

VOL. 3

SEPTIEMBRE 2024

# PERSPECTIVA NATURALEZA

DESAFÍOS CLIMÁTICOS E  
INFLUENCIAS DE LA INDUSTRIA  
MINERA Y SU IMPACTO EN LA  
ABUNDANCIA DE FLAMENCOS EN  
EL SALAR DE ATACAMA

# ÍNDICE

Sobre	
GEM.....	3
Editorial.....	4
Introducción.....	5
Antecedentes.....	7
Metodología.....	9
Resultados.....	11
Discusión.....	16
Conclusiones.....	18
Bibliografía.....	19
Contacto.....	20



# SOBRE GEM

Somos una empresa de Ingeniería Industrial especializada en brindar apoyo a la industria minera en asuntos relacionados con gestión y economía. Nuestra experiencia abarca diversos campos, mientras desarrollamos las herramientas más avanzadas aplicadas en el ámbito minero. Con más de 15 años de experiencia y la exitosa implementación de más de 400 proyectos a nivel mundial, nos destacamos por nuestra sólida trayectoria y compromiso con la excelencia en el sector.

## MISIÓN

Somos una empresa proveedora de productos y servicios de ingeniería industrial que permiten habilitar el camino para la minería del futuro, a la vez que maximizan el valor del negocio de nuestros clientes. En GEM estamos comprometidos a convertirnos en un faro para la industria minera mundial.

Nuestro núcleo destaca las principales áreas de servicio de GEM, las cuáles incluyen:

**Análítica:** Uso de herramientas analíticas avanzadas como aprendizaje automático y análisis estadístico.

**Capacitación:** Provisión de entrenamiento en temas complejos adaptados a casos específicos de minería.

**Economía:** Generación de estudios de economía mineral, análisis de mercado y análisis econométrico.

**Evaluación de Riesgos:** Identificación y cuantificación de riesgos con simulaciones Monte Carlo para evaluar su impacto.

**Estrategia:** Apoyo en la toma de decisiones estratégicas para maximizar el valor empresarial.

**Optimización:** Utilización de herramientas y lenguajes de programación para encontrar soluciones óptimas.

Además, la imagen central muestra el compromiso de GEM con la minería del futuro, abordando áreas como el cambio climático, la colaboración, la evaluación del impacto social, la naturaleza, la minería submarina y la lixiviación in-situ.



# EDITORIAL

El impacto del cambio climático en el mundo está transformando no solamente el paisaje natural, sino que también el paisaje industrial. Proyecciones bajo el escenario climático RCP8.5 darían cuenta de un futuro en el que las especies enfrentarían desafíos significativos debido a variaciones en temperatura y a otros cambios climáticos.

La industria minera, en particular del cobre y del litio, presentan oportunidades, pero además se encuentran en una posición altamente desafiante. Por un lado, la demanda global de minerales críticos para la transición energética sigue creciendo y, por otro lado, las operaciones mineras deben adaptarse a un entorno cada vez más restringido por limitaciones sociales y medioambientales.

Este nuevo escenario global de cambio climático está impulsando a los países a fortalecer sus regulaciones medioambientales. La reciente Ley N°19.300 en Chile, junto con su reglamento del SEIA, es un reflejo de esta tendencia, estableciendo un marco normativo aún más riguroso para evaluar y mitigar los potenciales impactos medioambientales de las actividades industriales.

En el presente Perspectiva, se profundiza la compleja red de interacciones entre el cambio climático, operaciones mineras y biodiversidad local. Para lo anterior, se estudia el caso del Salar de Atacama, el cual se encuentra en un punto de intersección entre la explotación minera y la preservación de la biodiversidad. En este sentido, el estudio se centra en el análisis de la abundancia de flamencos, en sus tres especies emblemáticas: (1) el flamenco andino; (2) el flamenco chileno y (3) el flamenco de James. De este estudio se desprende que, a pesar de la continua expansión de la actividad minera en el Salar de Atacama, esta no habría generado impactos directos en la abundancia de los flamencos.



**PATRICIO FAÚNDEZ**  
**INGENIERO ESPECIALISTA GEM**

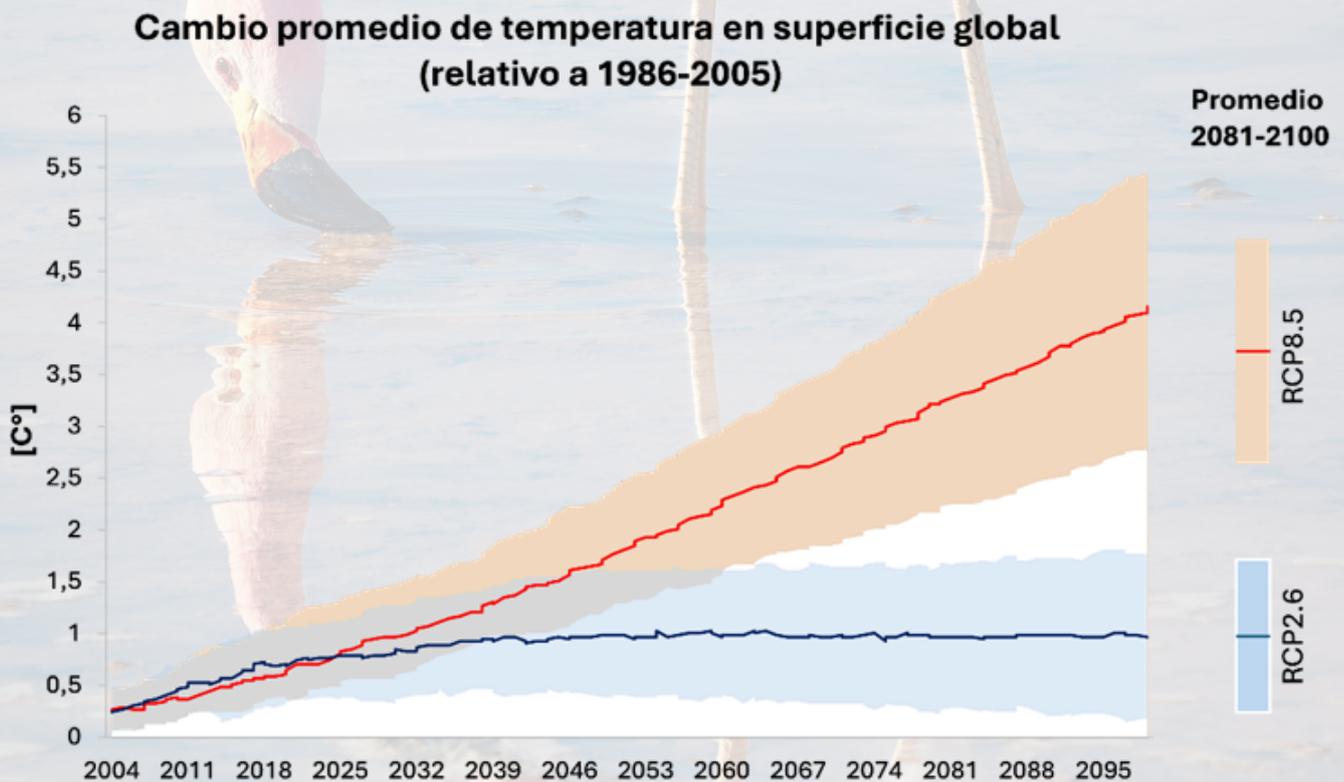
La delicada interacción entre biodiversidad, cambio climático y la actividad del hombre (i.e., la actividad minera) evidencia que la industria debe asumir un rol activo y proactivo en la gestión de los riesgos climáticos. Para lo anterior, el adoptar las metodologías y discusiones de este estudio, no solo permitiría cumplir con las nuevas normativas, sino que también proporcionaría a las compañías una ventaja competitiva en un mercado cada vez más orientado hacia la sustentabilidad.

# INTRODUCCIÓN

El cambio climático, caracterizado por cambios en la temperatura, patrones de precipitaciones y fenómenos meteorológicos extremos, es un fenómeno global con consecuencias ecológicas de gran alcance. La comunidad científica usa escenarios de trayectorias de concentración representativas llamados RCP (por sus siglas en inglés) para predecir cómo podría cambiar el clima en el futuro. Estos modelos ayudan a imaginar diferentes posibles escenarios climáticos. Los futuros escenarios RCP, se basan en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros factores relacionados con el clima, adoptados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Los RCP se etiquetan con números que representan diferentes niveles de cambio en la radiación solar para el año 2100 (2.6, 4.5, 6, y 8.5 [W/m<sup>2</sup>], respectivamente).

Estos números ayudan a mostrar cómo podría variar el calentamiento global. El RCP2.6 representa un escenario optimista, en el que la concentración de GEI disminuirá en los próximos años, dando lugar a un aumento de entre 0,3 y 1,7[IP1] [°C] en términos de temperatura global. Por otro lado, el escenario RCP8.5 representa el caso opuesto y sigue la tendencia actual de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que implica un aumento de la temperatura global de entre 2,6 y 4,8 [°C] al final del periodo, como se muestra en la **Figura 1**.

**FIGURA 1. VARIACIÓN PROMEDIO DE LA TEMPERATURA GLOBAL**



Fuente: Elaboración propia en base a IPCC (2014)

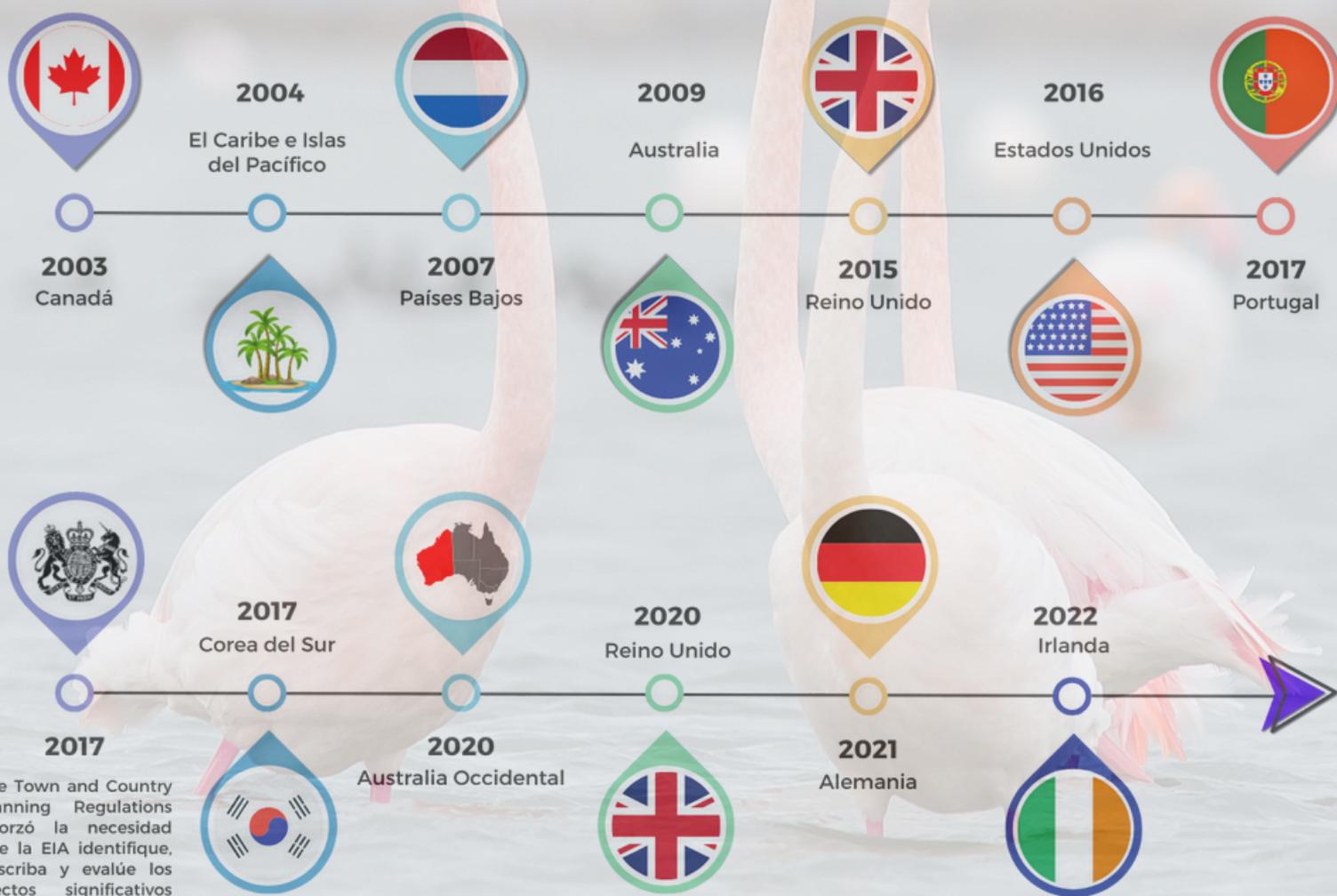
Por otra parte, surgen las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), que corresponden a estudios minuciosos para evaluar las posibles consecuencias, que pueden ser ecológicas, sociales y económicas. Al comprender los impactos a largo plazo sobre la biodiversidad, se pueden tomar decisiones informadas para crear estrategias que protejan la biodiversidad en medio de la escalada de emisiones de GEI descrita por el RCP8.5.

La EIA, que en un principio se centraba en los problemas locales, se convirtió en una herramienta reguladora a mediados del siglo XX, ampliándose con el tiempo para abordar los retos medioambientales mundiales.

La integración de aspectos del cambio climático en las leyes estatales marcó un cambio importante, al reconocer su impacto generalizado en los ecosistemas. Los ejemplos mundiales demuestran que los países incorporan el cambio climático a sus marcos de EIA, adquiriendo el compromiso colectivo de abordar los impactos antropogénicos en todo el planeta.

En el estudio realizado por Mayembe et al. (2023), se llevó a cabo un extenso análisis en el que se revisaron los regímenes de EIA integrados en la normativa estatal sobre las alteraciones climáticas en diversos grados. Así, en la figura 2 se destacan casos de integración completa y satisfactoria de este factor en la EIA, tal y como documentan los autores.

**FIGURA 2. LÍNEA DE TIEMPO DE INTEGRACIÓN DE LA EIA EN DISTINTOS PAÍSES**



The Town and Country Planning Regulations reforzó la necesidad que la EIA identifique, describa y evalúe los efectos significativos de los desarrollos propuestos sobre el clima.

Fuente: elaboración propia

En estas regiones, las leyes ambientales exigen que los proyectos se alineen con las regulaciones sobre emisiones de gases de efecto invernadero y que incluyan discusiones sobre el cambio climático en sus propuestas. Austria, España y Sudáfrica, así como organizaciones mundiales como el Banco Mundial y la Corporación Financiera Internacional, lideran en la evaluación del cambio climático, exigiendo que se analicen los impactos de los proyectos y reconociendo su importancia en diversas normas y directrices. En Chile, el cambio climático se convirtió en un aspecto obligatorio de la ley en 2023, cuando el Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (SEA) implementó un nuevo mandato para concientizar y fomentar la mitigación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Ahora, las empresas deben evaluar exhaustivamente las implicaciones de sus proyectos en las alteraciones climáticas, específicamente en el escenario RCP8.5 (SEA, 2023).

Para facilitar este proceso, se publicó una guía metodológica para incorporar el cambio climático en el SEIA (SEA, 2023). En esta, se recomienda el uso de una herramienta de proyección climática, ARCLim, generada por el Ministerio de Medio Ambiente en 2020 como referencia para evaluar los impactos de estos cambios (MMA, 2020).

En general, la incorporación de consideraciones relativas al cambio climático ha pasado a ser primordial en las normativas estatales de todo el mundo, reflejando el reconocimiento de la necesidad de salvaguardar los ecosistemas y la biodiversidad ante un clima en constante cambio.

## ANTECEDENTES

Los casos globales de conservación de la biodiversidad frente a las proyecciones del cambio climático son estudios de caso muy valiosos. Permiten entender la compleja interacción entre las variables climáticas, la dinámica del hábitat y los factores humanos. La biodiversidad, que incluye toda la variedad de vida en la Tierra y es crucial para nuestra alimentación, agua, medicina y clima, está en peligro debido a diversas amenazas.

El cambio climático, caracterizado por alteraciones a largo plazo en las temperaturas y en los patrones meteorológicos, ha causado problemas como sequías, escasez de agua, incendios forestales, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo en los polos, tormentas y una disminución de la biodiversidad. Estos cambios, atribuidos en forma significativa a acciones humanas, han puesto en peligro de extinción a alrededor de un millón de los ocho millones de especies vegetales y animales que se calcula que habitan en nuestro planeta (UN, 2024b; WWF, 2024).

Como parte de este amplio contexto, el estudio se centra en la abundancia de flamencos(1) en el Salar de Atacama de Chile, una región famosa por sus lagunas prístinas y sus especies distintivas de flamencos chilenos (*Phoenicopterus chilensis*), andinos (*Phoenicopterus andinus*), y de James (*Phoenicopterus jamesi*). Estos, se caracterizan por ser aves migratorias que prefieren vivir en las llanuras de clima cálido y de abundantes recursos hídricos. Los cambios de temperatura desempeñan un papel importante en la distribución de los flamencos (Liang et al., 2021).

Los patrones migratorios de los flamencos pueden variar según su especie y la región geográfica específica en la que viven. Por ejemplo, algunas poblaciones de flamencos realizan migraciones estacionales entre áreas de reproducción y alimentación, mientras que otras se mueven en respuesta a cambios en los niveles de agua o condiciones climáticas.

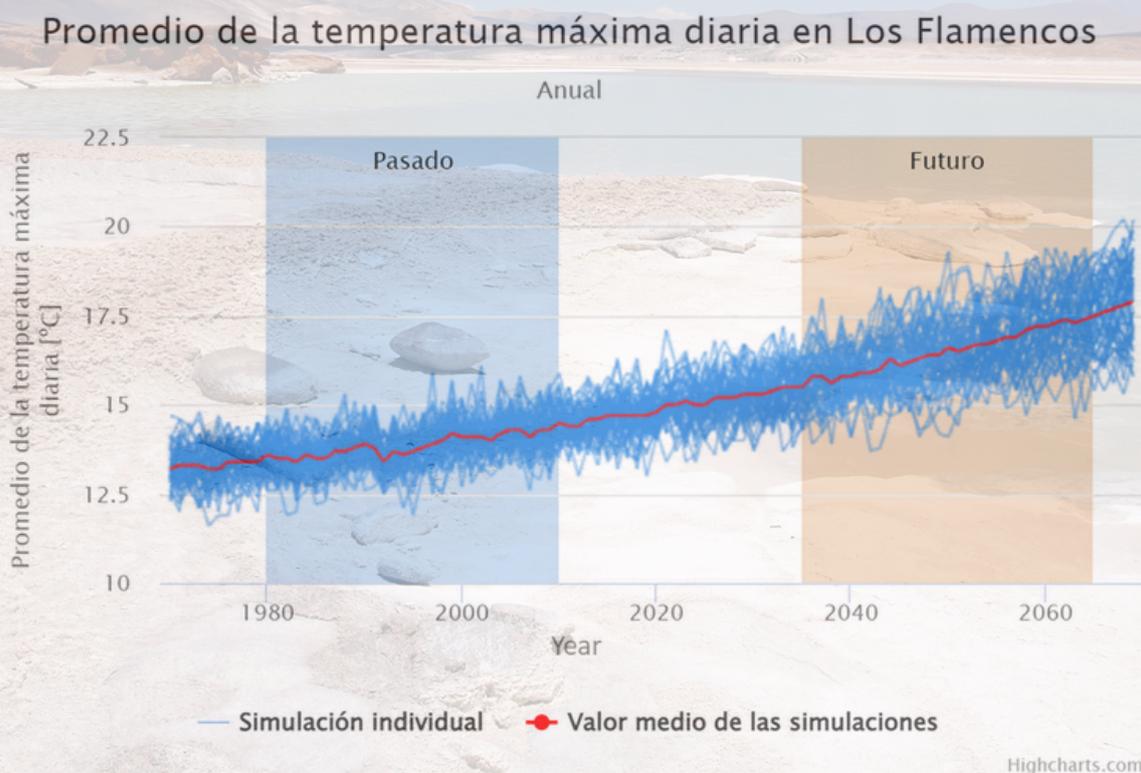


El escenario RCP8.5, marcado por su proyección pesimista de concentraciones de gases de efecto invernadero y el aumento de la temperatura global, muestra la variación significativa en la predicción de diversos factores climáticos que afectan a la biodiversidad [PC1]. Resulta crucial comprender las implicancias [DO2] de este escenario, ya que estas fluctuaciones pueden tener profundas repercusiones en los ecosistemas, la distribución de las especies y la salud ecológica en general. En la **Figura 3**, se representa la variación prevista hacia 2069 de la temperatura máxima en la Reserva Nacional de Los Flamencos, en el Salar de Atacama.

Los datos revelan un aumento sustancial de 4,7 [°C] en la temperatura máxima para el área de estudio cuando se considera el período comprendido entre 1970 y 2069, que es el último año disponible de datos de ARClím hasta la fecha. Sin embargo, este estudio se centró en el marco temporal más inmediato de 2024 a 2069, donde la temperatura experimentaría un crecimiento de 2,9 [°C] y en promedio alcanzaría una temperatura máxima de 17,9 [°C].



**FIGURA 3. PROYECCIÓN DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA BAJO EL ESCENARIO RCP8.5 EN LA RESERVA NACIONAL DE LOS FLAMENCOS**



**Fuente: GEM en base a ARClím1 (2024)**

ARClím (Atlas de Riesgo Climático) es un proyecto desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente de Chile. Esta plataforma cuenta actualmente con diferentes mapas de riesgo y proyecciones de variables climáticas bajo el escenario RCP8.5, necesarios para el desarrollo de instrumentos ambientales bajo la normativa chilena vigente. Mediante un análisis estadístico de los datos históricos, se pudo identificar los factores directos e indirectos que afectan a las poblaciones de aves. Los patrones derivados de este análisis sirven de base para proyectar escenarios futuros, ofreciendo valiosas perspectivas para la toma de decisiones informadas y estrategias de conservación ante un entorno cambiante.

ARClím (Atlas de Riesgo Climático) es un proyecto desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente de Chile. Esta plataforma cuenta actualmente con diferentes mapas de riesgo y proyecciones de variables climáticas bajo el escenario RCP8.5, necesarios para el desarrollo de instrumentos ambientales bajo la normativa chilena vigente.

# METODOLOGÍA

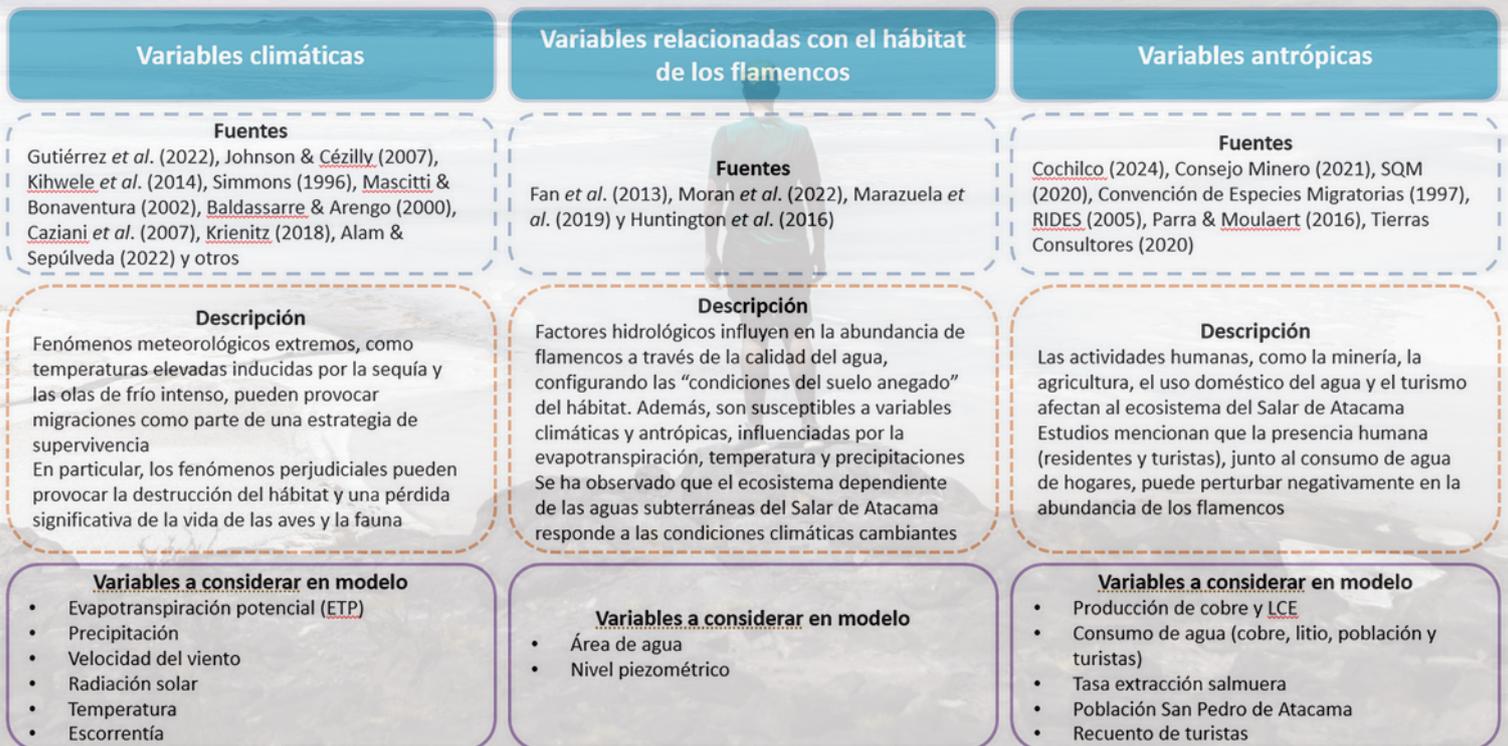
## 2.1 Construcción de la base de datos

Este estudio analiza las especies de flamencos que habitan las lagunas del Salar de Atacama en Chile. Específicamente, se analizan las tres especies distintas mencionadas anteriormente: flamenco chileno, flamenco andino y flamenco de James. Los datos sobre ellos se obtuvieron del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2018a; MMA, 2014; & MMA, 2018b). El periodo de estudio abarcó los años desde 2002 a 2021 de acuerdo con los datos obtenidos de la fuente original, y la recopilación de estos se realizó trimestralmente. La investigación se concentra en cinco lagunas específicas dentro de la región del Salar de Atacama: (i) Canal Burro Muerto, (ii) Laguna Barros Negros, (iii) Laguna Chaxa, (iv) Laguna Puillar, y (v) Lagunas Interna, Saladita, y Salada, observadas colectivamente como una sola área.

Para predecir el comportamiento de las poblaciones de flamencos en el contexto del escenario RCP8.5 hasta 2069, es necesario identificar los factores que influyen en estas especies.

El enfoque implica aprovechar el conocimiento de expertos y una extensa revisión bibliográfica para generar una base de datos exhaustivos de los factores que potencialmente afectan en la abundancia de los flamencos. Además de los valores de recuento de flamencos, se recopilieron los datos históricos del resto de variables analizadas para el periodo 2002-2021. Los datos para el periodo 2022-2069 se obtuvieron de ARClím o se estimaron usando datos anteriores. Por último, las variables sometidas a prueba se clasificaron en las tres categorías siguientes.

FIGURA 4. VARIABLES



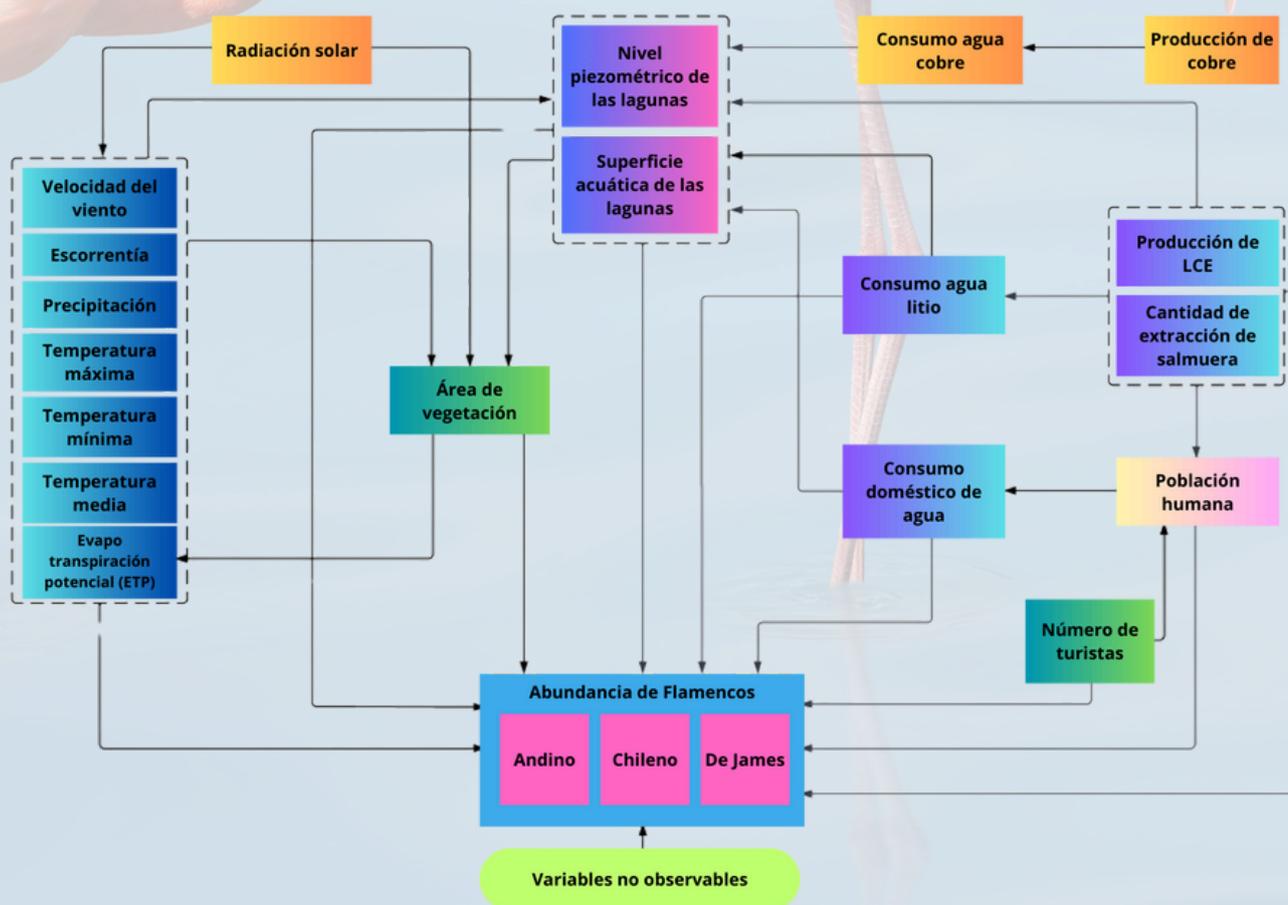
Fuente: Elaboración propia

Nota: Es importante entender que muchos de los factores mencionados en distintos estudios pueden influir en la cantidad de flamencos de varias maneras, ya sea de forma directa o indirecta. Algunos de estos factores fueron difíciles de evaluar o no estaban disponibles durante el periodo de estudio, tales como: fenómenos meteorológicos extremos, factores de cambio climático inducidos por el hombre, floración de cianobacterias, así como disponibilidad de otras fuentes de alimento para los flamencos, propiedades fisicoquímicas del agua que pueden afectar al hábitat de las aves, amenazas causadas por depredadores y carroñeros, consumo de agua relacionado con actividades agrícolas y otras actividades humanas, como la recolección de huevos, la caza de perros, la contaminación causada por el transporte, la construcción de carreteras, las infraestructuras portuarias, entre otros.

## 2.2. Concepto de mapa causal

Como se ha dicho anteriormente, el objetivo central de esta investigación es combinar la experiencia de GEM en minería con la información disponible para explorar cómo diversos factores pueden incidir en la abundancia de flamencos, directa e indirectamente. Basándose en el enfoque de mapa causal según Shipley (2016), el objetivo es revelar la compleja red de conexiones que influyen en la dinámica de las poblaciones de flamencos. Este enfoque permite explorar las influencias multifacéticas, que van desde las operaciones mineras hasta las variables ecológicas, y proporciona una comprensión holística del complejo paisaje ecológico del Salar de Atacama. Para una mejor comprensión, véase la **Figura 4**.

**FIGURA 4. MAPA CAUSAL PROPUESTO DE LOS FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ABUNDANCIA DE FLAMENCOS EN EL SALAR DE ATACAMA**



**Fuente: Elaboración propia**

Este mapa contiene todas las variables medidas en los recuadros, para comprobar si potencialmente, causan un impacto directo e indirecto en la abundancia de flamencos a lo largo del tiempo. Los recuadros con bordes discontinuos combinan grupos de variables interrelacionadas. Las variables no medidas (en círculo) se agrupan en un único objeto en el mapa como "Variables no observables".



### 2.3 Análisis estadístico

Se realizó un estudio estadístico en el lenguaje de programación R, con el fin de determinar cuáles son las variables que repercuten en la abundancia de los flamencos.

La premisa fundamental es que cada especie de ave puede responder de manera diferente a los factores investigados. Se utilizaron técnicas de regresión para modelar tanto a los flamencos como a otras variables importantes, tales como el nivel piezométrico de las lagunas, el área de las lagunas, la superficie de vegetación, el consumo de agua relacionado con la minería de litio y de cobre, el consumo de agua humana y la densidad poblacional.

### 2.4 Proyecciones futuras

Después de calcular los parámetros y establecer las relaciones entre las variables, se generaron las predicciones sobre las variables que afectan la cantidad de flamencos. Este proceso se realiza para los años 2022 a 2069, con el objetivo de informar sobre cómo podrían cambiar las trayectorias de las poblaciones de flamencos en las condiciones climáticas previstas.

## RESULTADOS

### 3.1 Análisis de datos históricos

La modelización realizada permitió llevar a cabo pruebas exhaustivas y explorar diversas combinaciones de variables que pueden afectar la abundancia de flamencos en el Salar de Atacama. Aprovechando la base de datos obtenida, la revisión de la literatura sobre el comportamiento de las aves y la experiencia en minería, se identificaron relaciones significativas. Estos resultados se incorporaron en 9 ecuaciones que delimitan las fluctuaciones en (1-3) el recuento de flamencos específico para cada especie, (4) el nivel piezométrico de las lagunas, (5) el área de agua de las lagunas, (6) la superficie de vegetación, (7) el consumo de agua de litio, (8) el consumo de agua de los hogares, y (9) el número de población en la cuenca. Se eligieron las variables independientes de cada ecuación utilizando un intervalo de confianza del 90%. Además, para considerar posibles factores no previstos, se incluyó una variable de error de medición en las estimaciones. Esto significa que se permitió cierta flexibilidad para abordar otros posibles factores que podrían afectar los resultados del estudio. Por lo tanto, hay tres ecuaciones separadas para los flamencos andinos, chilenos y de James, y siete ecuaciones más que involucran variables no relacionadas con la abundancia de flamencos, que son idénticas en todas las especies de aves y lagunas.

#### (1-3) Abundancia de flamencos

Al examinar los factores que influyen en las especies de flamencos andinos, la ecuación derivada permitió comprender lo siguiente: (1) El recuento de flamencos andinos está directamente relacionado con la evapotranspiración potencial, la temperatura media y el flujo de turistas en la zona. Además, existe una interacción competitiva con la población de flamencos chilenos y una relación cooperativa con las especies de James. Por otro lado, (2) el número de flamencos chilenos se ve afectado principalmente por la temperatura máxima, la cantidad de vegetación en la zona y la competencia con la población de flamencos de James. Por último, (3) el recuento de flamencos de James está influenciado por: la temperatura mínima, la presencia de otras especies de aves andinas que colaboran con los flamencos y la competencia con la abundancia de flamencos chilenos en la zona.

#### (4) Nivel piezométrico de las lagunas

**El nivel piezométrico de las lagunas parece verse afectado negativamente por la temperatura máxima y positivamente por el área de agua de la laguna, la superficie de vegetación y el consumo doméstico de agua asociado al aumento del número de habitantes y de turistas.**

### (5) Área de las lagunas

La superficie acuática de las lagunas se ve afectada negativamente por variables climáticas como las precipitaciones, la temperatura mínima y la escorrentía. Entre los factores significativos asociados a las actividades antropogénicas están los relacionados con la extracción de litio y el consumo de agua en los hogares.

### (6) Área de vegetación

Los resultados anticipados sugerían que las variables climáticas ejercerían una influencia directa significativa sobre el área de vegetación, que a su vez resultó ser un factor significativo que afecta positivamente a la abundancia del flamenco chileno. La precipitación muestra un impacto positivo, mientras que la temperatura máxima contribuyó negativamente, tal y como se esperaba.

### (7) Consumo de agua de litio

Se observaron cambios en el consumo de agua asociado a las operaciones de extracción de litio de las principales empresas productoras. Se examinó la producción de carbonato de litio equivalente (LCE), pero no mostró ninguna relación significativa con las variables de estudio. Los resultados revelaron que el principal factor que influye en el consumo de agua de litio es la tasa de extracción de salmuera. En el análisis, se evaluó la estacionalidad de las variables de extracción de salmuera de las dos principales empresas de litio. Para eliminar tendencias, se tomó la primera diferencia de la serie, que refleja las variaciones de las tasas de extracción a lo largo del tiempo. Los resultados indicaron una correlación negativa, en diversos grados, entre las variables de la empresa X (con una confianza del 95%) y la empresa Y (con una confianza del 80%) y el consumo total de agua de la industria del litio.

### (8) Consumo doméstico de agua

Como se preveía, existe una correlación positiva directa entre el consumo de agua de los hogares y tanto del número de habitantes como del de turistas. El vínculo esperado entre estas variables destaca la influencia de los factores demográficos en la demanda de recursos hídricos en los hogares, destacando la importancia de considerar el crecimiento de la población y la dinámica del turismo al evaluar los patrones de consumo de agua.

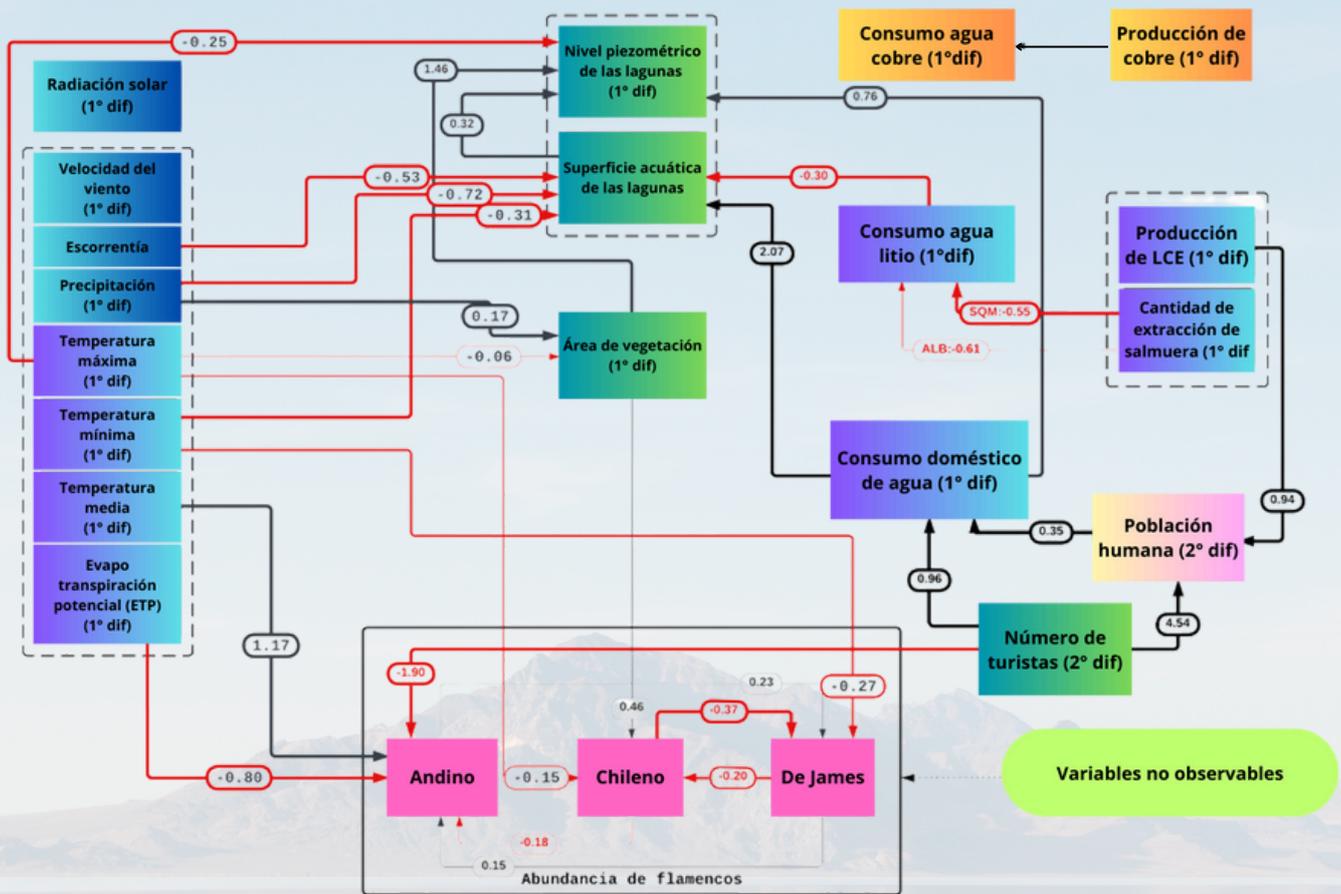
### (9) Número de habitantes

La observación final ilustra que el número de habitantes de San Pedro de Atacama está positivamente influenciado por el número de turistas. Evidentemente, la continua afluencia de turistas que visitan uno de los lugares más singulares no solo de Sudamérica, sino también del mundo, ha desempeñado un papel favorable en el crecimiento demográfico de la zona. En consecuencia, el creciente número de residentes y visitantes de la zona ha contribuido significativamente a las tasas globales de consumo de agua. Otro factor clave parece ser la producción de LCE. Como motor económico vital de la región, la producción de litio, y su posterior expansión, atrae a personas a la zona, ya sea en busca de oportunidades de empleo o debido a la floreciente infraestructura de desarrollo industrial.

Por lo tanto, entender las complejas relaciones entre las variables independientes y dependientes es fundamental para determinar cómo los factores climáticos, antropogénicos y relacionados con el hábitat afectan la dinámica de las poblaciones de flamencos en la región estudiada. En base a los resultados estadísticos y el mapa causal propuesto que se muestra en la **Figura 3**, se ha desarrollado un mapa causal detallado que se presenta a continuación (**Figura 5**).



**FIGURA 5. MAPA CAUSAL DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ABUNDANCIA DE FLAMENCOS EN EL SALAR DE ATACAMA**



Fuente: Elaboración propia

El mapa causal completo consolida las variables que influyen en la abundancia de flamencos en el Salar de Atacama desde 2002 hasta 2021. Los recuadros discontinuos agrupan variables interrelacionadas, mientras que las trayectorias negras y rojas denotan influencias positivas y negativas respectivamente. Los valores numéricos representan la magnitud de impacto de la variable sobre la abundancia de los flamencos.

### 3.2 Proyección de la abundancia de flamencos

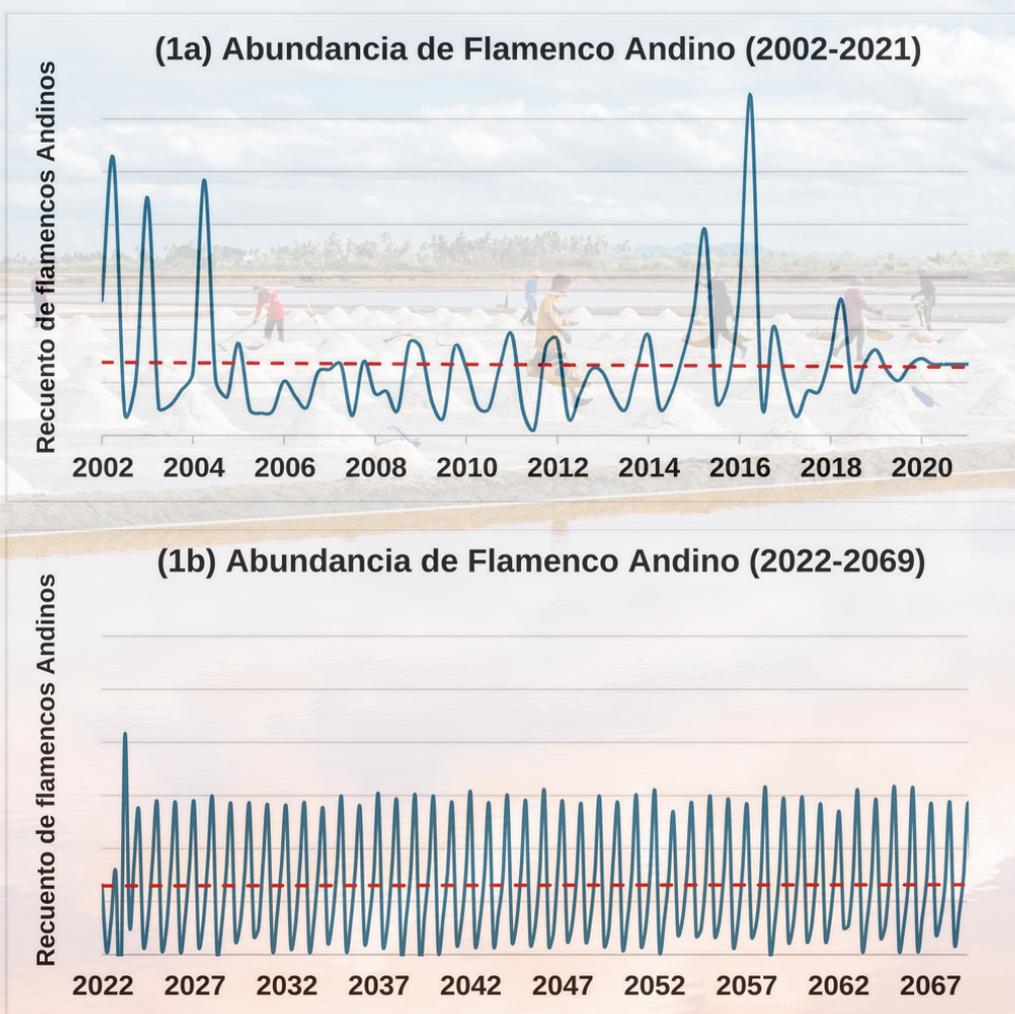
El análisis estadístico de los datos históricos, como se explicó anteriormente, se utilizó para prever el modo en que la abundancia de flamencos podría reaccionar ante el escenario RCP8.5 proyectado. Este análisis tuvo en cuenta la dinámica de cooperación y competencia entre las distintas especies, proporcionando información valiosa para comprender y planificar estratégicamente bajo las diferentes condiciones medioambientales.

Durante el periodo especificado (2022-2069) se proyecta que la población de flamencos andinos disminuya en un 1,9%. Del mismo modo, se prevé que la población de flamencos chilenos disminuya en un 5,6%, mientras que se espera que los flamencos de James experimenten un modesto aumento del 1,1%, como se ilustra en la Figura 6.





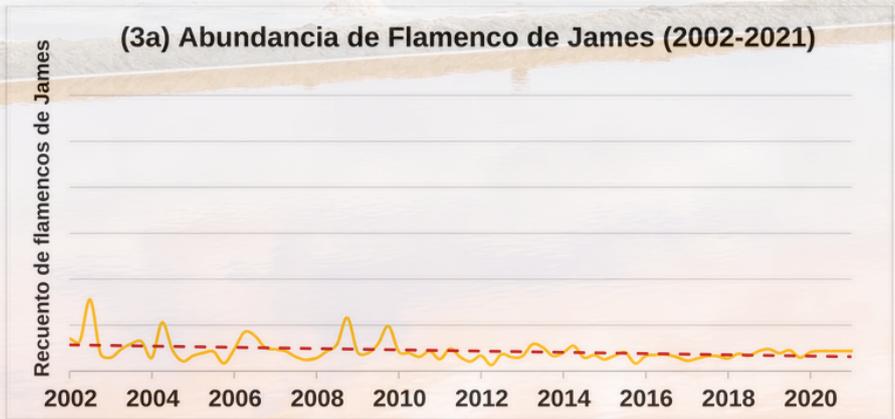
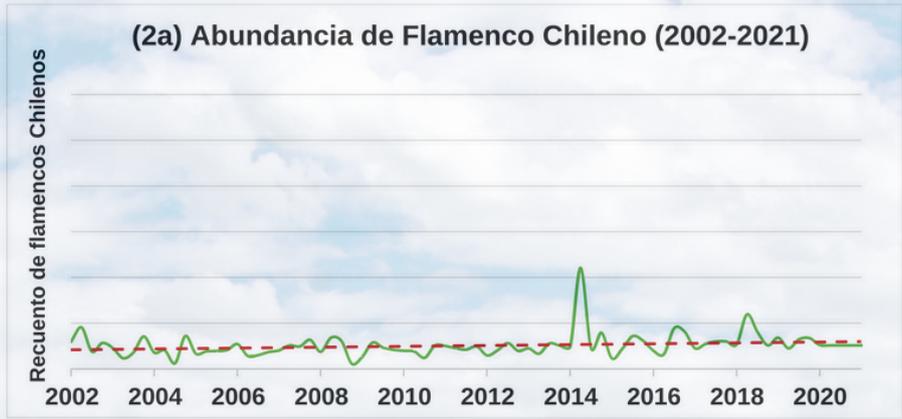
**FIGURA 6. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE FLAMENCOS QUE HABITAN EL SALAR DE ATACAMA EN EL PERÍODO 2002-2021 FRENTE A LAS PROYECCIONES 2022-2060 BAJO EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Tendencia histórica (2002-2021) y proyección futura (2022-2069) de la abundancia de flamencos. Abundancia histórica de (1a) especies de flamencos andinos, (2a) chilenos y (3a) de James que habitan el Salar de Atacama. Y abundancia proyectada de (1b) especies de flamencos andinos, (2b) chilenos y (3b) de James con impacto del cambio climático.

**FIGURA 6. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE FLAMENCOS QUE HABITAN EL SALAR DE ATACAMA EN EL PERÍODO 2002-2021 FRENTE A LAS PROYECCIONES 2022-2060 BAJO EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO (CONT.)**



# DISCUSIÓN

## 4.1 Evaluación del impacto del cambio climático en la abundancia de flamencos

Las tres especies parecen expuestas al régimen de temperaturas de la zona que habitan, si se remite a la **Figura 4**. Además, mientras que las especies andinas también pueden verse afectadas negativamente por la evapotranspiración potencial, las chilenas dependen de la superficie de vegetación, que a su vez depende de las variaciones de las precipitaciones y la temperatura máxima, por lo que se incluyen en la discusión. Como era de esperar, la especie de flamenco andino demostró ser vulnerable a una actividad antropogénica en expansión, el turismo, reaccionando negativamente sobre el número de visitantes de la Reserva Nacional Los Flamencos.

Esta investigación también muestra una compleja interacción entre las especies de flamencos. En concreto, se observa una dinámica competitiva entre los flamencos andinos y chilenos, lo que indica que estas dos especies pueden estar compitiendo por recursos o hábitats similares. Por el contrario, el flamenco andino parece participar en una relación de cooperación con el flamenco de James, lo que sugiere una interacción mutuamente beneficiosa, posiblemente en términos de hábitats compartidos o utilización complementaria de los recursos. Además, persiste una relación competitiva entre las especies de flamenco chileno y de James, lo que implica una competencia potencial por los recursos. Cada ecuación por su lado apoya estas relaciones interespecíficas.

Las especies de flamencos interactúan según sus preferencias alimenticias. Los flamencos andinos prefieren algas más grandes, mientras que los flamencos de James prefieren algas más pequeñas. Esta diferencia promueve una cooperación entre ellos. Sin embargo, compiten con los flamencos chilenos, que comparten sus mismas preferencias alimenticias, lo que genera una dinámica competitiva (Jamali et al., 2012; Brown & King, 2005; Rodríguez et al., 2005). Estas intrincadas relaciones destacan la necesidad de comprender completamente la dinámica ecológica para respaldar las estrategias de conservación y la gestión del hábitat de estas especies de aves únicas.



Tras una evaluación exhaustiva, se ve que, bajo el escenario RCP8.5, las variaciones en la temperatura media influyen más significativamente en flamencos andinos, representando aproximadamente el 51% de la reducción de la población en el período 2022-2069. En el caso de los flamencos chilenos, el área de vegetación tiene un peso sustancial, contribuyendo en torno al 44% al impacto en la reducción de la población para el periodo 2022-2069. Esto implica que las precipitaciones y la temperatura máxima afectan a la abundancia de esta especie de flamenco. No obstante, la temperatura máxima por sí sola tiene un peso del 22% en el impacto de la población para el periodo observado. Por último, para la abundancia del flamenco de James, la temperatura mínima tiene un impacto considerable, constituyendo el 33% de la reducción de la población durante el periodo 2022-2069. En esencia, el cambio climático tiene efectos pronunciados en cada especie de flamenco, especialmente a través de las fluctuaciones de temperatura, lo que subraya la importancia de abordar estas variaciones en los esfuerzos de conservación.

#### 4.2 Evaluación del impacto de las actividades relacionadas con la minería en la abundancia de flamencos

Hasta aquí los resultados indican que las actuales actividades mineras que abarcan la producción de cobre y litio, la extracción de salmuera y el consumo de agua no son factores estadísticamente significativos que influyan en la abundancia de flamencos que habitan las lagunas del Salar de Atacama, ni a través de relaciones directas ni indirectas.

Los avances tecnológicos en el sector minero chileno podrían ser un factor potencial que contribuya a explicar la falta de correlación entre las variables mineras y la abundancia de flamencos. Por ejemplo, en el caso de la producción de litio, hay empresas que han adoptado enfoques innovadores. El acuerdo de la empresa Y con CRAMSA implica el uso de agua de mar desalinizada, renunciando a los derechos de agua en el Salar de Atacama para 2027 (CRAMSA, 2023).

Del mismo modo, el nuevo proyecto implementado por la empresa X, se compromete a introducir diferentes cambios con el objetivo de alcanzar un balance hídrico positivo en 2030. Además, las restricciones normativas sobre la extracción de salmuera garantizan el cumplimiento por parte de la empresa Y y X de los límites máximos de extracción prescritos. La empresa X, se ha comprometido voluntariamente a superar estos requisitos normativos comprometiéndose a una notable reducción en la extracción de salmuera en comparación con los límites legales. En el contexto de la producción de cobre, algunas empresas mineras del Salar de Atacama, han pasado a consumir agua de mar desde 2020. Esta transición ha erradicado efectivamente la utilización de agua de lagunas habitadas por especies de flamencos (Brion, 2020).

En los últimos años, las operaciones mineras en el Salar de Atacama han recibido numerosas críticas, especialmente por su posible impacto negativo en la biodiversidad única de la región, con un enfoque particular en la preocupación por las especies de flamencos. Por ejemplo, el informe de CONAF indicó una disminución en el número de huevos de flamenco andino durante 2017-2019, con una disminución sustancial de la población total de flamencos. Los efectos negativos se atribuyen a factores como la salinidad, la alteración de los niveles de agua y los cambios en la flora y la fauna (Carrere, 2020). Algunos sostienen que el cambio climático, el turismo no regulado y las operaciones de extracción de litio en la zona correspondiente suponen una amenaza para las especies raras de flamencos (Circular País, 2023). Sin embargo, los operadores mineros, sostienen que el monitoreo ambiental demuestra la integridad del ecosistema (Livingstone, 2019). Persisten opiniones contradictorias sobre el alcance del impacto directo causado por la minería del litio en la abundancia de flamencos, y algunos estudios destacan una influencia mínima en comparación con otros factores mencionados anteriormente (Gutiérrez et al., 2022).



A pesar de estas preocupaciones, diversas publicaciones también destacan hechos positivos, como el registro del nacimiento de más de 800 polluelos de flamencos andinos y chilenos en la Región de Atacama, marcando una población notable (Barrera Campos, 2023).

Un comunicado de prensa de CONAF del 1 de abril de 2024, indica que el censo anual de verano en los salares de los Altos Andes de la Reserva Nacional Los Flamencos, en la región de Antofagasta, contó con un total de 18.078 flamencos con una alta presencia de flamencos jóvenes. El 50% de los flamencos contados se concentran en el Salar de Pujsa, con 7.573 y el Salar de Tara, con 5.392.

Otro artículo reciente se refiere al especialista en conservación, Enrique Derlindati, cuyas minuciosas observaciones de la nidificación de flamencos andinos en la región de la Puna de Argentina ofrecen pautas valiosas para orientar las futuras actividades de exploración y explotación en las áreas correspondientes (Jemio, 2024). El investigador sugiere que la minería podría realizarse con menor impacto ambiental, citando ejemplos de Chile donde las empresas mineras evitan trabajar durante los períodos de nidificación y consideran técnicas alternativas de extracción.

Por lo tanto, esta revisión exhaustiva revela la complejidad del sistema de variables causales que afectan a la población de flamencos en el Salar de Atacama y cómo diversos factores deben ser investigados para determinar el potencial impacto en la biodiversidad de la región. En particular, los factores climáticos y las variaciones de temperatura aparecen como factores predominantes, junto con el impacto humano del turismo. En cambio, el impacto del desarrollo industrial no se ha demostrado de forma concluyente hasta la fecha. En el Triángulo del Litio el número de flamencos en los últimos años ha sido estable. Futuras investigaciones deberían profundizar en este aspecto, abarcando un periodo prolongado, para desentrañar sus posibles implicaciones en el ecosistema local.

# CONCLUSIÓN

Este estudio concluye que **las actividades mineras actuales, que abarcan la producción de cobre y litio, la extracción de salmuera y el consumo de agua, no ejercen un impacto directo sobre la abundancia de flamencos**. Los avances tecnológicos en la industria minera, como el uso de agua de mar y la desalinización, junto con las regulaciones más estrictas, contribuyen a esta relación aparentemente menos intrusiva. En cambio, profundizando en las posibles consecuencias del escenario RCP8.5 hasta 2069, **el cambio climático sí supone una amenaza significativa para estas especies de aves emblemáticas**.

Mediante el análisis de datos históricos y proyecciones futuras bajo el escenario RCP8.5, identificando las relaciones entre variables climáticas, del hábitat y antropogénicas, se pudo revelar la dinámica que influye en la abundancia de la población de flamencos andinos, chilenos y de James. En particular, **las variaciones de temperatura ocasionados por el cambio climático aparecen como un factor dominante que afecta a la abundancia de flamencos, perjudicando mayoritariamente a los flamencos andinos y a los flamencos de James**.

El estudio indica que las especies de flamencos responderán de manera diferente a las condiciones climáticas futuras. Mientras que los flamencos andinos y chilenos compiten entre sí, la especie andina muestra una relación de tipo cooperación con los flamencos de James. Estas complejas relaciones entre especies destacan la importancia de una gestión ecológica integral y estrategias de conservación.

El Salar de Atacama se encuentra en la encrucijada entre la sensibilidad ecológica y el progreso industrial, enfrentando desafíos cada vez mayores debido a los impactos crecientes del cambio climático. Ante la urgente necesidad de implementar medidas de conservación adaptativas, las nuevas normas de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente que establece el reglamento del SEIA, proporcionan un marco oportuno y efectivo para abordar la compleja dinámica ambiental de la región. Esta norma pionera de EIA entrega una herramienta integral para evaluar y mitigar las consecuencias ambientales de las actividades industriales, alineándose perfectamente con el enfoque de esta metodología para evaluar la interacción entre las variables climáticas, los factores relacionados con el hábitat y las influencias antropogénicas en la abundancia de flamencos, como se muestra en el estudio de caso. También sugiere una metodología y una base de datos de proyección climática (ARClím), la cual fue utilizada en este estudio. Por tanto, se promueve la aplicación proactiva del nuevo enfoque de EIA, animando a las empresas a adoptar este sólido marco como un paso fundamental hacia la consecución de un desarrollo sostenible.

Al implementar la metodología presentada en el estudio, las empresas que operan en la región del Salar de Atacama pueden evaluar y gestionar de forma proactiva el impacto del cambio climático en la biodiversidad. Esto les permitirá no solo cumplir con los requisitos normativos, sino que fomentar un compromiso real y proactivo con la gestión medioambiental.



# BIBLIOGRAFÍA

Alam, M.A. & Sepúlveda, R. (2022). Environmental degradation through mining for energy resources: The case of the shrinking Laguna Santa Rosa wetland in the Atacama Region of Chile, 3 (2), 182-190. *Energy Geoscience*. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2021.11.006>.

ARclim (2024). Threat Explorer. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de: [https://arclim.mma.gob.cl/features/explorador\\_amenazas\\_v2/](https://arclim.mma.gob.cl/features/explorador_amenazas_v2/).

Baldassarre, G.A. & Arengo, F. (2000). A Review of the Ecology and Conservation of Caribbean Flamingos in Yucatán, Mexico. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology, Special Publication 1: Conservation Biology of Flamingos*, 23, 70-79. <https://doi.org/10.2307/1522149>.

Barrera Campos, R. (2023, 9 de mayo). Cómo puede afectar la minería del litio a la conservación de los flamencos en Chile. *Ladera Sur*. Recuperado de <https://laderasur.com/articulo/como-puede-afectar-la-mineria-del-litio-a-la-conservacion-de-los-flamencos-en-chile/>.

Brion, F. (2020). Escondida anuncia que dejará de sacar agua subterránea para su producción. *Diario Financiero*. Recuperado de <https://www.df.cl/empresas/mineria/escondida-anuncia-que-dejara-de-sacar-agua-subterranea-para-su-produccion>.

Brown, C., & King, C. (2005). Flamingo husbandry guidelines. Recuperado el 31 de enero de 2024, de [http://www.zoocentral.dk/uploads/4/9/7/5/49755431/flamingo\\_aza\\_eaza.pdf](http://www.zoocentral.dk/uploads/4/9/7/5/49755431/flamingo_aza_eaza.pdf).

Carrere, M. (2020, 5 de septiembre). Chile: ¿Qué está en juego en el salar de Atacama? El Desconcierto. Recuperado el 25 de septiembre de 2020, de <https://es.mongabay.com/2020/09/chile-que-esta-en-juego-en-el-salar-de-atacama/>.

Caziani, S.M., Olivio, O.R., Ramírez E.R., Romano, M., Derlindati, E.J., Tálamo, A., Ricalde, D., Quiroga, C., Contreras, J.P., Valqui, M., & Sosa, H. (2007). Seasonal Distribution, Abundance, and Nesting of Puna, Andean and Chilean Flamingos. *The Condor*, 109, 276 - 287. <https://doi.org/10.1093/condor/109.2.276>.

Cochilco. (2024). Mining Production. Copper production by company. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Paginas/English/Statistics/Data%20Base/Mining-Production.aspx>.

CONAF. (2024). Anuario de turismo. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Departamento de Planificación - SERNATUR. Recuperado de <https://www.subturismo.gob.cl/estadisticas-y-estudios/barometros-y-anuarios/anuario/>.

CONAF. (2024) Censo estival de flamencos altoandinos en Reserva Nacional destacó por alta presencia de ejemplares juveniles. Recuperado de <https://www.conaf.cl/centso-estival-de-flamencos-altoandinos-en-reserva-nacional-destaco-por-alta-presencia-de-ejemplares-juveniles/>

Consejo Minero. (2021). Extracciones de agua de empresas asociadas al Consejo Minero. Recuperado de <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/agua/ii-region-2021/>.

Convención de Especies Migratorias. (1997). Inclusión de *Phoenicoparrus jamesi* en Apéndice 1. Recuperado el 14 de enero de 2024, de [https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms\\_cop5\\_l\\_08\\_phoenicoparrus\\_jamesi\\_s.pdf](https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop5_l_08_phoenicoparrus_jamesi_s.pdf).

CRAMSA. (2023). Acuerdo CRAMSA-ALBEMARLE: Agua desalada de mar para la cuenca del salar de Atacama. Recuperado el 14 de enero de 2024, de <https://cramsa.cl/acuerdo-cramsa-albemarle-agua-desalada-de-mar-para-la-cuenca-del-salar-de-atacama/>.

Fan, Y., Li, H. & Miguez-Macho, G. (2013). Global patterns of groundwater table depth. *Science*, 339, 940. <https://doi.org/10.1126/science.1229881>.

Gutiérrez, J.S., Moore, J.N., Donnelly, J.P., Dorador, C., Navedo, J.G., & Senner, N.R. (2022). Climate change and lithium mining influence flamingo abundance in the Lithium Triangle. *Proceedings of the Royal Society B*, 289: 20212388. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2388>.

Guzmán, J.I., Retamal, C., & Faúndez, P. (2022a). Evolution of the area covered by vegetation in the Salar de Atacama basin between 1986 and 2020. (Documento de trabajo).

Guzmán, J.I., Retamal, C., Faúndez, P., & Jara, J.J. (2022b). Evolution of the Surface Area of Critical Lagoon Systems in the Salar de Atacama. *Natural Resources Research*, 31, 2571-2588. <https://doi.org/10.1007/s11053-022-10070-7>.

Huntington, J., McGwire, K., Morton, C., Snyder, K., Peterson, S., Erickson, T., Niswonger, R., Carroll, R., Smith, G., & Allen, R. (2016). Assessing the role of climate and resource management on groundwater dependent ecosystem changes in arid environments with the Landsat archive. *Remote Sensing on Environment*, 185, 186-197. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.004>.

IPCC. (2014). AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>.

Jamali, A., Akbari, F., Ghoraklu, M., de la Guardia, M., & Khosroushahi, A. (2012). Applications of Diatoms as Potential Microalgae in Nanobiotechnology. *Bioimpacts*, 2 (2), 83-89. <https://doi.org/10.5681/bi.2012.012>.

Jemio, D. (2024, 27 de enero). El avance de la minería de litio amenaza al flamenco andino en Argentina. El País. Recuperado el 1 de febrero de 2024, de <https://elpais.com/america-futura/2024-01-27/el-avance-de-la-mineria-de-litio-amenaza-al-flamenco-andino-en-argentina.html>.

Johnson, A.R. & Cézilly, F. (2007). The Greater Flamingo. T & A D Poyser.

Kihwele, E. S., Lugomela, C., & Howell, K. M. (2014). Temporal Changes in the Lesser Flamingos Population (*Phoenicopterus minor*) in Relation to Phytoplankton Abundance in Lake Manyara, Tanzania. *Open Journal of Ecology* 4 (03), 145-161. <https://doi.org/10.4236/oje.2014.43016>.

Krienitz, L. (2018). Lesser Flamingos. Descendants of Phoenix. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58163-6>.

Liang, J., Peng, Y., Zhu, Z., Li, X., Xing, W., Li, X., Yan, M., & Yuan, Y. (2021). Impacts of changing climate on the distribution of migratory birds in China: Habitat change and population centroid shift- Ecological Indicators, 127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107729>.

Livingstone, G. (2019, 15 de agosto). The farmers who worry about our phone batteries. BBC. Recuperado el 20 de agosto de 2020, de <https://www.bbc.com/news/business-49355817>.

Marazuela, M.A., Vázquez-Suñé, E., Ayora, C., García-Gil, A., & Palma, T. (2019). The effect of brine pumping on the natural hydrodynamics of the Salar de Atacama: The damping capacity of salt flats. *Science of the Total Environment*, 654, 1118-1131. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.196>.

Mascitti, V. & Bonaventura, S.M. (2002). Patterns of Abundance, Distribution and Habitat Use of Flamingos in the High Andes, South America. *Waterbirds*, 25 (3), 358-365. [http://dx.doi.org/10.1675/1524-4695\(2002\)025\[0358:POADAH\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1675/1524-4695(2002)025[0358:POADAH]2.0.CO;2).

Mayembe, R., Simpson, N.P., Rumble, O., & Norton, M. (2023). Integrating climate change in Environmental Impact Assessment: A review of requirements across 19 EIA regimes. *Science of the Total Environment*, 869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161850>.

Ministerio del Medio Ambiente (2014). *Phoenicopterus andinus*. Recuperado el 31 de enero de 2024, de <https://mma.gob.cl/buscaador?q=Phoenicoparrus#gs.c.tab=0&gsc.q=Phoenicoparrus%20andinus%20&gsc.sort=> Ministerio del Medio Ambiente (2018a). *Phoenicopterus chilensis*. Recuperado el 31 de enero de 2024, de [https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Phoenicopterus\\_chilensis\\_15RCE\\_FINAL.pdf](https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Phoenicopterus_chilensis_15RCE_FINAL.pdf).

Ministerio del Medio Ambiente (2018b). *Phoenicopterus jamesi*. Recuperado el 31 de enero de 2024, de [https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Phoenicoparrus\\_andinus\\_11RCE\\_05\\_PAC.pdf](https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Phoenicoparrus_andinus_11RCE_05_PAC.pdf).

Ministerio de Medio Ambiente. (2020). Atlas de riesgos climáticos. Recuperado el 31 de enero de 2024, de <https://arclim.mma.gob.cl/>.

Moran, B. J., Boutt, D. F., McKnight, S. V., Jenckes, J., Munk, L. A., Corkran, D., & Kirshen, A. (2022). Relic groundwater and prolonged drought confound interpretations of water sustainability and lithium extraction in arid lands. *Earth's Future*, 10, e2021EF002555. <https://doi.org/10.1029/2021EF002555>.

País Circular. (2023, 15 de febrero). Conaf y Fundación MERI participan en censo de flamencos altoandinos en San Pedro de Atacama [Conaf and MERI Foundation participate in the census of Alto-Andean flamingos in San Pedro de Atacama].

País Circular. Recuperado el 28 de febrero de 2023, de <https://www.paiscircular.cl/biodiversidad/conaf-y-fundacion-meri-participan-en-censo-de-flamencos-altoandinos-en-san-pedro-de-atacama/>.

Parra, C. & Moulart, F. (2016). The Governance of the Nature-Culture Nexus. Lessons Learned from the San Pedro de Atacama Case Study. *Nature and Culture*, 11(3), 239-258. <https://doi.org/10.3167/nc.2016.110302>.

Plataforma Digital de Agua. II Región. Consejo Minero. Recuperado el 14 de enero de 2024, de <https://consejominero.cl/plataformas-digitales/agua/ii-region-2021/>.

RIDES (2005). Bienestar humano y manejo sustentable en San Pedro de Atacama, Chile - Resumen Ejecutivo (Human well-being and sustainable management in San Pedro de Atacama, Chile - Executive Summary), Santiago, Chile: RIDES.

Rodríguez, E., Contreras, J., Amado, N., Santoro, A., & Valenzuela, I. (2005). Conservación de flamencos altoandinos en el norte de Chile. Recuperado el 14 de enero de 2024, de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/31c04850-4884-48b1-abf5-cdbb57176141/content>.

Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). Se pronuncia sobre la vigencia y observancia de la guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Recuperado el 30 de enero de 2024, de <https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/01/13/Res%2020239910135.pdf>.

Servicio de Evaluación Ambiental. (2024). Guía metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Recuperado el 30 de enero de 2024, de <https://www.sea.gob.cl/documentacion/guias-y-criterios/guia-metodologica-para-la-consideracion-del-cambio-climatico-en-0>.

Shipley, B. (2016). Cause and Correlation in Biology. A User's Guide to Path Analysis, Structural Equations and Causal Inference with R. Second Edition. Cambridge University Press, 56. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139979573>.

Simmons, R.E. (1996). Population Declines, Viable Breeding Areas, and Management Options for Flamingos in Southern Africa. *Conservation Biology*, 10 (2), 504-514.

Tierra Consultores SpA. (2020). Proyecto Incidencias Socioambientales en el Salar de Atacama, 37

# AUTORES



**PAULINA CÁCERES**  
Ingeniera Analista  
pcaceres@gem-mc.com



**DIEGO ORPINAS**  
Ingeniero Analista  
dorpinas@gem-mc.com



**ALINA KARPUNINA**  
Business Development Senior Analyst  
akarpunina@gem-mc.com

# EDICIÓN

**MERY-ANN GIESE**  
Jefa de Administración y Marketing  
magiese@gem-mc.com

**JAVIERA ALEMPARTE**  
Encargada de Prensa  
jalemparte@gem-mc.com

# CONTACTO



**FELIPE GUZMÁN**  
Chief Financial and Business Development Officer  
fguzman@gem-mc.com



**ALINA KARPUNINA**  
Business Development Senior Analyst  
akarpunina@gem-mc.com



**SEBASTIÁN FAÚNDEZ**  
Business Development Senior Analyst  
sfaundez@gem-mc.com

Chile: Las Condes 12.461,  
torre 3, oficinas 805-806,  
Las Condes, Santiago

Singapur: 1 Raffles Place #40-02 One  
Raffles Place Singapore (048616)

<https://www.gem-mining-consulting.com>



Cualquier distribución, copia, duplicación, reproducción o venta no autorizada (total o parcial) del contenido de este documento, ya sea para uso personal o comercial, constituirá una infracción de derechos de autor. Cualquier forma de reproducción total o parcial de su contenido está estrictamente prohibida a menos que se solicite autorización expresa.