresas es usar DLE.

9. ¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?

Como todo proceso productivo tiene su gestión de residuos, la salmuera que vos vas purificando y le vas sacando el litio se la acopia en una pileta de acopio de salmuera, ahí se va desintegrando con el tiempo y el agua se la va reutilizando. En cuanto al tema de la economía circular, después de que se fabricó y se usó la batería, una vez que cumple con su vida útil se las envía a plantas de reciclaje, está proyectado que en un futuro que una parte de la oferta proveniente del reciclado va a poder cubrir un 10% o 15% de la demanda necesaria. A la batería para utilizarla se le sacan los minerales críticos, níquel, manganeso, cobalto, litio y prácticamente los vuelven a utilizar de cero en la fabricación.

10. En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?

Argentina necesita en primer lugar realizar un consenso público que producir hasta carbonato de litio está bien, no se está regalando el recurso o se tiene que llegar hasta el auto eléctrico en argentina para exportar más valor, tenemos muchas reservas acá y hay países que son mucho más eficientes produciendo baterías o autos, no tenemos las capacidades para superarlos. Va a ser más barato producir eso en otro lados, nosotros somos fuertes en litio porque se produce poco pero aun así se sabe que es más barato producirlo acá por la forma en la que tenemos el recurso abajo en el subsuelo, mucho más barato que roca. Entonces, punto número 1 para mi alinearse con la convicción de que hay que exportar carbonato de litio y por otro lado generar ingreso a las provincias. Que ellas no inviertan pero que tengan participación en los proyectos, ya sea un 10% o 9% con la finalidad de que se desarrollen, que por ejemplo Salta y Jujuy crezcan. Y por otro lado, que se empiece a desarrollar la minería que va a pasar naturalmente y que el marco regulatorio sea más fuerte, que haya una regulación más estándar para que todos puedan cumplir y sea más fácil operar proyectos de minería. Esto se va a dar en un futuro cuando la industria crezca. Volviendo a lo primero que dije, una vez que se alineen los cañones en una dirección y una vez que se empiece a invertir y dejar que

las empresas de afuera invertir, va a ser mas facil, seria preparar un marco de condiciones para que los empresas tengan facilidades para invertir y puedan confiar, que es una poco de lo que se está haciendo ahora, acomodando la macro para que puedan poner la plata aca.

### A.2.2. Entrevista a Gustavo Nervo

1. ¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?

La empresa se encuentra transitando un Plan Estratégico con foco en el crudo no convencional y en el desarrollo del Gas Natural Licuado. En ese contexto el litio ocupa un rol de negocio “en desarrollo”.

2. ¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?

El factor más relevante es la perspectiva de creciente demanda a nivel mundial, con precios convenientes para la explotación industrial, cuyo principal impulsor es la electromovilidad. El litio es el componente central y por el momento irremplazable de sus baterías.

Bajo este contexto, otro factor es la disponibilidad del litio en regiones de la Argentina. Esto nos coloca en una posición de valor Estratégico y Geopolítico inmejorables. Como país y como sector.

Y por último, el desarrollo de las tecnologías y técnicas de explotación que permiten el desarrollo de la actividad. Desde el punto de vista económico financiero con condiciones que favorecen la realización de las inversiones necesarias. Y desde el punto de vista de impacto ambiental y condiciones laborales, para asegurar el cumplimiento de regulaciones legales locales, normativas nacionales e internacionales.

3. Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?

Desde mi punto de vista el mayor desafío es la inestabilidad macroeconómica y la falta de previsibilidad. Debido a que estos proyectos requieren grandes inversiones iniciales, resultan muy susceptibles a procesos de inestabilidad (económica, política y/o social). Esto provoca finalmente la postergación de decisiones, aún cuando el negocio parece conveniente.

Por otro lado, el contexto entrega oportunidades para el desarrollo rápido bajo condiciones geo-económicas muy apetecibles, con previsiones de crecimiento.

Pasando a las oportunidades, Argentina tiene know how minero, especialmente en el NOA (Nor Oeste). Existe entonces una base de proveedores, infraestructura, logística y disponibilidad de personal con experiencia en la zona que pueden ser rápidamente capitalizables para el desarrollo de esta nueva actividad.

Y como oportunidad también es relevante comentar las excepcionales condiciones naturales para la explotación de litio, con salares de altas concentraciones y excelentes condiciones químicas, que resultan en costos de extracción muy competitivos.

4. ¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?

Por el momento la empresa visualiza el negocio solo hasta la etapa extractiva. No se ha avanzado aún en proyectos concretos relacionados a la industrialización local aunque no lo descartamos.

5. ¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

En general, en lugares donde se desarrollan grandes proyectos, la inclusión laboral ocurre por sí misma

Esta ocupación se maximiza durante el proceso de construcción de las instalaciones, y luego se limita a necesidades propias de la actividad habitual.

Sea a través de contratación directa (empleados de la empresa) o indirecta (a través de empresas contratistas que prestan servicios), las necesidades de personal se cubren en un alto porcentaje con recursos locales.

A través de nuestras áreas de Relaciones Institucionales se definen programas puntuales de relacionamiento con las comunidades locales. Dependiendo de las necesidades particulares en cada caso.

La empresa tiene un rol muy activo para colaborar con el desarrollo y la interacción de las zonas donde opera.

6. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?

Durante el proceso de diseño de los proyectos se realiza un estudio de impacto ambiental donde se definen claramente no solo los impactos sino también los riesgos asociados y las medidas/acciones de mitigación a implementar. Atendemos y cumplimos regulaciones legales y normativas locales e internacionales para asegurar los mejores estándares de la industria.

Por tratarse de una actividad extractiva, indefectiblemente ocurre una modificación / cambio en el entorno. Las implicancias de ese cambio deben ser consideradas y mitigadas (movimientos de suelo, impacto sobre los cursos de agua o cursos de escurrimiento natural, impacto visual, impacto sobre fauna y flora, etc).

Por otro lado existen impactos relacionados al normal desarrollo de la actividad. Desde lo que ocurre en las zonas de operación hasta el movimiento/traslado de personas y de productos/minerales. Esto último debido al tránsito y permanencia de personas en lugares donde hasta hace poco no había actividad a gran escala.

El proyecto de desarrollo de la actividad debe acompañarse de un Proyecto de desarrollo de infraestructura estratégica.

7. ¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?

La empresa tiene estrictos objetivos estratégicos que establecen compromisos de mejora para estos parámetros. Todas las actividades se alinean con estos objetivos y elaboran planes de acción para mejorarlos o mantenerlos, según el nivel de madurez por cada caso.

Agruparía las medidas dentro de 3 grandes tipos: de Gestión (identificación, elaboración de planes y monitoreo de aspectos de interés, sistema de gestión centralizado, conocimiento y cumplimiento de requisitos legales y normativos, etc), Tecnológicos (identificación, implementación y escalado de las más avanzadas tecnologías relacionadas al monitoreo y control ambiental) y Operativos (prácticas de operación world class, con conciencia de sustentabilidad y minimización de los impactos producidos por la actividad).

8. ¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?

Nos encontramos en permanente proceso de búsqueda, identificación, implementación y escalado de tecnologías. Entre ellas las relacionadas a la gestión de impactos (o potenciales impactos) ambientales.

En distintas operaciones implementamos los detectores de contaminación en suelos, agua y aire más modernos del mercado. Analizadores en línea. Sistemas de monitoreo inteligente con lógicas de alarma y control sobre el proceso productivo. Sistemas de Control avanzado para mantener los procesos dentro de parámetros de productividad y seguridad adecuados, con actuación automática ante desvíos.

Contamos con el sistema de monitoreo de flota terrestre más avanzado del país, con geolocalización, sistema ADAS para asistencia al conductor, cámaras para monitoreo de entorno, calificación de conductas de manejo defensivo, etc.

El mayor desafío que enfrentamos hoy por hoy se relaciona con la datalización y con el uso de IA (Inteligencia Artificial). Contamos ya con diversas aplicaciones en toda nuestra cadena de valor, y otras tantas en vías de desarrollo/implementación.

9. ¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?

La empresa tiene una firme política de promoción de reciclaje y economía circular. Esto requiere en muchos casos el desarrollo local de empresas y contexto para su realización (sobre todo en zonas más alejadas de grandes centros urbanos donde no se cuenta con infraestructura ni servicios adecuados).

Como ejemplo puedo citar los canales de reciclaje de pilas y baterías, aceites minerales y vegetales, papel y cartón, chatarras férreas, plásticos, entre otros. Esto implica un enorme esfuerzo de segregación in situ, y gestión de canales de recolección y transporte diferenciados. Todo esto de la mano con programas de acción para la reducción de residuos generados en nuestras locaciones operativas.

Los residuos o subproductos que no pueden reciclarse o reutilizarse se disponen adecuadamente conforme a las regulaciones legales o las mejores prácticas internacionales.

10. En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?

Considerando que se requieren grandes inversiones iniciales y largos períodos operativas, es imprescindible contar con políticas de estabilidad, previsibilidad, promoción de la actividad y desarrollo de infraestructura crítica.

### A.2.3. Entrevista a Federico Van Zandweghe

1. ¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?

Es algo muy nuevo, le vemos futuro en bancos de batería para energía solar, ups y telecomunicaciones a nivel industria ya que contamos con conocimiento de diseño y ensamblaje de baterías.

2. ¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?

El boom en el mundo ayuda a que las empresas grandes quieran cambiar de tecnología o empezar a probar el funcionamiento.

3. Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?

Los desafíos van a ser instruir y capacitar a las empresas con esta nueva tecnología ya que hay mucha falta de conocimiento, y las demoras en los pedidos, ya que muchos de los equipos son traídos a pedido, es más complejo que las baterías de plomo para elegir cada modelo.

Y de oportunidades serían ver cada punto que esté instalado plomo, como hacer para cambiar de tecnología sin ser algo tan engorroso, ya que muchas veces los cargadores hay que cambiarlos, y/o no son compatibles algunos equipos como rectificadores o ups.

4. ¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?

La diferenciación va a ser el agregado de accesorios en los bancos, como por ejemplo, monitoreo a distancia, gps, equipos extintores dentro, etc.

5. ¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

Hacemos capacitaciones pero de baterías donde explicamos las diferentes tecnologías y sus diferentes usos, pero no capacitación exclusiva de litio, ya que son muchos los temas a tocar es muy difícil explicar todo en una sola capacitación, donde la gente se iría con más dudas que temas aclarados, en una batería de plomo ácido, tenes los componentes de la placa positiva, negativa, aislador y electrolito, en las baterías de litio tenemos todo lo mismo agregando la placa electrónica de control (bms) que controla todos los parámetros de la batería, y tiene sus protecciones, sensores de temperatura, donde un error grave puede ocasionar un incendio, entonces tenemos que tener muchos parámetros controlados para evitar esto, entonces terminamos teniendo mas electronica que otra cosa.

6. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?

La parte más compleja del litio justamente es una vez que llega al final de su vida útil, en China ya hay plantas recicladoras de litio, pero no se puede hacer una exportación de scrub, de material que ya no sirve, porque no quieren basura, y en Argentina no hay plantas recicladoras.

No hay una normativa que explique esto, hay un gris en la actualidad, la forma correcta de este momento es enviarlas a disposición final, que no sería lo ideal, pero es lo que se hace en la actualidad.

7. ¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?

No analizamos esto por fuera de la empresa, si vendemos energía solar para todo el país, pero no tenemos un cálculo de energía limpia vendida.

8. ¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?

En nuestro caso, nuestra empresa está totalmente desconectada de red, no consumimos energía de Edesur, contamos con más de 160 paneles solares, llegando a una generación pico instantánea de 55 kw, donde alimentamos todas las computadoras, ascensor, aires acondicionados, servidores, toda la operativa del día a día. Tenemos una app de la empresa de los inversores donde podemos ver todos los consumos de todos los días.

9. ¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?

No se puede reciclar en Argentina, todavía no hay ninguna planta de reciclado en Sudamérica, y muchas veces no se puede trasladar basura de provincia en provincia, entre países es más difícil.

10. En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?

Esto pasa a nivel importación, los costos de importación son muy altos, esto hace que todos los productos que se traigan al país tengan precios muchos más altos que en otros países, Ya las baterías de litio son más costosas que las baterías de plomo, esto hace que la diferencia sea mucho

mayor, en este caso el litio justo bajo bastante los valores, ya que los Chinos la estan explotando, y estan bajando los costos para poder ser más competitivos.

#### A.2.4. Entrevista a Bruno Zucchini

1. ¿Cómo describiría el rol que ocupa actualmente el litio dentro de la estrategia energética de la empresa?

Bueno, en nuestro caso, dado que somos una empresa de oil & gas yo creo que el litio es una oportunidad estratégica como para diversificar el negocio de la compañía, ya que el litio y su principal uso en baterías para autos eléctricos representa una gran amenaza a la demanda de la nafta y de todos los derivados del petróleo. Yo creo que es una forma de diversificar el negocio de la compañía y reducir el riesgo que podría traer esa innovación tecnológica.

2. ¿Qué factores considera que impulsaron el crecimiento del interés empresarial por el litio en los últimos años?

Yo creo que el fuerte impulso de la demanda del litio a nivel mundial, se da principalmente por el auge de las ventas de autos eléctricos en China, Europa y otras regiones, haciendo que el interés empresarial por el recurso crezca fuertemente alrededor del mundo. Dado que nosotros (Argentina) estamos en una zona con grandes recursos, el interés en esta área creció aún más en el último tiempo. Esto generó un gran aumento de demanda en nuestro país y en cuanto a la oferta, estamos probablemente en la región con mejor calidad de litio del mundo.

3. Desde su experiencia, ¿cuáles han sido los principales desafíos y oportunidades que encontraron al desarrollar proyectos de litio en el país?

En cuanto a oportunidades, estamos hablando de una industria que está en fuerte crecimiento, pasando de una industria inmadura a una madura y creo que el fuerte impulso de la demanda genera

que haya una necesidad de oferta que crece año a año generando esta oportunidad para hacer negocios. Por otro lado, en cuanto a desafíos, obviamente estamos pasando por unos años en los cuales el precio ha bajado fuertemente, debido, principalmente, por nueva oferta proveniente de China o África. Tratar de lanzar un proyecto en este contexto se hace difícil dado que la rentabilidad de este se ve amenazada por los bajos precios.

4. ¿Qué iniciativas o líneas de trabajo desarrolla la empresa en torno a la industrialización del litio, como el agregado de valor o la producción de baterías?

Nosotros tenemos una postura que creemos que la producción de baterías acá no tiene mucho sentido principalmente por dos razones. Una siendo que la demanda de esas baterías para autos eléctricos en la región no es muy grande y no lo va a ser por varios años más, y otra, por el lado de la fabricación de esas baterías, que la mayoría de los elementos necesarios nosotros no los producimos, solamente el litio y este es solo una pequeña parte de la batería. El resto de elementos habría que traerlos de otros lugares del mundo lo que resulta difícil y caro. Por lo que si decidimos producir baterías en esta región, seríamos muy poco competitivos económicamente hablando.

5. ¿Qué prácticas o programas implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

Respecto a la relación con las comunidades, nosotros en la empresa tenemos un sector que se encarga de las relaciones con la comunidad, no solo para la parte del litio, sino que también para la parte de oil & gas. Obviamente tratamos que la comunidades apoyen nuestro proyecto, porque creemos y consideramos que sin licencias sociales es prácticamente imposible poder hoy en día lanzar un proyecto. Por esto, tratamos de tener una relación activa con las comunidades, negociar con ellos que son las cosas que puedes ayudar, que les puede venir bien, darle oportunidades de trabajo dentro de los proyectos. Por ejemplo, hemos tenido un proyecto exploratorio en litio donde tuvimos que relacionarnos de forma muy cercana con la comunidad y esta tuvo participación activa

en el proyecto con puestos laborales y se les instaló internet a la comunidad. Nuestra relación es muy activa y siempre tratamos de que ellos apoyen y se sientan parte de los proyectos.

6. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan internamente?

Yo creo que principalmente son dos los impactos ambientales. La primera, respecto a lo visual, las piletas de evaporación que se usan hoy como método principal de extracción del litio, tienen un gran impacto visual de la región. También, debido a que la zona donde hay más presencia de litio es una zona por un lado turística y por otro lado con poca agua, el hecho de que haya que hacer uso de esta en la zona para poder extraer el litio es un punto de alta sensibilidad y hay que tratar con especial cuidado el uso de agua en los proyectos.

7. ¿Qué medidas o herramientas utilizan para monitorear aspectos como huella hídrica, consumo energético o emisiones?

A nivel empresa, yo creo que con el tema de emisiones, no estoy muy al tanto pero se que usan un software de medición de emisiones, pero eso principalmente para los proyectos de oil & gas. Para los del litio, como nosotros todavía estamos en desarrollo y no producimos, no medimos emisiones, ni huella hídrica. Sí hacemos algunas mediciones de recarga hídrica de la cuenca para saber qué niveles son sanos de extraer el litio sin dañar la cuenca. Más allá de eso, no utilizamos herramientas para hacer otro tipo de mediciones. En cuanto al consumo energético siempre tratamos de minimizarlo dentro de las posibilidades para hacer el proyecto más económico pero por sobretodo también se buscan alternativas para producir energía sustentable. Estamos analizando la posibilidad de usar un parque solar para abastecernos de energía junto con una batería para almacenarla y utilizarla durante la noche tratando de aprovechar el recurso del sol que esa zona es muy bueno.

8. ¿Qué innovaciones tecnológicas se han incorporado o se encuentran en evaluación para optimizar la eficiencia de los procesos y reducir su impacto ambiental?

Esto va un poco alineado a lo que mencioné recientemente. Estamos tratando de utilizar parques solares y baterías para poder alimentar energía a nuestro proceso, pero también estamos estudiando la posibilidad de hacer un proyecto de extracción mediante la tecnología que se llama DLE, extracción directa del litio, que tiene una eficiencia del proceso más grande y reduce el impacto visual al no requerir esa piletas de evaporación sino que es un proceso químico continuo que podría tener un impacto menor.

9. ¿Cómo se gestionan los residuos y subproductos derivados del litio, y qué avances existen hacia modelos de economía circular o reciclaje?

Sinceramente desconozco. En el proceso de producción del litio no estoy muy al tanto pero sí entiendo que hay un alto desarrollo de lo que es reciclaje de baterías para una vez que ese litio llega a formar parte de la batería, este pueda ser reciclado y poder aprovechar nuevamente el recurso sin necesidad de utilizar nuevo y seguir produciendo.

10. En su opinión, ¿qué condiciones o políticas públicas serían necesarias para consolidar un desarrollo sostenible del litio en Argentina?

Por un lado, siempre está el aspecto macroeconómico, tener predictibilidad es muy relevante para proyectos a largo plazo, 15/20 años. Por otro lado, propiamente en el negocio del litio, se necesita el apoyo de los gobiernos provinciales sobre todo en la relación con las comunidades para poder destrabar los proyectos y llegar a un punto en el que las comunidades locales estén de acuerdo con el proyecto y se sientan parte, pero también están abiertas a discutir y aprender sobre el tema, entender que no es cuco y no todo es malo sino que detrás hay una justificación sostenible del porqué del negocio y creo que el apoyo de los gobiernos provinciales en este tema es fundamental.

### A.2.5. Entrevista a Micaela Oroz

1. ¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?

Su relevancia en la transición energética tiene que ver con que el litio es un elemento fundamental para producir las baterías ion-litio. Estas tienen menos de un 5% de litio pero es lo que funciona como vector de energía, para poder almacenar esa energía y que las baterías sean muy livianas y transportables, ya que el principal desafío cuando hablamos de energías renovables es como las almacenamos y transportamos. No son como un litro de petróleo que lo llevas de un lado a otro, sino que se debe almacenar en algún tipo vector y ese es el rol que juega el litio que es para la producción de baterías.

Así como el litio juega un papel importante, existen otros tipos de baterías para este mismo uso. Hoy en día, se está hablando mucho del sodio también dentro de la transición energética. Yo creo que la relevancia que cobra el litio es que por el momento es la forma más eficiente de almacenamiento y transporte de energías limpias, que abarca las renovables. De todas formas, hay un problema aún que es que la tecnología está avanzando mucho, más de lo que avanzan nuestros debates en torno a la materia del litio así que va a quedar muy desactualizado el debate rápidamente. Si no aprovechamos la ventana de oportunidad de aproximadamente 10 años, vamos a haber pasado más tiempo debatiendo sobre el litio que realmente aprovechando el boom que está teniendo a nivel mundial. Es un recurso escaso, que está presente en muy pocos países y Argentina tiene uno de los yacimientos más grandes a nivel mundial y no solo de los más grandes sino de los más fáciles de explotar, ya que el litio está presente en salmuera o en roca. En roca es mucho más caro y en salmuera más barato y de rendimiento mucho más temprano también.

El interés global se debe a la reglamentación para el proceso de electrificación, de la electromovilidad sobre todo, que se va volviendo cada vez más exigente. El mercado está evolucionando hacia esta electromovilidad y de ahí el interés global del litio.

2. ¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?

No se muy bien cómo funcionan las baterías de sodio, es decir la parte técnica de cada batería no estoy muy al tanto. Igualmente, con el hidrógeno no se producen baterías, es una forma de separación de moléculas que hace que se genere energía, por lo que tiene una función distinta en la transición energética. El hidrógeno verde es muy bueno para la generación de energía in situ, por ejemplo tenes una planta de hidrógeno verde al lado de una fábrica y con eso la provees de energía pero justamente sigue siendo un problema el traslado de esa energía que se produce con el hidrógeno.

3. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?

Hoy en día lo veo mal gestionado. En Argentina el litio lo tenemos en salmuera, en el norte del país que son zonas desérticas y el litio es una actividad muy intensiva en el uso del agua. Sumado a que son regiones que ya de por sí tienen un estrés hídrico. Si bien para todo el proceso de la producción del litio, que implica inundar piletones de salmuera con agua, dejar que eso evapore y pase por distintas etapas hasta que tenes el litio en si, se usa agua salada, existe un impacto. Esta agua la sacan de zonas subterráneas de donde se produce el litio, porque eso es lo que se tiene que evaporar. Por esto hay riesgo de afectar piletones de agua dulce que están subterráneos. Si estás infectado una reserva de agua dulce con agua salada, deja de ser potable. Así que, primero el riesgo de afectación de agua potable y después son muy extensas las plantas de extracción del litio, osea ocupan mucho espacio dentro de zonas tradicionalmente de comunidades originarias. También genera desplazamiento de la fauna que vive en esa zona. Así que es más que nada el impacto que puede generar en la flora y fauna autóctonas y el conflicto con las comunidades locales.

Es muy importante que se cumplan las evaluaciones de impacto ambiental que forman parte de una ley que tenemos. No siempre se cumple, hay mucho en torno a la articulación con las provincias y de un seguimiento de que se hagan efectivamente las evaluaciones y con qué estándares. Pasa mucho que las empresas que vienen a explotar litio en argentina, tienen casa matriz en países que tienen requisitos más exigentes que nosotros, así que muchos sí lo hacen.

El litio es un tipo de explotación a la que muchas veces se oponen más desde lugares donde no se está haciendo que en los que sí. Aunque el impacto ambiental existe porque es una actividad extractiva minera, pero lo que tienen las mineras en la región cuyana es que muchas veces ocupan el rol del estado y termina generando mucho dinamismo económico en la zona. Por lo que para mí, hay que indagar mucho en el cómo se está interactuando con las comunidades en esa zona

4. ¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?

No, en las empresas hoy en día no tengo información de prácticas o tecnologías nuevas que estén implementando. Estuve escuchando sobre nuevos métodos de extracción pero no estoy tan introducida en el tema.

5. ¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?

Yo creo que el país tiene que diversificar su matriz productiva y el litio tiene que ser una parte de esa diversificación pero no puede ser solamente el litio. Lo que me parece que nos da una buena excusa, el litio, es para pensar cómo podemos ampliar la cadena de valor, complejizar la cadena de valor de un producto que vamos a exportar. Nosotros tenemos una economía muy primarizada, exportamos barriles de petróleo y granos y después importamos los productos ya industrializados.

Con el litio se da que tenemos más de 40 centros de investigación trabajando sobre esto desde diferentes ópticas y tenemos un ecosistema de innovación y desarrollo super amplio, así que para mí hay una oportunidad muy contundente acá de generar valor. Tomar litio y capaz no producir las baterías en su totalidad porque el proceso de producción de las baterías de ion.litio es súper complejo y ningún país produce al 100% las baterías, pero de repente no exportar solamente el carbonato de litio que igual de por sí ya es un producto industrializado, no es lo que sacas del piletone sino que requiere de un proceso para obtener el carbonato de litio que es lo que se exporta pero por ejemplo producir celdas para las baterías. El tema se centra en cómo podemos agregar valor en la cadena productiva y cómo podemos integrarlo a la producción con innovación y desarrollo. Esto también

genera que el sistema científico no solamente produzca conocimiento, sino que también se vuelva productivo.

Me parece que es una buena oportunidad adicionalmente para el desarrollo local. Como las empresas mineras ocupan un rol tan predominante en sus zonas, en caso de articularse correctamente con las provincias, se puede impulsar que los proveedores de todo lo que implica una minera como su construcción, la comida, limpieza, barrido, etc., sean locales, gente de la zona. Todo esto genera empleo y lo derrama dentro de la localidad. Por ejemplo, que haya una regulación que obligue al desarrollo de proveedores locales, es una gran forma que una actividad extractiva pueda generar un impacto positivo.

6. ¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

No tengo información directa sobre las prácticas o programas específicos que implementan las empresas para trabajar con las comunidades locales, ya que mi enfoque es más general y está orientado a lo normativo y macro, no tanto a la gestión interna de las compañías. Sin embargo, sé que existen iniciativas de este tipo, aunque no podría detallar cómo se aplican ni con qué resultados concretos.

7. ¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?

La única forma que tenemos para desarrollar el litio es mediante la articulación pública y privada. El mundo científico tecnológico no existe sin el estado y los programas de fomento, sin la universidad pública y el sistema tecnológico que tenemos a nivel nacional, pero el Estado no puede cubrir todos los roles y estamos hablando algo que queremos que genere rendimiento económico. Tenemos que encontrar la forma de que las empresas vean el valor de invertir en el desarrollo de las tecnologías aca. Incluso incorporándose a industrias tradicionales, encontrar la vuelta de que la innovación no sea vista como una amenaza a las actividades tradicionales como lo agro sino como un potenciador y poder generar ese valor agregado a la cadena como ya mencione y en otras producciones agrarias también.

8. ¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el marco regulatorio actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?

En materia de desarrollo tecnológico, somos uno de los polos tecnológicos mundiales en lo que es biotecnología. Yo creo que Argentina no tiene nada que envidiarle a ningún país europeo ni Estados Unidos, de hecho vienen a buscar nuestras tecnologías. A nivel de incorporación de esas tecnologías dentro de los procesos industriales, todavía hay un desfase y una falta de comunicación. Entonces ahí es donde el Estado tiene que ser un buen articular entre lo privado y la comunidad científica. Me parece que ese rol titular lo tiene que ocupar el estado o la universidades y así facilitar el diálogo.

En cuanto al litio, necesitamos también que las regulaciones obliguen a las empresas a no traer las cosas de afuera sino que buscarlas acá. Hoy en día tenemos lo que es el RIGI, el régimen de incentivos a las grandes inversiones, que les da a las empresas unos beneficios impositivos a 30 años que son insólitos y que ningún país tiene este tipo de incentivos. Esto genera aún más desconfianza porque es más laxo de lo que efectivamente piden las empresas, es insostenible y no garantiza sostenibilidad entre gobiernos. Además, les da prioridad por sobre el consumo interno y prioridad en cuanto al agua en zonas con estrés hídrico. Para mí el RIGI, es una gran problema y no entiendo cómo eso va a generar un impacto positivo en la economía argentina y es un programa pensado específicamente para minería, por lo que lo encuentro muy problemático. En estos tipo de contratos hay muy poco seguimiento igualmente sigue un poco la línea de la ley de inversiones mientras actualmente. Teniendo un contrato a 30 años inevitablemente vas a terminar siendo ineficiente. A diferencia de Chile por ejemplo, nosotros no tenemos esa tradición de explotación minera y por eso lo estamos haciendo muy mal.

9. ¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?

Tenemos que tener reglamentos así como los tiene la Unión Europea para el control y gestión de los residuos. Es un gran problema el qué hacer con las baterías residuales porque no se reciclan. Lo primero y principal que necesitamos es la reglamentación, que la hay pero con un buen control de

su aplicación. También veo en la gestión de los residuos una oportunidad de dinamismo de la economía local.

10. Finalmente, ¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?

Yo creo que con el litio, especialmente relacionado con la transición energética, Argentina no va a poder producir baterías por su cuenta y menos sin un mercado donde venderlas. La respuesta que me es intuitiva es pensar que tenemos que generar un mercado de litio regional. Tenemos a Brasil que no solamente es una gran productora automotriz sino que es un mercado enorme de producción y consumo automotriz. Nosotros efectivamente también producimos auto partes acá. Generemos algún tipo de incentivo para la integración regional y creemos un micro mercado relacionado con la electromovilidad. Me parece que es una gran oportunidad de integración regional. Para eso necesitamos percibirnos como región y tener tratados como la Unión Europea y Asia. La transición energética y en particular la industria automotriz, para mí es una re palanca para la cooperación regional en América Latina.

#### **A.2.6. Entrevista a Cecilia Domínguez**

1. ¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?

El rol del litio es, básicamente, su capacidad de almacenar energía. Eso es lo distintivo que tiene frente a otros elementos. La capacidad de almacenar en función del poco peso que tiene. En una misma unidad de volumen, almacenas mucha más energía. Entonces, esto es lo que lo hace distintivo. No lo hace único. El sodio también puede almacenar energía con un mayor peso. Entonces, todo lo que tiene que ver con la electromovilidad, el peso o el volumen de lo que estás poniendo en las baterías, impacta mucho porque estás moviéndote. Si quieres una batería estacionaria, la verdad que es lo mismo. Si dispones de líquido o de sodio, salvo el volumen que tengas que ocupar. Pero si no tienes una restricción de espacio o de peso, el sodio podría ser una variable también interesante. Ya hoy hay países que han avanzado en tecnologías de baterías de sodio, que pusieron un poco en jaque el comercio de litio. No sé cuánto habrá de cierto ni cuánto se irá a desarrollar estas tecnologías. Pero

cuando el precio del litio se disparó en su momento, empezaron a aparecer alternativas de uso de otros elementos, como por ejemplo el sodio, para hacer baterías. Y en algún momento alguna publicación hemos leído en la prensa de que China había puesto a volar un avión con baterías de sodio, con lo cual ya estaba muerto el litio, por decirlo así. Por supuesto no es el fin del litio, pero tampoco es la estrella, tampoco es el elemento que no se puede reemplazar por otro. Entonces la oportunidad que tiene hoy el mercado del mundo, a través de las transiciones energéticas, de comenzar a utilizar más electromovilidad, depender menos de combustibles fósiles, en ese contexto el litio tiene un espacio interesante. No es exclusivo, no somos la última coca-cola del desierto, pero sí tiene un futuro prometedor.

2. ¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?

El hidrógeno está todavía como en una escala de desarrollo más temprana. Cuando uno habla con expertos en energía, dicen que el futuro es el hidrógeno. Tendremos que ver eso qué pasa, no es mi materia, no hago investigación sobre el hidrógeno, pero sí sé que está todavía en pasos de prototipos. Nos han presentado en alguna oportunidad un proyecto de almacenamiento de energías y de un mix de energías con hidrógeno. La verdad que no es con ninguna compañía que lo haya probado, ni siquiera en una escala piloto. Pero bueno, es un vector que se seguirá desarrollando y se seguirá estudiando, seguramente. Como ya menciones también existen otras alternativas como el sodio, que si bien presenta mayor peso, puede ser eficiente para baterías estacionarias donde el espacio no es un limitante. Pero acá creo que el litio tiene un lugar que no. O sea, si bien compite, pero uno se imagina este escenario de transiciones energéticas donde va a haber un mix de soluciones, no va a haber soluciones absolutas. Y creo que tampoco ningún gobierno, tampoco sería sano que se vuelque todo hacia un solo elemento, hacia una sola forma. Entendemos que la forma inteligente será ir construyendo estas baterías de energía. Por eso siempre hablamos de transiciones energéticas porque hay varios caminos y varias opciones que te pueden ir armando el mix que te genere seguridad en el futuro. En términos de tu abastecimiento, en términos de estabilidad en la energía. O sea, que hay varias variables que puedo tener un poco de acá, un poco de allá y con esto armo algo que me va a tape frente a cualquier circunstancia.

3. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?

El impacto ambiental de la extracción del litio, tiene que ver principalmente con la extracción de la salmuera, que es el mineral que se está extrayendo en la Argentina. El litio, ustedes habrán investigado que lo puedes extraer de rocas, que es una minería más tradicional, donde se hace una voladura, se fractura la roca y se extrae de ahí, o disuelto en salmueras, o disuelto en otros fluidos, acompañando pozos de petróleo, pozos geotérmicos. Han ido encontrando varias fuentes donde se puede separar litio. En el caso de Argentina, el litio en salmueras tiene la ventaja de que tiene un costo de extracción significativamente menor al costo de extracción del litio de roca. Entonces, esto hace que uno pueda operar con mejores márgenes de precio. Si el precio de tu metal, de tu producto, se evalúa con un costo de producción más bajo, te da margen para sobrevivir, de alguna manera, con tu emprendimiento. Y eso ha sido como el gran atractivo de las salmueras de litio. El impacto que tiene, principalmente, es que vos estás extrayendo un fluido que no es agua. Es de base acuosa, pero es un fluido que es una solución que tiene una alta concentración de sales. No tiene ningún uso económico o que te sirva para otra cosa, esas salmueras. No es que uno extrae algo que le puede dar un uso distinto. Los métodos de litio hoy, de extracción de ente tradicional, se bombeaban esas salmueras del subsuelo, sacaban la salmuera a superficie, evaporan en piletas, después por un proceso físico-químico, van extrayendo y separando el litio hasta obtener este litio grado batería, que es el litio que se pone, así como salen acá, lo podrían estar poniendo ya en las baterías eléctricas. Pero bueno, acá tenés que hacer una gestión del uso de tu cuenca, porque estás extrayendo una masa de líquido de solución grande. En la extracción directa, que es la nueva tecnología que se está estudiando en litio, ya hay una mina en Argentina que la usa hace varios años, y otra nueva que acaba de abrir su planta que es 100% extracción directa, las salmueras de litio se bombean, se extraen, se separa solamente el litio, y esa salmuera empobrecida o salmuera sin litio se vuelve a inyectar en el sistema. Podríamos presumir que el impacto ambiental en este sentido va a ser menor, el tema es que estás re-inyectando la solución en un lugar distinto de donde la tomaste, porque si no estarías diluyendo la salmuera que querés concentrar. Entonces ahí se genera algún cambio, un impacto en el sistema, lo tenés que generar, sino no lo puedes extraer. Pero son cuestiones que son manejables, son

medibles, y sobre todo hay mucho diseño que está basado en la mitigación de riesgos. Cada mina es particular y es distinta, pero hay todo un desarrollo de ingeniería puesto en función de que esto sea sostenible en el tiempo. Ninguna compañía quiere invertir en una planta, en la cuna, a 4.000 metros de altura, y después quedarse sin recursos. Todos están hablando de recursos por más de 30 años.

4. ¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?

El DLE, sobre todo esto te reduce el tiempo, la tecnología de extracción directa. Vos en las piruetas de evaporación tenés tiempos que pueden ir de 18 meses a 24 y tenés mucha variable climática, ¿sabes? El sistema principal de evaporación es o el viento o el sol, principalmente el viento, pero si te llueve, si no hay tanto viento, tus procesos se ralentizan. Se vuelven más lentos. Entonces, en la extracción directa, bueno, de alguna manera despejás de la ecuación las variables climáticas y además es casi inmediato, ¿no? Claro. Argentina tiene una mina en Catamarca que ya está haciendo extracción directa, que comenzó su operación con evaporación y ya hace unos años que está desarrollando de manera de extracción directa litio en parte de su operación, y después tienen en Salta una mina que acaba de abrir 100% de extracción directa.

5. ¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?

Nosotros, cuando hablamos de este punto en particular, lo que entendemos es que el potencial que tiene Argentina es desarrollar en su cadena industrial la proveeduría de bienes y servicios para la extracción de litio. Entendemos que ahí, por lo menos desde nuestro lugar, que somos mineros, representamos a empresas mineras, lo que hacemos es minería, es la parte de la extracción. No fabricamos autos, no tenemos expertise ni incumbencia en esa parte, pero lo que sí entendemos desde nuestro lugar y desde lo que nos toca gestionar es que si Argentina logra desarrollar una matriz de proveeduría de bienes y servicios competitiva, también es una matriz que sea exportable. Hay países en el mundo, como después pueden buscar un poco el caso de Australia, que ha hecho una inversión muy grande en desarrollar patentes y en desarrollar bienes y servicios para la industria minera, que

hoy son el principal exportador del mundo de servicios, y han llegado a tener en algún momento de su historia valores similares de exportación de minerales que de servicios. Realmente es una industria en sí misma la de bienes y servicios para la minería y es altamente de base tecnológica. Entonces, Argentina debe enfocarse de la misma manera que lo hace con el sistema agroindustrial, en el sistema minero. Aquí está la clave en esto, en la integración en la matriz industrial del país desde ese lugar.

6. ¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

Bueno, el tema de la inclusión laboral, la realidad es que es algo que la industria logró resolver rápidamente. Hoy, las comunidades alrededor del litio son comunidades donde hay pleno empleo. No hay falta de trabajo, quizás uno pueda escuchar alguna noticia o algún conflicto puntual, pero la realidad, a modo genérico, es que hay pleno empleo. La minería de litio tiene algo, la minería en general tiene una característica particular, que cuando vos entras a construir un proyecto, requerís de manera intensiva, durante dos o tres años, un montón de recursos, desde mano de obra, de materiales de construcción. O sea, movilizás de todo, porque estás llevando a donde no hay nada, montando una fábrica industrial, llevando luz, llevando gas, llevando agua, desde el asfalto para hacer una vereda, hasta todo. Entonces, durante la etapa de construcción se genera un movimiento muy grande de gente, y de recursos en general, que durante la operación eso baja. Entonces, en general, cuando uno ve esos conflictos, por trabajo particularmente, tienen que ser asociados a estos periodos. Se acaba la construcción, empieza a operar la compañía, y quizás tenías 3.000 personas trabajando y quedan 700, de manera directa, abocadas directamente al proyecto. Entonces, esto es lo que nosotros solemos ver como picos de la prensa y de conflictos, que se terminan resolviendo siempre por negociaciones. Pero bueno, sabemos que eso es parte, las compañías saben que el empleado sabe que va a trabajar para la construcción de una mina, que le va a durar dos años el contrato, pero por supuesto después se va a quejar y va a intentar reclamar algo más. Entonces, es parte del conflicto cuando se maneja. Pero en términos de empleo, no es hoy un problema. Si las provincias mineras tienen bastante restrictivo el tema del empleo local, hay mucha legislación provincial que hace a esto de contratar personas de las provincias donde operan las compañías. Desde nuestro punto de vista es bastante complejo el escenario, porque vos podés obligar a alguien a vivir, a

estar en la provincia, pero si después trabaja en un régimen de 7x7 y a los 7 días de descanso se quiere ir a otro lado, no lo podés obligar a vivir ahí. Vive en Tucumán y se va a ir a Tucumán. Entonces, es un poco engañoso, pero bueno, es la política también. Existen estas restricciones. Al margen de esto, a las compañías les interesa que la gente viva cerca, porque los costos de traslado también son cada vez más altos. Se ha hecho muchísima inversión en formación de personas, de capacitaciones y formación para el trabajo. Entrando en situaciones de alfabetización, porque la realidad es que en estas comunidades alrededor del litio el nivel de alfabetización con el que se encontraron las compañías al llegar fue bastante precario, entonces hubo que hacer un catch up ahí bastante fuerte en términos de poder formarlos en un oficio o en una tarea especial para trabajar en la empresa. Pero hoy tenés compañías que ya están operando y produciendo en Jujuy que el 30% de su dotación total son de comunidades indígenas de alrededor, con lo cual ha habido una inserción en los programas funcionando, digamos. Igual es un esfuerzo permanente. Pero las prácticas que usaron o que desarrollaron dieron resultado. Y en términos de acercamiento comunitario, el sector minero ha hecho muchas cuestas en este camino, sobre todo en Argentina particularmente después del caso de la mina de oro de Esquel. Ustedes son muy jóvenes, pero allá por el 2000 los mineros sufrieron un arrebato de credibilidad, hubo un conflicto muy grande en Esquel sobre un proyecto de oro muy mal manejado por el sector privado, por las empresas, que generó una escalada que terminó en una ley antiminera en la provincia y después una ley antiminera en varias provincias más de Argentina. Y básicamente el conflicto se originó por falta de comunicación y de mecanismos de relacionamiento efectivo con la comunidad de Esquel en ese caso. A partir de ahí se desarrollaron una serie de estándares y protocolos para el acercamiento comunitario. Hoy normalmente, en ese momento, la primera persona que llegaba a un lugar a explorar, a ver si había una zona de interés o no, era un geólogo. Sí, yo vengo de la universidad, no me importa. Vengo a hacer lo mío. Estoy buscando la falla, la alteración que yo vi, el satelital, el punto. Necesito llegar hasta el punto de pasar una muestra. Todo el resto era decorado. Y la realidad es que hoy ese geólogo va con un sociólogo. No hay margen para arrancar con el pie izquierdo. Con lo cual eso es algo que la industria ya internalizó. Hay mucho protocolo de acercamiento comunitario, muchos estándares y buenas prácticas al respecto. Más en zonas de comunidades indígenas. Argentina además tiene una ley de consulta previa libre con los indígenas. Con lo cual hay todo un mecanismo de formalidad, de cómo acercarse y cómo llevar adelante estas intervenciones. Está bastante puatado y regulado. Hay estándares como

IRMA o TSM, que los pueden googlear. Hay un estándar consolidado que está ahora avanzando también a nivel internacional. Y todos tienen un capítulo específico para acercamiento comunitario, y dentro de ese capítulo, abordando particularmente la relación con comunidades indígenas.

7. ¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?

A ver, la vinculación con ambos sectores, con el sector científico-tecnológico y con los gobiernos, es clave porque es la única manera que las empresas tienen para llegar a tener credibilidad de alguna forma. La compañía en sí misma es una empresa que va a buscar su ganancia, su negocio. Entonces, en industrias tan sensibles como esta, necesitas una presencia, una participación del Estado presente, que la persona de la comunidad sienta que hay alguien que lo está respaldando, que no es una compañía que va a avasallar o va a ir a buscar sus recursos y después levantar campamento e irse. Esto la industria lo sabe, las gestiones, incluso gestiones de fortalecimiento institucional para las provincias que hacen las compañías también es importante, no es un tema menor, porque muchas de estas provincias son nuevas en minería. Si bien hay algunas como Jujuy, que tiene una tradición minera de más de 100 años, continúa, hay muchas otras, tampoco fue nunca con el volumen que hay hoy, de minería, y muchas otras que aprendieron a ser mineras de las manos del interés de las compañías. Sabían que tenían esos recursos y ahí hubo un trabajo todavía de fortalecimiento institucional muy grande. Y es difícil eso, porque ¿cómo haces para apoyar al Estado con recursos para que te pueda controlar a vos? Siempre hay un tira y afloje complejo, pero bueno, que se ha ido desarrollando, que se han encontrado casos de equilibrio, la verdad que bastante sanos, y es una construcción permanente. Y con el sistema científico y tecnológico, lo que sí vemos hoy es que por la coyuntura del país, el sector empezó a mirar al sector industrial en general, como aliado. Hasta hace un par de años atrás, el sistema de CONICET y toda la red, la realidad es que respecto a la actividad minera, tenía una posición ideológica de base bastante encontrada con el sector empresario minero, y no había muchas posibilidades de dialogar o de generar espacios de trabajo. Hoy, por suerte para nosotros, eso cambió y la verdad es que tenemos una ventana que tenemos que tratar de aprovechar. Sabemos que el sistema es robusto, porque si se les plantean a ellos los problemas a resolver desde

los desafíos tecnológicos, hay un sistema científico que va a poder aportar mucho a esto. Ojalá podamos articularlo.

8. ¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el marco regulatorio actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?

La evaluación siempre la corremos de atrás con países como China, principalmente. China hoy fabrica litio metálico, lo cual pone a volar aviones con baterías de sodio. Esta película del desarrollo tecnológico sobre el litio la estamos corriendo de atrás todos los países, menos China. China va picando en punta muy lejos. La extracción directa de litio, ya la tienen en producción hace un montón de tiempo, en estudio. La realidad es que China ha entendido por dónde venía el negocio de la demanda energética, primero que todos, y logró poner, también por su sistema político, porque China, por el tamaño que tiene, distintos factores, logró poner esto en funcionamiento y logró tener resultados muy rápidamente. Entonces, nosotros como país, la realidad es que estamos lejos de estar a la vanguardia de esto. Tenemos que correr la carrera empezando muy atrás. Pero bueno, es parte del contexto global.

9. ¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?

La extracción de litio por evaporación genera muchas sales de descarte. Cuando vas concentrando esta salmuera vas teniendo, para poder llegar a tener el litio, vas generando mucho descarte de sales que no son tóxicas, pero bueno, son montañas de sales de alguna manera. Entonces esto va modificando el paisaje. Pensá que vos tenés el plató de la llanura del salar y estás como acumulando por encima capas de sal, que es de la misma sal que viene de abajo, o sea, no hay un factor distinto. Si uno estrictamente en términos ambientales, así, no estás modificando la composición, salvo sacando el litio, pero genera un impacto visual importante. Y ahí habría que ver y también invertir en, ese es el otro punto del tema tecnológico, en ver cómo esto se puede generar

valor en estos subproductos antes de poder ponerlos a disposición de residuos. Hay muchas experiencias en otras partes de la industria donde parte de estos subproductos se les encuentra en una vuelta de rosca con la tecnología para generar una actividad económica para las comunidades independientes de la mina. Entonces acá cuando nosotros hablamos de minería, uno de los principales problemas o las primeras preguntas con las que nos enfrentamos cuando llegamos a un lugar antes de abrir una mina, es ¿qué va a pasar cuando te vayas? Pues todavía no llegué, tengo que contar qué voy a hacer cuando me voy. Te suena ilógico y el sector también se resistió mucho tiempo a responder esa pregunta, pero la realidad es que se la hacen siempre. Entonces, los protocolos de cierre de mina de las compañías empezaron a tener que estar disponibles desde etapas muy tempranas de la discusión, porque la gente quiere saber qué va a pasar el día que te vayas, aunque ese día sea dentro de 40 años, también le voy a dejar a mis hijos, a mis nietos, etc. Entonces, quizás esta pregunta habrá que terminar de invertir en investigación y desarrollo, pero quizás parte de los descartes que salen de las minas de litio, si pudiesen usarse con algún desarrollo para materiales de construcción, para algún producto farmacéutico, etc., podría empezar a generarse también un círculo virtuoso en esta relación y entrar también un poco en el sentido de la economía circular. Entonces, ahí hay como un terreno para explorar.

10. Finalmente, ¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?

La ventaja que tiene Argentina hoy con su producto de litio es que es de bajo costo. Entonces ahí, para poder ser competitivos a nivel internacional, tenemos una ventana ya de base. ¿Qué necesita la industria del litio para poder desarrollarse y sostenerse? Es infraestructura, que ahí no tiene. Cuando una empresa minera, o sea, la minería se desarrolla principalmente por capitales internacionales. Incluso hay empresas argentinas que son propietarias de yacimientos mineros de litio, que a la hora de desarrollarlos buscan partners afuera. No hay ninguna que termina. La única que fue el Grupo Techint, pero no avanzó con su desarrollo. Pero el resto de las compañías argentinas que tienen propiedades mineras, o las comercializaron posteriormente al haberlas descubierto, o se asociaron con otros para que pongan el capital para desarrollarlos. Es una industria que es muy intensiva en capital en los primeros años de construcción. En toda la etapa de riesgo de la

explotación, una vez que se encuentra mineral, la construís, y tenés que poner en los primeros, quizás, 10 años, todo el capital así entero, y después ir recuperándolo a 20, 30 años. Y vos decís, esto es un negocio que en un modelo económico, o sea, en una sociedad como la de Argentina, es difícil de imaginar. El desafío que tiene Argentina ahí es ver cómo garantiza, cómo se generan reglas claras y se cumplen para que las inversiones que están pensando en el largo plazo puedan venir.

### A.2.7. Entrevista a Augusto Aquiles Gonçalves

1. ¿Cómo percibe la evolución del interés global y local por el litio, y qué factores considera que explican su creciente relevancia dentro de la transición energética?

En los últimos años se ha evidenciado un marcado aumento del interés global y local por el litio, impulsado principalmente por la transición energética y la expansión de la industria de baterías para vehículos eléctricos. Dicho auge responde a la necesidad de diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, lo que posiciona al litio como un recurso estratégico para el desarrollo sostenible.

2. ¿Qué ventajas y limitaciones identifica en el litio en comparación con otras alternativas sostenibles, como el hidrógeno o el sodio, en términos de disponibilidad, eficiencia y sustentabilidad?

El litio presenta ventajas notables frente a otras alternativas como el hidrógeno o el sodio, especialmente en términos de madurez tecnológica y disponibilidad de infraestructura. No obstante, su extracción es más intensiva en agua y genera mayores desafíos ambientales. Mientras que el hidrógeno o el sodio pueden ofrecer mayor abundancia y menor impacto, el litio sigue siendo hoy la opción más eficiente y escalable para el almacenamiento energético.

3. ¿Cuáles considera que son los principales impactos ambientales asociados a la extracción o procesamiento del litio, y cómo los gestionan?

Los principales impactos ambientales asociados al litio se relacionan con el uso intensivo de agua en salares y la alteración de ecosistemas frágiles. En nuestra empresa, estos riesgos se gestionan

mediante estudios de impacto ambiental exhaustivos, monitoreos permanentes y la adopción de tecnologías de extracción directa que optimizan el uso de recursos hídricos y minimizan la huella ambiental.

4. ¿Qué otras prácticas o tecnologías adoptan en la actualidad las empresas del sector para optimizar el proceso de extracción del litio y reducir su impacto ambiental?

Actualmente, el sector está incorporando prácticas innovadoras como la extracción directa de litio (DLE), el uso de energías renovables en los procesos productivos y sistemas de recirculación de agua. Estas tecnologías no solo aumentan la eficiencia operativa, sino que también permiten cumplir con estándares ambientales más exigentes, alineando la producción con criterios de sostenibilidad internacional.

5. ¿De qué manera considera que el litio puede integrarse en los procesos productivos industriales del país, y qué beneficios económicos o estratégicos podrían derivarse de ello?

El litio puede integrarse en la cadena industrial argentina mediante el desarrollo de capacidades locales en refinación, celdas de batería y almacenamiento energético. Esto permitiría agregar valor dentro del país, generar empleo calificado y consolidar a Argentina como un actor relevante en la transición energética global, combinando desarrollo económico y soberanía tecnológica-industrial. Además, el desarrollo de industrias en torno a la minería representa una oportunidad para reducir la dependencia de las importaciones y fortalecer la producción nacional, ya que un proyecto minero requiere múltiples bienes, servicios e insumos que, al fabricarse localmente, multiplican su impacto económico.

6. ¿Qué prácticas o programas se implementan para fortalecer la relación con las comunidades locales y promover la inclusión laboral en las zonas de influencia?

Para fortalecer el vínculo con las comunidades locales, se promueven programas de capacitación, empleo local y diálogo permanente. En nuestra empresa fomentamos la contratación de

mano de obra de la zona, el apoyo a emprendedores locales y proyectos de infraestructura comunitaria, buscando un desarrollo inclusivo y sostenido en los territorios y el cumplimiento de estándares. Concretamente realizamos capacitaciones para la comunidad de Fiambalá (pueblo donde opera la planta) y actividades de vinculación cultural y promoción de la minería sostenible.

7. ¿Qué rol considera que debería tener la articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico para potenciar el desarrollo sostenible del litio?

La articulación entre el sector público, privado y el sistema científico-tecnológico es clave para construir una política de Estado en torno al litio. Esta cooperación puede generar innovación, promover estándares ambientales comunes y garantizar que el desarrollo del recurso se traduzca en beneficios sociales y económicos duraderos.

8. ¿Cómo evalúa el grado de avance del país en materia de innovación y desarrollo tecnológico vinculados al aprovechamiento del litio, y de qué manera considera que el marco regulatorio actual influye (positiva o negativamente) en ese proceso?

Argentina ha avanzado en materia de innovación, pero aún enfrenta desafíos en la transferencia tecnológica y la coordinación institucional. El marco regulatorio actual ofrece estabilidad para la inversión, aunque requiere modernizarse para incentivar el desarrollo de etapas industriales posteriores al mineral, fomentando la investigación aplicada y la agregación de valor local.

9. ¿Qué desafíos observa en la gestión de residuos o subproductos derivados del litio, y qué estrategias podrían contribuir a una mayor sostenibilidad del ciclo productivo?

La gestión de residuos del litio plantea desafíos asociados al tratamiento de salmueras residuales y materiales procesados. Las estrategias más efectivas incluyen la reutilización de subproductos, la mejora de la eficiencia en los circuitos de recuperación y el impulso de normativas específicas que promuevan una economía circular dentro del sector minero.

10. Finalmente, ¿Qué oportunidades observa para que Argentina combine el desarrollo económico del litio con la protección ambiental y una mayor competitividad internacional?

Argentina tiene una oportunidad única de combinar la riqueza de su litio con políticas de protección ambiental y desarrollo industrial. Apostar por una producción responsable, una mayor inversión en tecnología y una inserción internacional basada en la sostenibilidad permitirá al país posicionarse como líder en la transición energética global sin comprometer sus recursos naturales.

### **Anexo 3: Encuesta vía Google Forms**

#### 1. Edad

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 65 o más

#### 2. Género

- Mujer
- Hombre
- Otro

#### 3. Nivel educativo alcanzado

- Primario en curso/completo
- Secundario en curso/completo
- Terciario/Universitario en curso/completo
- Posgrado en curso/completo

4. Actividad principal

- Estudio
- Trabajo
- Estudio y Trabajo
- Otro

5. Lugar de residencia

- CABA
- Gran Buenos Aires
- Otro

6. ¿Con qué frecuencia usa dispositivos con batería (celular, notebook, auriculares, smartwatch, herramientas, etc.)?

- Todos los días
- Varias veces por semana
- Una vez por semana o menos
- Casi nunca

7. En los últimos 12 meses, ¿tuvo que descartar pilas o baterías recargables?

- Si
- No
- No recuerdo

8. Sé qué es el litio y para qué se usa.

- Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo

9. Sé cómo se deberían descartar las pilas y baterías usadas.

- Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo

10. Desechar pilas o baterías con la basura común contamina el ambiente
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
11. Es importante gestionar correctamente el ciclo de vida del litio para cuidar el medioambiente.
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
12. Me preocupa el impacto ambiental del descarte inadecuado de pilas y baterías.
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
13. Con información clara, estaría dispuesto/a a cambiar mis hábitos de descarte.
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
14. Las empresas deberían ofrecer programas de recolección de pilas y baterías usadas.
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
15. El Estado debería facilitar puntos de desecho accesibles.
  - Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo
  
16. ¿Qué hizo la última vez que tuvo que descartar pilas o una batería chica (por ejemplo, de celular o auriculares)?
  - La tiré con la basura común
  - La guardé sin tirar
  - La llevé a un punto de recolección
  - La entregué en un comercio que recibe pilas o baterías
  - No recuerdo
  
17. ¿Tiene actualmente pilas o baterías usadas guardadas en su casa?
  - Sí, muchas
  - Sí, pocas
  - No

- No sé

18. ¿Ha visto puntos de recolección de pilas o baterías cerca de su casa, trabajo o estudio?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a

19. Si tuviera cerca un punto de recolección, llevaría sus pilas o baterías usadas.

- Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo

20. ¿Cuáles considera las principales dificultades para descartar pilas o baterías correctamente?

- No sé dónde llevarlas
- No sé cómo prepararlas
- Me queda lejos / No tengo tiempo
- Desconfío que realmente se reciclen
- Falta de información

21. ¿De dónde obtiene (o obtendría) información confiable sobre descarte o reciclaje de pilas y baterías?

- Municipalidad / Gobierno local
- Sitios web oficiales / Campañas públicas
- Comercios de electrónica / telefonía
- Escuela / Universidad
- Redes sociales / Influencers
- Medios tradicionales (TV, Radio, Diario)
- Familia / Amigos
- Fabricantes / Marcas
- Otro

22. ¿Le interesaría recibir un instructivo simple (checklist) para descartar pilas o baterías de forma segura?

- Sí
- No
- Tal vez