



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Sarapura, Gastón Esteban

Historia ambiental en la explotación minera del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio

py (1950 2020) : enfoque sistemático relación con el problema social, político y ambiental



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Sarapura, G. E. (2026). *Historia ambiental en la explotación minera del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio py(1950 2020): enfoque sistemático integral en relación con el problema social y ambiental*. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes
<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/6662>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Historia ambiental en la explotación minera del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio (1950–2020): Enfoque sistemático integral en relación con el problema social, político y ambiental.

TESIS DE MAESTRÍA

Gastón Esteban Sarapura

gastonsarapura@yahoo.com.ar

Resumen

Esta investigación reconstruye la historia ambiental del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio (YCRT) entre 1950 y 2020, entendiéndolo como un espacio socioambiental en disputa y ejemplo del extractivismo estatal argentino. Desde la ecología política latinoamericana, la historia ambiental y el enfoque de sistemas complejos, se analizan cinco etapas: la fundación bajo el modelo desarrollista (1950-1970), el apogeo extractivo durante la crisis petrolera (1970-1990), la privatización neoliberal y sus secuelas socioambientales (1990-2002), la reestatización con tensiones entre crecimiento y protección ambiental (2002-2012), y la fase de transición energética y judicialización (2012-2020). En cada período se examinan las políticas aplicadas, los impactos ecológicos —como la contaminación del arroyo San José y la cuenca del río Turbio— y las respuestas de actores sociales, sindicales y comunitarios.

El estudio revela la tensión persistente entre la concepción del carbón como recurso estratégico para el desarrollo y la evidencia de sus efectos socioambientales negativos. A través de archivos históricos, informes técnicos, evaluaciones de impacto ambiental y entrevistas, se teje una narrativa que cuestiona las herencias del desarrollismo extractivista y propone alternativas basadas en la sostenibilidad, la justicia ambiental y la autonomía territorial.

Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable

Tesis

Historia ambiental en la explotación minera del Yacimiento
Carbonífero de Río Turbio (1950–2020): Enfoque sistemático
integral en relación con el problema social, político y ambiental.

Maestrando

Lic. Sarapura Gastón Esteban

Directora

Dra. Marina Miraglia

Bernal, mayo de 2025

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a:

Mi esposa Cecilia por su amor, paciencia, y apoyo incondicional, dedico estas páginas a la mujer que, con su amor incondicional, ha hecho posible lo imposible. Que esta tesis sea un símbolo de mi gratitud y de la promesa de seguir caminando juntos, construyendo un futuro lleno de esperanza, amor y conocimientos compartidos.

Mi hijo Mateo, por ser mi fuente de inspiración y alegría. Espero que esta investigación contribuya de alguna manera a su futuro.

Mi familia mamá, papá y hermanos/as por ser parte de este proceso y su apoyo ha sido fundamental en mi vida.

Mi directora de tesis, Dra. Miraglia por su guía experta, orientación y retroalimentación fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Los participantes en esta investigación, por su tiempo y colaboración. Sin su aporte, esta investigación no habría sido posible.

Amigos y colegas por su apoyo emocional y motivación constante.

Índice de contenido

Agradecimientos	2
1. Introducción.....	5
1. Marco teórico metodológico	8
2.1 Marco conceptual	13
2.2 Objetivos de Investigación.....	15
2.2.1 General	15
2.2.2 Específicos	15
2.3 Metodología	15
3. Caracterización ambiental	17
3.1 Geología y geomorfología	22
3.2 Sismología	29
3.3 Climatología.....	31
3.4. Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad	32
3.5. Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura	33
3.6. Humedad relativa	36
3.7 Nevadas	42
3.8. Hidrología	42
3.9. Hidrogeología.....	44
3.10. Edafología	45
3.11. Flora y fauna.....	46
4. La historia ambiental del yacimiento carbonífero de río turbio.....	51
4.1 <i>Fundación, expansión inicial y primeros impactos ambientales detallados (1950-1970).</i>	51
4.1.1 <i>Antecedentes de la producción de carbón en Río Turbio</i>	53
4.1.2 <i>Descubrimientos</i>	54
4.1.3 <i>Producción y depuración</i>	55
4.2 Transformaciones estructurales y conflictos emergentes (1970–1990).....	57
4.2.1 Aspectos socioeconómicos: centralidad estatal y vulnerabilidad laboral.....	58
4.3 Privatización, conflictividad y pasivos ambientales (1990–2012).....	61
4.3.1 <i>Descripción de los impactos ambientales</i>	61
4.3.1.1 Impacto sobre la geomorfología.....	61
4.3.1.2 Alteraciones de la topografía por extracción o relleno.	62
4.3.1.3 Escombreras.....	65
4.3.1.4 Desestabilización de taludes. Deslizamientos.....	65
4.3.1.5 Conflictividad socioambiental	71
4.3.2 Efectos ambientales del proceso de depuración del carbón. Descripción de los principales efectos ambientales e impactos derivados del problema	71
4.3.3 Sectores con existencia de pasivos ambientales	72

4.4 Reestatización y reactivación conflictiva política, social y ambiental (2002-2012).....	74
4.4.1 Proyectos energéticos y nuevo modelo extractivo: la Central Termoeléctrica Río Turbio (CTRT).....	76
4.4.2 La UNPA y emergencia de propuestas alternativas.....	82
4.4.3 Conflictos laborales y ambientales.....	83
4.5 Crisis, Judicialización y Persistencia Ambiental (2012 – 2020).	84
4.5.1 Crisis del proyecto termoeléctrico y judicialización: un vistazo detallado	84
4.5.2 Persistencia de pasivos ambientales y falta de remediación: Un problema pendiente	85
4.5.3 Nuevas iniciativas de transición energética y tensiones locales: un camino difícil...	85
5. Reflexiones finales y recomendaciones.....	86
5.1 Hacia una transición energética justa.....	88
5.2. Aportes desde la historia ambiental	89
6. Bibliografía y Normas consultadas.....	91
7. Anexo Cartográfico.....	101

1. Introducción

En un mundo golpeado por crisis políticas y ambientales, las conversaciones sobre el cambio climático, la transición hacia energías limpias y el extractivismo son cruciales en las ciencias sociales y las políticas de gobierno. Sin embargo, a menudo se ignoran las historias que dan forma a los conflictos ambientales. La historia ambiental, junto con la ecología política latinoamericana y el enfoque de sistemas complejos, nos ayuda a entender mejor estos procesos desde diferentes ángulos y en distintos niveles (Arnold, 2000; García, 2006; Gudynas, 2001).

Esta investigación busca reconstruir la historia ambiental del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio (YCRT) entre 1950 y 2020, viéndolo como un espacio socioambiental en disputa. Este lugar, al suroeste de Santa Cruz, es un claro ejemplo del extractivismo estatal en Argentina. Desde que se consolidó bajo la empresa YCRT durante el modelo desarrollista, hasta las recientes renacionalizaciones, ha cambiado en lo técnico, ecológico, institucional y territorial (Gligo, 2006; Girbal-Blacha et al, 2014).

Por lo tanto, se propone una visión a largo plazo que conecte las fases de crecimiento, crisis y cambio de YCRT con las transformaciones en la energía del país, los cambios en las políticas públicas, la gestión ambiental y los conflictos que surgen. Los problemas ambientales causados por la extracción de carbón en Río Turbio no son solo detalles menores, sino que muestran las relaciones de poder a lo largo del tiempo (Auyero & Swistun, 2008; Robledo & Lumerman, 2009).

Un punto clave de este trabajo es la lucha entre la idea del carbón como recurso importante para el desarrollo y las pruebas de sus efectos negativos en el ambiente y la sociedad. Esto se ve en la contaminación del arroyo San José y la cuenca del río Turbio, en el daño a las aguas subterráneas y en seguir usando un modelo de energía basado en combustibles que contaminan (Caballero, 2007, 2014; Karmi, 1999; Marderwald, 2016). Además, informes técnicos como el de la Auditoría General de la Nación (AGN, 2016 y 2017) muestran que todavía hay problemas ambientales sin resolver, lo que hace urgente buscar políticas de transición que sean sostenibles.

Desde un punto de vista del conocimiento, este trabajo utiliza el enfoque de sistemas complejos (García, 2006), reconociendo que las cosas no siempre pasan de forma lineal en las dinámicas socioecológicas, que hay muchas conexiones y que surgen situaciones

únicas en cada lugar. Esta perspectiva ayuda a conectar lo global, lo nacional y lo local, incluyendo los recuerdos, conocimientos y resistencia de las comunidades afectadas.

Para entender a fondo el fenómeno sociocultural, se adoptó una metodología cualitativa descriptiva que examina archivos, textos y documentos, priorizando la descripción y el análisis de información. En el plano metodológico, se entrelazan archivos históricos, informes técnicos, evaluaciones de impacto ambiental, entrevistas y documentos oficiales, valiéndose de recursos como la geografía histórica, la cartografía crítica y el análisis cualitativo. El análisis de la Central Termoeléctrica Río Turbio (CTRT), los problemas laborales, la oposición social y los procesos de restauración del ambiente ayudan a tejer una historia intrincada, que se aleja de la visión idealizada o negativa del centro minero (Gómez Orea, 1999; Segemar, 2008).

La estructura de la tesis se basa en las etapas clave de cambio del yacimiento: los orígenes y el comienzo de los efectos ambientales (1950-1970), el auge y la profundización de la extracción (1970-1990), la privatización y el desplome del modelo (1990-2002), la renacionalización y la reactivación llena de tensiones (2002-2012), y la fase de cambio energético y disputas por el territorio (2012-2020).

En cada fase, se revisan las políticas llevadas a cabo, los efectos en la sociedad y el medio ambiente, y las reacciones de los distintos participantes, enlazándolo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (CEPAL, 2017) y las discusiones actuales sobre justicia ambiental.

La meta de este estudio es enriquecer el campo de la historia ambiental en América Latina, dando a conocer las marcas físicas y simbólicas de la extracción en entornos marginales. En momentos de crisis climática, recordar estas historias permite cuestionar las herencias del desarrollo y plantear opciones que combinen sostenibilidad, justicia social y autonomía territorial. Se aspira a que esta investigación ofrezca ideas para la creación de panoramas futuros más equitativos y adaptables, que valoren la complejidad de los sistemas socioecológicos e impulsen la participación de las comunidades en las decisiones.

En la primera parte, titulada “Fundación, expansión inicial y primeros impactos ambientales detallados (1950-1970)”, se indaga en la creación de YCF bajo la estrategia de industrialización sustitutiva. Se estudia la edificación de la estructura, la llegada de

obreros de todo el país y el surgimiento de un paisaje productivo regido por la lógica extractiva. Se pone el foco en la toma estatal de tierras y recursos, la imposición de un modelo de desarrollo vertical y el despertar de los primeros roces socioambientales por la minería. Se sostiene que esta etapa fundacional asienta las bases de una relación tensa entre el Estado, la empresa y la comunidad local, marcada por la dependencia económica y la sujeción de lo ambiental a los mandatos del crecimiento.

Luego, "Transformaciones estructurales y conflictos emergentes (1970–1990)", se centra en la etapa de apogeo del yacimiento, alentada por la crisis del petróleo y la meta del autoabastecimiento energético. Se analiza la modernización de las técnicas de extracción, la expansión de la estructura minera y el alza en la producción de carbón. Se examinan los efectos ambientales por la intensificación extractiva, como la deforestación, la erosión del suelo, la contaminación del agua y la acumulación de residuos mineros. Se exploran las condiciones laborales en la mina, los peligros del trabajo y la creciente conflictividad social. Se plantea que este período se distingue por una mayor profundización del modelo extractivista, con poca atención a los daños ambientales y sociales.

En la segunda parte, denominada "Privatización, conflictividad y pasivos ambientales (1990–2002)", se analizan las secuelas de la reforma neoliberal y la privatización de YCRT en los años 90. Se examina el desmantelamiento de la empresa estatal, la precarización del trabajo, el cierre de minas y la merma en la producción de carbón. Se aprecian los efectos socioeconómicos de la crisis, como el aumento del desempleo, la migración de obreros y el declive de la calidad de vida. Se estudian los procesos de resistencia social y las luchas en defensa del empleo y los derechos laborales. Además, se argumenta que la privatización es un punto de quiebre en la historia del yacimiento, con consecuencias nefastas para la economía local, ambiental y el entramado social.

Así pues, la sección titulada " Reestatización y reactivación conflictiva política, social y ambiental (2002-2012)" aborda el proceso de reestatización de YCRT en el marco de las políticas de recuperación del Estado y los precios internacionales de las materias primas. Se analiza la reactivación de la producción de carbón, la modernización de la infraestructura y la construcción de la CTRT. Se examinan los nuevos conflictos laborales y ambientales asociados a la expansión del yacimiento. Se evalúan los impactos ambientales, la salud de la población y el cambio climático. Asimismo, se argumenta que la reestatización representa una oportunidad para repensar el modelo de desarrollo, pero

que persisten tensiones entre los imperativos del crecimiento económico y la protección ambiental.

Y la siguiente sección, " Crisis, judicialización y persistencia ambiental (2012 – 2020).", explora la fase más actual de la mina, influenciada por las charlas sobre el cambio hacia energías más limpias y la urgencia de variar lo que producimos. Examina las estrategias del gobierno para fomentar las energías limpias, el dinero invertido en arreglar los daños ambientales y los planes para mejorar la zona. Analiza los desacuerdos territoriales entre los diferentes grupos de la sociedad, como el gobierno, la empresa, los sindicatos, las comunidades indígenas y los grupos ecologistas. Igualmente, evalúan los retos y las posibilidades de construir un futuro energético que sea justo y sostenible para el ambiente en la Patagonia austral. Finalmente, sostiene que la trayectoria de YCRT brinda enseñanzas valiosas para cuestionar críticamente los modelos de desarrollo basados en la extracción y para buscar opciones que pongan por delante la justicia ambiental y la autonomía territorial. Y para concluir, se enfoca en las sugerencias o propuestas en materia socioambiental.

1. Marco teórico metodológico

El extractivismo es aquí definido como un tipo de extracción de recursos naturales, en gran volumen o alta intensidad, y que están orientados esencialmente a ser exportados como materias primas sin procesar, o con un procesamiento mínimo. Aunque este concepto puede ser más amplio en un contexto de la actividad humana sobre el ambiente. Por ello, da un paso más al concepto de “extrahección” para referirse a actividades de apropiación de recursos naturales que se realizan con violencia y que violan derechos, contra humanos como contra la naturaleza (Gudynas, 2013)

Según García (2006: 39)

El estudio de un ecosistema natural que ha sufrido la acción del hombre, ya sea por medio de la explotación de sus recursos, renovables o no renovables (agro sistemas o industrias extractivas), o bien por la instalación de asentamientos humanos de diversos tipos, incluyendo las grandes urbanizaciones y las obras de infraestructura, supone la consideración del conjunto de los elementos que intervienen en tales procesos (y de los procesos sociales, económicos y a ellos asociados), de sus partes o factores constitutivos, sus interrelaciones y sus interacciones con otros fenómenos o procesos. Es decir, supone concebir el objeto de estudio como un sistema complejo

Argentina evidencia, principalmente en las últimas tres décadas, una creciente emergencia de conflictos socioambientales, entre los cuales políticos se destacan los generados por proyectos de minería a gran escala conocida como megaminería. El rechazo a estos proyectos ha impulsado, por un lado, la formación de movimientos sociales (principalmente, asambleas de vecinos autoconvocados) y, por otro, legislación restrictiva en siete de las veintitrés provincias argentinas (Wagner, 2016).

Uno de los principales aportes teóricos proviene de la ecología política, a partir del trabajo de Martínez Alier (2004), quien introduce el concepto de ecologismo de los pobres. Este enfoque permite comprender cómo las resistencias sociales frente a actividades extractivas no se fundamentan únicamente en razones ambientales, sino que responden a la defensa de formas de vida amenazadas por procesos de despojo y degradación territorial. Tales resistencias se manifiestan en reclamos por justicia ambiental y social, en el contexto de un modelo extractivista que impone lógicas externas a las dinámicas locales.

Desde los estudios latinoamericanos del extractivismo, autores como Gudynas (1997) y Svampa (2012) ofrecen herramientas conceptuales claves para analizar el avance de la megaminería como una forma específica de acumulación basada en la explotación intensiva de bienes naturales para la exportación. Gudynas (1997) define el extractivismo como un patrón estructural de inserción dependiente en la economía global, mientras que Svampa (2012) destaca la emergencia de una “narrativa autonomista” en los movimientos sociales que resisten estos emprendimientos. Esta narrativa se caracteriza por la horizontalidad, la autonomía territorial y la crítica a la captura estatal por intereses corporativos.

En el caso argentino, la megaminería se consolidó como política de Estado a partir de las reformas neoliberales de los años noventa, que habilitaron el ingreso de capitales transnacionales mediante un marco normativo favorable (Bueno, 2014). Frente a esta ofensiva extractiva, emergieron múltiples movimientos socioambientales que cuestionan no solo los impactos ambientales, sino también la exclusión de las comunidades en la toma de decisiones. Tal como lo señalan Schiaffini (2003) y Comelli (2010), estos movimientos frecuentemente nucleados en asambleas ciudadanas se organizan de manera descentralizada y multisectorial, con una importante participación de mujeres, docentes

y sectores medios, integrando demandas ambientales con reivindicaciones sociales más amplias.

A nivel jurídico-institucional, la reforma constitucional de 1994 introdujo el artículo 41, que reconoce el derecho a un ambiente sano y la responsabilidad de las autoridades en la preservación de los recursos naturales. Esta disposición ha sido clave para el desarrollo de legislaciones provinciales restrictivas hacia la megaminería, reflejando la influencia de la movilización social en la construcción de marcos normativos más exigentes (Gutiérrez & Isuani, 2014). Sin embargo, esta evolución convive con debilidades estructurales en los mecanismos de control estatal y con una marcada asimetría entre los actores involucrados.

En relación con los impactos concretos de la megaminería, Reboratti (2015) advierte sobre los graves riesgos ambientales, ejemplificados en eventos como el derrame de cianuro en la mina Veladero, que ponen en evidencia la escasa transparencia empresarial y las limitaciones del aparato estatal para regular esta actividad. Por su parte, Prado (2005) subraya que estos proyectos suelen generar escaso valor agregado local y están orientados mayormente al mercado internacional, lo que acentúa su desconexión con las necesidades del desarrollo regional.

La historia ambiental es un campo de interfase entre disciplinas (Oosthoek, 2005) que nace formalmente entre 1960 y 1970, como consecuencia directa del aumento en la preocupación mundial sobre problemas ambientales tales como la contaminación del agua y el aire por pesticidas, el adelgazamiento de la capa de ozono y el aumento del efecto invernadero ocasionado por la diversificación de las actividades humanas productivas principalmente.

La comprensión integral de la explotación del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio (YCRT) demanda un enfoque interdisciplinario que articule los aportes de la historia ambiental, la ecología política y la teoría de sistemas complejos, a fin de abordar no sólo las transformaciones materiales del territorio sino también las relaciones de poder, los conflictos sociales y las dinámicas institucionales que configuran este enclave extractivo. Desde la perspectiva de la historia ambiental, Worster (1992) destaca la importancia de analizar la interacción histórica entre sociedad y naturaleza considerando tres dimensiones interrelacionadas: la matriz biofísica donde ocurren los procesos ecológicos; los modos de producción que definen la forma en que se extraen y transforman los

recursos naturales; y la superestructura cultural, que incluye las representaciones simbólicas, los discursos y las normas que legitiman ciertas prácticas sobre el ambiente. Esta tríada permite comprender que la transformación ambiental en Río Turbio no es un fenómeno natural ni meramente técnico, sino el resultado de decisiones políticas, estrategias económicas y procesos culturales que han definido un paisaje minero caracterizado por la intervención sistemática del Estado nacional y la empresa minera en un territorio subpatagónico con sus propias particularidades ecológicas y sociales. En este sentido, los aportes de Castro (2004) y Cueto y Palmer (2014) enriquecen la perspectiva al situar la historia ambiental en el contexto latinoamericano, donde la configuración de los territorios responde a lógicas de subordinación y dependencia que producen enclaves extractivos que, aunque puedan brindar empleo o infraestructura local, reproducen modelos de desarrollo fragmentados y generan impactos ambientales y sociales asimétricos.

La lectura crítica de estos autores permite problematizar la forma en que el modelo extractivo en la empresa se inscribe en un patrón más amplio de colonialidad ambiental, donde la explotación intensiva de recursos naturales se articula con procesos de marginación y exclusión.

Desde la ecología política, Martínez Alier (2012) aporta un marco conceptual fundamental para analizar los conflictos ecológico-distributivos que emergen cuando los costos ambientales de la extracción, tales como contaminación atmosférica, degradación del suelo y enfermedades laborales, son externalizados hacia sectores vulnerables de la población, mientras que los beneficios económicos se concentran en actores estatales o privados. Esta perspectiva permite visibilizar las tensiones sociales en torno a la apropiación de los recursos y la gestión de los pasivos ambientales en Río Turbio, donde los trabajadores, las comunidades locales y el Estado han disputado el control y la responsabilidad sobre los impactos generados. Complementariamente, Gudynas (2009) introduce el concepto de “extractivismo de enclave” para describir un modelo económico caracterizado por la alta dependencia en la extracción y exportación de recursos naturales, con escasa diversificación productiva y limitada integración social y ambiental. La aplicación de esta categoría al caso de YCRT revela cómo, a pesar de su naturaleza estatal, el yacimiento opera bajo una lógica extractiva que prioriza la explotación intensiva del carbón como recurso estratégico, sin una estrategia clara de transición energética ni una planificación para la mitigación y remediación ambiental a largo plazo. En este marco, la

crítica de Leff (2004) sobre la hegemonía de la racionalidad instrumental en la relación con la naturaleza aporta una dimensión epistemológica y política esencial: la necesidad de trascender las lógicas modernas de dominio y control sobre el ambiente para incorporar saberes locales, valores culturales y criterios de sustentabilidad que permitan articular nuevos modelos de desarrollo más justos y ecológicamente responsables.

La teoría de sistemas complejos, tal como la plantea García (2006), complementa esta lectura ofreciendo una perspectiva transdisciplinaria y dinámica para comprender los sistemas complejos donde interactúan múltiples factores y actores en constante retroalimentación. Desde esta mirada, la empresa puede ser conceptualizado como un sistema integrado por dimensiones técnicas (infraestructura minera, logística), ambientales (calidad del aire, pasivos mineros, recursos hídricos), institucionales (estructura empresarial, políticas energéticas, normativa ambiental) y simbólicas (identidad minera, discursos políticos y sindicales). Esta configuración permite analizar no solo las causas y consecuencias lineales de la extracción, sino también las emergencias, las bifurcaciones y las posibilidades de cambio que se producen en la interacción continua entre los subsistemas. En consecuencia, la aplicación de un marco teórico sistémico y complejo a la historia ambiental del YCRT facilita una comprensión profunda y plural de un fenómeno que no puede reducirse a causas simples ni a soluciones unidimensionales.

En suma, la articulación de estos tres enfoques —historia ambiental, ecología política y teoría de sistemas complejos— configura un marco analítico robusto que posibilita una lectura crítica e integral de la explotación carbonífera en Río Turbio. Este enfoque no sólo permite reconstruir el pasado y comprender las problemáticas socioambientales acumuladas, sino que también habilita el planteo de escenarios prospectivos orientados hacia la transición energética, la justicia ambiental y la sostenibilidad territorial, considerando tanto el conocimiento científico como las experiencias y demandas de los actores locales. La integración de estos marcos teóricos es, por tanto, fundamental para abordar las múltiples dimensiones del problema, superar las fragmentaciones disciplinarias y aportar al diseño de políticas públicas más inclusivas, sustentables y contextualizadas.

La tesis se inscribe también en un debate más amplio sobre los caminos del desarrollo en América Latina. En diálogo con autores como Gligo (2006), Rodríguez Becerra y Espinoza (2002) y Di Pace *et al.* (1992), se cuestiona la persistencia de estilos de

desarrollo depredadores, basados en la explotación intensiva de bienes comunes, y se interroga por alternativas sustentables que integren justicia ambiental, participación social y soberanía energética. La propuesta busca así aportar a una historia ambiental crítica que recupere las memorias territoriales, visibilice los impactos acumulativos del extractivismo y contribuya a pensar transiciones energéticas más equitativas y contextualizadas desde el sur global. Sin embargo, no siempre se abordan las raíces profundas ni las trayectorias históricas que han configurado los paisajes de degradación y conflicto socioambiental. En este contexto, la historia ambiental emerge como una herramienta teórico-metodológica poderosa para desentrañar las dinámicas complejas que estructuran la relación entre las sociedades humanas y los ecosistemas a lo largo del tiempo. En particular, el estudio de enclaves extractivos constituye una vía privilegiada para indagar cómo se constituyen, reproducen y transforman los regímenes energéticos, los modelos de desarrollo y los imaginarios territoriales.

Desde el punto de vista teórico, el trabajo dialoga con los aportes de autores como Donald Worster, Guillermo Castro y Marcos Cueto en historia ambiental; Enrique Leff, Joan Martínez Alier y Eduardo Gudynas en ecología política; y Rolando García en pensamiento sistémico. Este entramado conceptual permite abordar al enclave minero como una formación socioambiental compleja, caracterizada por interacciones no lineales, retroalimentaciones múltiples y emergencias territoriales que desafían las narrativas simplificadoras. En este marco, la minería del carbón es entendida no solo como una práctica técnica, sino como una matriz de relaciones sociales, institucionales y ecológicas en permanente disputa.

2.1 Marco conceptual

De acuerdo con Castro Herrera (2019), la historia ambiental es una disciplina que permite comprender cómo se originaron los problemas del pasado, así como cuáles son las opciones más factibles para construir un entorno de condiciones ambientales que permita en un futuro sostener el desarrollo de nuestra propia especie.

Por ende, el punto de partida ha sido el hombre como sujeto del proceso histórico. Los historiadores buscan explicar procesos, a través de modelos diversos del funcionamiento social. Metodológicamente han tenido presente el cambio en la escala del análisis histórico, es decir, vinculando la microhistoria y la macrohistoria como parte de la construcción social Revel (1996); combinando reconstrucciones descriptivas y enfoques

analíticos, para poder diseñar la estructura del poder. Se definieron así los conceptos de legitimidad, conflicto, gobernabilidad, Estado y transformación socioeconómica. También la cuestión de la hegemonía, el Estado democrático y la política deliberativa, entre otros. A partir de este lineamiento se puede explicar que la etapa del proceso de depuración del carbón se lleva a cabo en una planta industrial. En ella se realizan una serie de procesos tendientes a separar el carbón propiamente dicho de las impurezas que lo acompañan. En consecuencia, se generan grandes volúmenes de residuos líquidos y sólidos, los que son vertidos directamente al valle del río Turbio.

Por ello, la planta de procesamiento trata el carbón a granel producido por la mina para separarlo de la roca residual. Este proceso utiliza un medio denso con magnetita, produce desechos para eliminación consistente en finos de plantas de lavado (descarte fino) y rechazo de planta (descarte grueso). El descarte fino se deposita en el arroyo San José mientras que el descarte grueso se envía a una superficie vertedero.

El método utilizado da como resultado tres productos:

- Carbón de varios tamaños de grano;
- Residuos estériles gruesos que se descargan en los basureros y
- Residuos finos y estériles de arcilla y carbón suspendidos en agua. que se descarga como lodo al Arroyo San José.

A partir de este lineamiento podemos explicar lo siguiente, la etapa del proceso de depuración del carbón se lleva a cabo en una planta industrial. En ella se realizan una serie de procesos tendientes a separar el carbón propiamente dicho de las impurezas que lo acompañan. En consecuencia, se generan grandes volúmenes de residuos líquidos y sólidos, los que son vertidos directamente al valle del río Turbio.

García (2006) “Un sistema complejo es una representación de un recorte de una realidad compleja, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son “separables” y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente”. Es decir, la cuestión ambiental requiere la perspectiva de la visión holística, sistemática y con abordaje desde la complejidad, ya que las articulaciones del sistema ambiental, sus interrelaciones, componentes y dinámica; por lo que surge de esta multiplicidad de relaciones. Desde la perspectiva de sistemas complejos permite abordar la cuestión ambiental, la cual está integrada por elementos heterogéneos en permanente interacción y como un sistema abierto, sometidos el todo y las partes, a

interacciones con el medio circundante. Nos aportan una mirada más completa, desde una perspectiva integral. En definitiva, el sistema que compone es la empresa del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio y los subsistemas son los procesos de funcionamiento en este caso la planta depuradora y mina, dado a que han producido daños ambientales a lo largo del tiempo.

2.2 Objetivos de Investigación.

2.2.1 General

Analizar los problemas ambientales derivados de la explotación carbonífera en el proceso de depuración de carbón que proviene de los efluentes contaminados y del proceso de explotación del mineral en YCRT.

2.2.2 Específicos

Los impactos en los recursos naturales pueden influir de manera social, económica y ambiental, por lo cual, los objetivos específicos son:

- a) Caracterizar los problemas ambientales de la explotación carbonífera en el proceso de depuración de carbón derivado de los efluentes contaminados en el período de 1950 hasta 2020.
- b) Identificar los impactos en los recursos naturales que influyeron de manera social y económicamente tanto como en lo ambiental.
- c) Conocer y analizar las características de las fuentes de contaminación de la explotación del YCRT e identificar los principales efectos de la actividad minera del proceso de depuración de carbón.

2.3 Metodología

La metodología adoptada combina el análisis histórico-documental con herramientas de la cartografía crítica, la geografía histórica y la investigación cualitativa, incluyendo el uso de testimonios orales y archivos institucionales. Se privilegia una lectura situada, que articule escalas locales, nacionales y globales, reconociendo que el devenir del enclave de Río Turbio no puede entenderse sin considerar las dinámicas macroeconómicas, las políticas energéticas y las tensiones geopolíticas que lo atraviesan.

A partir de todo lo expuesto, es oportuno mencionar que la presente investigación adopta un enfoque cualitativo y cuantitativo, combinando el análisis de documentos y de una

encuesta realizada a la población de la cuenca carbonífera (comunidad y trabajadores de YCRT de manera anónima), para determinar las opiniones sociales, políticas y ambientales respecto a la actividad minera con el fin de conocer y analizar los problemas ambientales derivados de la explotación carbonífera en el proceso de depuración de carbón que proviene de los efluentes contaminados y del proceso de explotación del mineral en Río turbio.

Como indican Schettini, P y Cortazzo, I. (2015), la investigación cualitativa posee un considerable potencial para el análisis social. Este enfoque metodológico ha ido ganando reconocimiento en el ámbito académico. Se reconoce que una de las funciones esenciales de este tipo de investigación es la gestión de la información, que facilita la elaboración de datos, un proceso que denominamos análisis.

En el desarrollo del trabajo, se empleara diversos métodos para examinar los documentos pertinentes. Aplicando técnicas de análisis descriptivo, exploratorio y teórico, siempre considerando el contexto histórico previo y las normativas ambientales.

Durante la investigación, se busca interactuar tanto con los entrevistados como con los datos (documentos, procedimientos y artículos científicos) para encontrar respuestas a las preguntas, hipótesis y objetivos que he planteado.

En el proceso de investigación, se tendrá en cuenta los siguientes pasos o variables:

- Identificación del problema a investigar,
- Identificación de los actores involucrados,
- Formulación de hipótesis, recolección de datos, análisis de datos y conclusiones obtenidas.

Se utilizarán diversas técnicas para llevar a cabo la investigación cualitativa, incluyendo la observación participativa, donde me involucraré activamente en la situación o problema. Así, basándose en un diseño observacional no experimental y en el uso de estrategias cualitativas, relacionando toda la observación con la aparición de un nuevo paradigma ambiental.

3. Caracterización ambiental

La provincia de Santa Cruz alberga una población de 333.473 habitantes (INDEC, 2022). Con una densidad de 1,1 habitantes por km² constituye una de las provincias menos pobladas del país. La misma se divide en 7 departamentos, de los cuales Güer Aike de interés por encontrarse el área de estudio representa, con una población de 134.931 (INDEC, 2022), uno de los departamentos más importantes con el 41.34% de los habitantes ubicados en esta parte del territorio provincial.

Yacimientos Río Turbio o Río Turbio es una ciudad fronteriza de 8814 habitantes (INDEC, 2010), del departamento Güer Aike, provincia de Santa Cruz, Argentina, que posee una superficie de 78.7 km². Se encuentra en el medio de la Ruta Provincial 20, cerca de la RN 40 y de la RN 293, a 301 km. de la ciudad de Río Gallegos y a 935 km de Caleta Olivia. (“Municipios - Santa Cruz Provincia, Argentina”) Río Turbio, además, es una de las puertas de entrada Puerto Natales, ciudad chilena situada a 40 km. del Yacimiento Carbonífero Río Turbio. (“Río Turbio (ciudad) – De Todo Un Poco”) A escasos 8 kilómetros de Río Turbio, se encuentra el Paso Dorotea.

En el censo 2022 se ofrecen datos por departamentos, en este caso en la provincia de Santa Cruz se encuentran Güer Aike (Río Gallegos, Río Turbio y 28 de Noviembre), referidos a viviendas particulares, viviendas colectivas, población en viviendas particulares, población en viviendas colectivas y población en situación de calle (vía pública), por departamento. Año 2022.

Departamento	Total de viviendas particulares	Total de viviendas colectivas	Total de población	Población en viviendas particulares	Población en viviendas colectivas ⁽¹⁾	Población en situación de calle (vía pública) ⁽²⁾
Total	131.395	486	333.473	331.707	1.766	///
Corpen Aike	6.029	21	15.027	14.857	170	///
Deseado	46.937	78	126.179	125.569	610	///
Güer Aike	54.085	65	135.511	134.931	580	///
Lago Argentino	10.908	231	25.403	25.172	231	///
Lago Buenos Aires	5.354	40	12.618	12.586	32	///
Magallanes	5.566	28	12.752	12.651	101	///
Río Chico	2.516	23	5.983	5.941	42	///

⁽¹⁾ Incluye la población en situación de calle censada en refugios o paradores.

⁽²⁾ La Dirección Provincial de Estadística no implementó el operativo de población en situación de calle (vía pública) en esta provincia, ya que en el recorrido previo del territorio se observó que no había personas que residan habitualmente en la vía pública.

Fuente: INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022. Resultados provisionales.

28 de Noviembre es una localidad del departamento Güer Aike, en la provincia de Santa Cruz, Argentina, fundada en 1957, al provincializarse el Territorio Nacional de Santa Cruz. Sus habitantes más de 6145 y posee una superficie total de 27,7 Km². La ciudad está comunicada con la RN 40. Es una localidad minera creada en 1959, visitada por muchos turistas y situada muy cerca de la ciudad chilena de Puerto Natales.

De las poblaciones actuales, gran número de personas trabajan en la minería de carbón para el desarrollo productivo, económico y deseablemente sustentable.

En la Figura 1 se visualiza el lugar con las galerías subterráneas.

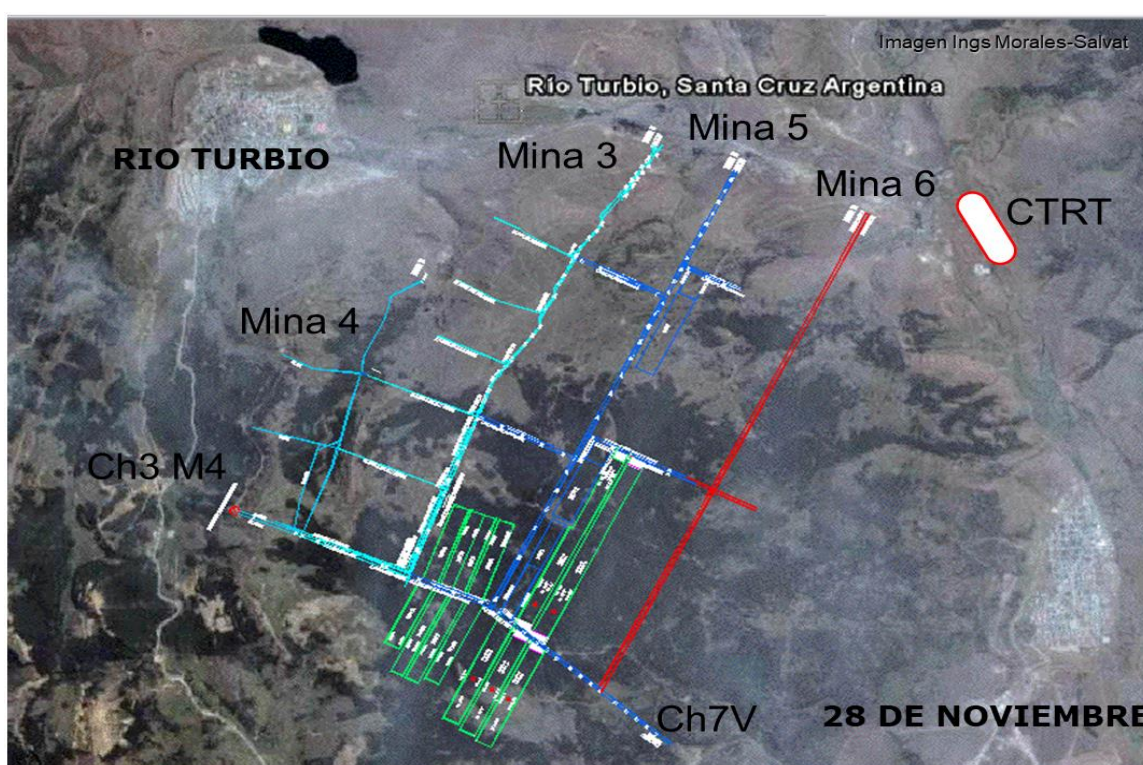


Fig. 1. Galerías o minas en funcionamiento y otras terminado su ciclo de producción.
Fuente: Informe interno YCRT (Morales y Salvat, 2008)

Por otro lado, en la figura 2 se encuentran las dos localidades urbanas industriales, marcadas con color rojo, y luego se encuentra en la intersección de ambas la zona de minería, planta depuradora, talleres centrales y usina térmica de 21 mw, señalada con color verde. Por último zonas de turismo como el bosque de Los Duendes, cerca de Río Turbio y el bosque Del mirador hacia 28 de noviembre, identificado con color celeste. En ambas localidades se puede apreciar la escasez de vegetación debido al poco cuidado por el ambiente, a la pileta de lodos y a otros factores ambientales.



Fig. 2. Cartografía de la minería de YCRT, localidades y Bosques los ñires y lengas.

Fuente: Google Earth.



Fig. 3. Sector de Mina 5.

Fuente: Elaboración Propia por medio de Drone DJI phantom II.



Fig. 4. Lugar de ubicación de los establecimientos mineros.

Fuente: Elaboración Propia por medio de drone (2017).

El relleno del valle del Arroyo San José por los materiales que son separados continuamente en las operaciones que se realizan en la Planta de Depuración de Carbón (estériles) modificó en gran parte el paisaje original y provocó fenómenos de desplomes, en los casos en que se superó el ángulo de reposo original de los materiales separados en el proceso, o de deslizamientos traslacionales (fanglomerados) cuando la acción del agua de lluvia convirtió a los mismos en un lodo con alta saturación de agua que facilitó su deslizamiento pendiente abajo y constituye en la actualidad un peligro geológico para los habitantes e instalaciones situadas en posiciones topográficas más deprimidas.

Esta situación originó desde 1970 un endicamiento del Arroyo San José en su curso medio, concentrando los efluentes de aguas servidas de la localidad de Río Turbio y aumentando el riesgo de contaminación de las napas acuíferas principalmente del nivel del acuífero libre o nivel freático, en parte con estos fluidos y en parte con los elementos químicos metálicos presentes en los deslaves por contacto con estériles que, para su separación, fueron tratados químicamente.

Actualmente en colaboración con el Consejo Agrario de la Provincia de Santa Cruz se está procediendo a la remediación de los taludes de estériles mediante la cobertura de un estrato de suelo que facilite el crecimiento de la vegetación, estabilice los mismos y

disminuya el impacto visual en el paisaje, pero que, a mi entender no es suficiente debido a que la explotación de carbón continúa realizándose.



Fig. 5 Taludes de estériles.

Fuente. Elaboración Propia por medio de drone (2017)

Inicialmente, en el año 1943 con la puesta en explotación del carbón se establece el primer campamento minero en el área próxima a la Mina N° 1. Ya para la década del 50' la población superaba los 3.000 habitantes (<http://www.ycrt.gov.ar/>). Lo que había surgido como un asentamiento de mineros se convierte en un centro urbano. Es así como se traslada la población hacia un nuevo sitio protegido del viento y la nieve, donde hoy día se emplaza la ciudad de Río Turbio. La misma fue expandiéndose de acuerdo con las necesidades imperantes del momento, sin atender a un ejido urbano definido ni pautas de planificación y con deficiencias en la provisión de los servicios públicos.

Asimismo, su crecimiento se ve impedido por:

- a) La ubicación geográfica que ocupa la localidad en cercanías de la frontera con Chile,
- b) La posición topográfica extrema en proximidad al valle del arroyo San José, su embalse y el bosque de lenga.

c) Los diferentes usos del suelo, por un lado el desarrollo del parque industrial y por el otro la extracción de carbón sobre la mayor parte de la Sierra Dorotea. Se puede observar que efectivamente la ciudad de Río Turbio presenta limitaciones de desarrollo.

Según Marderwald, G. (2016), al igual que Río Turbio, la delegación comunal de Julia Dufour, ubicada en la intersección de la ruta Nacional N° 40 y el camino de ingreso a la mencionada ciudad, se creó como un campamento afectado a las actividades del ferrocarril. Este último, concretado con el fin de transportar el mineral al puerto de embarque en Río Gallegos para su posterior comercialización, disponía de mano de obra que con el tiempo fue absorbida por la mina (<http://www.mirioturbio.com.ar>). La importancia de este poblado radica en que se halla en contacto directo visual con la Central Termoeléctrica Río Turbio (CTRTR).

Parte del proceso de expansión de la cuenca minera significó la fundación, en el año 1959, de la localidad de 28 de Noviembre como un centro político-administrativo a 13 km al sureste de Río Turbio (<http://www.28denoviembre.gob.ar/>). Es así como se diferencia de las localidades antes mencionadas en su estructura urbana y en la ocupación del suelo, ya que emerge como una ciudad planificada donde se desarrollan actividades administrativas y comerciales, para secundar la principal que se realiza en la cuenca.

3.1 Geología y geomorfología

El área de influencia la tesis se ubica en la zona de transición entre las provincias geológicas Cordillera Patagónica Austral, segmento sur (Leanza, 1972), y Meseta Patagónica Austral.

En la Cordillera Patagónica Austral se desarrolla el batolito patagónico, aunque sus afloramientos están principalmente en territorio chileno. También, a esas latitudes, se desarrolla una faja plegada y corrida que es responsable del importante acortamiento y levantamiento orogénico. En la meseta patagónica austral, afloran los depósitos marinos y continentales cretácicos y cenozoicos. (Furque y Caballé 1993, Malumián y Panza 2000).

La formación río Turbio (paleógeno) es una secuencia alternante entre sedimentitas marinas y continentales portadoras de bancos de carbón ubicadas al oeste del valle del Río Turbio (Hünicken, 1955), se la divide en dos secciones: la sección inferior está compuesta por conglomerados y areniscas medianas a gruesas, pardo amarillentas, e

intercalada con niveles de invertebrados fósiles y de tafoflora. En la parte superior de esta sección se interponen los mantos de carbón denominados «inferior» y «superior», que constituyen el complejo carbonoso inferior, con 2 y 4 m de potencia, respectivamente. la sección superior está formada por areniscas finas a gruesas, en parte conglomerádicas, pardo verdosas, en la que alternan niveles con invertebrados y plantas. aproximadamente por debajo de la parte media, presenta los mantos de carbón «b», «a» (2 m) y «Dorotea» (4 m) que conforman el complejo carbonoso superior (SEGEMAR, 2008).

El ambiente de depositación correspondería a uno límnicolitoral en el cual alternaron facies marinas y continentales (Hünicken, 1955). Esta formación presenta una estructura homoclinal regional, de rumbo norte-sur e inclinaciones al este de entre 12° y 15°, localmente está afectada por fallas de poco rechazo y pliegues secundarios de reducidas dimensiones (SEGEMAR, 2008).

Al este de la formación río Turbio, en la zona de la Sierra Dorotea, sigue la sucesión de la formación del río Guillermo constituido por sedimentitas de origen continental. Esta unidad está integrada por una secuencia alternante de conglomerados finos a gruesos y areniscas medianas a gruesas y, en menor cantidad, niveles de areniscas muy finas, limolitas y arcilitas. El color dominante de las psamitas y psefitas es castaño amarillento, grisáceo y verdoso. Los conglomerados son polimícticos, con rodados redondeados a subredondeados de vulcanitas, metamorfitas y cuarzo lechoso. el contacto basal es una superficie de discordancia erosiva y la estructura es homoclinal, con rumbo norte-sur, con valores de inclinación menores a 10° al este (Pereyra, 2010).

El ambiente de depositación de estas sedimentitas continentales es fluvial de alta energía, desarrollado en un clima templado acorde con la flora presente. La edad de la formación río Guillermo es eocena cuspidal sobre la base de su relación estratigráfica y por la paleoflora encontrada (Malumián y Panza, 2000). Le sigue la Formación La Escondida (oligoceno superior a mioceno inferior) denominada así por Furque y Caballé (1993). Esta unidad está constituida por dos secuencias, una inferior continental y otra superior marina. La secuencia continental (Cerro Mirador) comienza con bancos de conglomerados gruesos, de 20 a 60 cm. de potencia, de color castaño oscuro a negro, en una matriz arenosa gruesa. Dentro de las psefitas, que forman un resalto marcado en el relieve local, se observan lentes de areniscas medianas con estratificación entrecruzada. le siguen estratos de areniscas finas a medias, hasta conglomerádicas, castaño-amarillentas a rojizas

hasta gris claro y verdosas, bien estratificadas, en bancos tabulares con entrecruzamiento (Pereyra, 2010). Se observan abundantes fragmentos de troncos silicificados, asimismo la secuencia marina predomina las areniscas finas a medianas, pardas amarillentas, con estratificación paralela. Igualmente se visualizan intercalaciones de conglomerados finos con concreciones, restos de vegetales carbonizados y dos niveles de invertebrados marinos, como ostreidos y gastrópodos. Cabe destacar que Malumián y Panza, (2000), separaron a los términos continentales y marinos en dos formaciones diferentes, denominadas Formación Río Leona y Formación Centinela, respectivamente. Posteriormente, continúa la Formación Santa Cruz en el faldeo occidental de la Meseta Latorre correspondiendo a la transición del mioceno inferior al medio. El color dominante de la formación es blanco a gris amarillento y gris azulado. Está constituida por areniscas, arcilitas y tobas con algunos niveles conglomerádicos de grano fino intercalado (Pereyra, 2010). El ambiente de depositación sería fluvial, con características propias de planicie aluvial distal. Los materiales piroclásticos son indicativos de vulcanismo contemporáneo en la cordillera patagónica, la cual, al estar en proceso de levantamiento, era a su vez el área de aporte de los materiales clásticos (Malumián y Panza, 2000).

Por su parte, los depósitos cuaternarios alcanzan gran extensión areal en la zona de influencia del proyecto, cubren parcial o totalmente a los depósitos infrayacentes ya señalados. Los depósitos glaciarios conforman un conjunto heterogéneo de sedimentos de till de diferentes tipos, con intercalaciones que indican una mayor participación del agua, incluyendo niveles de varves (Pereyra, 2010). Afloran principalmente sobre ambos laterales de los valles del arroyo San José y el río Turbio y en forma discontinua en toda la zona serrana. En los sectores mejor expuestos superan los 10 m de potencia. En general son bloques y gravas inmersos en una matriz areno- gravillosa a areno-limosa, carentes de estructuras y mal seleccionados. En algunos casos se observan estructuras convolutas y *dropstones*. La edad de estos sedimentos sería esencialmente pleistocena.

Los depósitos glacifluviales se encuentran estrechamente asociados a los anteriores. A diferencia del till tienen mucha mejor selección y forman estratos generalmente de menos de 1 m de potencia con estratificación entrecruzada. Predominan los rodados y gravas, con tamaños máximos de 20-30 cm, inmersos en una matriz gravillosa y arenosa, con bajo grado de consolidación. al igual que los sedimentos glaciarios antes descriptos, la edad sería pleistocena. Finalmente, ocupando sectores más bajos del paisaje y restringidos a las zonas aledañas a los principales cursos fluviales de la zona, se hallan los depósitos

fluviales. Dada su localización espacial, estos materiales serían más jóvenes que los anteriores, pudiéndoseles asignar una edad holocena a reciente (SEGEMAR, 2008).

Con respecto a los depósitos antrópicos, los mismos son el producto de la actividad minera a finales de la década de 1940 en la Cuenca Carbonífera de Río Turbio. Se sitúan en ambas márgenes y en la planicie aluvial del arroyo San José. Basándose en la selección granulométrica, al proceso que lo genera y a la ubicación final se distinguen tres tipos de depósitos antrópicos: estériles, en las escombreras escalonadas, “lodo”, en las piletas de la planta depuradora y cenizas de la usina térmica. Estos depósitos se describirán en detalle en el apartado de geomorfología que sigue a continuación. (Anexo cartográfico. a).

El relieve de la zona se debe esencialmente al modelado glaciar que alteró de manera sustancial el paisaje estructural preexistente. Con posterioridad al retiro de los hielos, las geoformas presentes fueron modificadas parcialmente por el accionar del proceso fluvial, mientras que la remoción en masa imprimió sus particulares rasgos a las pendientes (Segemar, 2008).

Las geoformas glaciarias corresponden a morenas marginales y frontales, terrazas glacifluviales y planicies glacifluviales (Pereyra, 2010). Dentro de la zona estudiada predominan las morenas marginales y frontales que componen un relieve ondulado con cordones alineados subparalelos, los que indican diferentes posiciones de estabilización de los hielos. Han sido identificadas morenas correspondientes a numerosas glaciaciones desde el plioceno inferior e incluso mioceno (Mercer, 1976; Rabassa y Clapperton, 1990).

Es muy probable que, durante el último máximo glaciar, finalizado antes de 14 ka (Mercer, 1976; Rabassa y Clapperton, 1990), toda el área de estudio estaba cubierta totalmente por los hielos. Una gran lengua glaciar fluía por el norte de río Turbio ocupando sus términos orientales la zona de Cancha Carrera y nacientes del Coyle, incluyendo los lagos sarmiento y Porteño en Chile. Hacia el sur, otra lengua de grandes dimensiones se situó en la zona de los Senos Skyring y Otway y del golfo Almirante Montt, ingresando al actual territorio argentino en la zona comprendida entre Rospentek y Puente Blanco, con sus morenas marginales dispuestas contra el pie de la Meseta Latorre, esta última, ubicada por encima de los 1000 metros, no fue alcanzada por los hielos y conformaba la divisoria entre las masas de hielo.

En la zona central, entre los sectores antes descriptos un glaciar de menores dimensiones fluyó por el portezuelo donde están las aduanas, en el área de Dorotea (Chile) y Mina 1 (en Argentina), incluyendo la zona ocupada por la población de Río Turbio. El glaciar fluyó por el valle del arroyo San José y luego por el del Río Turbio. Las morenas laterales se identifican sobre ambos faldeos del valle en cotas generalmente inferiores a los 400 metros. Es posible observar al menos dos cierres glaciarios de este pequeño glaciar. Uno, más antiguo, ubicado entre 28 de noviembre y Rospentek y el otro, más joven, que se sitúa en la zona de 28 de noviembre. No es factible atribuir una edad segura a estos cierres, pero por su localización, altitud y grado de preservación, es posible plantear una edad más joven que el ultimo máximo glaciar.

Las morenas forman lomadas elongadas en el sentido del flujo de los hielos y los materiales que las conforman se denominan till. Este till se caracteriza por mostrar mala selección, con grandes bloques facetados de grandes dimensiones (mayores a 1 m) inmersos en una matriz areno-gravillosa, generalmente carente de estructuras sedimentarias. En algunos sectores (como inmediatamente al sur de Julia Dufour) se han observado, ligados al till, varves y sedimentos mejor seleccionados y estratificados correspondientes a ambientes ácueos asociados a la masa de hielo (Pereyra *et al* 2010).

Las terrazas glacifluviales están formadas por la acumulación y posterior erosión de las aguas provenientes de la ablación de los hielos durante los períodos glaciarios. Los diferentes niveles observados en la región serían los más modernos, vinculados a la Última Glaciación. Caracterizan a esta unidad, el relieve horizontal y los materiales gruesos generalmente poco cementados por carbonatos. Presentan rodados en general menores a los 20 cm, inmersos en una matriz areno-gravillosa; en comparación con el till, están mucho mejor seleccionados y es posible advertir estratificación entrecruzada y en artesa (SEGEMAR, 2008).

Las planicies glacifluviales están definidas por la existencia de numerosos cauces entrelazados que ocupan todo el sector ubicado al frente de las lenguas glaciares. Se visualizan dos niveles relativamente bien preservados (Pereyra, 2010): El nivel superior y, por lo tanto, más antiguo, se dispone esencialmente al este de la zona estudiada, al pie de la Meseta Latorre; comprende cotas entre 350 y 375 m aproximadamente. Hacia el sur del área del proyecto, este nivel está mejor preservado, especialmente al este de

Rospentek y Turbio Viejo. El nivel inferior se halla inmediatamente al sur de 28 de noviembre, por debajo de la cota de 300 metros.

Como geoformas glaciarias dominadas por erosión se desarrollan el paisaje erosivo-deposicional glaciario y los laterales de valles glaciarios las cuales corresponden a geoformas labradas en las diferentes litologías aflorantes en las áreas más elevadas (Pereyra, 2010).

El paisaje erosivo-depositacional glaciario está mejor representado al norte del valle del arroyo San José, entre los arroyos Primavera y Siete Cascadas. Esta zona se caracteriza por tener un bajo relieve relativo, con bajas lomas y depresiones ocupadas por pequeñas lagunas y mallines. Asimismo, la localidad de Río Turbio está ubicada esencialmente en esta unidad. los afloramientos rocosos son frecuentes y la abrasión glaciaria y el *plucking* han labrado algunas formas particulares como lomos de ballena y rocas cantereadas. Los laterales de valles glaciarios por su parte, ocupan una menor extensión areal y están principalmente en la zona sur de San José y en el arroyo Santa Flavia. Se caracterizan por presentar fuertes pendientes y un nivel superior subhorizontal denominado generalmente "hombrera" en el cual se encuentran depósitos de till. Es una zona de una activa morfodinámica, materializada como procesos de remoción en masa y erosión hídrica en cárcavas. (SEGEMAR, 2008).

Dentro del conjunto de geoformas fluviales se pueden diferenciar las planicies aluviales, las terrazas fluviales y los cañadones. El río Turbio aumenta su sinuosidad hacia el sur (Pereyra, 2010). Se debe destacar que este cauce se encuentra alterado por la acción antrópica dentro de la zona que abarca este estudio hasta la altura de la localidad de 28 de noviembre y que desde ese punto hacia el sur mantiene sus características naturales. Las planicies aluviales presentan una amplitud variable, su génesis se vincula a cambios del nivel de base (cambios del nivel del mar) y climáticos que resultaron en variaciones de caudal. Estas unidades tienen una extensión menor que las terrazas glaci-fluviales y su número difiere entre los valles, reconociéndose dos niveles principales en la cuenca de Turbio-Primavera-San José. Los depósitos son de bloques, gravas y arenas, moderadamente seleccionados, no cementados y con estratificación entrecruzada. en la zona de Julia Dufour es posible diferenciar dos niveles de terrazas (Pereyra, 2010).

La acción erosiva de cursos fluviales generalmente temporarios ha producido numerosos cañadones debido al mayor relieve relativo. La máxima concentración de cañadones se

encuentra en la zona oriental del área estudiada. Numerosos cursos provenientes de la Meseta Latorre discurren con alta sinuosidad hasta desembocar en el río Turbio y en el Arroyo Primavera (Pereyra, 2010). Pequeños cursos también han labrado algunos cañadones en la zona serrana en la cual se localiza la mina (Sierra Dorotea). Estos cursos poseen, a diferencia de los anteriores, mayores pendientes y fuerte control estructural por lo que son mucho más rectilíneos. Uno de los principales se sitúa en la zona de los talleres y otro en las cercanías de Mina 5. En la zona de Julia Dufour confluyen dos pequeños arroyos formándose un mallín sobre el cual se asienta parte del loteo de la población. Cerca de 28 de noviembre (escasos cientos de metros aguas arriba) se observa otro cañadón importante que desagua buena parte del drenaje superficial del flanco oriental de la Sierra Dorotea (Pereyra, 2010).

El relieve poligenético serrano se desarrolla sobre las rocas continentales y marinas de las formaciones, Río Turbio, Río Guillermo y La Escondida de edad paleógena (Pereyra, 2010). Es el resultado del accionar de los procesos glaciario, fluvial y de remoción en masa. Por ello, el rumbo de los bancos es aproximadamente norte-sur con inclinación hacia el este. Es posible observar en la mayor parte de la unidad una cobertura de till de espesores variables, así como rasgos evidentes de procesos criogénicos. Las pendientes elevadas de los valles están afectadas por caída de rocas, también por reptaje y por deslizamientos y flujos del tipo *debris flow*. En la zona ubicada por encima de la actual usina, de la planta de procesamiento y de Mina 5, al pie de los afloramientos rocosos de areniscas masivas y conglomerados que constituyen paredones verticales, se encuentran numerosos bloques caídos, los que en algunos casos conforman pequeños conos de caída de roca. Los bloques alcanzan grandes dimensiones y en general son angulosos y aproximadamente equidimensionales, situación favorecida por el escaso recorrido y el diaclasamiento y estratificación de las rocas aflorantes. El crioclastismo también es importante, compone una carpeta detrítica en los sectores topográficamente más altos. Los bajos constituyen, cuando las depresiones son mayores, cuencas endorreicas con diseño de avenamiento centrípeto y cursos efímeros; mientras que, en el caso de los bajos menores, suelen alinearse sugiriendo vías de drenaje difuso (Pereyra, 2010).

Finalmente, ocupando un pequeño sector, se encuentra el relieve denudativo en sedimentos santacrucenses. Estas planicies son remanentes de antiguos pedimentos labrados en rocas neógenas con anterioridad a las glaciaciones. Luego, con el avance de los hielos, estas geoformas actuaron como divisorias de hielos y aguas, que fueron

erosionadas parcialmente. Al pie de las mismas se formaron extensas pendientes en las que se combinan diferentes rasgos geomorfológicos (Pereyra, 2010).

Los depósitos antrópicos como se mencionó anteriormente corresponden a estériles, lodos de las piletas y cenizas de carbón. Los materiales son heterogéneos desde el punto de vista de su composición y granulometría. Están formados por roca de caja (formación Río Turbio) y por El Estéril. Este presenta, como fracción más fina, partículas tamaño limo-arcilla, que le otorgan al depósito gran compactación. la morfología final de este depósito es escalonada o aterrazada. El «lodo» de las piletas de lavado es de color gris y está conformado por estéril fino. es el residuo de la planta depuradora, donde el carbón es tratado con magnetita y agua. la morfología final del depósito es tabular y compacta. Por último, las cenizas, que son el producto de la combustión del carbón en la usina térmica perteneciente al Yacimiento Carbonífero de Río Turbio, muestran coloración gris blanquecina y granulometría fina. la homogeneidad y el tamaño le confieren al depósito una alta cohesión. la disposición final es la planicie aluvial del arroyo San José (SEGEMAR, 2008). (Anexo cartográfico, b).

3.2 Sismología

Un sismo o un terremoto es la liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre, lo que produce movimientos del terreno en superficie y la reactivación de fallas. a lo largo de las zonas de contacto entre placas tectónicas se generan grandes esfuerzos que provocan las dislocaciones súbitas y violentas (Reid, 1911).

Desde el punto de vista de la tectónica actual, alrededor de los 52° de latitud sur se ubica el punto triple de tipo subducción-transforme donde interaccionan las placas Sudamericana, Antártica y de Scotia. Además, la región estudiada coincide con la zona volcánica austral, la que presenta actividad volcánica y sísmica. Al norte de los 52°, la subducción de la placa Antártica por debajo de la Sudamericana es ortogonal con dominio de mecanismos focales transcurrentes. Al sur de los 52°, el límite entre la placa de Scotia y la Sudamericana pasa a ser transcurrente (Ramos, 1999 a). La velocidad de convergencia al norte del punto triple es a razón de 2 cm/año. De acuerdo con los registros sísmicos del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) el área de influencia del proyecto presenta sismos de entre 5° a 4° de magnitud en la escala de Richter; los epicentros se ubican a 33 km de profundidad (probablemente relacionada con la profundidad de la placa antártica subductada). Por la magnitud de estos sismos,

seguramente, fueron percibidos por la población cercana. las intensidades son de entre III y IV en la escala de Mercalli. La confirmación de esto se hace difícil, debido a que es una zona con baja densidad poblacional. de igual manera las intensidades son difíciles de cuantificar, ya que uno de sus parámetros está relacionado con la percepción de la población. Conforme a la zonificación realizada por el INPRES, la región considerada está localizada dentro de la zona correspondiente a una peligrosidad sísmica reducida (INPRES, 1999). Esta asignación es efectuada en función de la ponderación de una serie de indicadores y variables entre las que se destacan: la recurrencia histórica de sismos, sus intensidades, la probabilidad de ocurrencia de sismos de magnitud alta, la localización geológico-estructural, la presencia de fallas activas y la actividad neotectónica. las intensidades máximas más probables de ocurrir en 100 años en el área de influencia del proyecto son mayores e iguales a VI en la escala de Mercalli (INPRES, 1977).

En la tabla de registros sísmicos que se muestra a continuación, se puede observar que en octubre de 2010 se registró un sismo en río Turbio de magnitud 4.7. Se debe considerar que el factor de peligrosidad de sismos de magnitudes menores a 5 en la escala de Richter son los efectos indirectos, que pueden actuar como agentes disparadores de fenómenos gravitacionales. En consecuencia, los sismos deben tenerse en cuenta en la planificación y realización de cualquier tipo de emprendimiento, ya que pueden generar inestabilidad en taludes o pendientes y producir así el impacto sobre las obras de infraestructura y viviendas.

Tabla 1 Registros sísmicos en Río Turbio y en zonas cercanas al área de estudio.

FECHA:	Fuente	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Magnitud	Intensidad	Fuente	Lugar
24/01/1944	SJA	-50,200	-72,150	30	5	V	SJA	El Calafate, Santa Cruz
08/04/1959	CGS	-50,500	-73,000	33	6,2			
29/09/1966	ISC	-50,470	-72,400	52	4,7			
10/09/1986	GS	-50,240	-71,290	33	5			
25/01/1992	GS	-50,421	-72,158	33	5,1			
30/07/1992	GS	-50,357	-72,095	10	5,5	IV	GS	El Calafate, Santa Cruz
09/04/1999	GS	-50,460	-72,230	33	4,3			
30/09/2000	IAA	-50,387	-72,932	33	3,8			
30/08/2004	GS	-50,695	-72,137	25	5	IV	SJA	El Calafate, Santa Cruz
31/08/2004	GS	-50,630	-72,327	19	4,7			
07/09/2004	GS	-50,686	-72,237	37	3,6			
05/10/2004	GS	-50,627	-72,296	28	4,7	III	SJA	Río Turbio, Santa Cruz
06/12/2004	SJA	-50,500	-72,750	33	4,7	IV	SJA	El Calafate, Santa Cruz
05/07/2005	PDE	-50,668	-72,074	22	5,1			

Fuente: INPRES (1999).

Por otro lado, mediante la utilización de Google Earth se localizaron al este de la zona de estudio, los sismos históricos más cercanos a la misma. Estos ocurrieron en 1987 y 1998, con profundidades de 10 km y 33 km respectivamente.

Figura 6 Tomada de Google Earth (año 2017) localización de sismos históricos.



Fuente: Informe UTN (2009).

3.3 Climatología

El clima de la región es árido y frío con temperaturas muy bajas casi todo el año y fuertes amplitudes térmicas y lluvias insuficientes, determinando el bioma del semidesierto, donde predominan los pastos duros de estepa y tusacs tales como el neneo (*Mulinum spinosum*), coirón (*Festuca gracillima Rothm*) y choique mamuel (*Adesmia campestris*).

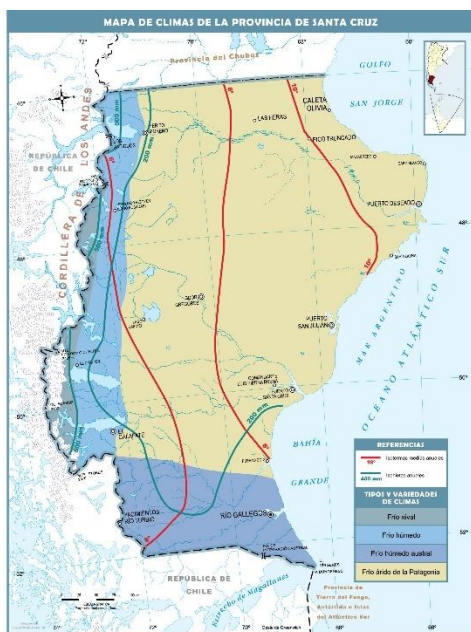
En Río Turbio, los veranos son frescos y mayormente nublados, los inviernos son muy fríos y parcialmente nublados y está ventoso todo el año. durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 14 °C y rara vez baja a menos de -7 °C o sube a más de 19 °C, según las estadísticas recabadas de la unidad de investigación climática a lo largo de 70 años.

La región patagónica está situada en la parte sur del sistema semipermanente anticiclónico subtropical, cuya influencia directa se extiende hasta aproximadamente 40° S de latitud durante todo el año y el intenso centro sub-polar de baja presión que está centrado casi en el Círculo Polar Antártico, lo que establece un clima frío húmedo austral en el sur de la provincia de Santa Cruz.

La luminosidad solar varía notablemente según la época del año. En el día más largo del año, 21 de diciembre, el sol sale a las 5:30 y se oculta después de las 23, en el caso del día más corto, 21 de junio, el sol sale a las 9:30 y se oculta después de las 17:30. (Time

and Date AS, 2024)

Figura 7 Mapa Climático Santa Cruz.



Fuente: Todo Argentina, <http://mapoteca.educ.ar/.files/index.html>

Las precipitaciones disminuyen de oeste a este, rondando entre los 200 mm, haciendo notorio el contraste paisajístico entre la región montañosa lluviosa del oeste y la meseta de reducidas precipitaciones. El viento que sopla del oeste, noroeste y suroeste, es un verdadero protagonista que erosiona todo a su paso. Se determina que el clima del área de estudio por la influencia del pacífico en lo que hace a la producción de lluvias y nieve, según la clasificación climática de Köppen (1900) es un clima templado lluvioso frío sin estación seca (cfc).

3.4. Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad

La circulación atmosférica está influenciada por los centros de alta presión semipermanentes del Océano Pacífico, con un soplo casi constante, generando vientos principalmente del oeste-noroeste al noreste por el este; se ha determinado con la Rosa de los Vientos en Río Turbio que hay un 26% de frecuencia anual en el perímetro angular de 270°, según el sistema de información geográfico eólico de Argentina.

Como investigación climática, se hizo un monitoreo de los vientos durante los meses de julio y agosto del 2018, donde se pudo observar que los vientos en esta temporada provienen en su gran mayoría desde el Noroeste (NW), con variaciones en su dirección

cada 4 días de origen Norte (N) u Oeste Noroeste (WNW) para las últimas semanas de Julio. A inicios de agosto, el viento cambia de dirección proviniendo del Noreste (NE).

De la misma investigación se obtuvo un estimado de la velocidad del viento en la fecha de estudio, lo cual se estimó un promedio de 13 Km/h para el mes de julio y se registró que el 24 de julio fue el día más ventoso del mes con una velocidad de 29,26 km/h. Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2018)

La velocidad media anual puede variar entre 38 km/h hasta 48,35 km/h, según las mediciones a 10 m sobre el suelo del área de influencia del Aerogenerador: ENERCON BRASIL-ENERCON E-40 en Sistema de Información Geográfico, Mapa Eólico Nacional, Ministerio de Energía y Minería. La velocidad promedio del viento por hora tiene variaciones estacionales considerables durante el año. Según la base de datos suministrada por Unidad de Investigación Climática (CRUTS), el Ministerio de Energía y Minería de la Nación y el Sistema de Información Patagonia Sur (SIPAS) y el INTA, se puede determinar que la temporada más ventosa del año dura alrededor de 5,5 meses desde inicios de octubre hasta marzo, siendo el día más ventoso del año el 28 de noviembre, con una velocidad promedio del viento de 26,5 km/h.

La temporada de vientos más calmos del año dura 6,5 meses, desde finales de marzo a inicios de octubre, determinando una velocidad promedio del viento de 10,76 km/h.

Los vientos con esta intensidad ejercen efectos sobre la tierra a una mediana escala que se pueden denominar, según la escala de Beaufort, Vientos de Brisa Fresca o Brisa Fuerte, los cuales se caracterizan por generar movimientos en las ramas y en las copas de los árboles que tienen un tamaño moderado, los pequeños árboles se mueven con facilidad, levantan polvo y se puede observar ondulaciones sobre la superficie de cuerpos de agua.

Para muchos profesionales de la cuenca carbonífera en el área ambiental, determinan que el viento patagónico es el de mejor calidad en todo el mundo como recurso continental. Un fuerte viento que favorece la evaporación en un contexto de mínimas precipitaciones y actúa como un importante factor erosivo ante las alteraciones de la frágil cubierta vegetal.

3.5. Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura

Las lluvias en Río Turbio son otoñales e invernales y las nevadas son frecuentes debido a las cercanías de la cordillera, disminuyen de oeste a este, haciendo notorio el contraste

paisajístico entre la región montañosa lluviosa del oeste y la meseta de reducidas precipitaciones.

La temporada con más precipitaciones dura aproximadamente 7 meses, desde noviembre a mayo, durante el año en Río Turbio la mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 19 de marzo, con una acumulación total promedio de 118,9 milímetros. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es en el mes de septiembre, con una acumulación total promedio de 87 mm. A continuación, se presentan las precipitaciones promedio mensuales de Río Turbio con base en la información provista por el Sistema de Información Geográfica de la Secretaría de Energía.

Tabla 2 Precipitaciones promedio de Río Turbio.

Mes	Valor (mm)
Enero	103.1
Febrero	95.8
Marzo	118.9
Abril	109.6
Mayo	96.1
Junio	88.9
Julio	95.1
Agosto	90.6
Septiembre	89.6
Octubre	87
Noviembre	94.5
Diciembre	101.1

Fuente: Sistema de Información Geográfico, Secretaría de Energía y Minería de Argentina (2025)

A través de la revisión histórica de las precipitaciones mensuales (mm/mes) desde el año 1970 hasta 2019 de los diarios de investigación climáticos de Harris, I., *et al* (2014), donde realizan actualizaciones en alta resolución mensual de las observaciones climáticas de la estación meteorológica CRU TS3.10 Dataset y del Sistema de Información Patagonia Sur (SIPAS), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se obtuvieron los promedios anuales para cada década, con el fin de evaluar las temporadas de sequía, demostrar si han surgido variaciones climáticas a través del tiempo y pronosticar la continuidad de estos patrones.

En los siguientes gráficos se registra la evolución del promedio anual de precipitación evaluados en períodos de décadas (cada 10 años); donde se muestra que cada 3 años hay picos muy bajos indicando una caída de la precipitación entre 24 a 30 mm por mes (temporada de sequía) con tendencia a elevarse por encima de los 35 mm al siguiente año; también se evidencia que en la década del 2000 al 2009 se observan variaciones extremas entre cada año, propicio de los cambios climáticos de esa temporada. Estos gráficos son de elaboración propia, con datos extraídos de las fuentes mencionada en el párrafo anterior.

Los promedios de precipitación anual de cada década fueron evaluados para estimar el promedio total (mm) de cinco (5) décadas estudiadas, dejando como resultado un 32,48 mm de precipitación total anual, coincidiendo en aproximados con la información relevada de los diferentes institutos dedicados a la investigación meteorológica.

Tabla 3 Promedio de precipitación (mm) para cada período, Río Turbio

Período	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2010	2010 - 2019
Promedio de Precipitaciones (mm)	33,47	30,57	32,82	36,97	28,58
Promedio total (mm)	32,48				

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional y SIPAS, INTA.

Se observa que cada tres décadas hay temporadas de sequías con 28 a 32 mm de precipitación y en medio de estas décadas se muestra un incremento hasta llegar a los 37

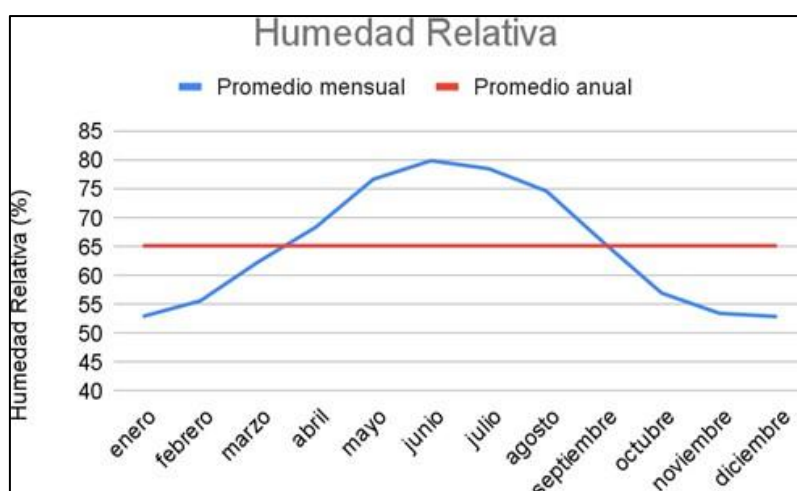
mm siendo de importancia para la conservación del ecosistema austral predominante en la región de río Turbio.

3.6. Humedad relativa

La humedad atmosférica representa la presencia de agua en el aire y la forma más común de expresarlo es en porcentual, por lo que se denomina humedad relativa (HR %). A continuación, se presentan los valores de HR% promedio mensual.

Entre los meses de mayo y julio se evidencia el promedio con mayor porcentaje de humedad relativa entre 75 a 80%, coincidiendo con los meses de baja precipitación en la región de río turbio y, durante el período del mes de noviembre hasta enero la humedad relativa se mantiene alrededor del 50% en la estación de verano, dejando la región con un clima propicio para el desarrollo del ecosistema predominante de la región. En el estimado de tres décadas (1981-2019) el promedio anual de humedad relativa resulta ser de 65,22%.

Tabla 6 Promedio de precipitación (mm) para cada período, Río Turbio



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional y SIPAS, INTA

Presión atmosférica

Los datos de presión atmosférica obtenidos corresponden a la estación meteorológica de Río Gallegos, con base en la información del resumen anual del boletín meteorológico disponible en SIPAS e INTA. A continuación, se presenta la presión atmosférica media mensual para el período 2008 - 2019.

En el período en cuestión, la variación de la presión atmosférica es leve. La misma es natural, siendo menor en los meses entre septiembre y febrero acompañado de las temperaturas altas y es mayor en los meses más fríos donde el aire es más denso.

Tabla 7. Presión atmosférica promedio mensual, período 2008 - 2019.

Mes	Presión Media (hPa)
1	1004,7
2	958
3	1007,7
4	970,3
5	1008,1
6	1006,6
7	1008,5
8	1008,1
9	985,4
10	968,3
11	951,4
12	1004,5

Fuente: SIPAS e INTA.

Temperatura

La zona geográfica de Río Turbio se caracteriza por tener temperaturas bajas durante gran parte del año. La temporada templada dura 3,8 meses, desde el 24 de noviembre al 16 de marzo, teniendo la temperatura máxima promedio diaria mayor a 12 °C. El día más caluroso del año es el 30 de enero, con una temperatura máxima promedio de 14 °C y una temperatura mínima promedio de 7 °C.

La temporada fría dura 3,1 meses, del 19 de mayo al 22 de agosto, con temperatura máxima promedio diario menor a 5 °C. El día más frío del año es el 1 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 3 °C.

A través de la revisión histórica de las temperaturas mensuales (°C/mes) desde el año 1970 hasta 2016 de los diarios de investigación climáticos de Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. and Lister, D.H. (2014), donde realizan actualizaciones en alta resolución mensual de las observaciones climáticas de la estación meteorológica CRU TS3.10

TS310 Dataset, junto con la información provista por SIPAS, INTA, se obtuvieron los promedios anuales para cada década, con el fin de evaluar las temporadas frías y templadas, para demostrar si han surgido variaciones climáticas a través del tiempo y pronosticar la continuidad de estos patrones.

En la primera década considerada en nuestro histórico, 1970-1980, se registra el valor más bajo del promedio de temperaturas medias (5,95 °C), posteriormente hace un ascenso de 0,32 °C en la siguiente década, manteniéndose prácticamente constante y permaneciendo cerca del valor del promedio general, 6,28 °C, hasta el período 2000-2009, para luego incrementarse en 0,57 °C hasta la actualidad. Desde el inicio del registro histórico hasta 2019 hubo un aumento de 0,81 °C en la temperatura promedio de medias.

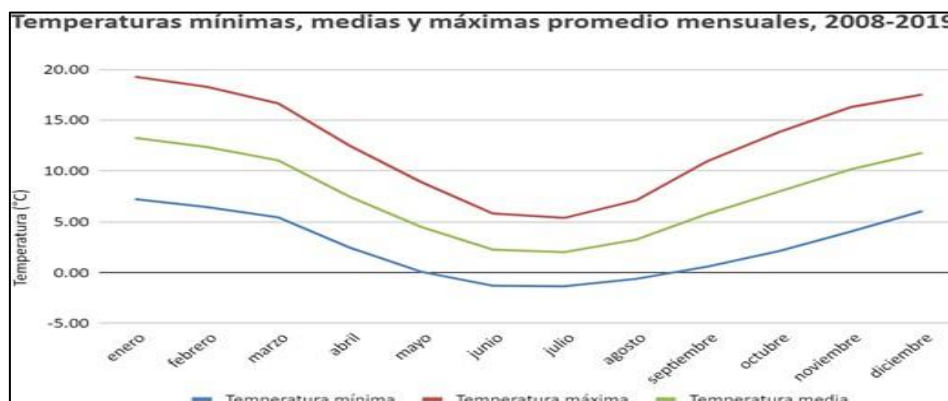
Tabla 8 Promedio de temperaturas (°C) para cada período, Río Turbio.

Período	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2019
Promedio de temperatura (°C)	5,95	6,27	6,24	6,19	6,76
Promedio total (°C)	6,28				

Fuente: SIPAS e INTA.

Las temperaturas máximas, mínimas y medias promedio mensuales correspondientes a la última década (2008 - 2019) se pueden observar en el siguiente gráfico. Dicha información fue obtenida de los boletines meteorológicos de la estación Río Gallegos, provistos por SIPAS, INTA.

Tabla 9 Promedio de temperaturas (°C) para cada período, Río Turbio.



Fuente: Elaboración de SIPAS, INTA.

Este gráfico muestra una comparativa entre las temperaturas máximas, mínimas y una tendencia de las medias en la última década, donde se destaca que los meses de mayo, junio, julio y agosto son característicos de las temperaturas mínimas rondando en promedio los 2 y 5 °C, mientras que las máximas son de enero y febrero con valores medios entre 12 y 14 °C.

Radiación solar

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La radiación solar total recibida por un plano inclinado sobre la superficie del terreno consta de tres componentes: la radiación directa procedente del disco solar, la radiación difusa derivada de la bóveda del cielo y la radiación reflejada desde el suelo en los alrededores.

En la Argentina, la radiación solar varía a lo largo del territorio. En la ciudad de Río Turbio y a lo largo de la región sur del país, es notable la poca incidencia del sol, lo cual se refleja en su temperatura y en el ecosistema formado en estas tierras. Según las mediciones realizadas por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación utilizando satélites y observaciones del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (LNER) en Estados Unidos, se ha determinado que el promedio anual del área de estudio es menor a 4 Kwh/m² por día.

La energía solar de onda corta es un incidente diario total que llega a la superficie, en función de las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales extremas durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 3,4 meses, del 31 de octubre al 11 de febrero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 4,8 kWh. El día más resplandeciente del año es el 19 de diciembre, con un promedio de 5,9 kWh (Ilustración 26). El período más oscuro del año dura 4,1 meses, del 19 de abril al 22 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro

cuadrado de menos de 1,7 kWh. El día más oscuro del año es el 23 de junio, con un promedio de 0,6 kWh. Estas variaciones en la radiación solar influyen en el cambio de temperatura en el área de estudio, coincidiendo los periodos más oscuros del año con temperaturas más templados que disminuyen a los 0 °C. A continuación, se presentan los valores de radiación incidente diaria promedio para cada mes entre los años 1965 y 2019 extraídos del Ministerio de Energía y Minería de Argentina y de SIPAS, INTA.

Tabla 10 Radiación promedio por metro cuadrado, Río Turbio (1965 - 2019).

Mes	kWh/m ² x día
Enero	4,692
Febrero	4,989
Marzo	3,262
Abril	1,904
Mayo	1,038
Junio	0,654
Julio	0,642
Agosto	1,611
Septiembre	2,503
Octubre	3,921
Noviembre	5,470
Diciembre	5,768
Promedio Total	3,038

Fuente: SIPAS e INTA (2025)

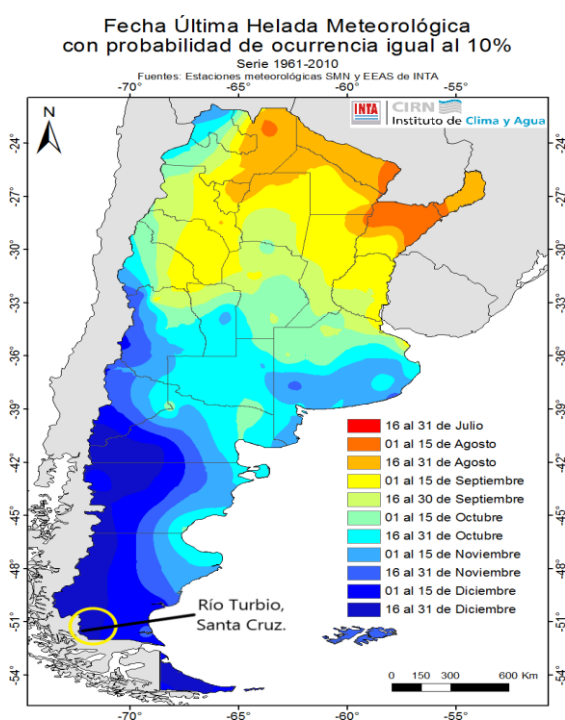
Heladas

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0 °C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas, generalmente ocurre

en la madrugada o cuando está saliendo el sol. Según la Base de datos climáticos del Servicio Meteorológico Nacional la temporada de heladas comienza desde el mes de mayo hasta agosto, donde en el mes de julio se presenta la mayor cantidad de eventos siendo el mes más frío del año en la provincia de Santa Cruz.

Sin embargo, el INTA ha determinado las fechas de la primera y última helada meteorológica con probabilidad de ocurrencia del 10% desde 1961 al 2010, donde agruparon muestras en deciles 10 y 90 de las series de fechas de las primeras y últimas nevadas del país. En Río Turbio, se observa que el decil 10 existe la probabilidad de que las heladas puedan comenzar a partir del 1 al 15 de enero, considerándose como ocurrencia temprana, y como ocurrencia tardía la serie del decil 90 determina que en las heladas pueden comenzar en fechas 16 al 31 de diciembre, apreciable en figura 14 y 15.

Figura 8 Estadísticas últimas heladas meteorológicas (1961-2010).



Fuente: INTA.

El INTA también ha logrado determinar los días que cada provincia de Argentina se encuentra sin heladas, particularmente en la región donde se ubica el Yacimiento Carbonífero Río Turbio tiene un período de 20 días libres de este fenómeno climático, lo cual es consistente con la evidencia de las temperaturas, precipitaciones y el ecosistema del sitio.

3.7 Nevadas

La nieve se reporta en términos equivalentes a líquido. La profundidad real de una nevada nueva generalmente es de 5 a 10 veces la cantidad de líquido equivalente, dando por sentado que la tierra está congelada. La nieve más fría y seca tiende a estar hacia el extremo superior de esa gama y la nieve menos fría y más mojada hacia el extremo inferior. Además, acumulada la nieve durante un periodo móvil de 31 días alrededor de cada día del año. La acumulación de nieve equivalente en líquido en río Turbio varía levemente.(Cedar Lake Ventures, Inc., 2024)

La temporada de nieve del año dura 3,8 meses, del 8 de mayo al 1 de septiembre, con una precipitación de nieve equivalente en líquido de por lo menos 3 milímetros, en un intervalo móvil de 31 días. La mayor cantidad de nieve cae durante los 31 días centrados alrededor del 19 de julio, con una acumulación total promedio de equivalente líquido de 8 milímetros, donde el INTA estima que los días con heladas rondan entre los 21 a 40 días del año.

La temporada sin nieve dura 8 meses aproximadamente, del 1 de septiembre al 8 de mayo. La menor cantidad de nieve cae alrededor del 24 de febrero, con una acumulación equivalente a líquido total promedio de 0 milímetros.

La información fue extraída del análisis obtenido del programa Merra-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA, el cual combina una variedad de medidas de área amplia en un moderno modelo meteorológico mundial para reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo en una cuadrícula con bloques de 50 km.

3.8. Hidrología

El río Turbio pertenece a la cuenca exorreica del Río Gallegos, que vierte sus aguas en el Océano Atlántico en un amplio estuario próximo a la ciudad capital de la Provincia de Santa Cruz con un caudal del orden de los 15 m³/s.

Figura 9 Cuenca de Río Gallegos.



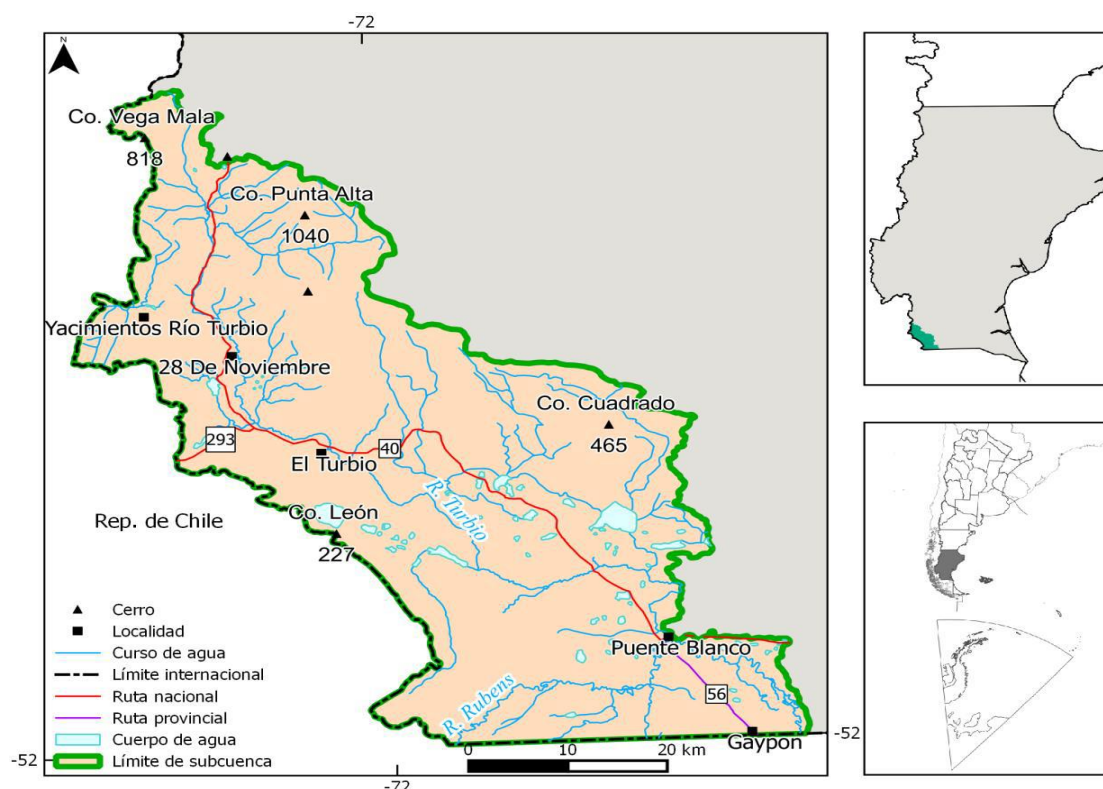
Fuente: Diaz *et al.* (2016)

La subcuenca del río Turbio queda delimitada al noroeste por el Cerro Cancha Carrera y el Cerro Vega Mala (618 m), al noreste por la cordillera chica (1.045 m), al este por la Meseta La Torre y el Cerro Punta Gruesa (1064 m), y al oeste por las estribaciones de la Cordillera Patagónica Austral.

Río Turbio nace entre la Cordillera Chica y Meseta Latorre, discurriendo inicialmente en sentido este-oeste hasta encontrarse con el arroyo Primavera para luego circular regionalmente a lo largo de un valle con orientación meridiana. De su unión con el tributario San José adquiere nuevamente la denominación de Río Turbio.

En su recorrido hacia el sur va tomando la dirección oeste - este hasta unirse con el Río Gallegos (Marderwald, 2016). La subcuenca del río Turbio está conformada por cursos principales, como el arroyo San José, los arroyos Santa Flavia y Primavera, y cursos secundarios.

Figura 10 Hidrografía de la subcuenca del río Turbio



Fuente: Informe de la subcuenca del Río Turbio y Rubens, cuenca de los ríos Gallegos y Chico (2018).

3.9. Hidrogeología

La zona correspondiente al río Turbio presenta un relieve montañoso, en ella el basamento hidrogeológico está conformado en su mayor parte por las secuencias de rocas consolidadas (impermeables). Se determinó que las terrazas fluviales y glacifluviales se comportan como áreas de recarga ya que están constituidas por materiales de bloques, gravas y arenas moderadamente bien seleccionadas y limos en sectores cercanos al río. Además, el arroyo San José, presenta tramos indefinidos como consecuencia de la infiltración del agua hacia el subsuelo. En ese sector de la vega el arroyo San José confluye con el arroyo Santa Flavia y con los efluentes cloacales formando una gran zona de mezcla en un suelo altamente permeable.

De esta forma, los acuíferos formados se sitúan en el relleno del piso del valle, conformado por materiales piroclásticos con granulometrías que van desde bloques a gravas, con participación de arenas en las secciones superiores del depósito. Asimismo,

y debido a las condiciones definidas, la cuenca hidrogeológica se corresponde con la cuenca hidrológica.

El acuífero más desarrollado es de tipo subálveo, pudiendo aparecer además el pedemontano. Este último tiene escaso desarrollo, ya que los valles están encajonados, situación que minimiza la existencia de conos aluviales y conos de talud.

El relleno aluvial moderno contiene a ambos acuíferos y tiene una gran heterogeneidad en sentido vertical y horizontal con altos valores de permeabilidad. además, se observan sectores en que no hay un aislamiento definido para el acuífero semiconfinado, generando una relación directa entre los niveles freáticos y piezométricos. De acuerdo con el registro de niveles de freatómetros, el nivel freático, en la zona de estudio, se encuentra a 2,00 m de profundidad, muy cercano a la superficie.

3.10. Edafología

La región sur de la provincia de Santa Cruz muestra características eco- ambientales específicas que al resto de la Patagonia. En la misma, las condiciones climáticas y fisiográficas han determinado la existencia de un menor déficit hídrico estacional o incluso la ausencia del mismo. Consecuentemente, la disponibilidad de agua en el perfil del suelo es mayor que en otros sectores extra andinos y precordilleranos (Pereyra, 2010).

Según INTA (1990) se diferenció, en función de las particularidades climáticas, geomorfológicas, bióticas y edáficas, un sector que denominó Patagonia extrandina austral, dentro de la cual se encuentra el área de estudio. esta región comparte algunas de las propiedades de la región andina patagónica, las cuales se manifiestan, en algunas propiedades, semejantes a los suelos presentes. En primer lugar, se destacan, al igual que en la zona andina, los contenidos mayores de materia orgánica, especialmente en los horizontes superficiales, si se comparan los suelos con los ubicados en la zona extra andina. Por el contrario, si se compara con la zona andina, el menor volumen de precipitaciones y de excedente hídrico, así como una menor cobertura vegetal y desarrollo del bosque, se plasma en un menor grado de lavado y lixiviación de los suelos. Asimismo, la menor participación de tefras como material originario, y las apuntadas diferencias bioclimáticas, resultan en la menor aparición de propiedades ándicas y por lo tanto en la ausencia de andisoles.

3.11. Flora y fauna

El YCRT es uno de los más importantes de Argentina y se ubica en la provincia de Santa Cruz. Según el informante entrevistado, se han realizado estudios de impacto ambiental para evaluar los posibles efectos de la explotación del carbón en el ecosistema local.

Según Sarapura (2024) estos estudios son necesarios para cumplir con la normativa vigente y garantizar la sustentabilidad del proyecto. El yacimiento cuenta con una central térmica que genera energía eléctrica a partir del carbón y un ramal ferroviario que facilita el transporte del mineral hasta el puerto de Punta Loyola.

La unidad cartográfica del relieve de mesetas, colinas y valles: forma una franja angosta siguiendo el Arroyo San José y el Río Turbio. La matriz de vegetación dominante es la estepa graminosa, la cual presenta una serie de parches siguiendo un patrón dependiente de las geoformas. El relieve de cerros y valles cubiertos de bosque cerrado se extiende al oeste, estando el patrón de distribución de los elementos del paisaje controlado por la topografía y el uso. En las partes más altas predomina el bosque de ñire; las vegas están cubiertas de estepa graminosas y parches de bosque de lenga y las áreas quemadas ocupan la mayor parte de la superficie (25- 50 %; el resto ocupa 5 a 25%). Las actividades predominantes son la ganadería ovina y bovina, y la extracción de madera y caza, como secundarias. El grado de uso es alto. El bosque de lenga ocupa aproximadamente 12.500 ha y su manejo es responsabilidad del concejo agrario provincial. También existen bosques que presentan un sotobosque de escasa cobertura, con una altura aproximadamente de 60 cm destacándose la presencia de arbustos de la especie mata negra (*chiliotrichum diffusum*).

Intercalado con los grandes manchones de bosque, hay estepas herbáceas y estepas mixtas dominadas por *festuca gracillima* (coirón), siendo también importante en cuanto a su abundancia especies tales como murtilla (*empetrum rubrum*), *bolax gummifera* y mata negra (*chiliotrichum diffusum*).

En el sector norte del arroyo San José se encuentran los bosques de ñire, alternado con estepas denominadas por *festuca gracillima* similares a los descriptos para la zona del bosque de lenga.

Hacia el este del río Turbio el relieve general de mesetas, colinas y valles es denominado por estepas graminosas de dosel cerrado, con una altura entre 10 y 15 cm, destacándose

la especie *bolax gummifera* y los grandes parches de murtillar de *empetrum rubrum*. Los matorrales de ñire forman manchones aislados en la estepa, cubriendo en conjunto entre 25-50 % de la superficie. hay ganadería bovina, además de ovina y el grado de uso es intenso, con un grado de erosión laminar bajo.

En las zonas urbanas podemos considerar según la cartografía las poblaciones de Río Turbio, la matriz de vegetación dominante es la estepa graminosa, la cual presente una serie de parches siguiendo un patrón dependiente de las geoformas. En las partes más altas se encuentran bosques de *nothofagus antártica* en el pie de las laderas, los valles o colinas suaves alternando con bosque de *nothofagus pumilio* en las laderas. En las zonas más bajas hay pastizal húmedo de *festuca gracillima* con *gamochaeta nivales* y parches dispersos de matorrales de *chilietrichum diffusum* y *festuca gracillima*. En este sentido, a lo largo del arroyo San José, la forma de vida predominante dentro del curso son las plantas acuáticas arraigadas con partes emergentes, destacándose la presencia de pinito de agua

Existen diferentes animales en el hábitat de río Turbio en especial el flamenco austral se encuentra en pastizal, pero prefiere lagos y lagunas salobres o semisalobres, aunque también habita lagunas costeras, marismas intermareales, albuferas, estuarios o bahías marinas de baja profundidad. A veces en lagos de agua dulce, aunque solo temporariamente o durante migraciones.

Su dieta es omnívora, por cuanto se alimenta de microorganismos animales y vegetales. En los salares altoandinos, como en el de Surire, prefiere lagunas más profundas que propician el desarrollo y establecimiento de micro invertebrados como artemias, nematodos, larvas de mosca y copépodos, aunque también incorpora diatomeas de los géneros *Navícula*, *Surirella* y *Amphora*. Los adultos alimentan a sus polluelos regurgitándoles comida. Se alimenta de invertebrados, gambas y moluscos.

Los zorros colorados y pumas se alimentan en ocasiones con flamencos jóvenes, cazando también a los que están enfermos o débiles. El flamenco tiene una sola línea de defensa y son sus potentes patas, que si el depredador es más rápido y no les da tiempo a volar no podrán sobrevivir. No obstante, a todos los depredadores mencionados, el humano es el ser más peligro que representa para estas aves, fundamentalmente en la destrucción de los hábitats naturales (www.flamencopedia.com).

Figura 11 Zona Industrial Planta Depuradora, en el polígono se observa la ubicación de presencia de animales.



Fuente: Elaboración propia por medio de dron. (2017).

Figura 12 Río Turbio, Zona del Dique de San José.



Fuente: Elaboración propia. (2016)

Figura 13 Señalización con polígono sobre la ubicación de los flamencos australes y otras especies, tanto en la localidad de Río Turbio y zona Industrial.



Fuente: Google Earth.

Durante los relevamientos se observó la existencia de Bosques de Lengua (*Nothofagus pumilio*) al Oeste, al Suroeste y al Sur de la localidad de Río Turbio, además de roca con hojas de *Nothofagus* petrificados.

Esta área fue afectada por el fuego resultante de gran medida que ocurrió hace 27 años atrás y condicionó a la vegetación y al suelo en tres zonas del gradiente latitudinal: Colisión 42°56' S, Monte Zeballos 46° 49' y Río Turbio 51° 29'. La cobertura con mayor afectación fue en Río Turbio. En zonas quemadas y con ganado, la herbívora restringe, e incluso llega a imposibilitar la regeneración natural de la lenga, cuyo crecimiento también fue limitado por el ramoneo de liebre, aun con protectores individuales. Actualmente se está realizando la restauración para la recuperación del suelo y la vegetación, como se ve en la comparación de imágenes: a la izquierda bosques sin quemados y a la derecha bosques quemados.

Figura 14 Comparación de zonas de bosques, a la izquierda se observa en condiciones óptimas y a la derecha como quedó después de 27 años.



Fuente: Elaboración propia. (2007) En base a PASMA

Las zonas de bosques de caducifolios fueron afectadas por el gran incendio, que afectó 17.000 ha, ocurrido en el año 1982. A primera vista este sector parece ser una estepa herbácea con troncos quemados. Sin embargo, una observación más detallada muestra que es un bosque en proceso de recuperación, en el que abundan los renovales de ñire, entremezclados con la estepa de *Festuca gracillima*.

A pesar de la presencia de renovales de árboles caducifolios, la regeneración del bosque no ocurre, siendo el ganado el factor que ha detenido su recuperación durante 27 años. En las recorridas por la zona se pudo observar que los renovales, incluso aquellos más añosos, tienen síntomas claros de herbivoría, con crecimiento achaparrado y marcas de ramoneo. Es probable que si no se excluyen por algunos años los animales no será posible el desarrollo de los árboles. En estas áreas la diversidad es relativamente alta, con elementos de bosque, con especies exóticas dispersadas por el ganado y de estepa herbácea.

Figura 15 Fotografía actual del Bosque de lenga, ubicado al oeste de Río Turbio



Fuente. Elaboración Propia (2017).

Actualmente esta diversidad no se encuentra protegida, ya que los actores sociales no se han puesto de acuerdo para protegerla, si bien el municipio que intenta realizar el mantenimiento de este lugar de manera adecuada. Junto a la Secretaría de Ambiente de la provincia de Santa Cruz se busca el mejoramiento de los estándares ambientales evaluados mediante matriz de Leopold, con profesionales interdisciplinarios para establecer un mejoramiento continuo de las condiciones bióticas y abióticas. Este informe de impacto ambiental en YCRT (2021) se indicó con ciertos muestreos y análisis que indudablemente fueron necesarios para determinar los tipos de contaminantes que pudieron y continúan afectando al hábitat y entorno del sistema ecológico. A pesar de que los valores contaminantes no registran valores significativos, pero si productos que aún se deben retirar, como el caso del PCB de los transformadores en desuso que aún no tienen una disponibilidad final. Se están evaluando estrategias para retirar el producto que puede causar no solo daño ambiental sino a las personas que puedan entrar en contacto con él.

4. La historia ambiental del yacimiento carbonífero de río turbio.

4.1 Fundación, expansión inicial y primeros impactos ambientales detallados (1950-1970).

Las dos décadas siguientes a su inicio fueron clave para el Yacimiento Carbonífero de Río Turbio. En ese lapso, el yacimiento no solo se afianzó, sino que se hizo esencial en la estrategia energética nacional, siendo vital en un proyecto desarrollista ambicioso a nivel país. La creación de Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF) en 1949 fue la concreción de una visión estatal estratégica. Esta visión se enfocaba en el control de los recursos energéticos, buscando asegurar el abastecimiento del mercado local e impulsar una diversificación productiva del país.

En esos años iniciales, la actividad minera creció de manera exponencial y rápida. Este crecimiento se vio en la construcción de infraestructuras clave: campamentos para los obreros, extensión de ramales ferroviarios para el transporte del carbón, y la creación de una estructura administrativa estatal compleja para la gestión del yacimiento. Sin embargo, en ese desarrollo, se priorizó la explotación intensiva del carbón, sin considerar los posibles efectos ecológicos adversos. Los sistemas de disposición de residuos eran rudimentarios, el tratamiento de efluentes era inexistente, y los registros ambientales, que

podrían haber mitigado los impactos, eran prácticamente nulos. La sostenibilidad no era una prioridad en ese período inicial.

Arnold (2000) ha argumentado que los proyectos extractivos, en la época colonial y postcolonial, compartieron una lógica de control sobre la naturaleza. Esta perspectiva ayuda a entender la racionalidad de los primeros años de YCF. La minería del carbón se veía como una empresa de progreso, un motor de civilización y modernización del territorio austral, un territorio vasto y en gran medida inexplorado. Se concebía como una fuerza para transformar la región.

Al mismo tiempo, esta fase inicial estableció una sólida base para un fuerte compromiso social de la empresa minera en la zona. Los trabajadores migrantes, procedentes de varias partes del país, empezaron a forjar y tejer una cultura laboral única y particular. Dicha cultura resaltaba por una notable tradición de lucha sindical en defensa de sus derechos laborales y por una identidad grupal muy unida al propio yacimiento, que se convirtió en un emblema de su comunidad y su modo de vida. Tal identidad, como indican Auyero y Swistun (2008), puede afectar de manera importante las ideas individuales y colectivas sobre el medio ambiente, creando un efecto que llaman "normalización del riesgo ambiental". Esto supone que los riesgos ambientales ligados a la actividad minera pueden ser aceptados o minimizados como parte del precio inevitable del progreso económico y social. En términos técnicos, los sistemas de explotación subterránea usados en ese tiempo producían grandes montículos de elementos de carbón y polvo. Tales, afectaban de forma directa al entorno cercano al yacimiento, dañando la calidad del aire y del suelo. Aunque la zona tenía abundantes recursos de agua, como el arroyo San José, no había un plan de seguimiento regular y estricto de la calidad del agua. Dicha falta de seguimiento hacía imposible valorar y controlar la posible contaminación del agua con metales pesados u otros elementos salidos del proceso de lavado del mineral. La carencia de este control era un peligro posible para la salud de las personas y el ecosistema del lugar.

Este primer momento histórico sienta las bases de lo que Caballero (2007, 2014) nombrará luego como una gestión ambiental reactiva. Tal gestión se definía por estar más pendiente de asegurar la continuidad de la producción y el logro de las metas económicas que de la prevención o reducción de los posibles efectos ambientales negativos. La falta de una normativa ambiental concreta y completa a nivel nacional en ese período creo un

vacío legal que complicaba la aplicación de medidas de protección ambiental, y eso llevo a que el proceso productivo continuara sin tener ninguna medida legal.

“Un sistema complejo es una representación de un recorte de una realidad compleja, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son “separables” y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente”. (García, 2006:17) Es decir, la cuestión ambiental requiere la perspectiva de la visión holística, sistemática y con abordaje desde la complejidad, en función de las articulaciones del sistema ambiental, sus interrelaciones, componentes y dinámica. Por lo que surge de esta multiplicidad de relaciones. Desde la perspectiva de los sistemas complejos, permite abordar la cuestión ambiental que está integrada por elementos heterogéneos en permanente interacción y como un sistema abierto, sometido el todo y las partes a interacciones con el medio circundante. (García, 2006:84).

4.1.1 Antecedentes de la producción de carbón en Río Turbio

La localidad de Río Turbio se encuentra en el interior de un valle, apoyada sobre el paralelo 52 de latitud sur, conteniendo un fondo cordillerano y en su costado norte, las colinas que determinan el camino al Lago Argentino (Mi Argentina, 2025) De este río emerge su villa minera, la ciudad de Río Turbio. Esto en su conjunto forma la cobertura del yacimiento carbonífero más rico de la República Argentina (<http://www.ycrt.gov.ar/>). Durante el siglo XVI, españoles e ingleses se han acercado a esta región a través del Océano Pacífico buscando refugio en los canales, en espera de galeones españoles y naves corsario¹ de la reina Isabel de Inglaterra cargados de riquezas.

A principio del año 1830 otros navegantes y exploradores arribaron a las costas de seno de Última Esperanza, en las aproximaciones occidentales de la región de Río Turbio (<http://www.ycrt.gov.ar/>) a 250 km al sur se encontraban los dos primeros habitantes del suelo rioturbiense: el inglés Guillermo Grenewood y el francés, Don Francisco Poivre. Finalizando el año 1877 se encontraron en las inmediaciones de Río turbio, Greenwood y el teniente de la marina de guerra chilena Juan Tomás Rogers, quien estaba llevando a cabo una expedición ordenada por su gobierno. Dicho teniente formaba parte de la

¹ Corsario (del latín cursus, «carrera») era el nombre que se atribuía al que practicaba la guerra de corso, y el término podía referirse tanto a los marinos como a los buques, ya sean de las armadas o de particulares, quienes adquirirían la condición militar en virtud del permiso concedido por un gobierno en una carta de marca o patente de corso.

oficialidad de la corbeta chilena “Magallanes” y a principios del año 1879 decidió explorar con mayor minuciosidad la región, partiendo desde Punta Arenas hasta llegar al Lago Argentino.

Años más tarde, el marino argentino Carlos María Moyano realizó su expedición alrededor de la zona. Por aquellos años, las cercanías de Río Turbio contaron con la presencia del capitán Moyano, un explorador, fundador de pueblos, colonizador, funcionario ejemplar y, sobre todo, un defensor de la soberanía argentina en los territorios del sur. El capitán Moyano se convertiría más tarde en el primer gobernante de la provincia de Santa Cruz.

La actividad minera se ha desarrollado desde hace mucho tiempo. La producción de carbón se realiza eventualmente mediante el proceso depuración, realizando la división de carbón y estéril, que origina efluentes al medio ambiente.

Por esto, se puede definir que la contaminación es cualquier alteración directa o indirecta de las propiedades biológicas, físicas, químicas y de una parte cualquiera del medio ambiente, que puede crear un efecto nocivo o potencialmente nocivo para la supervivencia, salud o bienestar de cualquier especie viva. La presencia en el ambiente de estas sustancias, elementos o energía en concentraciones y permanencia son superiores a las establecidas en la legislación. (Nakaya Yamashiro & Saavedra Díaz, 2021).

Asimismo, la degradación ambiental es el deterioro del medio ambiente a través del agotamiento de recursos como el aire, el agua y el suelo; la destrucción de los ecosistemas y del hábitat; la extinción de la vida silvestre y la contaminación. Se define como cualquier cambio o perturbación del medio ambiente que se perciba como perjudicial o indeseable (Jhonson, 1997).

4.1.2 Descubrimientos

Cuando se produjeron los primeros descubrimientos de carbón en el territorio de Santa Cruz, ya se habían dado en Argentina algunas inquietudes oficiales y privadas. El interés del gobierno nacional por el progreso de la minería del carbón se vio reflejado además en la ley N° 448 de 1870, por la que se otorgaba un importante premio a quien descubriera en el territorio argentino una mina de carbón susceptible de ser explotada en condiciones comercialmente favorables. (<https://www.energia.gob.ar/>)

Entre los años 1870 y 1877 se realizaron exploraciones y estudios de interés, entre los cuales se desatacan los del geólogo Seltzer en San Juan; los del naturalista Burmeister en el La Rioja y los trabajos de Estanislao de la Reta en concesiones que obtuvo en la región de Mendoza.

Precisamente fue en el año 1887 cuando uno de ellos, el teniente de Fragata Agustín del Castillo inició a caballo lo que con el tiempo se convertiría en una verdadera gesta que motivaría el inicio de la explotación intensiva del carbón mineral y la fundación de la localidad de Río Turbio. (<http://miningpress.com/club/>).

En las cercanías se produce el primer descubrimiento documentado de carbón de Santa Cruz. Además, en el segundo descubrimiento de carbón registrado en 1878, conjuntamente con Ramón Lista, interviene el capitán Moyano con la finalidad de explorar las fuentes del Río Chico.

En el año 1936, la Dirección General de Yacimiento Petrolíferos Fiscales decidió realizar una exploración geológica en una extensa área de la parte austral de Santa Cruz, con el objetivo de brindar apoyo a la búsqueda de petróleo. Esta región comprendía el Yacimiento de Río Turbio. Durante la crisis de combustible provocada por la Segunda Guerra Mundial, este yacimiento llegó a ser explotado de manera parcial, de “Mina la Criolla”. (Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), 1984).

En el año 1942, técnicos de la División Carbón Mineral de Yacimientos Petrolíferos Fiscales realizaron ciertos estudios sobre las características geológico-mineras del depósito. Como consecuencia, en el yacimiento fueron descubiertos dos mantos, separados por un banco de estéril de 50 metros aproximadamente (www.energia.gob.ar). El inferior es el que poseía condiciones más favorables. Durante este periodo se llevaron a cabo algunas labores mineras y abrieron galerías, no obstante, no pudo determinarse la importancia real del yacimiento. Se trataba de un carbón de 5800 cal/gr, con un tenor de cenizas relativamente alto.

4.1.3 Producción y depuración

Durante el año 1950 hubo numerosas dificultades que impidieron continuar con ritmo creciente la explotación del yacimiento. Solo se produjeron 24.000 toneladas de carbón, procedente de las minas 1 y 2, ambas en el manto superior. La longitud de la galería principal era superior a los 1000 metros. En esta mina fue aplicado el método de

explotación por cámaras y pilares, siendo el total extraído de carbón hasta el año en consideración de unas 65.000 toneladas. (Dirección General de Fabricaciones Militares., 1951).

La extracción en la Mina 2 fue iniciada a mediados de 1947, con el comienzo de su galería principal en la parte baja del Manto Superior. En 1950 esa galería alcanzó los 650 m, no habiéndose logrado aún la mecanización de las labores mineras. Se gestionó entonces, en Gran Bretaña y en los Estados Unidos, la adquisición de compresores de aire, herramientas neumáticas, máquinas cortadoras de carbón, entre otras. Al finalizar el año 1946, se comenzó con la explotación de la Mina 3, como consecuencia de la gran importancia que adquirió el manto “Dorotea”. Al llegar el año 1950 dicha galería alcanzó los 700 metros de longitud, y de ella se derivaban labores secundarias y cortavetas. (Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF), 1984)

Dada la importancia del manto y su ubicación, se determinó que ésta sería la principal explotación del yacimiento. En torno a la depuración e industrialización del carbón se desarrolló una intensa actividad en la Dirección de Combustibles Sólidos Minerales.

En 1950 se construyó una planta experimental depuradora-briqueteadora, de una capacidad de 20 toneladas por hora, es decir 300 toneladas por día (teniendo en cuenta la puesta en marcha y mantenimiento), con tres turnos de ocho horas. Simultáneamente, en Buenos Aires se prepararon las bases de un proyecto para la instalación en Río Turbio, de una planta de depuración moderna por el sistema medio denso, con una capacidad de tratamiento de al menos 500 toneladas por hora, que diera como resultado final un carbón de un 10 % de cenizas. (Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF), 1984). El carbón bruto procedente de la mina, que debía ser procesado en esa planta, poseía entre 35 y 40 % de cenizas. Posteriormente, a medida que continuaba realizando la depuración esto iba degradando el ambiente, generando contaminación del agua y suelo hacia el arroyo San José.

Figura 16 Taludes de estériles.



Fuente: Fotografía propia, por medio de drone (2017) ²

4.2 Transformaciones estructurales y conflictos emergentes (1970–1990)

Durante las décadas de 1970 y 1980, el YCRT vivió una etapa de cambios estructurales profundos, impulsados por transformaciones políticas, tecnológicas y socioeconómicas. En el marco de dictaduras militares (1976–1983) y procesos de liberalización económica, la explotación del carbón continuó como parte de una estrategia energética nacional, pero comenzó a evidenciar crecientes tensiones ambientales y sociales.

A lo largo de estos años, se incorporaron mejoras en la infraestructura minera y de transporte, especialmente a través del ferrocarril que conectaba el yacimiento con Punta Loyola. Sin embargo, estas modernizaciones no se tradujeron en una reducción del impacto ambiental. Al contrario, se profundizó la contaminación del arroyo San José y otros cuerpos de agua cercanos, tal como lo describen estudios posteriores (Caballero, 2014; Karmi, 1999). La falta de sistemas de tratamiento adecuados en las plantas depuradoras intensificó los vertidos de efluentes líquidos con carga orgánica y metales pesados, cuyas consecuencias ecosistémicas se irían acumulando con los años.

Durante este período, la problemática ambiental no figuraba aún con fuerza en la agenda pública local o nacional. No obstante, comienzan a emerger voces críticas —tanto desde ámbitos académicos como desde actores sociales— que alertan sobre los pasivos ambientales generados por el extractivismo carbonífero. Gudynas (2001) propone entender esta etapa como un momento de lenta gestación de una conciencia ambiental, donde actores locales comienzan a percibir la contradicción entre desarrollo y degradación.

² La visualización mediante video se puede acceder del autor Sarapura Gaston (2025) de una perspectiva con drone para mayor ampliación de información. Disponible en: <https://youtu.be/NMJyIO4wJrA>

4.2.1 Aspectos socioeconómicos: centralidad estatal y vulnerabilidad laboral

El rol del Estado siguió siendo central: YCF no solo generaba energía, sino que también regulaba la vida social, económica y cultural de Río Turbio. El trabajo minero, aunque estable, comenzaba a mostrar signos de precarización. El crecimiento urbano desordenado en torno a la mina fue acompañado por una infraestructura urbana deficiente, especialmente en términos de servicios de agua y saneamiento, lo que exacerbó los efectos negativos de la contaminación minera. Según Arnold (2000), es posible entender este período como una intensificación del proceso de 'transformación de la naturaleza' al servicio de intereses industriales y estatales, con escaso reconocimiento de los límites ecológicos y de los saberes locales. Este modelo de desarrollo refleja lo que Gligo (2006) denomina un "estilo de desarrollo depredador", que prioriza metas productivas sobre la sostenibilidad ecosistémica.

Es por ello, que la meta de productividad no tenía límite para realizar la depuración y el proceso de trabajos en mina de carbón sin tener consideraciones del ambiente en la que cada día dañaba sistema ecológico. En la tabla 10 se aprecian, dese 1943 hasta 1981, las producciones brutas y depuradas del carbón de Río Turbio, asimismo el tonelaje de mineral transportado por ferrocarril desde el yacimiento hasta el puerto de Río Gallegos, así como los consumos internos.

Tabla 11 Producción de Carbón de Río Turbio.

(en toneladas)						
AÑO	PRODUCCION		Transporte Ferroviario	Transporte marítimo	Ventas	Consumo interno
	Bruta	Depurada comercializable				
1943/46	9.874					
1947	11.267					
1948	15.177				8.146	
1949	15.886				9.771	
1950	23.956				11.657	
1951	36.645	1.626	10.879		19.229	
1952	108.926	30.355	44.653		41.205	
1953	80.516	37.349	47.039	3.858	37.928	
1954	92.523	32.634	69.550	31.936	68.982	
1955	132.217	75.177	63.649	25.840	52.350	15.675
1956	149.024	96.517	70.071	43.457	71.489	18.996
1957	203.238	122.733	90.941	46.880	79.273	34.325
1958	259.367	136.416	119.082	79.070	112.728	35.370
1959	297.222	184.158	129.240	84.670	109.279	50.094
1960	265.464	175.101	127.448	92.063	128.153	44.227
1961	340.003	235.553	195.894	156.588	184.332	42.488
1962	285.727	210.991	137.469	96.953	128.217	40.360
1963	250.393	205.067	129.617	94.284	131.421	45.815
1964	423.898	322.007	290.816	246.878	275.441	47.218
1965	540.597	{1} 373.990	256.290	192.902	242.034	48.203
1966	604.396	{2} 356.603	275.381	192.047	236.136	59.973
1967	686.548	{3} 411.465	353.940	299.942	353.776	64.189
1968	804.408	472.135	375.287	303.263	355.654	66.940
1969	942.460	521.620	475.060	417.142	470.484	74.045
1970	1.038.178	615.541	539.599	430.902	484.035	77.403
1971	1.082.064	631.757	547.754	477.547	539.615	84.361
1972	1.184.265	675.387	586.806	534.856	594.290	100.136
1973	879.725	450.619	364.415	289.994	369.551	93.809
1974	1.171.204	625.647	523.625	437.462	470.575	99.372
1975	903.874	502.158	421.049	350.000	449.909	54.235
1976	1.163.422	614.585	510.175	463.921	553.125	48.413
1977	1.298.374	533.312	395.831	225.450	253.881	116.928
1978	927.452	434.141	357.174	418.138	440.278	107.525
1979	1.399.778	726.939	591.913	464.713	486.578	109.121
1980	963.315	389.395	303.320	287.632	306.436	114.022
1981	1.126.984	497.546	359.286	379.241	397.871	114.620

{1} {2} {3} Incluye carbón de segunda calidad (no comercializable), 85.876 t, 26.182 t y 6.676 t respectivamente.

Fuente: Informe YCRT (2015).

Los principales consumidores hasta 1980 eran las usinas termoeléctricas de agua y energía en San Nicolás, provincia de Buenos Aires con una demanda del 80% de los totales consignados, para ser utilizado en las calderas para generación de vapor. En segundo término, se lo empleaba en la industria siderúrgica (SOMISA lo integraba en un 15% en mezcla con carbono coquizante importado), y en otros usos varios al menudeo.

A partir del año 1981 la producción de carbón, con diversos altibajos, fue declinando o se mantuvo en bajos niveles, incluso durante el período en que se privatizó el yacimiento, entre los años 1994 y 2002. En la tabla 11 se muestra la evolución histórica de producción bruta de carbón del Yacimiento de Río Turbio desde 1943 hasta 2020.

Tabla 12 Producción bruta del carbón de Río Turbio (1943–2020).

Año	Producción Bruta (Ton)	Año	Producción Bruta (Ton)	Año	Producción Bruta (Ton)
1943/46	9.874	1971	1.082.064	1996	566.619
1947	11.264	1972	1.184.265	1997	545.556
1948	15.177	1973	879.725	1998	617.052
1949	15.886	1974	1.171.204	1999	557.812
1950	23.946	1975	903.874	2000	516.645
1951	36.645	1976	1.163.422	2001	294.358
1952	108.926	1977	1.298.374	2002	234.239
1953	80.516	1978	927.452	2003	184.935
1954	92.523	1979	1.399.778	2004	197.823
1955	132.217	1980	963.325	2005	312.494
1956	149.024	1981	1.127.666	2006	329.407
1957	203.238	1982	1.099.919	2007	249.723
1958	259.367	1983	1.112.743	2008	195.592

1959	297.922	1984	1.109.260	2009	166.473
1960	265.367	1985	905.261	2010	111.821
1961	340.003	1986	704.571	2011	226.896
1962	285.727	1987	687.239	2012	263.030
1963	250.393	1988	936.632	2013	190.000
1964	423.898	1989	958.041	2014	27.840
1965	540.597	1990	547.835	2015	57.762
1966	604.396	1991	603.227	2016	34.894
1967	686.548	1992	425.699	2017	46.898
1968	804.408	1993	335.034	2018	82.032
1969	942.460	1994	674.472	2019	98.843
1970	1.038.137	1995	520.816	2020	35.734
TOTAL					36.469.673

Fuente: Elaboración propia con base de información de YCRT.

Se puede apreciar en la anterior tabla que la producción total acumulada al año 2021 que alcanza las 36.469.673 toneladas. La máxima producción de carbón en el yacimiento se dio en el año 1979 con 1.399.778 toneladas.

Desde el año 2002 la administración del yacimiento se encuentra bajo el control y el gerenciamiento de la intervención realizada por el poder ejecutivo nacional. La intervención, YCRT comienza a delinear su plan de reactivación, lo que definitivamente se produce a partir de la decisión de construir la nueva central termoeléctrica de 240 Mw, cuyo requerimiento de carbón bruto de Río Turbio de 1.200.000 toneladas por año, se espera que comience sus operaciones del primer módulo a inicio de noviembre de 2021. Apenas arranque estará consumiendo carbón de mina con 39% de ceniza, en relación con la cantidad va en aumento paulatino al igual que su generación.

4.3 Privatización, conflictividad y pasivos ambientales (1990–2012)

La década de 1990 marcó un punto de inflexión en la historia del YCRT. En un contexto de reformas estructurales impulsadas por el Consenso de Washington, el Estado argentino privatizó múltiples empresas públicas, incluyendo YCF. Este cambio trajo consigo nuevas dinámicas de conflictividad económica, ambiental y social, agudizadas por el deterioro de las condiciones laborales y ecológicas.

En 1994, el yacimiento fue concesionado a la empresa Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) un consorcio privado que asumió el control con el compromiso de modernizar las instalaciones y mejorar el desempeño económico. Sin embargo, esta privatización implicó una drástica reducción del personal, el desmantelamiento de servicios comunitarios y una gestión ambiental deficiente. Según la AGN (2016), en esta etapa se acumuló un significativo pasivo ambiental, incluyendo residuos sólidos no tratados, suelos contaminados y emisiones al aire y agua sin control adecuado.

4.3.1 Descripción de los impactos ambientales

4.3.1.1 Impacto sobre la geomorfología.

Las principales acciones antrópicas, en la zona de estudio, que provocan impactos negativos sobre la geomorfología han sido la intensa deforestación, el desarrollo de las poblaciones y la acumulación de grandes masas de material antrópico (escombreras, piletas de lodo, cenizas, etc.) debido a la explotación minera sostenida en el tiempo. Los principales procesos potencialmente peligrosos considerados para la zona son: 1) inundaciones y anegamientos, 2) erosión hídrica, y 3) remoción en masa. Estos constituyen peligros naturales que se han visto potenciados por la acción antrópica antes señalada, por lo que podrían considerarse inducidos. Tanto por su magnitud como por su frecuencia y extensión de sus efectos, las inundaciones y los anegamientos constituyen las principales amenazas de la zona.

A los peligros naturales e inducidos se suma el volcanismo (principalmente caída de cenizas) y terremotos. Al tratarse de procesos endógenos, ocurren sin participación humana alguna y en forma independiente a la misma (Pereyra, 2010).

4.3.1.2 Alteraciones de la topografía por extracción o relleno.

Las principales alteraciones en la topografía se han producido durante el período de construcción de las obras inherentes a la explotación del yacimiento, entre las que se encuentran los movimientos de suelo, desmonte y nivelaciones para:

- Construcciones mineras: Planta depuradora, Usina, etc.
- Construcciones residenciales.
- Construcción de caminos y ferrovías.
- Otras construcciones civiles (Talleres, oficinas, etc.)
- Obras hidráulicas de pequeño porte.

Figura 17 Planta depuradora zona de acopio de minerales depurado.



Fuente: Informe Interno YCRT (2021)

Figura 18 Materiales ferrosos en talleres centrales y Usina térmica 21 Mw en funcionamiento.



Fuente: Informe interno YCRT (2021).

Figura 19 Zona de acopio de Mina 4 y Mina 3



Fuente: elaboración propia (2024).

Sin embargo, las alteraciones al relieve más significativas son:

- La escombrera ubicada frente a la planta depuradora.
- Las piletas de decantación.

Figura 20 Zona de acopio de Mina 4 y Mina 3



Escombrera

Pileta de decantación

Fuente: Informe interno YCRT (2021).

Otras alteraciones menores sobre la topografía la constituyen los depósitos de chatarra y basurales.

Figura 21 Depósito de chatarra y residuos



Fuente: elaboración propia (2024).

Al tratarse de un emprendimiento minero activo, podrán ocurrir nuevos proyectos de construcción asociados a la apertura de nuevos frentes mineros, ampliaciones o adecuaciones de la planta depuradora, construcción y / o adecuaciones de vías internas y externas, entre otros.

De este arroyo con Villa Primavera, se han acumulado pilas de cientos de metros de altura sobre el piso del valle y sobre el lateral norte del mismo. El material ha obstruido el curso normal del arroyo San José a los que suma las piletas de lodo y disposición de cenizas de la usina 21 Mw actualmente operativa.

El material estéril de la mina es susceptible de ser movilizado por procesos de remoción en masa, ya sean flujos densos o deslizamientos, cuyos disparadores son: la erosión basal fluvial, las grandes lluvias, los eventos de deshielo extraordinario. Por lo antes mencionado, se espera que en la etapa de construcción se generen impactos negativos sobre la topografía de carácter permanente, inmediatos, directos, de extensión parcial e irreversibles. En la etapa de operación, la explotación subterránea de la mina, acopio de carbón y escombreras impactos localizados, directos, permanentes e irreversibles. En el cierre, se espera que las tareas de abandono de infraestructura puedan ocasionar impactos positivos sobre la topografía, entendiendo que las tareas puedan implicar restitución de las geoformas y un retorno a las condicionales naturales del ambiente en general. El abandono de los frentes mineros deberá considerar la geomecánica del macizo rocoso, en caso de que no se realice un adecuado cierre se podrán producir desmoronamientos o

hundimientos, con el consecuente impacto negativo, indirecto, permanente, de mediano plazo y mitigable

4.3.1.3 Escombreras

La ubicación de la escombrera (estériles granulares gruesos o finos) data de por lo menos 60 años y es un material que ya forma parte del paisaje. Se encuentra ubicada en la vega del Arroyo San José, frente a la planta depuradora.

Este material extraído es acopiado en el valle del arroyo San José, aguas abajo de la población de Río Turbio de inmediatamente aguas arriba de la confluencia del arroyo con la primavera (Pereyra, 2010). Si bien el estéril se compacta naturalmente hasta cierto punto, las terrazas artificiales que se han formado presentan pendientes inestables y se observan evidencias de movimientos gravitacionales, potenciados por la acumulación desde arriba de nuevas cantidades de material. Esto además trae como problemas indirecta, la degradación de los recursos agua, suelo paisaje y vegetación.

4.3.1.4 Desestabilización de taludes. Deslizamientos.

Los sectores que concentran mayor cantidad de caídas se localizan inmediatamente por encima del área del yacimiento y por encima de Julia Dufour. En estos lugares se encuentran numerosos bloques caídos aislados, bloques erráticos de morenas, así como conos de caídas de roca y conos coalescentes (*rock fall talus*). Los bloques son de gran dimensión, algunos de varios metros de diámetro y ocasionalmente al caer alcanzan las zonas más bajas (terrazas fluviales y morenas).

En las márgenes de la Ruta Nacional N° 40 Norte la caída de rocas y depósitos coluviales pueden provocar bloqueo de la misma en épocas invernales por fenómenos de crioclastación y obstaculizar el ingreso normal a la localidad de Río Turbio desde la localidad de Esperanza, único acceso pavimentado a la cuenca carbonífera. Reptación de laderas en la margen izquierda del Río Turbio son muy conspicuas y ocasionan caída de materiales finos sobre la Ruta Nacional N° 40 y pérdida del suelo.

Figura 22 Reptación de laderas en la margen izquierda del Río Turbio.



Fuente: PASMA (2007).

Deslizamiento rotacionales y asentamientos en la margen derecha del río turbio en el valle de la estancia primavera pueden generar modificaciones en el curso del río con las consecuentes inundaciones en épocas de crecida que podrían afectar la ruta nacional N° 40.

Figura 23 Asentamientos en la margen derecha del Río Turbio.



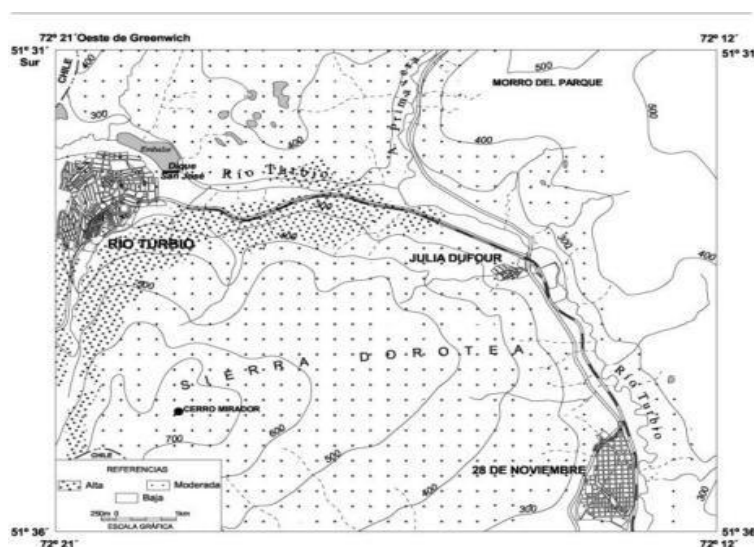
Fuente: PASMA (2007).

Los flujos densos incluyen a los flujos de detritos (*debris flows*). Estos se encauzan parcialmente en cauces o cañadones preexistentes y su presencia se relaciona esencialmente a la época de deshielo o como respuesta a importantes precipitaciones pluviales o nivas. No se han observado evidencias de grandes movimientos de este tipo, si bien las condiciones geo-ambientales son propicias para su ocurrencia. La degradación de la cobertura vegetal constituye un factor de primer orden en su generación. Es muy poco probable que un flujo denso pueda alcanzar la zona del emprendimiento. Los deslizamientos planares y rotacionales implican, en la zona, especialmente materiales no consolidados que tapizan las pendientes. Consecuentemente, son movimientos de

pequeñas dimensiones, si bien bastante usuales. La acción erosiva fluvial actúa como factor disparador, siendo frecuentes en el lateral oriental del valle del río Turbio.

A continuación, se presenta un mapa de susceptibilidad a la remoción en masa (Pereyra *et al*, 2010), a partir del cual puede observarse que todos los componentes asociados al yacimiento (planta depuradora, escombreras, usina, talleres, etc.) están instalados en una zona de susceptibilidad alta.

Figura 24 Mapa de susceptibilidad a la remoción en masa.



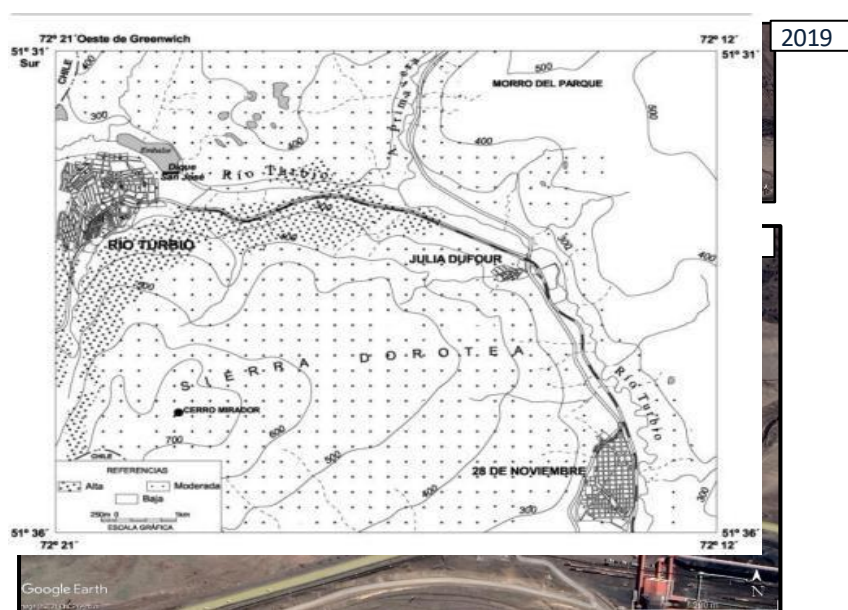
Fuente: Pereyra *et al.* (2010)

Particularmente, en la zona ubicada por encima de la actual usina, planta depuradora y mina 5, tiene pie de los afloramientos rocosos de areniscas masivas y conglomerado que constituye paredones verticales, se encuentran numerosos bloques caídos, en algunos casos conforman pequeños conos de caída de roca. Los bloques alcanzan grandes dimensiones (a veces varios metros) y en general son angulosos y aproximadamente equidimensionales, situación favorecida por el escaso recorrido y el diaclasamiento y estratificación de las rocas aflorantes. El crioclastismo es importante, compone una carpeta detrítica en los sectores topográficamente más altos.

En la zona de las escombreras los fanglomerados pueden deslizarse pendiente abajo provocando el sepultamiento de suelos y vegetación. Hay evidencias de la ocurrencia de un flujo de escombros el cual produjo el endicamiento del arroyo San José, con la formación de una laguna temporaria donde confluyen las aguas servidas de la localidad de río Turbio transportadas por el arroyo Santa Flavia.

En la figura 35 se comparan los límites de las masas de estériles en movimiento en las imágenes satelitales del año 2015, 2019 y 2021. Al cotejar la del 2015 y 2019, se observa un deslizamiento de 32 metros en la zona indicada con flecha amarilla y un deslizamiento de 10 metros en la zona indicada con flecha roja.

Figura 25 Avance de los materiales estériles de la escombrera sobre arroyo San José.



Fuente: Informe técnico ambiental YCRT (2021) con Google Earth.

El retroceso de los taludes de la Sierra Dorotea por erosión retrogradante de las vertientes puede ocasionar derrumbes gravitacionales con peligro para las instalaciones situadas pendiente abajo, fundamentalmente en la zona de Mina 4, que en algunos casos forman conos de caída de rocas. Los bloques son muy angulosos, situación favorecida por el intenso diaclasamiento de las areniscas que favorece el crioclastismo.

Figura 26 Entrada mina 4 y caída de rocas en Sierra Dorotea.



Fuente: UTN (2011).

Marginando los valles principales se han diferenciado las pendientes aluvio-coluviales. Las mismas son resultado de la combinación del escurrimiento superficial (erosión hídrica) y la remoción en masa (reptaje y deslizamientos). Las inclinaciones de las pendientes son elevadas (mayores a 30°) si se las compara con el resto de las unidades geomórficas. Constituyen las formas más inestables de la zona estudiada. Por ejemplo, sobre la margen izquierda del río los deslizamientos de pequeñas dimensiones son frecuentemente generados por la acción de socavamiento producido por la erosión lateral del río. En algunos sectores se originan conos de deyección los que, al coalescer lateralmente, conforman taludes. En otros casos ocasionan conos de caída de rocas y taludes de caída de rocas.

Por lo antes mencionado, se espera que la construcción de nuevos proyectos asociados a la apertura de nuevos frentes mineros, ampliaciones o adecuaciones de la planta depuradora, construcción y / o adecuaciones de vías internas y externas, entre otros, puedan potenciar fenómenos de deslizamientos y/o flujos de detritos (estos últimos acompañados por precipitaciones o deshielos que propicien estos fenómenos) en caso que las obras se ubiquen en zonas de elevada susceptibilidad a la remoción en masa y/o las excavaciones y desmontes provoquen alteraciones de pendientes tales que generen desequilibrio de los perfiles y taludes y/o mal manejo de las aguas pluviales. Indirectamente podrían provocar cambios en la escorrentía superficial, aumento de material particulado en suspensión, afectación a la vegetación, fauna, paisaje y calidad de

las aguas superficiales. De ocurrir, estos impactos se estiman serán de carácter negativo, indirectos, de extensión parcial e irreversibles y sus efectos se verán en el mediano plazo. En la etapa de operación, la explotación subterránea de la mina puede provocar deslizamiento de taludes y derrumbes en caso de que no se calculen correctamente los índices necesarios para la caracterización geomecánica de la roca (propiciados por fracturas y fallas, filtraciones de agua, eventos sísmicos). Estos impactos serán de carácter negativo, de mediano plazo y mitigables.

La disposición de escombreras sin un adecuado control de estabilidad de taludes y terrazas puede provocar deslizamientos y flujos de material propiciados por la erosión basal fluvial, las grandes lluvias, los eventos de deshielo extraordinarios, los sismos o el propio acopio desde arriba del estéril. Esto a su vez puede impactar indirectamente el escurrimiento superficial, el paisaje, la vegetación, etc. Estos impactos serán de extensión localizada, directos, de elevada intensidad, y mitigables.

La usina del Yacimiento Río Turbio actualmente se ubica en una zona de caída de bloques por lo que su operación podrá verse impactada por algún suceso que ponga en riesgo su normal funcionamiento.

Acciones que impliquen ampliaciones o modificaciones en el diseño de la usina deberán tener en consideración la susceptibilidad del área a estos fenómenos. Los impactos posibles de ocurrir en caso de que las obras generen desestabilización de pendientes serán factiblemente la caída de bloques, cuyo efecto será de carácter negativo sobre las geoformas, inmediato, directo, y mitigable.

En el área de la planta depuradora también se observa caída de bloques por lo que su operación podrá verse impactada por algún suceso que ponga en riesgo su normal funcionamiento. En el cierre, se espera que las tareas de abandono de infraestructura puedan ocasionar impactos positivos, entendiendo que las tareas puedan implicar restitución de las geoformas y un retorno a las condicionales naturales del ambiente en general. El abandono de los frentes mineros deberá considerar la geomecánica del macizo rocoso, en caso de que no se realice un adecuado cierre se podrán producir deslizamientos y desmoronamientos, con el consecuente impacto negativo, permanente, de mediano plazo y mitigable.

4.3.1.5 Conflictividad socioambiental

La conflictividad emergió como una constante: huelgas, cortes de ruta y protestas marcaron la década. En línea con los planteos de Robledo y Lumerman (2009), el conflicto minero en Río Turbio puede leerse como expresión de una nueva forma de conflictividad socioambiental, donde la degradación ecológica se entrelaza con la precarización del trabajo y el abandono estatal. Inspirados en el enfoque de Auyero y Swistun (2008), es posible pensar este período como una experiencia colectiva de "sufrimiento ambiental". La población local, expuesta a contaminantes y sin canales efectivos de participación, experimentó una sensación de abandono, incertidumbre y riesgo crónico. La invisibilización institucional de estos problemas contribuyó al malestar generalizado.

Estudios como los de Caballero (2007) y SEGEMAR (2008) documentaron el deficiente funcionamiento de las plantas depuradoras, la falta de monitoreo continuo y la inexistencia de planes de remediación. A pesar de algunos intentos normativos a nivel provincial, la regulación ambiental efectiva brilló por su ausencia. Gómez Orea (1999) advierte sobre la necesidad de fortalecer los instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental, precisamente para evitar situaciones de deterioro acumulativo como la observada en YCRT.

4.3.2 Efectos ambientales del proceso de depuración del carbón. Descripción de los principales efectos ambientales e impactos derivados del problema

Los pasivos ambientales mineros son aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficies afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minas abandonadas o paralizadas, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, para la biodiversidad y para el medio ambiente (definición establecida por la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos, marzo 2010).

El costo de remediación es el relativo al saneamiento y restauración *in situ* y, eventualmente, en sitios afectados. El deber del gobierno de trabajar en la temática de pasivo ambiental en sitios fiscales y privados se apoya sobre valores éticos y morales ampliamente aceptados en las comunidades. El gobierno también tiene una

responsabilidad de administración para proteger las tierras que posee o maneja en representación del pueblo. Dicha administración implica la gestión de los sitios del gobierno en el corto y largo plazo para proteger los recursos naturales. El gobierno recibe dichas tierras en concesión como representante de la Nación, y donde existan riesgos ambientales en tierras fiscales o que sean producidos por actividades del gobierno, la posible existencia de pasivos debe ser tratada seriamente. Administración también significa proteger las tierras para las futuras generaciones, y posponer el tratamiento de los pasivos ambientales de eventuales sitios afectados traspasa una deuda ambiental a las futuras generaciones que afecta su seguridad.

La línea entre prevención y control del pasivo ambiental, y las acciones tendientes a la remediación o mitigación puede no estar claramente marcada. Sin embargo, las siguientes son ejemplos de medidas de prevención y control de los pasivos que debieran ser consideradas como costos de producción y ser financiadas dentro de la actividad subyacente: Las personas que generan residuos peligrosos están obligadas a cumplir con una serie de regulaciones concebidas para minimizar los riesgos a las comunidades, a los trabajadores y al ambiente. Las regulaciones se aplican desde el momento en que se genera el residuo, durante su almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Actualmente el proceso de depuración de carbón en planta depuradora perteneciente a la empresa YCRT, produce la evacuación de efluentes desde el año 1950 con un alto contenido de sólidos finos en suspensión que desembocaba en las piletas de lodos. Según Sarapura (2024) esto se debe a que la construcción de la planta no fue completada, omitiéndose la ejecución del sector destinado a la separación de dichos elementos (denominado cuarta etapa). Para disminuir la contaminación del arroyo sobre el que se vierten los efluentes es que fueron construidas las piletas de decantación o piletas de lodos. En estas se asegura un tiempo de permanencia y velocidad de circulación tales que permitan la decantación de los sólidos en suspensión, y el agua libre de los mismos se vierte en el arroyo de San José.

4.3.3 Sectores con existencia de pasivos ambientales

Sobre la base de la información antecedente, se reconocen distintas áreas del yacimiento según Sarapura (2024) que fueron identificadas como afectadas por la presencia de pasivos ambientales mineros históricos. Sectores en los cuales pudo haberse verificado un impacto sobre distintos factores o elementos del ambiente, así como aquellos donde

las condiciones analizadas, pueden representar una fuente o foco potencial de generación de incidencia negativa sobre algún o varios componentes ambientales.

Dichos lugares son:

a) Depósito de chatarra. Ubicado a un costado del camino que conduce al polvorín (zona de explosivos) y Mina 4 (Explotación mineral ya cerrada). Se haya constituido por restos eminentemente metálicos, no obstante, también se identifica la presencia de filtros, envases con restos de tintas y algunos elementos impregnados con hidrocarburos.

Elementos potencialmente impactantes sobre el ambiente: residuos conteniendo hidrocarburos.

Factores del medio impactados (en forma real o potencial): suelo, aguas superficiales - subterráneas, paisaje.

b) Depósito de chatarra Mina 4: representada solamente por elementos metálicos, a simple vista no se observan residuos peligrosos, pero un examen minucioso es requerido porque ciertos equipos viejos pueden contener hidrocarburos.

Elementos potencialmente impactantes sobre el ambiente: residuos conteniendo hidrocarburos. Factores del medio impactados (en forma real o potencial): suelo, aguas superficiales - subterráneas, paisaje.

c) Depósito Quebrada a Mina 4: en este sector de Mina 4 había un tanque de combustible, el cual fue removido, al igual que tambores de aceites. No obstante, esta limpieza, todavía es posible reconocer la presencia de varios tipos de residuos peligrosos (filtros, latas con hidrocarburos, trapos impregnados, envases con restos de hidrocarburos, etc.). También se verifica la acumulación de residuos de tipo domiciliario.

Elementos potencialmente impactantes sobre el ambiente: restos de hidrocarburos y residuos impregnados con dichos compuestos y metales pesados.

Factores del medio impactados (en forma real o potencial): suelo, aguas superficiales - subterráneas, geomorfología, paisaje.

d) Depósito de Transformadores: La presencia de antiguos transformadores a la intemperie cubiertos por una manta plástica, sobre vagones antiguos de YCRT.

Elementos potencialmente impactantes sobre el ambiente: aceite de transformadores conteniendo PCBs (Bifenilos Policlorados).

Factores del medio impactados (en forma real o potencial): suelo, aguas subterráneas, paisaje.

e) Depósito de estériles (Escombreras): Acumulación de estéril, sobre un faldeo inferior de la sierra, levemente al Norte de la planta productiva del Yacimiento. El acopio se realiza adosando el material estéril (el cual es acompañado por restos de carbón) sobre las geoformas originales del paisaje. Sobre dicha ladera no se realizan trabajos de corte de pendiente para evitar fenómenos de deslizamiento o remoción en masa. El material es apoyado sobre el suelo natural, a la intemperie, sin que exista tratamiento alguno, lo cual abre la eventual posibilidad de infiltración de lixiviados, que puede generar un impacto sobre los recursos hídricos (superficiales y subterráneos) del lugar.

Elementos potencialmente impactantes sobre el ambiente: metales e hidrocarburos lixiviados a partir del residuo acopiado. Factores del medio impactados (en forma real o potencial): geomorfología, suelo, aguas (superficiales- subterráneas), recursos biológicos (flora-fauna), paisaje.

4.4 Reestatización y reactivación conflictiva política, social y ambiental (2002-2012)

La recuperación estatal de YCRT, en un marco político y redefinición energética comienza en 2002 y marcó un punto de inflexión en la historia del Yacimiento Carbonífero Río Turbio. Esta crisis económica, social y política que atravesaba argentina, el estado nacional asume nuevamente el control del yacimiento a través del Decreto N° 1.192/02, creando YCRT bajo la órbita de la Secretaría de Energía. Por ello, la reestatización respondió a múltiples factores: el vaciamiento empresario post-privatización, la presión de los sindicatos mineros y la necesidad de recuperar el control sobre un recurso estratégico como el carbón.

La reestatización del YCRT en 2012 se produce un contexto de crisis económica y social que afectaba a diversas áreas del país, incluyendo el sector energético y minero. Uno de

los motivos fundamentales de esta decisión fue la necesidad de recuperar el control estatal sobre un recurso estratégico para la matriz energética nacional. La privatización anterior había llevado a una gestión deficiente y un deterioro de la infraestructura existente, lo que resultó en una disminución de la producción de carbón y, por ende, en problemas en general. Además, el gobierno argumentó que la reestatización era esencial para garantizar la soberanía energética y asegurar un desarrollo equitativo en la región, en contraposición a los intereses particulares que caracterizaron la gestión privada. A su vez, se buscaba mejorar las condiciones laborales de los trabajadores de YCRT, quienes durante la privatización habían enfrentado recortes de personal y precarización de sus puestos de trabajo. Por ello, la reestatización fue vista como una excelente oportunidad para revitalizar no solo a la organización, sino también a la economía local a través de la creación de empleo y la inversión de infraestructura.

La renacionalización de YCRT impulsó un análisis minucioso sobre las implicancias ambientales de la producción de energía a base de carbón, destacándose su impacto en el ecosistema local y en la salud pública. Uno de los ejes principales ha sido la adopción de prácticas sostenibles orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y los contaminantes derivados de la minería y la combustión. Durante el período 2002-2012, se emprendieron esfuerzos significativos para integrar tecnologías más limpias, con el objetivo de disminuir los residuos sólidos y las emisiones tóxicas, fomentando al mismo tiempo una mayor conciencia ambiental.

No obstante, persisten grandes desafíos, ya que la dependencia de YCRT de un recurso no renovable implica una huella ecológica considerable. Lograr un equilibrio entre la explotación de recursos y la sostenibilidad ha demandado iniciativas como la rehabilitación de áreas afectadas y la puesta en marcha de programas de monitoreo ambiental. Además, la transición hacia fuentes de energía renovables se vuelve cada vez más imperativa, dadas las proyecciones del cambio climático que prevén eventos adversos más frecuentes e intensos, con potencial para impactar la producción energética, la biodiversidad regional y el bienestar social.

Aunque la renacionalización revitalizó la generación de energía, también catalizó el debate sobre las prácticas ambientales y la necesidad de adoptar un enfoque integral que preserve el medio ambiente como un recurso común y esencial.

Este proceso se inscribe en lo que Arnold (2000) denomina "reconfiguraciones histórico-

naturales", donde la intervención estatal busca no sólo una reorganización productiva, sino una resignificación simbólica del territorio y su naturaleza. Así, la reestatización reintrodujo al carbón en la agenda energética nacional con el argumento de la soberanía energética, lo cual articuló intereses políticos, económicos y sindicales.

4.4.1 Proyectos energéticos y nuevo modelo extractivo: la Central Termoeléctrica Río Turbio (CTRT).

En línea con la recuperación de YCRT, el gobierno nacional impulsó la construcción de la CTRT a partir de 2007, con una inversión de más de 240 millones de dólares. El objetivo era doble: valorizar el carbón mediante su uso en generación de energía eléctrica y generar empleo en la región. Sin embargo, esta apuesta implicó una intensificación de la explotación minera y la continuidad de un modelo extractivo de alto impacto ambiental.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) realizado por SEGEMAR en 2008 evidenció múltiples deficiencias. Gómez Orea (1999) advierte que una EIA rigurosa debe contemplar los impactos acumulativos, la participación ciudadana y alternativas al proyecto. Ninguno de estos elementos estuvo presente de manera suficiente. Según Caballero (2014), el arroyo San José, el principal receptor de los efluentes líquidos industriales presentaba una creciente carga contaminante, con parámetros fisicoquímicos alterados y afectación en la biodiversidad local.

Por ello, la emergencia de nuevas resistencias y conflictividad socioambiental y la intensificación de la actividad minera - energética reavivó los conflictos ambientales. Robledo y Lumerman (2009) sostienen que en Argentina emergió en este período una nueva conflictividad socioambiental, caracterizada por la resistencia a megaproyectos extractivos y por la visibilización de los pasivos ambientales acumulados. En Río Turbio, estas tensiones se expresaron en denuncias sobre enfermedades respiratorias, contaminación del agua, y la ausencia de mecanismos de consulta a la comunidad.

El concepto de “sufrimiento ambiental” desarrollado por Auyero y Swistun (2008) es clave para comprender la experiencia de los pobladores locales, quienes habitan un entorno degradado por la minería sin acceso efectivo a justicia ambiental ni alternativas habitacionales.

Por otra parte, en una de las encuestas realizada a 131 personas de la cuenca carbonífera (comunidad y trabajadores de YCRT de manera anónima), para determinar las opiniones sociales, políticas y ambientales respecto a la actividad minera y estos fueron los resultados.

Figura 27 : Familiarización de la minería en Río Turbio



Fuente: Elaboración propia (2025) con formulario de Google

El resultado de las encuestas muestra que el conocimiento de la historia de la minería es de un 77,99%.

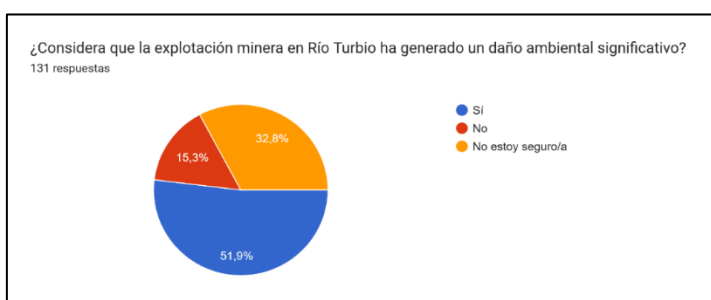
Figura 28 Fuentes de Información sobre Minería



Fuente: Elaboración Propia con formulario de Google (2025).

Respecto a las fuentes de información en temas de minería, los encuestados respondieron en su mayoría, 61,1% es a través de la experiencia familiar o personal, seguido de 15,3% a través de los medios de comunicación.

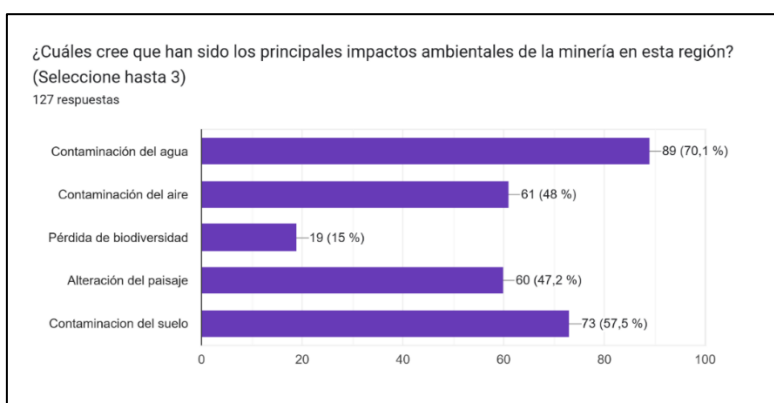
Figura 29 Daño ambiental



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulario de Google

Los consultados señalaron que consideran en un 51,9%. que la explotación minera en Río Turbio genera un daño significativo

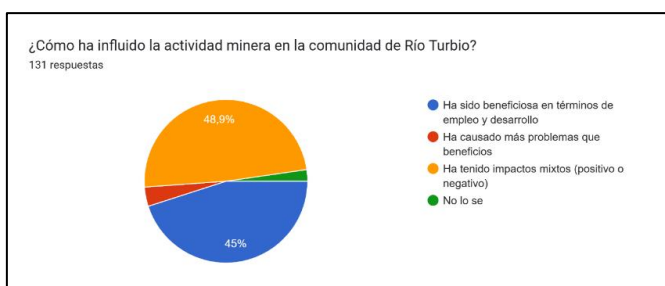
Figura 30 Principales cambios en el impacto ambiental en la minería



Fuente: Elaboración propia (2025) con formulario de Google

Vinculado al impacto ambiental en la minería, los encuestado respondieron en un 70,1% la contaminación del agua.

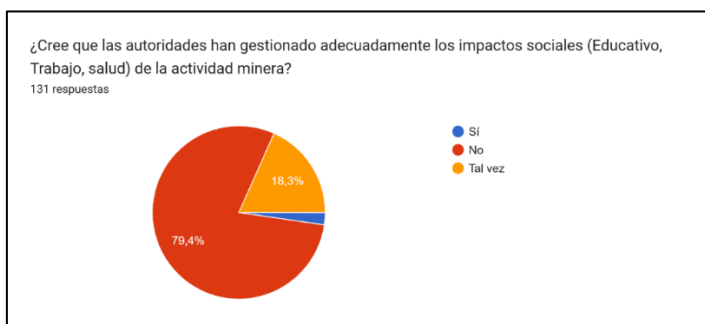
Figura 31 Impacto en la comunidad de Río Turbio



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulario de Google

Según los encuestados la influencia en la comunidad de Río Turbio Impacto positivo en términos de empleo 45 %, y un 48,9% entendieron que trajo beneficios, pero también complicaciones en el medio ambiente.

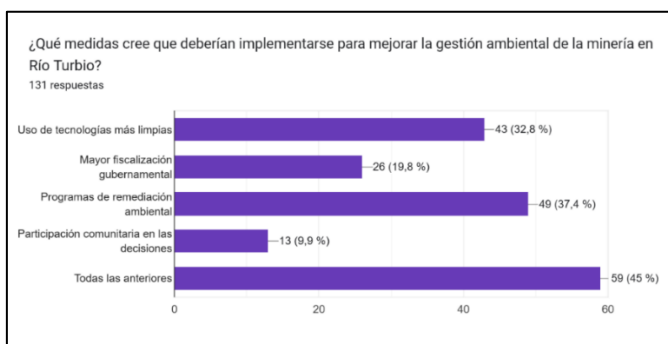
Figura 32 Gestiones de las autoridades



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulario de Google

Los consultados manifestaron en un 79,4%. Consideran que las autoridades no gestionaron adecuadamente en términos sociales la actividad minera.

Figura 33 Implementación de gestión ambiental.



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulación de Google.

Los encuestados respondieron respecto a las medidas que se deben implementar en relación a la gestión ambiental, uso de tecnología más limpia 32,8%, mayor fiscalización gubernamental 19,8%. Programas de remediación ambiental 37,4% y participación de la comunidad en las decisiones 9,9%.

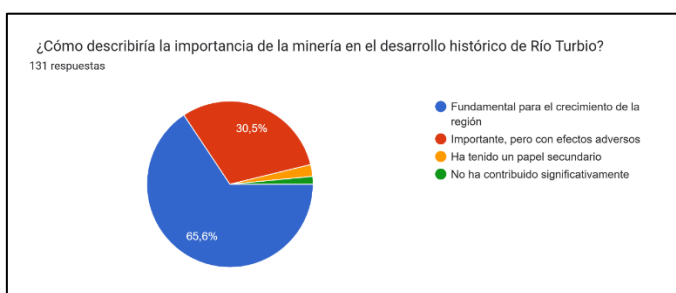
Figura 34 Apoyo social a la explotación minera



Fuente: Elaboración propia (2025) con formulario de Google.

Respecto al apoyo social de la explotación minera, el apoyo social a la minería de carbón con 84,7%, está de acuerdo que sea, pero bajo condiciones más estrictas.

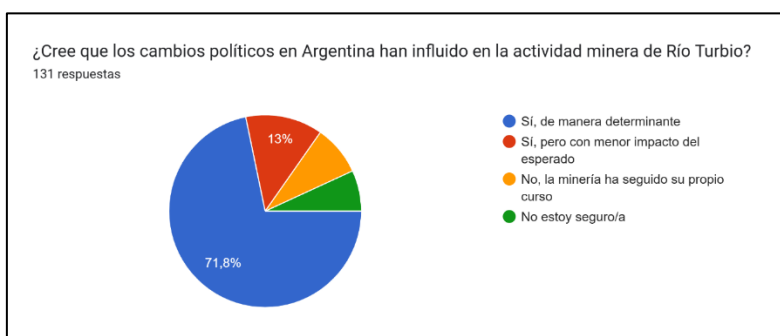
Figura 35 Importancia del desarrollo urbano



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulario de Google

Los consultado en un con un 65,8% describe que es fundamental para el crecimiento de la región el desarrollo minero de Río Turbio.

Figura 36 Influencia política en la actividad minera



Fuente: Elaboración propia. (2025) con formulario de Google

Por último, con un 71,8% los encuestados afirman que los cambios políticos en el país han influenciado la actividad minera en Río Turbio.

A pesar de las promesas de desarrollo, la población local vivenció una paradoja: más empleo, pero también más contaminación sin medida. La conflictividad se expresó también en el plano sindical, con huelgas, cortes y demandas por condiciones laborales dignas, que se interceptaron con reclamos ambientales.

Los informes de la AGN y pasivos ambientales en 2017, ha publicado un informe técnico que reveló graves irregularidades en el manejo ambiental de YCRT. El documento subraya la inexistencia de una línea de base ambiental previa, la falta de monitoreo sistemático y la acumulación de residuos peligrosos. Estas fallas se arrastraban desde la privatización, pero se intensificaron durante la etapa de reactivación estatal.

La AGN señala también deficiencias en la implementación de medidas de mitigación propuestas en los estudios de impacto, así como una escasa articulación entre los distintos niveles del Estado para la gestión ambiental. Esto da cuenta, como señalan Rodríguez Becerra y Espinoza (2002), de las debilidades estructurales de la gobernanza ambiental en América Latina: baja institucionalidad, escasa transparencia y débil participación ciudadana.

La evaluación de políticas públicas y propuestas desde la sostenibilidad desde una perspectiva crítica, autores como Gudynas (2001) plantean la necesidad de repensar los marcos de construcción de políticas ambientales en función de criterios de justicia ecológica y participación efectiva. La CEPAL (2017), en su Agenda 2030, enfatiza la importancia de la planificación territorial, la integración de dimensiones sociales y ecológicas, y el fortalecimiento institucional como pilares del desarrollo sostenible.

En el caso de YCRT, estas recomendaciones contrastan con la realidad de políticas fragmentadas, centradas en objetivos productivistas sin una visión de largo plazo sobre la sostenibilidad del ecosistema regional. La falta de indicadores claros, la ausencia de monitoreo ambiental independiente y la desarticulación interjurisdiccional impidieron una gestión ambiental integral.

No obstante, el período también vio la emergencia de nuevas sensibilidades ambientales en el ámbito local, regional y nacional. Universidades como la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y actores sociales comenzaron a articular discursos críticos, informes técnicos y propuestas alternativas de desarrollo, que ponen en cuestión el modelo energético extractivo dominante y reclaman una transición justa.

4.4.2 La UNPA y emergencia de propuestas alternativas

Hacia una transición justa la Universidad de la Patagonia Austral, con sede en Río Gallegos y Río Turbio, jugó un rol crucial en la visibilización de los impactos socioambientales de YCRT y la CTRT. A través de proyectos de investigación, extensión universitaria y formación de recursos humanos, la UNPA generó conocimiento crítico sobre la problemática ambiental de la cuenca carbonífera. Investigadores de diversas disciplinas –ingeniería, geología, biología, ciencias sociales– realizaron estudios sobre la calidad del agua, la contaminación del aire, la salud de la población y los impactos sociales de la minería.

Estas investigaciones, muchas veces financiadas con recursos propios y con fondos concursables nacionales e internacionales, contrastaron con la escasa información pública disponible por parte de YCRT y los organismos estatales. Los informes técnicos elaborados por la UNPA de Abiuso y Morales (2009) sirvieron de insumo para organizaciones sociales, sindicatos y legisladores preocupados por la situación ambiental de Río Turbio.

Más allá del diagnóstico, la UNPA también impulsó la elaboración de propuestas alternativas de desarrollo. En colaboración con actores locales, se exploraron opciones de diversificación económica basadas en el turismo sustentable, la producción de energías renovables a pequeña escala y el aprovechamiento de recursos naturales de manera responsable. Se promovieron proyectos de agroecología, artesanías locales y el desarrollo de tecnologías apropiadas para la región.

Estas iniciativas, aunque incipientes, representaron un intento de construir una visión alternativa al modelo extractivo dominante. La idea de una “transición justa” comenzó a ganar terreno en el debate público, entendida como un proceso gradual de abandono del carbón, acompañado de políticas públicas que garanticen la reconversión productiva, la creación de empleo digno y la reparación de los daños ambientales.

4.3.3 Conflictos laborales y ambientales

En un contexto de creciente complejidad, la conflictividad laboral en YCRT, tradicionalmente enfocada en demandas salariales y condiciones laborales, se intensificó durante este período al incorporar dimensiones ambientales. Los sindicatos mineros, que históricamente defendieron la continuidad de la actividad carbonífera como fuente de empleo, comenzaron a manifestar inquietudes sobre los riesgos para la salud de los trabajadores y el impacto ambiental asociado a esta actividad.

En algunas ocasiones, se produjeron alianzas tácticas entre sindicatos, organizaciones ambientales y comunidades locales para denunciar la contaminación, exigir mejores controles y reclamar participación en la toma de decisiones. Estas convergencias, sin embargo, no estuvieron exentas de tensiones y contradicciones. La defensa del empleo a menudo entraba en conflicto con la necesidad de proteger el medio ambiente.

La construcción de una agenda común entre trabajadores y ambientalistas resultó un desafío complejo, dado que los intereses y las prioridades no siempre coincidían. Sin embargo, la experiencia de la cuenca carbonífera demostró que la correlación entre conflictos laborales y ambientales es posible, siempre y cuando se reconozcan las particularidades de cada actor y se construyan espacios de diálogo y negociación.

El rol de los medios de comunicación y la visibilización del conflicto de los medios de comunicación, tanto a nivel local como nacional, jugaron un papel ambiguo en la cobertura de los conflictos socioambientales. Si bien algunos medios dieron voz a las denuncias de la comunidad y a los informes técnicos científicos de la UNPA, otros tendieron a reproducir el discurso oficial que enfatizaba los beneficios económicos de la actividad carbonífera y minimizaba los impactos ambientales.

La presión de los grupos económicos y políticos ligados a la empresa estatal influyó en la línea editorial de algunos medios, que evitaron la difusión de información crítica y priorizaron la promoción de una imagen positiva de la empresa. Sin embargo, la existencia de medios independientes y la creciente utilización de redes sociales permitieron la difusión de información alternativa y la visibilización del conflicto a nivel nacional.

La circulación de fotografías y videos que mostraban la contaminación del agua, la degradación del paisaje y las enfermedades respiratorias contribuyó a generar conciencia

sobre la problemática ambiental en la cuenca carbonífera e YCRT y a cuestionar el modelo de desarrollo extractivo. La capacidad de los medios para amplificar las voces de los afectados y poner en evidencia las contradicciones del discurso oficial resultó clave para la construcción de una opinión pública informada y crítica.

4.5 Crisis, Judicialización y Persistencia Ambiental (2012 – 2020).

4.5.1 Crisis del proyecto termoeléctrico y judicialización: un vistazo detallado

El período comprendido entre 2012 y 2020 representó un punto de inflexión para el ambicioso proyecto de la Central Termoeléctrica Río Turbio (CTRT). Esta iniciativa, que en sus inicios se vislumbró como un catalizador para la reactivación productiva y energética de la cuenca carbonífera, se vio paulatinamente envuelta en una serie de dificultades que abarcaron aspectos técnicos, administrativos y políticos. A pesar de las significativas inversiones financieras realizadas por el Estado nacional, destinadas a impulsar su desarrollo, el proyecto exhibió una preocupante ineficiencia en su ejecución, lo que, en última instancia, desencadenó una crisis estructural que puso en jaque la viabilidad del emprendimiento.

El diseño conceptual de la CTRT contemplaba la construcción y puesta en marcha de una planta con una capacidad de generación de 240 MW, alimentada por carbón extraído de la región. La operación de esta planta requería, a su vez, la reactivación sostenida de la actividad extractiva en YCRT. Sin embargo, la falta de una planificación estratégica adecuada, la aparición de sobrecostos inesperados y una gestión técnica deficiente socavaron las bases del proyecto, impidiendo su concreción exitosa. Tal como lo señaló la AGN en su informe de 2017, una parte considerable del equipamiento adquirido para la central no llegó a ser instalado, se registraron incumplimientos reiterados de los plazos contractuales establecidos y, lo más alarmante, la central nunca logró operar de manera estable y continua.

La situación se agravó aún más con la judicialización del caso. En el año 2018, el ex ministro de Planificación Federal, Julio De Vido, junto con otros funcionarios de su gestión, fueron procesados judicialmente por presuntos delitos de administración fraudulenta en relación con el proyecto de la CTRT³. Esta causa judicial sacó a la luz una

CTRT: Central termoeléctrica de Río Turbio.

compleja trama de corrupción, desvío de fondos públicos y una gestión caracterizada por la opacidad y la falta de transparencia. Esta serie de irregularidades erosionó profundamente la legitimidad del proyecto ante la opinión pública. La promesa inicial de convertir al carbón de Río Turbio en el motor impulsor del desarrollo regional se vio desvanecida, dando paso a un escenario dominado por la incertidumbre, la conflictividad social y un creciente escepticismo por parte de la ciudadanía.

4.5.2 Persistencia de pasivos ambientales y falta de remediación: Un problema pendiente

En paralelo a la crisis energética y la judicialización del proyecto, los pasivos ambientales acumulados a lo largo de décadas de explotación minera en la región continuaron sin recibir la atención y el tratamiento adecuados. El ya mencionado informe de la AGN del año 2017 alertaba sobre la grave contaminación del Arroyo San José, la acumulación de residuos sólidos en pilas de descarte que afectaban el paisaje y la salud pública, y el deterioro generalizado de las condiciones ambientales del entorno natural. A pesar de la existencia de obligaciones legales que exigían la implementación de medidas de remediación ambiental, estas tareas no se llevaron a cabo con la celeridad ni la profundidad necesarias para revertir los daños causados.

Los estudios realizados por Caballero (2014) y Karmi (1999) ya habían documentado previamente la presencia de efluentes industriales sin tratamiento adecuado, vertidos directamente a los cuerpos de agua de la región, y una afectación significativa de la calidad de estos recursos hídricos. La persistencia de estos problemas ambientales pone en tela de juicio la eficacia del Estado para abordar de manera integral los impactos ambientales negativos generados por el enclave minero. La historia ambiental del período comprendido entre 2012 y 2020 muestra, por lo tanto, una preocupante continuidad de los pasivos ambientales, con escasos avances concretos en la implementación de medidas de mitigación o restauración ecosistémica que pudieran revertir la degradación ambiental.

4.5.3 Nuevas iniciativas de transición energética y tensiones locales: un camino difícil

La transición energética representa uno de los desafíos más complejos en el contexto de los compromisos internacionales para la mitigación del cambio climático, como lo estipula el Acuerdo de París de 2015. En Argentina, este reto se amplifica por las tensiones inherentes a las dinámicas sociales, económicas y ambientales que caracterizan

las regiones carboníferas, como la cuenca de Río Turbio. A pesar del reconocimiento de la urgencia ambiental y de los compromisos asumidos, la región no ha logrado consolidar estrategias públicas específicas que permitan un avance hacia un modelo energético sostenible.

La dependencia histórica del carbón como motor económico local evidencia la dificultad de articular políticas públicas que integren las dimensiones de justicia social, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica. La falta de mecanismos claros para garantizar la participación de las comunidades directamente afectadas en la formulación de estrategias de transición energética agrava esta problemática, relegando sus necesidades y perspectivas en el diseño de soluciones.

En este contexto, la transición hacia un modelo energético más sostenible en la cuenca carbonífera de Río Turbio demanda un enfoque interdisciplinario y participativo. Esto implica fomentar procesos de diversificación económica que reduzcan la dependencia del carbón, invertir en educación y capacitación orientadas a sectores de energía renovable, y establecer marcos de gobernanza que prioricen la inclusión de las voces comunitarias.

Desde la perspectiva teórica planteada por Gudynas (2001), puede interpretarse que el modelo extractivo, basado en la apropiación intensiva de recursos naturales, persistió en su lógica dominante, sin transitar hacia esquemas de desarrollo verdaderamente sostenibles y democráticos que involucren a la población local. La voz de las comunidades, en tanto actores sociales clave y directamente afectados por las actividades mineras, continuó siendo marginal en los procesos de toma de decisiones que impactan su territorio y su calidad de vida, tal como lo advertían Auyero y Swistun (2008) en su análisis sobre el sufrimiento ambiental y la invisibilización del riesgo que enfrentan las poblaciones expuestas a la contaminación y la degradación ambiental.

5. Reflexiones finales y recomendaciones.

Las principales reflexiones surgidas a lo largo de la investigación y, a partir de ellas, delinear propuestas concretas para avanzar hacia una transición socioambiental justa en la región de YCRT. Se analizarán los desafíos y oportunidades que se presentan, considerando tanto los aspectos ambientales como los sociales y económicos, buscando un equilibrio que garantice un futuro sostenible para la comunidad y el territorio. El enfoque se centrará en la necesidad de un abordaje integral y participativo, que involucre

a todos los actores relevantes en la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas.

La revisión histórica exhaustiva de la actividad minera del carbón en río turbio se revela como un instrumento fundamental para comprender la intrincada red de relaciones que se establecen entre la naturaleza, la sociedad y el Estado. Esta perspectiva nos permite trascender la visión simplista de la explotación del recurso como una mera operación técnica o económica, y adentrarnos en su complejidad como un proceso de profunda transformación cultural de la naturaleza. Siguiendo el planteamiento de Arnold (2000), la minería del carbón en Río Turbio implicó el desplazamiento de saberes locales ancestrales y la modificación sustancial de los paisajes originarios, sustituyéndolos por las lógicas imperantes de la industria y el control estatal. La trayectoria de YCRT ilustra de manera elocuente una expansión extractiva continua, que, si bien se desarrolló bajo distintos modelos de desarrollo (Gligo, 2006), inevitablemente acarrió consigo impactos ecológicos y sociales de gran magnitud y alcance. El análisis histórico ambiental permite entonces desentrañar las causas y consecuencias de esta transformación, identificando los actores involucrados, las relaciones de poder y las dinámicas que la impulsaron.

Tal como se ha evidenciado a través de los informes elaborados por la AGN (2017) y los estudios académicos de Caballero (2007, 2014), la huella ambiental dejada por la actividad carbonífera en la región suroeste de la provincia de Santa Cruz es extensa y profunda. Esta huella se manifiesta en la alteración significativa de los cursos de agua, la generación de efluentes tóxicos que contaminan el medio ambiente, la emisión de contaminantes a la atmósfera que deterioran la calidad del aire, y la degradación generalizada del suelo. Esta situación crítica se enmarca en lo que Auyero y Swistun (2008) han denominado "zonas de sufrimiento ambiental", lugares donde las poblaciones locales se ven obligadas a convivir de manera constante con el riesgo y el deterioro de su entorno, sufriendo las consecuencias directas de la contaminación y la degradación ambiental.

Ante esta realidad, las resistencias sociales, que se han hecho más visibles a partir de la década del 2000, representan una nueva forma de conflictividad socioambiental (Robledo y Lumerman, 2009). Estas resistencias no se limitan a demandas sectoriales específicas, sino que se configuran como disputas más amplias en torno a la construcción del territorio, el derecho al acceso a un ambiente sano y la búsqueda de justicia ambiental

para las comunidades afectadas. Estas luchas buscan visibilizar los impactos negativos de la actividad minera, denunciar la falta de protección ambiental y exigir la reparación de los daños causados.

A lo largo del período histórico analizado, se han implementado diversas políticas públicas con el objetivo de reactivar la actividad del yacimiento carbonífero y, al mismo tiempo, mitigar sus impactos ambientales negativos. Sin embargo, tal como advierte Gudynas (2001), muchas de estas estrategias se caracterizaron por la ausencia de una participación real y efectiva de los actores locales en su diseño e implementación, respondiendo principalmente a lógicas tecnocráticas que no lograron establecer un diálogo constructivo con las demandas sociales y ecológicas de la comunidad.

La carencia de una institucionalidad ambiental sólida y efectiva, especialmente en lo que respecta a la EIA, el control riguroso de los pasivos ambientales existentes y el establecimiento de un sistema de monitoreo independiente ha contribuido a agravar la percepción de desprotección territorial entre los habitantes de la región. No obstante, los intentos recientes por vincular la política energética con los ODS propuestos por la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2017) abren nuevos escenarios de planificación más integrada y sostenible, que podrían ofrecer oportunidades para mejorar la gestión ambiental y promover el desarrollo social en la zona.

5.1 Hacia una transición energética justa

La actual crisis climática y energética global nos exige repensar de manera crítica y profunda el papel que desempeña el Yacimiento Carbonífero en el contexto de Argentina. En este sentido, una transición energética justa (Gudynas, 2020) debe considerar de manera prioritaria los siguientes aspectos fundamentales:

- El cierre progresivo y planificado de todas aquellas operaciones mineras que generen altos niveles de contaminación ambiental, implementando un cronograma realista y socialmente responsable.
- La ejecución de programas de remediación ambiental participativa, que involucren a las comunidades locales en la identificación de los problemas y la búsqueda de soluciones, garantizando la reparación de los daños causados al medio ambiente.

- La implementación de programas de reconversión laboral para las comunidades que dependen económicamente de la actividad minera del carbón, ofreciendo alternativas de empleo digno y sostenible en otros sectores de la economía.
- El diseño e implementación de políticas públicas integrales que combinen la justicia ambiental, el desarrollo local sostenible y la soberanía energética, promoviendo la diversificación económica, la generación de energías renovables y la eficiencia energética.
- Implementación de medidas proteccionistas, siendo la diagramación de refugios biológicos y/o corredores de fauna los elementos más relevantes para compensar los impactos negativos naturalizados en la actualidad (programas educativos y gestión ambiental). (Sarapura, G., 2022, p.1357).

5.2. Aportes desde la historia ambiental

Es menester el enfoque de la historia ambiental, entendida como una herramienta fundamental para analizar y comprender de manera crítica los modos en que se ha construido y explotado el territorio a lo largo del tiempo, en función de intereses políticos y económicos específicos. La perspectiva interdisciplinaria que ofrece la historia ambiental nos permite visibilizar actores, procesos y consecuencias que muchas veces quedan ocultos o invisibilizados en las narrativas oficiales del progreso y el desarrollo.

En palabras de Miraglia (2013), se trata de identificar, analizar y comprender los vínculos intrínsecos entre la sociedad y la naturaleza, no como un simple telón de fondo de la historia, sino como una parte constitutiva esencial de los conflictos y las transformaciones territoriales que han moldeado nuestro presente. En este sentido, el caso particular de YCRT aporta claves fundamentales para debatir y reflexionar no solo sobre el pasado minero del país, sino también sobre su futuro energético y ambiental, buscando alternativas más sostenibles y equitativas para las generaciones venideras. El análisis histórico ambiental nos permite comprender la complejidad de los desafíos que enfrentamos y construir un camino hacia un futuro más justo y sostenible.

En un escenario global signado por la aceleración de las crisis ecológicas y el avance del cambio climático, los discursos en torno a las transiciones energéticas han adquirido una centralidad sin precedentes, tanto en la esfera académica como en las agendas estatales e

internacionales. No obstante, estos enfoques suelen omitir las raíces históricas de los modelos extractivos que han configurado los actuales paisajes de degradación ambiental y conflicto social. En este sentido, la historia ambiental se presenta como una herramienta imprescindible para comprender las relaciones entre las sociedades humanas y los ecosistemas desde una perspectiva crítica, interseccional y de larga duración. Particularmente, el análisis de enclaves extractivos permite desentrañar las múltiples capas de sentido económico, ecológico, y simbólico que estructuran los territorios en disputa.

El trabajo se enmarca en un horizonte teórico que recupera los aportes de autores como Donald Worster, Marcos Cueto y Guillermo Castro en historia ambiental; Eduardo Gudynas, Joan Martínez Alier y Enrique Leff en ecología política; y Rolando García en teoría de sistemas complejos. Esta articulación conceptual permite abordar a YCRT no solo como una empresa productiva sino como una formación socioambiental atravesada por conflictos, disputas simbólicas y relaciones de poder que exceden los marcos convencionales del análisis económico o técnico.

A lo largo de siete décadas, el enclave ha atravesado diversas etapas, desde su consolidación bajo la órbita de YCF durante el modelo desarrollista, pasando por las políticas de ajuste estructural y privatización en los años noventa, hasta los actuales intentos de reconversión bajo un paradigma de transición energética. Cada uno de estos momentos ha implicado transformaciones significativas en los paisajes ecológicos y en las formas de habitar el territorio. Al mismo tiempo, las comunidades locales han desarrollado estrategias diversas de apropiación, resistencia y resignificación del espacio minero, marcando huellas materiales y simbólicas que es necesario relevar.

El análisis propuesto recupera una mirada de larga duración, atendiendo tanto a las continuidades como a las rupturas en las lógicas extractivas. Para ello, se parte de una crítica a las visiones lineales del progreso, asumiendo que los conflictos ambientales no son meras externalidades del desarrollo sino expresiones de relaciones de poder históricamente situadas. Bajo esta óptica, se busca comprender cómo las decisiones políticas, las tecnologías de extracción, los marcos normativos y las disputas por el sentido del desarrollo han moldeado un territorio tensionado entre la promesa del carbón como motor del bienestar nacional y las evidencias crecientes de sus impactos ecológicos y sociales acumulativos.

6. Bibliografía y Normas consultadas

- Abiuso, N. L., & Morales, V. H. (2009). Gestión de residuos en un emprendimiento minero carbonífero caso de estudio: Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) Río Turbio, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Informes Científicos Técnicos-UNPA*, 1(2), 1-23.
- Arnold, D. (2000). La naturaleza como problema histórico. El medio, la cultura y la expansión de Europa. México. Fondo de Cultura Económica. (Introducción, Cap. 2 y 3).
- Asociación de Servicios Geológicos y Minería Iberoamericanos (ASGMI). (2010). Pasivos ambientales mineros: Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas (Grupo de Expertos en Pasivos Ambientales Mineros). <https://asgmi.org/wp-content/uploads/2019/04/00-Conocimiento-y-percepciones-acerca-de-los-PAM.pdf>
- Auditoría General de la Nación (AGN), (2017). Control de Gestión del Sector No Financiero realizado en el ámbito de Yacimiento Carbonífero de Río Turbio.
- Auditoría General de la Nación (AGN). (2016). Informe técnico sobre pasivo ambientales en el Yacimiento Carbonífero de Río Turbio. Disponible en: <https://www.agn.gob.ar>
- Auyero, J. y Swistun, D. (2008). Inflamable. Estudio del Sufrimiento Ambiental. Buenos Aires. Paidós. *Tramas Sociales*. (Cap. 1 y 2)
- Bertinat, P., & Chemes, J. (2023). El camino de la transición energética en Argentina. Taller Ecologista. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/225262/CONICET_Digital_Nro.bd4f4862-4f4c-475d-a697-6609ca7264ec_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/225262/CONICET_Digital_Nro.bd4f4862-4f4c-475d-a697-6609ca7264ec_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Recuperado de CONICET 04 de julio 2024.
- Bueno, G. (2014). La política minera argentina: un análisis desde la economía política. Buenos Aires: Ediciones del Instituto Argentino para el Desarrollo Económico.
- Caballero, A. (2007) “Análisis ambiental del efluente líquido de una planta depuradora de carbón – Posibilidad Técnico-Económica de tratamiento”. Trabajo final de la carrera Especialista en Ing. Ambiental. UNCU. Mendoza (Argentina).

- Caballero, A. (2009). Evaluación preliminar de depósitos de estériles y sedimentos provenientes de la actividad carbonífera en Río Turbio. ICT-UNPA-3-2009 Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica Río Turbio.
- Caballero, A. L. (2014). Diferenciación de efluentes minero-industriales del carbón y poblacionales mediante el uso de la estadística multivariada: un análisis sobre las descargas al arroyo San José de Río Turbio en la provincia de Santa Cruz. Informes Científicos Técnicos - UNPA, 1(1), 1-29. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v1i1.1>
- Castro Herrera, G. (2019). Ambiente y sociedad: conceptos y relaciones. CLACSO.
- Cedar Lake Ventures, Inc. (2024). Clima y promedio mensual de nieve en Río Turbio, Santa Cruz. Weather Spark. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/>
- Congreso Nacional Argentino. (1870). Ley N.º 448: Otorga premios a descubridores de minas de carbón en condiciones explotables. Boletín Oficial de la República Argentina, 17 de septiembre de 1870.
- Comelli, M. (2010). Las formas de la participación en conflictos socioambientales. En A. Svampa (Ed.), Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales (pp. 141–158). Buenos Aires: Biblos.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL (2017). Agenda 2030 y los objetivos del Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Di Pace, M. et al (1992). Las utopías del medio ambiente. Desarrollo Sustentable en la Argentina. Buenos Aires. CEAL. IIED-AL. CEA- UBA –GASE.
- Díaz, B., Monserrat, M. C., Tiberi, P., Mardewald, G., Hoffmann, C., Caparrós, L., & Martínez, L. (2016). Hidrología superficial de la Región Hidrográfica del río Gallegos (Sur de la provincia de Santa Cruz, Argentina). Informe Científico Técnico UNPA, 8(3), 136-161.

- Díaz, F., Pando C. y López J.P. (1960). Circuitos de Aguas, Floculación. En AHM. Preparación del carbón (1ª. ed., pp. 333-356) Madrid, España: Oviedo.
- Flamencopedia. (2025). Flamencos. Enciclopedia especializada.
<https://www.flamencopedia.com>
- Furque, G., & Caballé, M. (1993). Geología de la Cuenca Superior de Río Turbio, Provincia de Santa Cruz. Consejo Federal de Inversiones. Serie de Investigaciones Aplicadas, Colección Hidrología Subterránea, 6, 9–39.
- García, R. (2006). Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria, Barcelona, Gedisa, 200 pp. Recuperado de: https://www.academia.edu/9461195/Sistemas_Complejos_2006_Rolando_Garc%C3%ADa.
- Girbal Blacha, N. M. et al (2014). Historia económica y políticas públicas en la Argentina (1930-2003). Bernal. Universidad Virtual de Quilmes. Recuperado de: <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/714/>
- Glígo, N. (2006). “Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después” Parte 1. Serie Medio Ambiente y Desarrollo n 126. División desarrollo sostenible y asentamientos humanos. Santiago de Chile. CEPAL. Disponible en: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/5658-estilos-desarrollo-medio-ambiente-america-latina-un-cuarto-siglo-despues>
- Gómez Orea, D. (1999). Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Mundo Prensa y Editorial Agrícola Española SA. Madrid. Capítulo 1.
- Gudynas, E. (1997). Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible. Lima: Centro de Estudios y Publicaciones.
- Gudynas, E. (2001). Actores sociales y ámbitos de construcción de políticas ambientales. En Ambiente & Sociedad 4(8): 5-19. NEPAM. Unicamp. Campinas. Brasil.
- Gutiérrez, R., & Isuani, F. (2014). Gestión ambiental y políticas públicas en Argentina. Buenos Aires: Eudeba.

- Harris, I., Jones, P. D., Osborn, T. J., & Lister, D. H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34(3), 623–642. <https://doi.org/10.1002/joc.3711>
- Hünicken, M. A. (1955). *Estudio geológico de la región de Río Turbio*. Buenos Aires: Servicio Geológico Nacional.
- Instituto de Geología y Recursos Minerales (2006). *Estudio de impacto ambiental, provincia de Santa Cruz, Central Termoeléctrica Río Turbio*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). 2022. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*.
- Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). (1999). *Informe técnico anual sobre actividad sísmica en Argentina*.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2025). *Sistema de Información Patagonia Sur (SIPAS)*. <https://sipas.inta.gob.ar>
- INTA (1990). *Atlas de Suelos de la República Argentina*
- INTA. (2025). *Sistemas de Información para la Planificación y Adaptación Sostenible (SIPAS)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://sipas.inta.gob.ar>
- Johnson, L. E. (1997). *Environmental impacts and human response*. Oxford University Press.
- Karmi, S. (1999). Impact of mining activity at Yacimientos Carboníferos Fiscales on the water resources of the Río Turbio system, Santa Cruz Province, Argentina. *International Mine Water Association*. Recuperado el 03 de diciembre 2019. <https://www.imwa.info>
- Leanza, A. F. (1972). Andes Patagónicos Australes. En *Academia Nacional de Ciencias (Ed.), Geología regional Argentina* (pp. 689–706). Academia Nacional de Ciencias.

- Malumíán, N. & Panza, J. L. (2000). Hoja Geológica 5172-III Yacimiento Río Turbio. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).
- Marderwald, G. (2016). Propuesta de una línea de base eco hidrológica de la subcuenca del Río Turbio, Provincia de Santa Cruz, Argentina.
- Martínez Alier, J. (2004). El ecologismo de los pobres. Conflictos ecológicos y lenguajes de valoración. Barcelona: Icaria.
- Martinez-Alier, J. (2012). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Polis*, (13). <https://journals.openedition.org/polis/5359>
- Mercer, J. H. (1976). Glacial history of southernmost South America. *Quaternary Research*, 6(2), 125–166. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(76\)90047-8](https://doi.org/10.1016/0033-5894(76)90047-8)
- Mi Argentina. (2025). Información geográfica y urbana de Río Turbio. <https://www.argentina.gob.ar/miargentina>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (2025). Sistema de Información Geográfica (SIG) de energía en Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/informacion-geografica-energia>.
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (s.f.). Energía - Argentina.gob.ar. <https://www.energia.gob.ar>
- Miraglia, M. (2013). La historia ambiental y los procesos de construcción territorial de dos cuencas hidrográficas de la provincia de Buenos Aires (1776 y 2006). Tesis de Doctorado.
- Nakaya Yamashiro, D. A., & Saavedra Díaz, S. M. (2021). Dispersión de contaminantes solubles en la cuenca baja del río Mala, provincia de Cañete, en época seca [Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Científica. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1632>
- Oosthoek, K.J.W., (2005). What is environmental history? Disponible en: http://www.eh-resources.org/environmental_history.html

- PASMA (2007). Plan Ambiental del Sistema Minero Argentino. Secretaría de Minería de la Nación.
- Pereyra, F., Boujon, P., Gómez, A., Tello, N., Tobío, M. I., y Lapido, O. (2010). Estudio Geocientífico aplicado a la Evaluación de la Aptitud para la Urbanización en la Cuenca Carbonífera de Río Turbio, Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(4), 505-519. Recuperado en 02 de mayo de 2025, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000300008&lng=es&tlng=es.
- Prado, O. (2005). Minería y desarrollo sostenible: El caso argentino. *Revista de Economía y Sociedad*, (8), 33–49.
- Rabassa, J. & Clapperton, C. (1990). Quaternary glaciations of the Southern Andes. *Quaternary Science Reviews*, 9(2-3), 153-174. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(90\)90016-4](https://doi.org/10.1016/0277-3791(90)90016-4)
- Ramos, V. A. (1999a). Evolución tectónica de la Argentina. En R. Caminos (Ed.), *Geología Argentina* (pp. 715–759). Instituto de Geología y Recursos Minerales - SEGEMAR.
- Reboratti, C. (2015). *La minería y el territorio: los conflictos por el uso del ambiente*. Buenos Aires: Capital Intelectual.
- Reid, H. F. (1911). The mechanics of the earthquake [Publicación original]. En *The California earthquake of April 18, 1906: Report of the State Earthquake Investigation Commission* (pp. 1–192). Carnegie Institution of Washington
- Revel, J. (1996). Micro-analyse et construction du social. En J. Revel (Dir.), *Jeux d'échelles. La micro-analyse à l'expérience* (pp. 15-36). Gallimard/Le Seuil.
- Robledo J. y Lumerman P. (2009). Análisis de la conflictividad socio ambiental en Argentina El conflicto minero: emergente de la nueva conflictividad socio ambiental en Argentina. *Universidad del Salvador Instituto de Medio Ambiente y Ecología*, (6), 3-25
- Rodríguez Becerra, M. y Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. Banco Interamericano de Desarrollo. Depto. Desarrollo Sostenible. División Medio Ambiente, Nueva York. Cap. 4. Disponible en: <http://www.manuelrodriguezbecerra.org/>

- Sarapura, G. E. (2022a) Historia ambiental de la explotación minera del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio (1950-2020). - 1a ed. - Río Gallegos: Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
- Sarapura, G. E. (2024). Problema ambiental en la explotación minera del Yacimiento Carbonífero de Río Turbio: sistema de integración socioambiental y política. (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina.
- Sarapura, G.E. (2022b) Involucramiento de actores sociales en estrategias de desarrollo educativo-ambiental en yacimiento carbonífero río Turbio. El libro de resúmenes "Periurbanos hacia el consenso 2-2022" (2024). 1355-1358.
- Schiaffini, H. (2003). Territorios en disputa: movimientos sociales y conflictos ambientales. Mendoza: Fundación Cuyo.
- SEGEMAR (2008). Estudio de Impacto Ambiental Central Termoeléctrica de Río Turbio, Provincia de Santa Cruz. Servicio Geológico Minero Argentino.
- SEGEMAR. (2006). Estudio de impacto ambiental Central Termoeléctrica Río Turbio, Carta Imagen. E. 1:20.000, Instituto de Geología y Recursos Mineros, Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- Svampa, M. (2012). Consenso de los commodities y lenguajes de valoración en América Latina. Nueva Sociedad, (237), 30–46.
- Time and Date AS. (2024). Horas de salida y puesta del sol en Río Turbio, Argentina. Recuperado de <https://www.timeanddate.com/sun/argentina/rio-turbio>
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN). (2009). Informe técnico sobre el impacto ambiental del Yacimiento Carbonífero Río Turbio. UTN.
- Universidad Tecnológica Nacional (UTN). (2011). Informe de impacto ambiental: Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT), provincia de Santa Cruz. Yacimientos Carboníferos Río Turbio. https://www.santacruz.gob.ar/ambiente/audiencia_publica2023/Estudio_de_Impacto_A

mbiental/Cap9-Informes_Tecnicos_y_Ambientales/13-Anexo/3-
Antecedentes/3.6_EsIA_UTN_2011/UTN%20CARATULA.pdf

Ursino, S. (2012). “La contaminación ambiental en Dock Sud: representaciones espaciales, espacios de representación y prácticas espaciales en barrios periféricos”. *Geograficando*, año 8 (8), p:103-119.

Wagner, L. (2010) Problemas ambientales y conflicto social en Argentina. Movimientos socioambientales en Mendoza. La defensa del agua y el rechazo a la megaminería en los inicios del siglo XXI, p: 136-173

Wagner, L. (2016). “Conflictos socioambientales por la megaminería en Argentina: Apuntes para una reflexión en perspectiva histórica”. En: Áreas, *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 35/2016. Historia ambiental en Europa y América Latina: miradas cruzadas (pp: 87-99). Disponible en: <https://revistas.um.es/areas/article/download/279201/204181/>

Yacimientos Carboníferos Fiscales (1984). Generalidades sobre combustibles sólidos minerales. Carbones argentinos. Boletín Inédito.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2013). Variables_dimensionamiento_decanter.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2015). Control de dilución: Dilución planificada y dilución operativa. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2015). Información geológica Mina 5 Ch7 – Ch6. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2015). Informe geológico – Densidad del carbón – Reservas extraíbles. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2015). Memorando Escombrera Observaciones de deslizamiento. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2017). Campaña de exploración geológica 2014-2015. Departamento de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2019). Identificación del producto y parámetros de calidad.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2021). Informe integral Planta Depuradora.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2021). Informe técnico N° 8: Escombrera de estériles de lavado de carbón. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2021). Informe técnico N° 10: Informe preliminar de evaluación de la pileta Elyca. Departamento de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2021). Memorando evaluación de la escombrera y pileta de lodos actuales. Área de Geología.

Yacimientos Carboníferos Río Turbio (YCRT) (2021). Plan de expansión y producción 2021-2023. Departamento de Planificación Minera, Gerencia de Explotación.

En este apartado se lista el marco legal internacional, nacional, provincial y municipal relacionada con la evaluación del Yacimiento Carbonífero Río Turbio:

Ley N° 24.295: aprueba el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
Convenio OIT 169: Convención sobre política y derechos del aborigen.

Ley N° 21.836/1978: aprueba la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO.

Ley N° 24.375: aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica.

Ley N° 23.918/1979: aprueba la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, adoptada en Bonn, República Federal de Alemania,

Ley N° 24.071: aprueba la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra Desertificación

Ley N° 23.922: aprueba el Convenio de Basilea para el tránsito internacional de residuos peligrosos.

Ley N° 25.841: aprueba el Acuerdo Marco sobre Medioambiente del MERCOSUR

Ley N° 24.105: tratado bilateral firmado entre Argentina y Chile sobre medioambiente

Ley N° 23778: aprueba el Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono.

Ley N° 22.344 y Ley N° 23.815: aprueban la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre y su enmienda

Ley N° 21.663: aprueba el Convenio sobre la Prevención y el Control de los Riesgos Profesionales Causados por las Sustancias o Agentes Cancerígenos (Convenio 139OIT).

Ley 27520: Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global

Ley N° 25.831: Ley de Información Pública Ambiental

Ley N° 24051/1991: Residuos Peligrosos

Ley N° 25612/2002: Gestión integral de residuos industriales

Ley N° 25916: Gestión Integral de Residuos Domiciliarios

Ley N° 25.688: Gestión de los Recursos Hídricos

Ley N° 5965 y Resolución 336/03, Anexo II de la Autoridad del Agua

Ley N° 20284: Plan de Prevención de Situaciones Críticas de Contaminación Atmosférica.

Ley N° 1919/1886: Código de Minería.

Ley N° 24224/1993: Reordenamiento minero.

Ley N° 24228/1993: Ratificación del Acuerdo Federal Minero.

Ley N° 24196/93: Inversiones Mineras y Decreto reglamentario N° 2.686/93.

Ley N° 24585/1995: Protección Ambiental para la Actividad Minera

Ley N° 2658: Estudio de Impacto Ambiental y su Decreto reglamentario N° 007/06 y Anexos.

Decreto N°931/2007: Protección ambiental para la actividad minera

Ley N° 2567/2000: Residuos Peligrosos (modificada por la Ley 2703)

Ley N° 3312: Residuos Domésticos y su Decreto modificatorio 555/13

Ley N° 229/1961: Ley de Conservación de Suelos y aprovechamiento de los recursos naturales

Ley N° 2210: protección y conservación del patrimonio cultural y natural

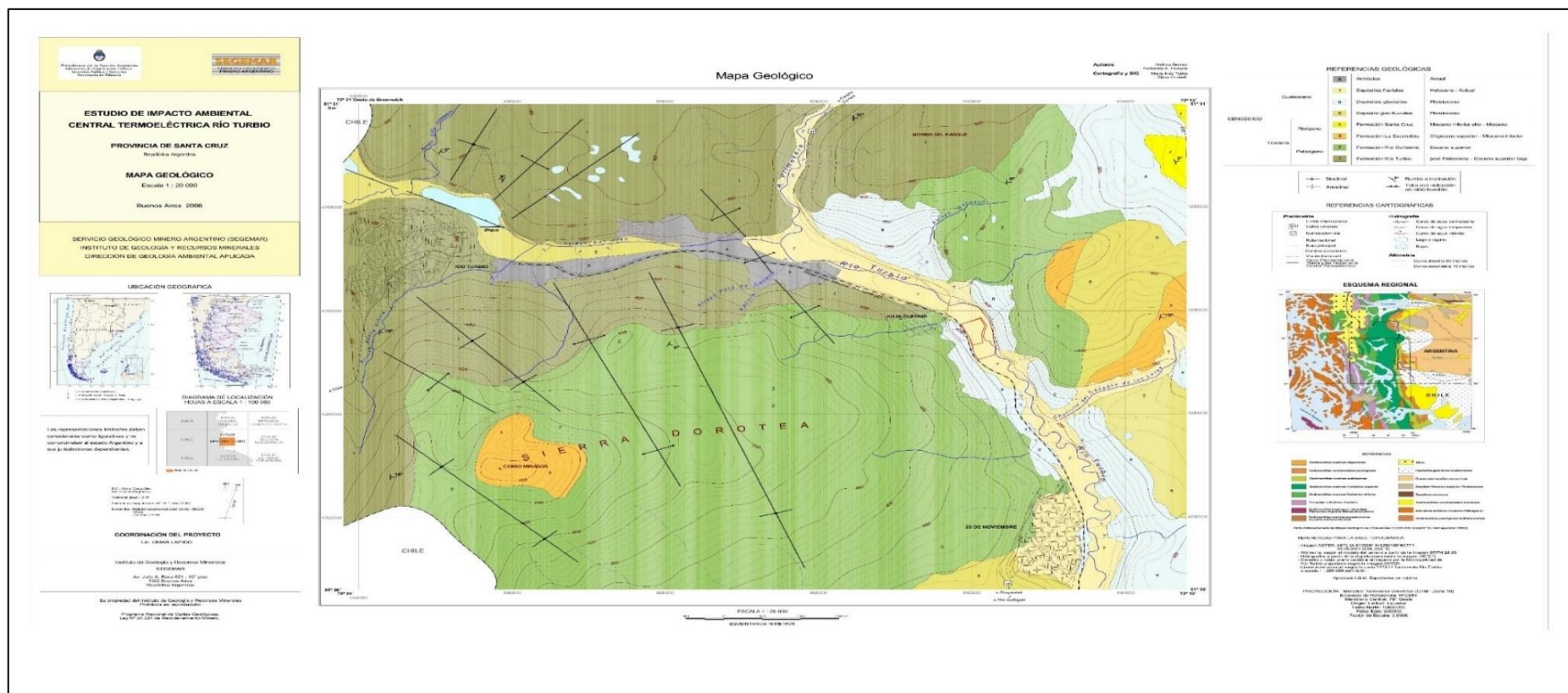
Ley N° 244/1995: Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas.

Ley N° 3651: Protección de los recursos naturales de Santa Cruz

Leyes N° 3315 y 2373: Flora y Fauna Silvestre

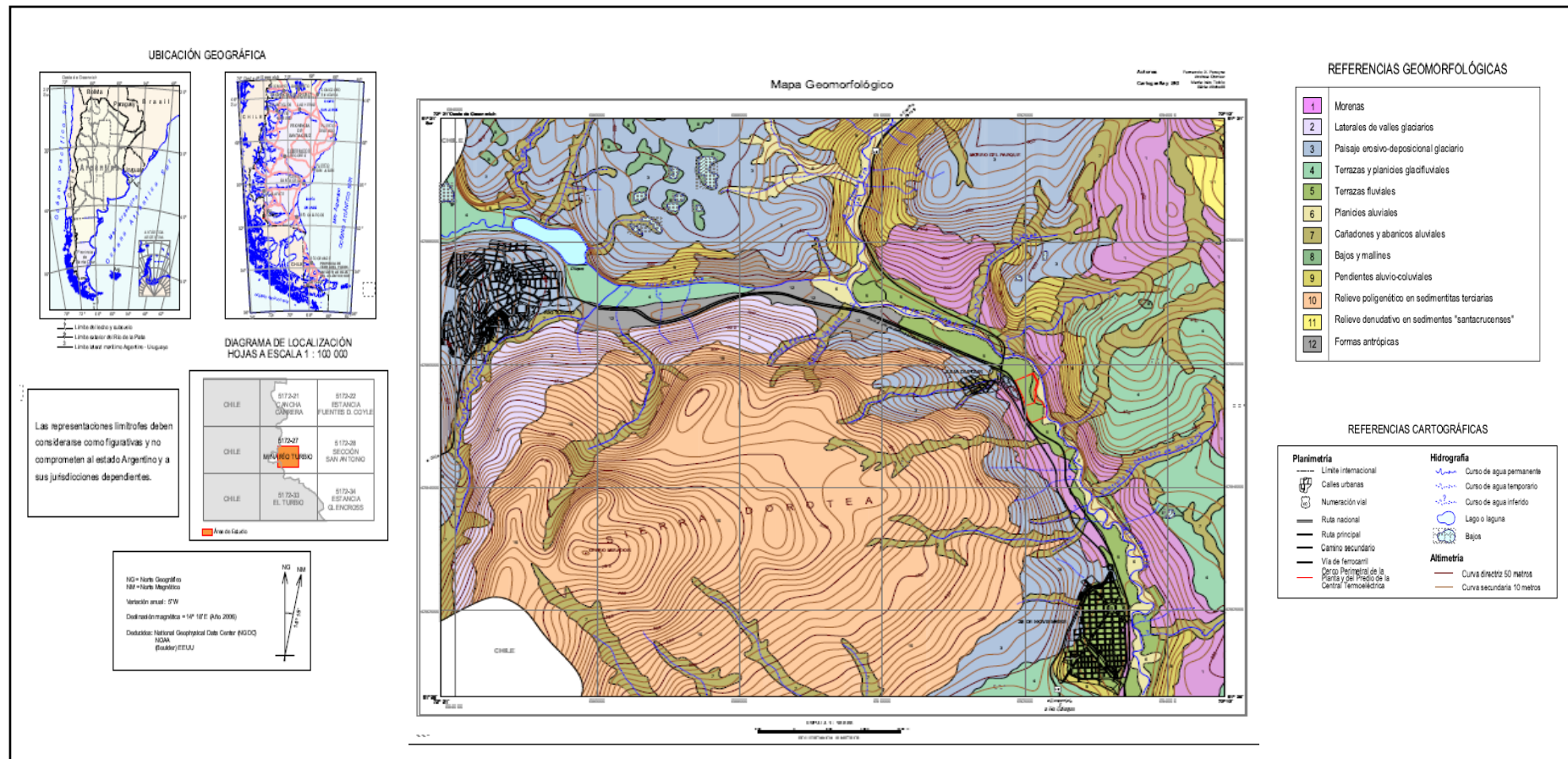
7. Anexo Cartográfico

Figura a. Mapa de geológico de la zona de estudio en yacimiento carbonífero de río turbio.



Fuente: SEGEMAR (2008). Para mayor visualización y verificación de datos, se encuentra en la página, <https://repositorio.segemar.gob.ar/handle/308849217/2116?locale-attribute=fr>

Figura b. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.



Fuente: SEGEMAR (2008). Para mayor visualización y verificación de datos, se encuentra en la página, <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2116?locale-attribute=fr>