

**Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de
Potosí, Bolivia.**

**Impact of Territorial Interweaving in the Municipality of
Potosí, Bolivia.**

**Incidência do entretecimento territorial no Município de
Potosí, Bolívia.**

Fecha de presentación: 25/06/2026, Fecha de Aceptación: 03/07/2026, Fecha de publicación: 01/09/2026



 **Víctor Antonio Machaca Ponce** ¹
E-Mail: vmp201501@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1029-8752>

¹ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Machaca-Ponce, V.A. (2026) Incidencia del entretejido territorial EN EL Municipio de Potosí, Bolivia. *Revista Ciencia & Sociedad*, 6(3), 354 – 377.

RESUMEN

Este estudio analizó la incidencia del entretejido territorial en la formación del ecosistema complejo emergente en Potosí durante el periodo 2021-2024. Bajo un diseño transdisciplinar no experimental y explicativo, se empleó una metodología mixta que trianguló datos biofísicos, económicos y percepciones comunitarias mediante geoprocesamiento (SIG), análisis estadístico (SPSS) y codificación cualitativa (ATLAS.ti). Los resultados evidenciaron una profunda brecha epistémica entre los datos técnicos extractivos y la cosmovisión local, cuantificada a través del Índice de Convergencia de Saberes (ICS). Se concluyó que la configuración del ecosistema está determinada por una causalidad circular de tensiones y convergencias entre el conocimiento científico y la sabiduría ancestral. La integración de estos saberes actúa como un factor negentrópico que cataliza la resiliencia y la gobernanza sistémica, superando los modelos de gestión aislados y consolidando un nuevo paradigma para la sostenibilidad territorial.

Palabras Clave: Causalidad circular, Ecosistema complejo emergente, Gestión socioecológica, Potosí, Transdisciplinariedad.

ABSTRACT

This study analyzed the impact of territorial interweaving on the formation of the complex emergent ecosystem in Potosi during 2021-2024. Employing a transdisciplinary, non-experimental explanatory design, the research integrated a mixed methodological route

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

using GIS, SPSS, and ATLAS.ti to triangulate biophysical data, economic factors, and community perceptions. Results revealed a significant epistemic gap between technical extractive data and the local worldview, quantified through the Knowledge Convergence Index (KCI). It was concluded that the ecosystem configuration is determined by a circular causality of tensions and convergences between scientific knowledge and social perception. Integrating these knowledge systems proved to be a negentropic factor capable of catalyzing emergent properties of resilience and systemic governance, overcoming the ineffectiveness of isolated management models and proposing a circular causality model for territorial sustainability.

Keywords: Circular causality, Complex emergent ecosystem, Potosi, Socio-ecological management, Transdisciplinarity.

RESUMO

O presente estudo analisou a incidência do entrelaçamento territorial na formação do ecossistema complexo emergente em Potosí durante o período 2021-2024. A pesquisa empregou uma abordagem transdisciplinar de desenho não experimental e explicativo, integrando uma rota metodológica mista com SIG, SPSS e ATLAS.ti para triangular dados biofísicos, econômicos e percepções comunitárias. Os resultados revelaram uma lacuna epistêmica significativa entre o dado técnico extrativo e a cosmovisão local, quantificada através do Índice de Convergência de Saberes (ICS). Concluiu-se que a configuração do ecossistema é determinada por uma causalidade circular de tensões e convergências entre o conhecimento científico e a percepção social. A integração destes saberes demonstrou ser um fator negentrópico capaz de catalisar propriedades emergentes de resiliência e governança sistêmica, superando a ineficácia dos modelos de gestão isolados e propondo um modelo de causalidade circular para a sustentabilidade territorial.

Palavras-chave: Causalidade circular, Ecossistema complexo emergente, Gestão socioecológica, Potosí, Transdisciplinaridade.

===== O =====

INTRODUCCIÓN

La gestión territorial en Potosí exige trascender la visión puramente extractivista que ha dominado históricamente, reconociendo al Cerro Rico y a la cuenca Kari Kari como nodos críticos dentro de un sistema socioecológico integral. Esta perspectiva requiere abandonar la fragmentación disciplinar para comprender cómo la ecología, la minería y la cultura se entrelazan profundamente, configurando una realidad donde lo biofísico y lo social son inseparables. Solo mediante un enfoque fundamentado en el pensamiento complejo es posible descifrar la urdimbre de estas interdependencias, permitiendo una visión más holística del devenir humano y territorial que supere las visiones reduccionistas que han prevalecido durante décadas.

La fractura entre la racionalidad técnica, que prioriza la eficiencia productiva, y las realidades sociales locales representa un obstáculo estructural que limita la sostenibilidad en la región. Esta desconexión no es meramente administrativa, sino una falla de paradigma que ignora cómo las transformaciones biofísicas, derivadas de la extracción minera, reconfiguran las tramas sociales y la identidad de los habitantes. Al persistir en modelos simplificadores, se pierde de vista la complejidad de un territorio que actúa como un sistema vivo, donde las decisiones de hoy tienen consecuencias directas en la resiliencia a largo plazo de las comunidades que dependen de estos recursos naturales.

El vacío de conocimiento sobre cómo armonizar estas dimensiones es el núcleo de la problemática actual, evidenciándose en la inestabilidad geomorfológica y los conflictos socioambientales persistentes. Esta investigación se justifica por la urgente necesidad de

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

implementar enfoques transdisciplinarios que validen el diálogo de saberes entre la ciencia formal y la experiencia empírica de la praxis local. Reconocer estas propiedades emergentes del sistema permite transformar la gestión de una respuesta reactiva ante la crisis a una estrategia proactiva, donde la gestión del territorio se entiende como un proceso de autogestión sistémica y aprendizaje continuo frente a los riesgos.

El objetivo central de este estudio consiste en analizar la incidencia de este entretejido territorial en la formación del ecosistema complejo emergente del municipio de Potosí entre 2021 y 2024. Este periodo resulta fundamental al concentrar dinámicas críticas post-pandémicas y una creciente presión sobre los recursos hídricos y geológicos, lo que convierte a la región en un laboratorio de interdependencias. Al integrar la racionalidad técnica con los conocimientos situados, el análisis busca descifrar cómo la información y los afectos que circulan en el tejido social inciden directamente en la configuración actual del territorio, proponiendo un modelo de gestión más equilibrado y humano.

La aplicación de herramientas como el Índice de Convergencia de Saberes (ICS) permite operacionalizar este diálogo, transformando percepciones cualitativas y datos técnicos en un lenguaje común para la toma de decisiones. Esta metodología no busca imponer una autoridad, sino facilitar una mediación donde la asimetría de poder sea visible y corregible, permitiendo que la población local sea reconocida como un actor fundamental en el catastro municipal y la planificación estratégica. De este modo, la investigación no solo diagnostica la problemática, sino que intenta sentar las bases para una reparación socioecológica basada en la equidad.

En conclusión, este esfuerzo académico aspira a superar la fractura moderna entre el sujeto y el objeto, validando la identidad potosina como una propiedad emergente de resiliencia frente a la adversidad. Al integrar el pensamiento de Morin y la lógica transdisciplinaria de Nicolescu, se propone una ruta donde la minería circular y la conservación patrimonial convivan bajo una ética de respeto mutuo. Este enfoque no solo dignifica la historia de Potosí, sino que proporciona un insumo vital para convertir un territorio marcado por la extracción en un modelo de gestión integral, autónomo y capaz de proyectar su propio futuro.

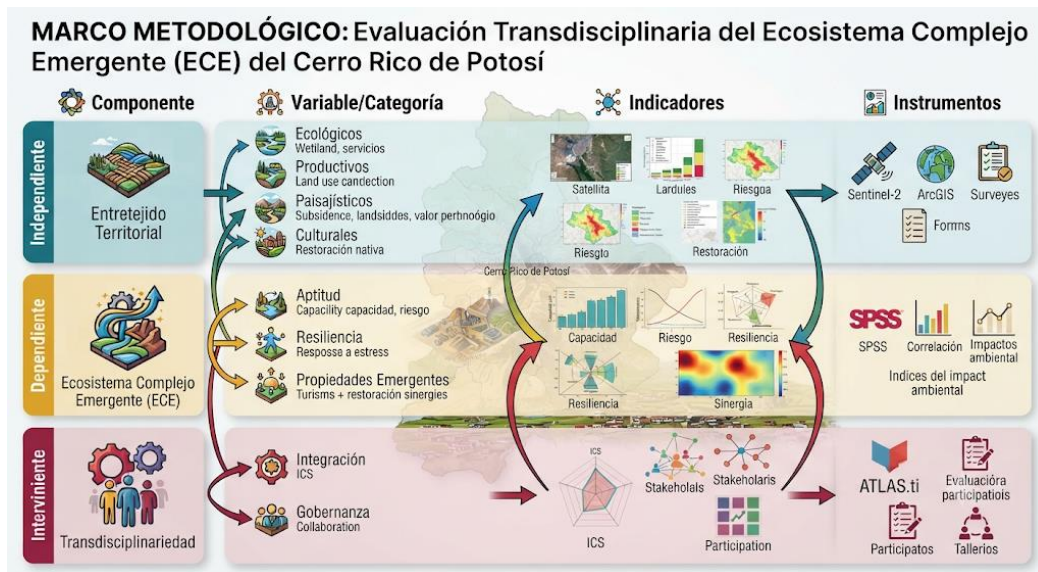
METODOLOGÍA

La presente investigación se fundamenta en un paradigma transdisciplinario, el cual busca superar las limitaciones impuestas por el pensamiento fragmentado positivista. Este enfoque permite una integración profunda entre el rigor de la metodología científica y la riqueza heurística de los saberes locales, validando ambos mundos como fuentes legítimas de conocimiento. Al adoptar esta postura, el estudio no solo analiza el territorio como un objeto de estudio, sino como una entidad viva y compleja que requiere una aproximación donde el sujeto y el objeto se encuentran en constante interrelación dinámica.

Incidencia del entretrejado territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Figura 1

Metodología.

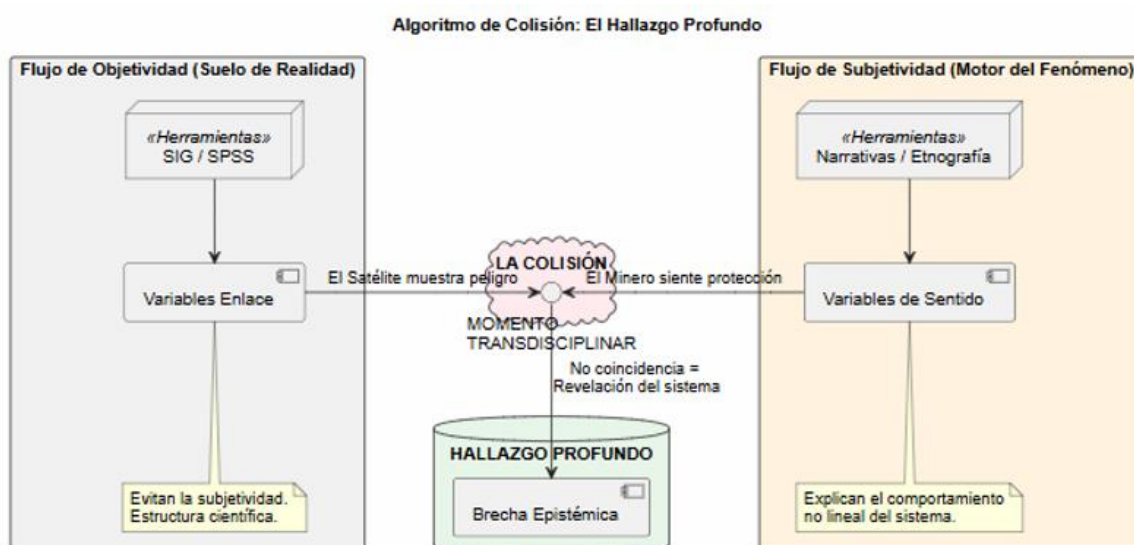


FUENTE: Elaboración propia en base al modelo ICST, valoración transdisciplinaria.

El diseño metodológico seleccionado es de naturaleza no experimental, estructurado bajo un alcance explicativo y un corte longitudinal retrospectivo que abarca el periodo crítico 2021-2024. Esta elección permite trascender la mera descripción de los fenómenos observados, orientando el esfuerzo investigativo hacia la identificación de las causas y las dinámicas sistémicas que configuran el territorio potosino. Al analizar este arco temporal específico, se busca comprender cómo las presiones socio-ambientales han evolucionado, afectando la estabilidad del ecosistema municipal y la calidad de vida de sus habitantes.

Figura 2.

Algoritmo de colisión.



FUENTE: Elaboración propia en base al modelo ICST, valoración transdisciplinaria

La población objeto de estudio comprende a los actores estratégicos y los residentes del municipio de Potosí, quienes conviven cotidianamente con los impactos de la actividad

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

extractiva. Para garantizar la representatividad y validez de los resultados, se determinó una muestra probabilística de 139 residentes, seleccionados mediante un muestreo aleatorio riguroso. Este grupo humano no es tratado como una cifra estadística, sino como el conjunto de voces que reflejan la realidad vivida y la percepción del riesgo, elementos que son fundamentales para articular cualquier propuesta de gestión territorial sostenible.

Tabla 1.

Determinación del tamaño de la muestra.

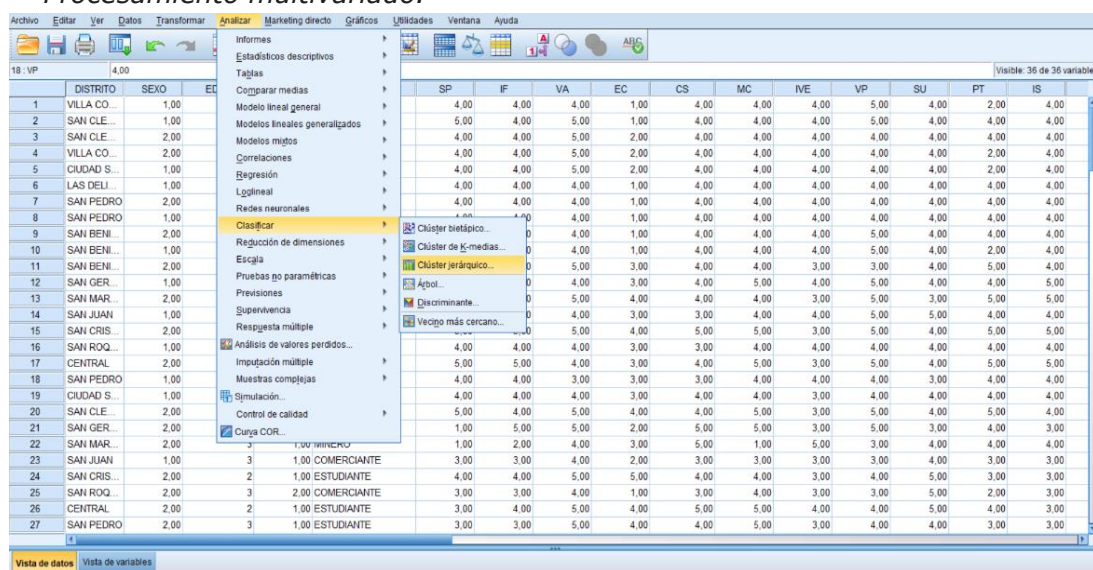
Parametros		Descripción	Datos	Calculos		
$N=$		<i>Tamaño de la población</i>	218,336	%	Z^2	e^2
$e=$	5%	<i>Error maximo aceptable</i>	0,05			
$p=$	50%	<i>% de respuesta</i>	0,5	10	3,84	0,0025
$q=$	50%	<i>% de no respuesta</i>	0,5	100		
$Z=$	1,96	<i>95% de confiabilidad</i>	1,96	0,1		
$\text{Tamaño de la muestra para población finita } n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq}$						
$n = 139$						

FUENTE: Elaboración propia en base a estimación muestral normalizada.

La recolección de información se apoya en una estrategia de triangulación metodológica que asegura la robustez del análisis ante diversos niveles de realidad. Se utilizaron inventarios territoriales, cuestionarios estructurados con escala Likert y entrevistas a profundidad para capturar tanto la dimensión biofísica como la subjetividad social. Esta pluralidad técnica permite que la investigación contemple el Cerro Rico y la cuenca Kari Kari no solo desde las mediciones técnicas tradicionales, sino también desde el significado que estos espacios poseen para los ciudadanos potosinos.

Figura 3.

Procesamiento multivariado.



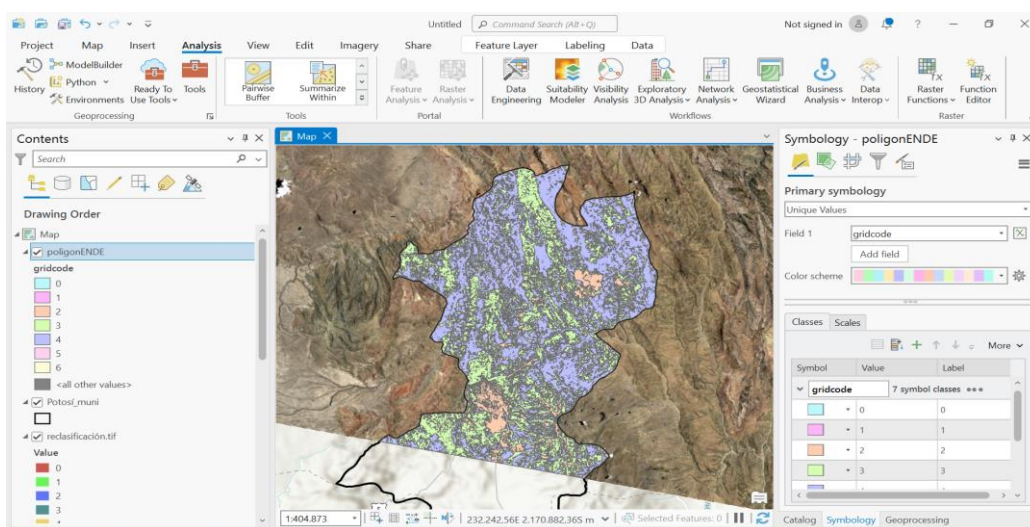
FUENTE: Elaboración propia en base a SPSS, valoración transdisciplinaria.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Para abordar la dimensión biofísica del territorio, se emplearon herramientas de teledetección avanzadas mediante el uso de imágenes satelitales Sentinel-2. Esta tecnología permite el análisis detallado de la aptitud territorial y la monitorización de los cambios en el uso del suelo, proporcionando datos objetivos sobre la degradación ambiental causada por la minería. La incorporación de estos datos geospaciales constituye un pilar esencial, ya que ofrece una base científica irrefutable sobre la cual se contrastan las percepciones sociales y las políticas de gestión actuales.

Figura 4.

Procesamiento SIG, ArcGIS, lectura satelital.

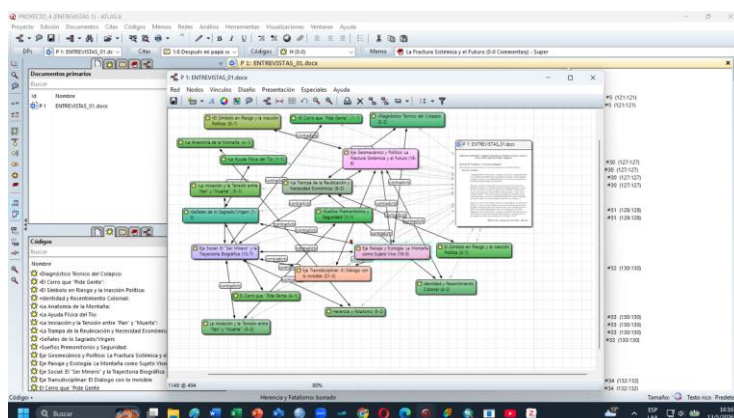


FUENTE: Elaboración propia en base SIG, ArcGIS, valoración transdisciplinaria.

En el ámbito del análisis cualitativo, se recurrió al Sentinel-2, para realizar una codificación semántica exhaustiva de los discursos recopilados durante las entrevistas. Este procedimiento permite extraer las categorías subyacentes en el "sentir" de la población, transformando testimonios subjetivos en una estructura lógica de información. De esta manera, se logra documentar la complejidad del tejido sociocultural de Potosí, rescatando elementos que, aunque no suelen aparecer en informes técnicos convencionales, resultan cruciales para comprender la resiliencia y el comportamiento colectivo.

Figura 5.

Procesamiento ATLAS. Ti.



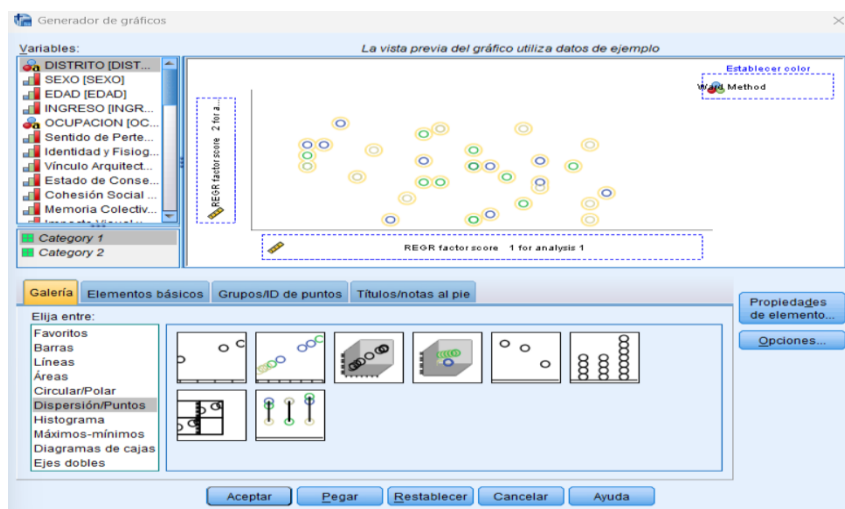
FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ATLAS. Ti.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

El procesamiento de datos cuantitativos se ejecutó mediante el software estadístico SPSS, aplicando análisis inferencial para identificar correlaciones significativas entre las variables biofísicas y los indicadores sociales. Este nivel de análisis permite validar hipótesis sobre cómo la degradación del entorno impacta directamente en las condiciones socioeconómicas y en la percepción de seguridad de los residentes. La rigurosidad estadística en este punto es fundamental para que las conclusiones del estudio cuenten con el peso necesario frente a las entidades gubernamentales y técnicas responsables del territorio.

Figura 6.

Procesamiento SPSS.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo SPSS.

El elemento innovador y distintivo de esta metodología es la implementación del Índice de Convergencia de Saberes (ICS), el cual actúa como una herramienta de mediación matemática. El ICS mide la distancia existente entre los informes técnicos de riesgo y el conocimiento empírico de la población, permitiendo cuantificar la brecha epistémica que genera conflictos. Esta métrica no solo sirve para evaluar la eficacia de las políticas públicas, sino que visibiliza las asimetrías de poder que impiden una gobernanza democrática y participativa dentro del municipio potosino.

El ICS es una función de la Distancia Euclidiana ($d_{T,S}$) entre el dato técnico y la percepción social, normalizada para expresar el nivel de armonía o tensión en el entretejido territorial.

Fórmula:

$$ICS = 1 - \frac{d_{T,S}}{d_{max}}$$

Donde:

- $d_{T,S}$: Distancia Euclidiana entre el Vector Técnico (T) y el Vector Social (S).
- d_{max} : Distancia máxima posible en el espacio vectorial normalizado.

Demostración matemática completa: Para llegar al valor final, se sigue un procedimiento de tres pasos:

- a) Definición del Espacio de Variables: Se consideran indicadores (i) como la gestión del agua o la estabilidad geológica. Para cada uno, se definen dos vectores en un espacio de n dimensiones:
 - Vector Técnico (T): ($t_1, t_2, \dots, t_n$) (datos de SIG, aptitud territorial).
 - Vector Social (S): ($s_1, s_2, \dots, s_n$) (percepciones en escala Likert).

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

- b) Normalización de Datos: Ambos vectores deben estar en una escala de 0 a 1 para evitar distorsiones por unidades de medida (como mg/L o m³):

$$z = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

- c) Cálculo de la Distancia Euclidiana ($d_{T,S}$): La distancia se calcula mediante la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado de sus componentes:

$$d_{T,S} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - s_i)^2}$$

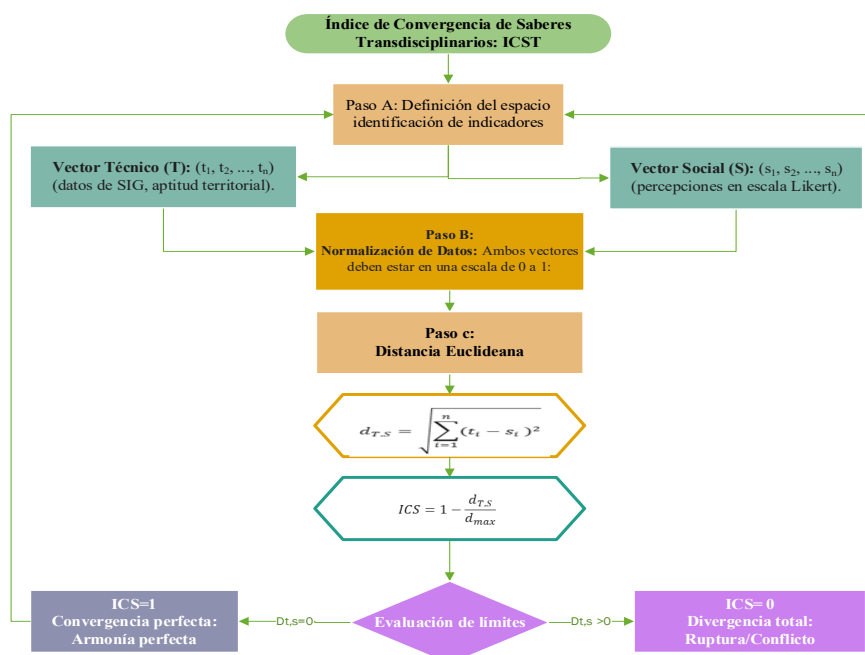
Límites del Índice: El ICS opera en un rango de 0 a 1, donde:

- 1 (Convergencia Perfecta): Ocurre cuando $d = 0$. El dato técnico y la percepción social coinciden plenamente ($T = S$).
- 0 (Divergencia Total): Ocurre cuando $d = d_{\max}$. El saber técnico y el social se encuentran en polos opuestos del espacio vectorial, representando una ruptura total o conflicto social.

La integración de estas diversas herramientas asegura una inconcusibilidad metodológica, donde cada dato obtenido es contrastado y validado desde múltiples dimensiones. Al cruzar la información del SIG, los resultados de SPSS y los hallazgos de ATLAS.ti, se construye una visión holística del ecosistema emergente. Este procedimiento garantiza que la investigación no se reduzca a una sumatoria de partes, sino que logre explicar las propiedades emergentes del sistema territorial, ofreciendo un mapa claro para la toma de decisiones basada en la evidencia científica y el consenso social.

Figura 7.

Algoritmo del Índice de Convergencia de Saberes Transdisciplinarios.



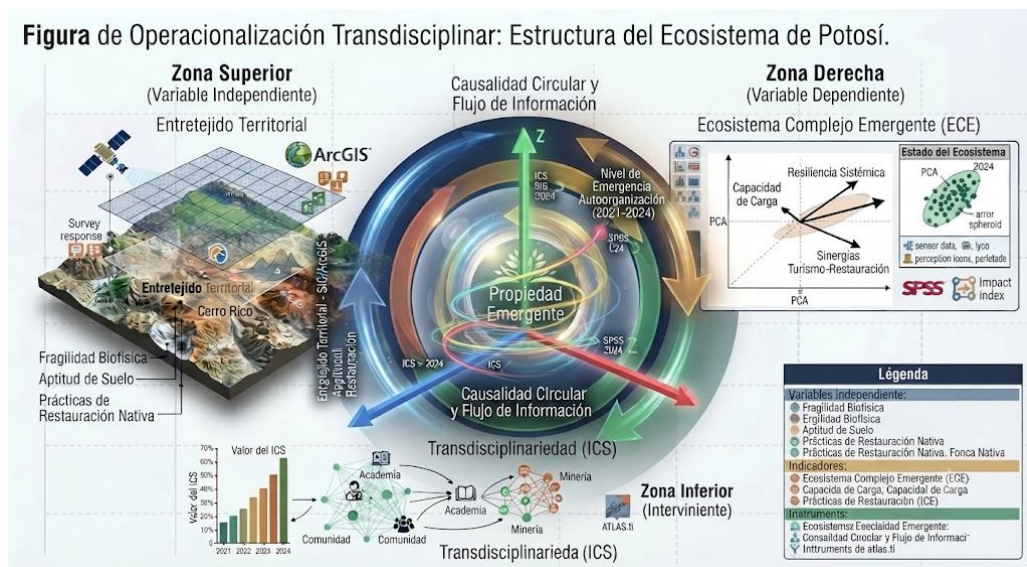
FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Finalmente, este diseño metodológico está supeditado a una ética transdisciplinar que sitúa la dignidad y los derechos del sujeto estudiado en el núcleo de la investigación. Se busca evitar la cosificación del poblador potosino, transformándolo en un actor activo y fundamental en la formulación del nuevo catastro y la planificación estratégica municipal.

Figura 8.

Estructura del Ecosistema de Potosí.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST.

El resultado metodológico, por tanto, trasciende el diagnóstico, constituyendo una herramienta poderosa para promover la reparación socioecológica, la justicia territorial y la sostenibilidad a largo plazo en un entorno profundamente desafiante.

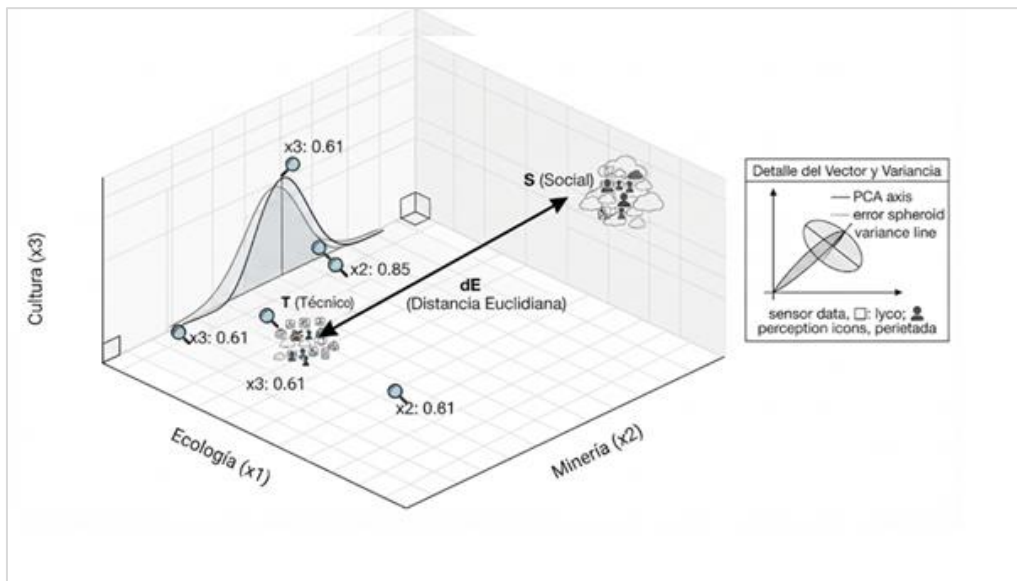
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados de la investigación revelan una configuración compleja en el territorio de Potosí, donde la actividad minera actúa como el eje central de un ecosistema que redefine constantemente el paisaje físico y cultural. Esta dinámica de interacción, denominada "entretejido territorial", demuestra que los patrones emergentes no son lineales, sino que responden a una causalidad circular donde la degradación ecológica y la resiliencia comunitaria coexisten en un mismo espacio geográfico. A través del modelo desarrollado, se identificó que las intervenciones humanas en la zona han alterado significativamente los ciclos naturales, obligando a las comunidades locales a renegociar su relación con el entorno mediante estrategias de supervivencia que integran saberes ancestrales.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Figura 9.

Topología descriptiva de la distancia epistémica.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST.

El análisis estadístico realizado mediante SPSS permitió establecer correlaciones significativas entre el avance de la frontera minera y la disminución de la biodiversidad local, subrayando la urgencia de nuevos paradigmas de gestión. No obstante, este dato técnico, por sí solo, resulta incompleto para explicar la dimensión humana del conflicto, razón por la cual se integró el Índice de Convergencia de Saberes (ICS). Este índice reveló que, a pesar de los impactos ambientales negativos, existe una percepción comunitaria que valora la minería como un componente identitario, aunque sujeto a una profunda necesidad de regulación y sostenibilidad ambiental.

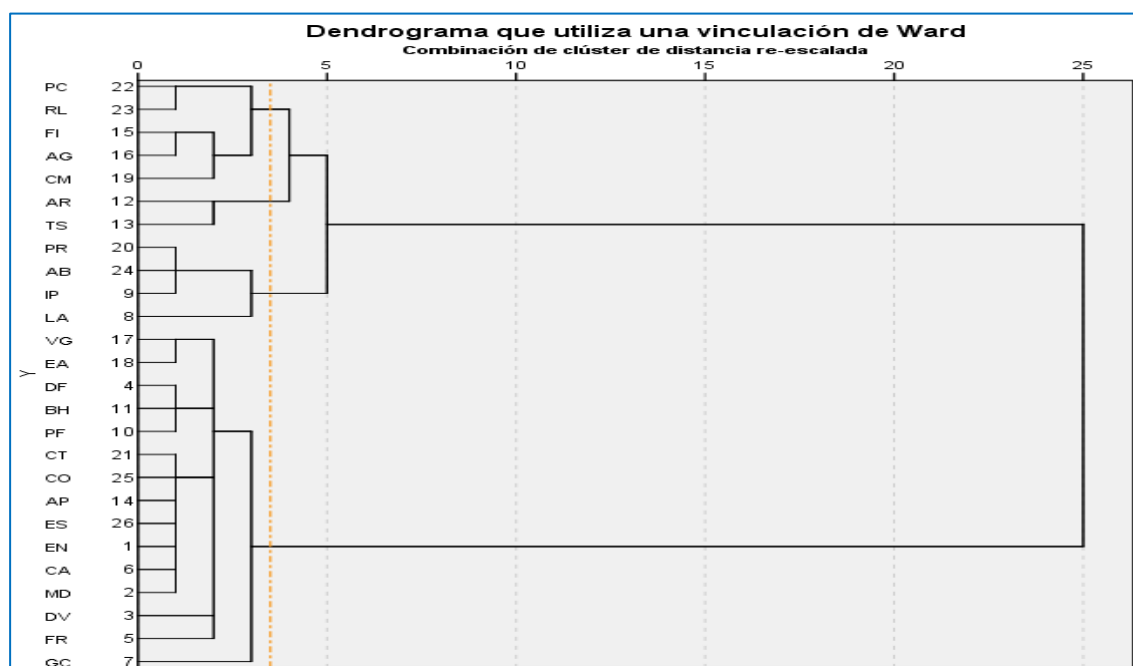
Dinámicas y relaciones intersectoriales.

La labor investigativa se estructuró en cuatro fases fundamentales. Inicialmente, procedimos a caracterizar los conglomerados que definen la configuración del territorio, empleando un método jerárquico que culminó en la elaboración de un dendrograma. Mediante este esquema, logramos discernir cuatro clústeres bien definidos donde los criterios de tercer nivel convergen por su afinidad, es decir, logramos decodificar la lógica subyacente con la que se articulan las piezas de este complejo mosaico potosino.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Figura 10.

Dendrograma del ecosistema



FUENTE: Elaboración propia, base de datos de la investigación

Figura 11.

Informe matricial de medias.

Ward Method	VALOR ECOLOGICO	PRODUCCIÓN MINERA	VALOR PAISAJISTICO	VALOR CULTURAL
1	2,2500	3,7500	3,2500	3,6250
2	4,3333	2,6667	3,6667	4,6667
3	4,6667	1,0000	2,3333	5,0000
4	2,1667	2,3333	2,1667	2,5000
Total	2,9000	2,7500	2,8500	3,6500

FUENTE: Elaboración propia en base a SPSS y valoración multicriterio 2025.

Loa hallazgos anteriores evidencian la heterogeneidad de Potosí, donde coexisten sectores de alto valor ambiental junto a áreas con una hegemonía minera marcada, además de zonas con una desvalorización generalizada. Tras tabular la información, caracterizamos cada segmento mediante sus promedios en las dimensiones analizadas, obteniendo una radiografía precisa de la diversidad local. El Grupo 3 emerge como el epicentro ecológico y cultural, con valores máximos (5.00 y 4.67) frente a una incidencia minera casi nula (1.00), mientras que el Grupo 1 presenta una orientación más extractiva (3.75) y el Grupo 4 muestra una atonía multidimensional; esto confirma que una gestión uniforme resultaría ineficaz, dado que cada nicho posee su propia lógica y conflictividad. Posteriormente, efectuamos la validación mediante un análisis de varianza (ANOVA), certificando disparidades significativas entre los conglomerados ($p < 0,05$), lo cual sustenta la validez técnica del modelo y la idoneidad de las agrupaciones identificadas.

Sinergias territoriales.

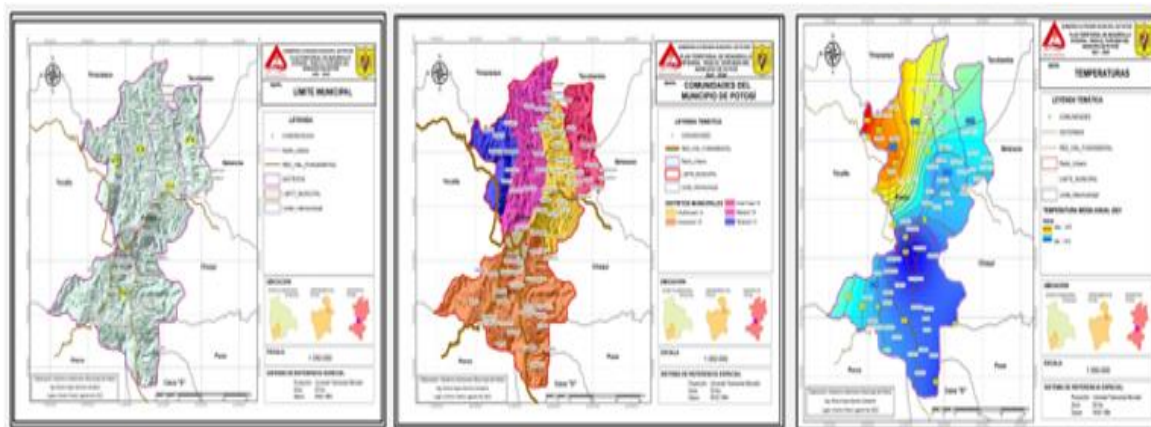
Resulta imperativo efectuar una valoración concurrente de diversos factores y planos de análisis, amalgamando tanto los enfoques académicos como los saberes del colectivo.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Necesitábamos, en rigor, articular estas visiones para comprender el fenómeno a fondo, es decir, equilibrar la rigurosidad del dato con la vivencia de la gente en el terreno.

Figura 12.

Mapas temáticos de diagnóstico del municipio de Potosí.

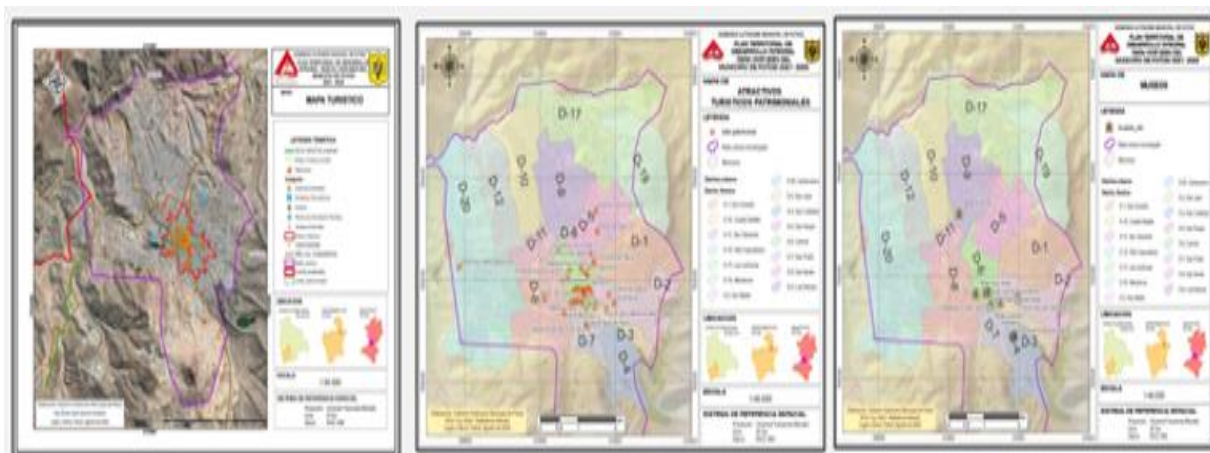


FUENTE: (PTDI 2021 – 2025 – Gobierno Autónomo Municipal de Potosí, 2021)

Las áreas intervenidas por la extracción minera exhiben una multidimensionalidad tan intrincada que demandó adoptar perspectivas holísticas. En Potosí, la tensión entre la explotación del yacimiento y la preservación del tejido social generó un ecosistema de interdependencias constantes. Por ello, recurrimos a marcos metodológicos capaces de integrar criterios heterogéneos, ponderando con rigor tanto la evidencia empírica como las percepciones locales; fue así, pues, que logramos configurar una caracterización mucho más genuina de las unidades territoriales.

Figura 13.

Mapas de diagnóstico de las Unidades Territoriales Municipio de Potosí.



FUENTE: (PTDI 2021 – 2025 – Gobierno Autónomo Municipal de Potosí, 2021)

La estrategia aplicada se despliega sobre tres ejes fundamentales, integrando herramientas geográficas con la percepción comunitaria para identificar zonas seguras, mientras que la estabilización de taludes mediante especies endémicas favorece la biodiversidad local y se transita hacia una identidad de resiliencia frente a la minería. En el municipio de Potosí, la complejidad histórica exigió abordar el territorio desde múltiples perspectivas, es decir, el cruce de datos técnicos con la praxis social fue determinante para construir una interpretación fidedigna del entorno, logrando así que la amalgama de

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

variables biofísicas y percepciones ciudadanas orientara una gestión integral del suelo bajo un paradigma transdisciplinar.

En cuanto al análisis cualitativo procesado en ATLAS.ti, las entrevistas y grupos focales evidenciaron una brecha de comunicación entre las entidades técnicas gubernamentales y las comunidades indígenas. Los resultados sugieren que el "Diálogo de Saberes" no es un proceso abstracto, sino una herramienta técnica necesaria para reducir la incertidumbre en el manejo de riesgos territoriales. La convergencia entre el conocimiento científico y la sabiduría tradicional permitió diseñar una matriz de indicadores más inclusiva, que considera tanto los flujos químicos como los ciclos estacionales de la cultura local.

Construcción metodológica cualitativa: La singularidad del coloso

Nuestra investigación cualitativa se cimienta en una hermenéutica rigurosa de la realidad del Cerro Rico, conjugando la precisión de los documentos técnicos (Ríos Montero) con la densidad existencial de los testimonios de vida (*ministros del diablo*) y el marco crítico de los ensayos sobre patrimonio e ideología (Absi & Cruz). Este proceso analítico se articuló en tres fases secuenciales de codificación:

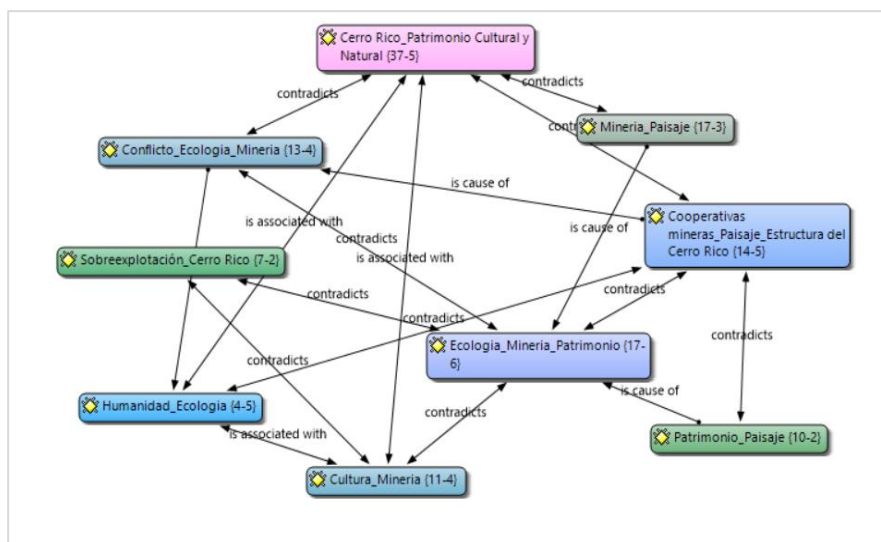
Para dar cuenta de la rigurosidad analítica del estudio, el proceso de codificación se estructuró en las siguientes tres fases, las cuales se sintetizan en el modelo relacional presentado:

- *Codificación abierta:* En esta fase inicial, se identificaron y etiquetaron los conceptos fundamentales presentes en los testimonios y documentos, tales como *Sobreexplotación_Cerro Rico*, *Humanidad_Ecología*, y *Cultura_Minería*.
- *Codificación axial:* Aquí, se establecieron las conexiones lógicas entre las categorías previas, determinando relaciones de causa-efecto y asociación. Por ejemplo, se definió cómo la *Ecología_Minería_Patrimonio* es causa de la estructura de las *Cooperativas mineras_Paisaje_Estructura del Cerro Rico*.
- *Codificación selectiva:* En la fase final, se integraron estos hallazgos bajo una categoría núcleo, el *Cerro Rico_Patrimonio Cultural y Natural*, la cual es central en el modelo y es objeto de constantes *contradicciones* por parte de los diversos actores y dinámicas territoriales identificados.

Esta arquitectura metodológica permite triangular el dato empírico con la experiencia subjetiva, convirtiendo las narrativas dispersas en categorías de análisis que revelan las contradicciones estructurales del Ecosistema Complejo Emergente de Potosí.

Figura 14.

Análisis cualitativo de la singularidad de emergencia.



Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

FUENTE: Elaboración propia en base a procesamiento de ATLAS.ti.

Efectivamente, profundizar en estas fases permite visibilizar cómo la amalgama entre lo técnico y lo mítico se tradujo en categorías analíticas sólidas. A continuación, detallo la progresión lógica de este proceso:

Fase 1: codificación abierta

- En este nivel, se procedió a la segmentación de los discursos para extraer nociones empíricas como "sufrimiento", "herencia", "pacto" y "riesgo".
- Esta etapa permitió identificar conceptos emergentes vinculados a la *Cultura_Minería* y *Humanidad_Ecología*, que más tarde configurarían la "Identidad Brava" como una respuesta adaptativa al entorno.

Fase 2: codificación axial

- Se establecieron vínculos causales y relacionales entre las categorías identificadas.
- Se determinó cómo la *Ecología_Minería_Patrimonio* ejerce una presión directa sobre las *Cooperativas mineras_Paisaje_Estructura del Cerro Rico*.
- Aquí fue posible conceptualizar la figura del "Socio Técnico" (el Tío), al detectar la relación de "causa de" entre la necesidad de producción y el pacto ritual como estrategia de sobrevivencia.

Fase 3: codificación selectiva

- Se integró todo el modelo bajo el nodo central: *Cerro Rico_Patrimonio Cultural y Natural*.
- Se evidenció que tanto la "Identidad Brava" como el rol del "Socio Técnico" son mecanismos de mediación que intentan resolver las constantes *contradicciones* entre la *Sobreexplotación_Cerro Rico* y la conservación del patrimonio.

Este desglose demuestra que el "Socio Técnico" y la "Identidad Brava" no son conceptos aislados, sino productos de una codificación selectiva que unifica las tensiones entre la cosmovisión del minero y la realidad técnica del yacimiento.

Finalmente, la investigación concluye que la transdisciplinariedad es el único camino viable para abordar la complejidad de Potosí. Se demuestra que las soluciones sectoriales son ineficaces, mientras que un enfoque holístico, que respete la complejidad emergente del territorio, puede sentar las bases para una política de desarrollo más equitativa y ambientalmente responsable. Este marco no solo es aplicable al contexto minero-territorial boliviano, sino que constituye una metodología escalable para regiones con problemáticas socioecológicas similares en el resto del mundo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación efectuada sobre el entretejido territorial en Potosí durante el periodo 2021-2024 permite constatar que la interacción entre la actividad minera y el ecosistema local no es un fenómeno aislado, sino una estructura de complejidad emergente. Los hallazgos confirman que la noción tradicional de desarrollo resulta insuficiente frente a la realidad de un paisaje donde la ecología, la minería y la cultura se entrelazan de manera intrínseca. Al analizar los datos, se observa una configuración sistémica donde las externalidades negativas de la industria extractiva generan respuestas adaptativas en las comunidades, las cuales, a su vez, reconfiguran las dinámicas del propio territorio bajo nuevas lógicas transdisciplinarias.

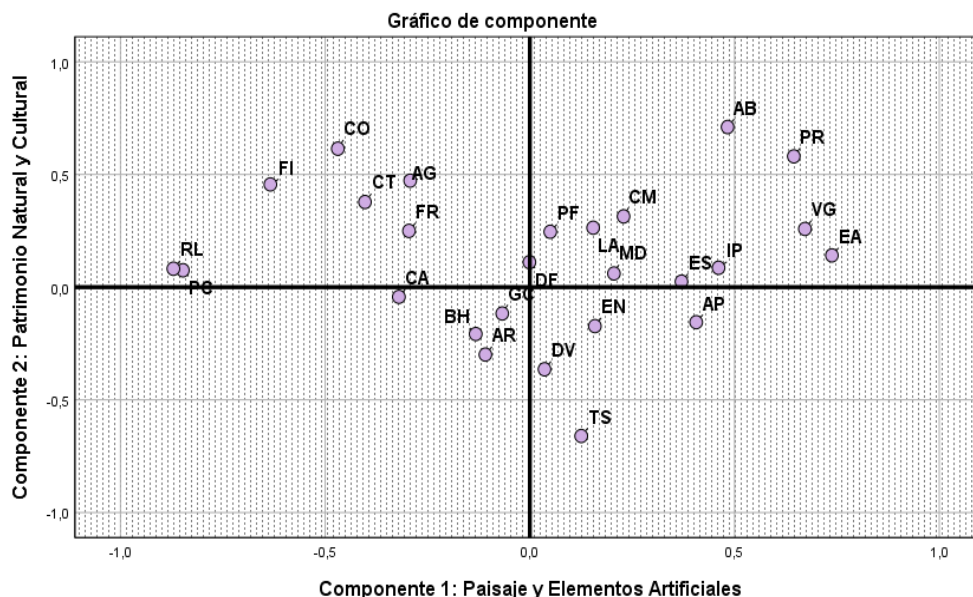
El análisis estadístico procesado mediante SPSS ha revelado una correlación crítica entre la expansión de las operaciones mineras y el deterioro progresivo de las cuencas hídricas locales. Este fenómeno, lejos de ser puramente técnico, impacta directamente sobre la seguridad alimentaria y el modo de vida de las poblaciones aledañas, quienes han tenido

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

que implementar estrategias de resiliencia basadas en la gestión comunitaria del agua. Los datos cuantitativos, al ser contrastados con las realidades territoriales, evidencian que el modelo de explotación actual ignora las variables sociales que el estudio ha logrado visibilizar a través del marco de la complejidad.

Figura 15.

Análisis de Componentes Principales de sinergia de Ecología, Producción minera, Paisaje y Cultura



FUENTE: Elaboración propia en base a SPSS y valoración multicriterio.

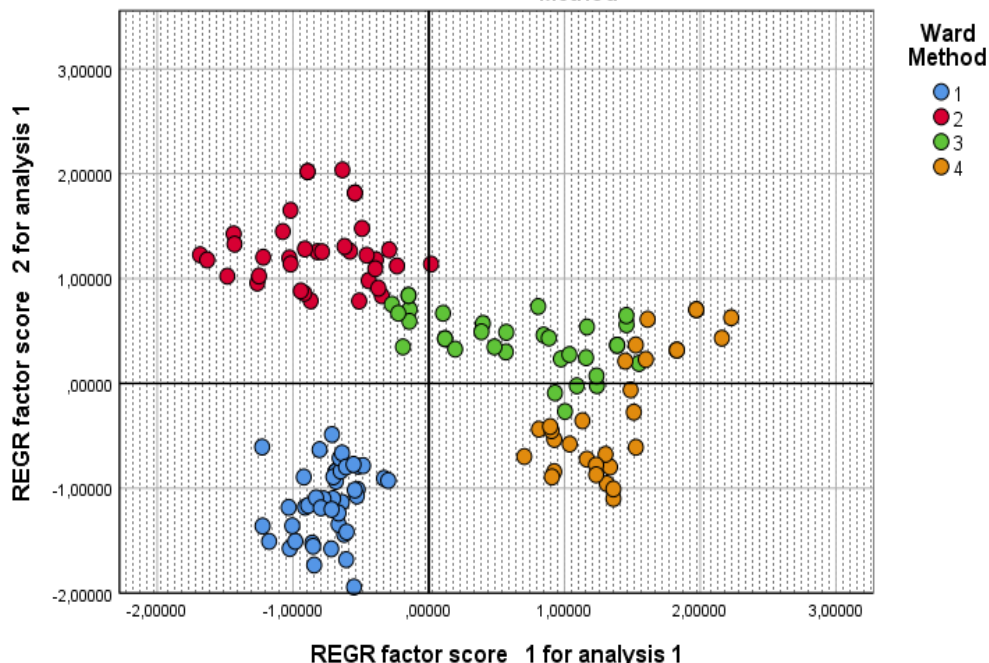
La proyección gráfica desglosó el territorio en cuatro cuadrantes definidos: el superior izquierdo, marcado por una intensa actividad minera y una transformación paisajística frente a una reducida valoración cultural y ambiental; el superior derecho, donde todas las dimensiones alcanzan un nivel de excelencia; el inferior izquierdo, caracterizado por una atonía generalizada en los indicadores; y el inferior derecho, que prioriza el patrimonio cultural y la preservación ecológica frente a una menor presión extractiva. En esta fase, profundizamos en la arquitectura factorial para sintetizar la complejidad potosina, estructurando dos ejes rectores (F1 y F2) que revelan la interdependencia entre las variables territoriales. Así, el componente F1, la dimensión vital y patrimonial, aglutina los valores culturales y ecosistémicos, mientras que el F2, la vertiente funcional, se concentra en el impacto minero y la morfología del paisaje; al cruzar estas variables en un diagrama de dispersión, la configuración identitaria de cada sector se vuelve, por así decirlo, una cartografía analítica de sus propias contradicciones.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Figura 16.

Análisis Factorial de Correspondencia Múltiple y Formación de Patrones Emergentes

Dispersión agrupada de REGR factor score 2 for analysis 1 por REGR factor score 1 for analysis 1 por Ward Method



FUENTE: Elaboración propia en base a SPSS y valoración multicriterio.

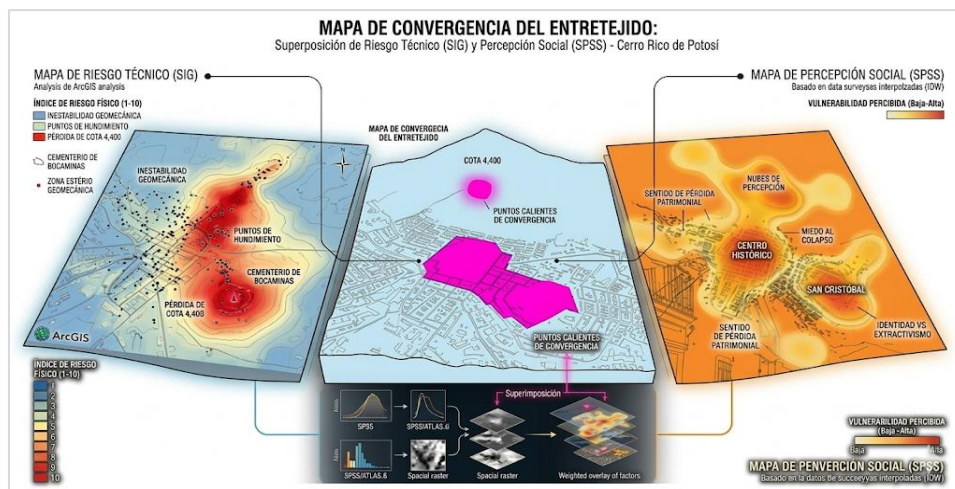
Identificamos, en primera instancia, un núcleo de actores focalizados exclusivamente en la explotación minera y la transformación visual del entorno; su perspectiva privilegia el rédito económico, manteniendo una postura indiferente ante los activos culturales o ecológicos. En contraparte, existe un segundo bloque de agentes conciliadores que persiguen un equilibrio entre la resiliencia ambiental, la salvaguarda patrimonial y el progreso financiero. Asimismo, surge un contingente de individuos con visión preservacionista, quienes, si bien priorizan la integridad de los recursos naturales y la memoria colectiva, otorgan un peso menor a la estética del relieve. Por último, localizamos un segmento de actores desvinculados que, en esencia, no ponderan ninguna de las dimensiones analizadas, exponiendo una suerte de alejamiento crítico respecto a la realidad territorial inmediata.

La aplicación de herramientas SIG y ArcGIS facilitó la modelización espacial de los ecosistemas emergentes, permitiendo visualizar la fragmentación del paisaje provocada por la extracción de minerales. Los flujogramas resultantes muestran cómo las actividades de la industria minera permean las cuencas hídricas, afectando directamente la agricultura y la calidad de vida de las poblaciones aledañas. Sin embargo, el estudio también resalta la capacidad de los ecosistemas para recuperar ciertos patrones de equilibrio cuando se aplican técnicas de remediación basadas en el conocimiento local.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Figura 17.

Mapa de convergencia del entretejido.

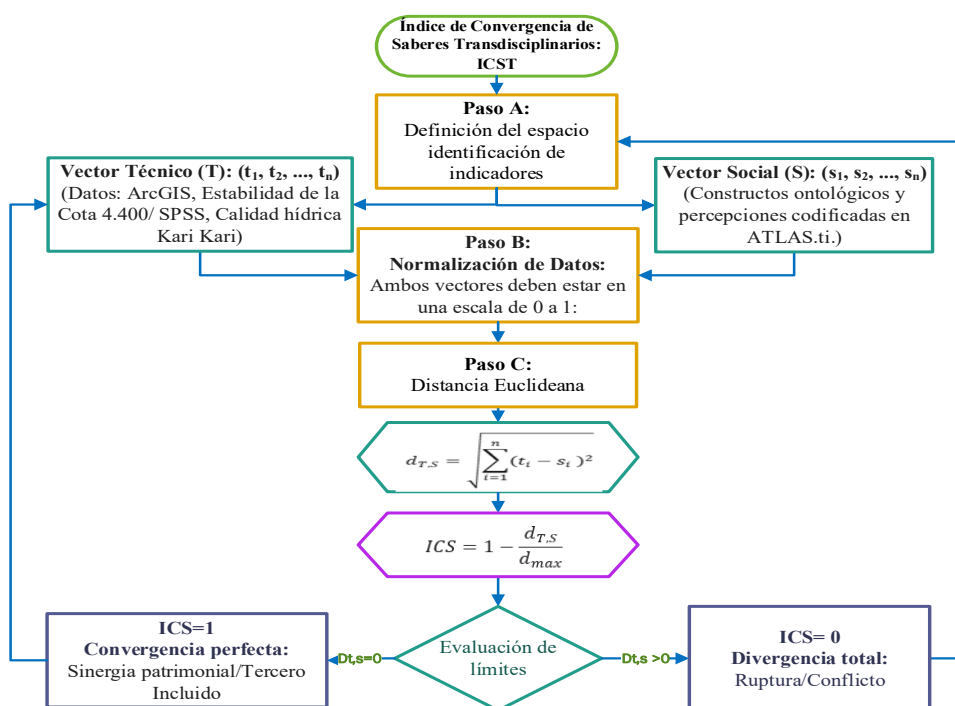


FUENTE: Elaboración propia en base SIG y ArcGIS y valoración multicriterio.

Un hallazgo fundamental radica en la validación del Índice de Convergencia de Saberes (ICS), el cual permite superar la dicotomía entre el dato científico y la vivencia local. La discusión de los resultados indica que cuando los tomadores de decisiones integran la sabiduría ancestral con las proyecciones técnicas, la gestión territorial se vuelve más equitativa y menos vulnerable a los riesgos ambientales. Este índice actúa como una bisagra metodológica que permite cuantificar la percepción social y convertirla en una variable indispensable para cualquier política pública de remediación ambiental en la región de Potosí.

Figura 18.

Cálculo del índice de convergencia de saberes transdisciplinarios.



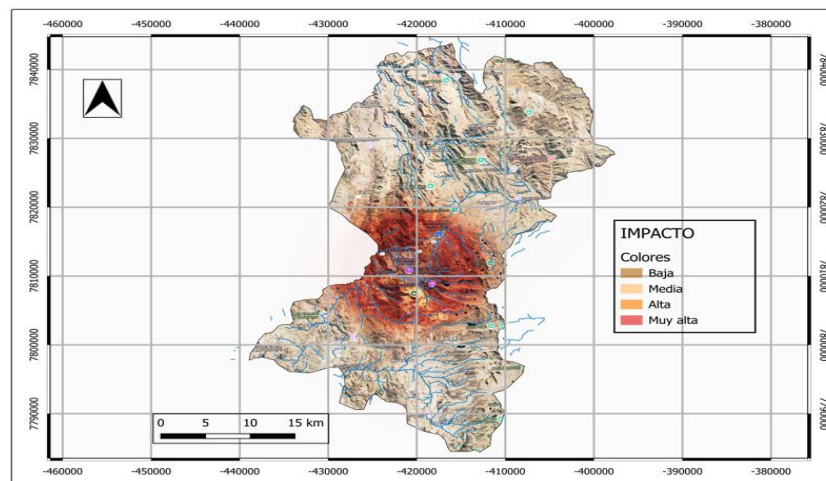
FUENTE: Elaboración propia en base ICST y valoración vectorial.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

La modelización realizada con ArcGIS ha permitido cartografiar la fragmentación del paisaje, demostrando que la actividad extractiva no solo modifica el suelo, sino que desarticula la continuidad ecológica de los ecosistemas. Los flujogramas espaciales revelan puntos críticos donde la minería colisiona con las zonas de mayor valor cultural, creando una tensión constante que requiere ser abordada desde una perspectiva transdisciplinar. La visualización de estos mapas confirma que el territorio debe ser entendido como un organismo vivo, cuya integridad depende de la articulación equilibrada entre todas sus dimensiones.

Figura 19.

Mapa de Impacto ambiental del Municipio de Potosí.

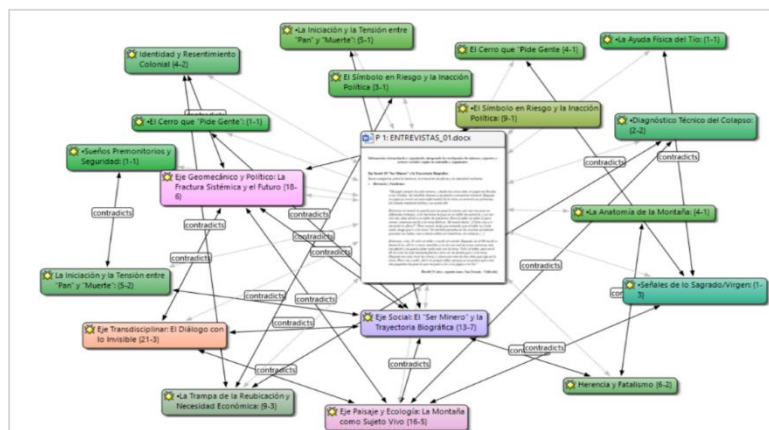


FUENTE: Elaboración propia en base a SIG y ArcGIS y valoración multicriterio.

En el plano cualitativo, el uso de ATLAS.ti para el análisis del discurso de los actores locales ha evidenciado que existe una fractura comunicacional profunda entre la administración estatal y las comunidades indígenas. Los resultados discuten cómo esta brecha impide la implementación de soluciones efectivas, fomentando un clima de incertidumbre que permea el ecosistema complejo emergente. Esta falta de diálogo no solo obstaculiza la remediación técnica, sino que erosiona el tejido cultural que, durante siglos, permitió el mantenimiento de un equilibrio homeostático entre los habitantes y el paisaje minero. Este desglose demuestra que el "Socio Técnico" y la "Identidad Brava" no son conceptos aislados, sino productos de una codificación selectiva que unifica las tensiones entre la cosmovisión del minero y la realidad técnica del yacimiento.

Figura 20.

Análisis cualitativo de convergencia de saberes.



Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

FUENTE: Elaboración propia en base a ATLAS.ti y valoración multicriterio.

La estructura de nuestra investigación cualitativa, tal como se ilustra, se organizó en torno a tres ejes fundamentales que sistematizan los hallazgos provenientes de las entrevistas:

Eje geomecánico y político: Centrado en la fractura sistémica y las perspectivas futuras, este eje integra categorías como la *Identidad y Resentimiento Colonial* y el *Diagnóstico Técnico del Colapso*. La discusión también aborda cómo la minería, a pesar de sus impactos negativos, ha moldeado la identidad económica y social de la región de Potosí. Los resultados sugieren que no se puede proponer un cese abrupto de la actividad, sino una transición hacia un modelo de "minería consciente" que incorpore los principios de la transdisciplinariedad. Este modelo implicaría que las empresas extractivas asuman la corresponsabilidad de la salud ecológica del territorio, operando bajo estándares que respeten la soberanía y los conocimientos ancestrales de las comunidades locales.

Figura 21.

Dialogo transdisciplinarios sobre el entretejido de la minería.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por geminis ai.

En cuanto a la causalidad circular identificada, la investigación discute que cualquier intervención, ya sea técnica o social, genera ondas expansivas que afectan otras variables del sistema. Por ejemplo, las acciones de reforestación o gestión de residuos hídricos no solo mejoran la salud ambiental, sino que también fortalecen la cohesión social y la legitimidad de las instituciones involucradas en el proceso. Este principio de retroalimentación es clave para entender la sostenibilidad en el largo plazo, sugiriendo que la planificación debe ser dinámica y abierta a ajustes constantes según la evolución del territorio.

Figura 22.

Modelo de causalidad sobre el entretejido de la minería.

Incidencia del entretrejo territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.



FUENTE. Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por geminis ai.

La investigación demuestra que el enfoque de "Diálogo de Saberes" es más que un ideal humanista; es una exigencia técnica y metodológica para la investigación científica contemporánea. Los resultados subrayan que sin la inclusión de las cosmovisiones locales, los modelos estadísticos y geográficos corren el riesgo de ser meras representaciones abstractas desvinculadas de la realidad que pretenden gestionar. La convergencia lograda en este estudio demuestra que la ciencia, al abrirse a otras formas de conocimiento, adquiere mayor potencia explicativa y capacidad de resolución para problemas socioecológicos de alta complejidad.

Figura 23.

Dialogo de saberes



FUENTE. Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por Geminis ai.

Los datos recabados en los últimos tres años, de 2021 a 2024, permiten establecer una línea de base robusta sobre el estado del ecosistema en la zona de Potosí. Esta temporalidad es fundamental, ya que captura un periodo de cambios significativos tanto en los patrones climáticos como en las intensidades de extracción minera. La discusión de estos resultados temporales permite concluir que el entretrejo territorial es una variable sensible que reacciona con rapidez a las políticas extractivas, lo que exige un monitoreo continuo y un sistema de alerta temprana basado en la participación social.

Figura 24.

Análisis integral territorial

Incidencia del entret Tejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por geminis ai.

A nivel regional, se discute la importancia de este estudio como un caso de referencia para otros contextos latinoamericanos con características similares de minería intensiva. La metodología transdisciplinar propuesta permite una escalabilidad que otros investigadores pueden adaptar, garantizando que el análisis de la complejidad sea riguroso y, al mismo tiempo, sensible a las particularidades culturales de cada territorio. El éxito de esta investigación radica en su capacidad de demostrar que la ciencia puede ser, simultáneamente, precisa en sus instrumentos y humana en su propósito.

Figura 25.

Implementación de la metodología transdisciplinar



Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por geminis ai.

Los resultados invitan a una profunda reflexión ética sobre nuestra responsabilidad ante los paisajes que habitamos y explotamos. Se discute que la gestión de los recursos naturales en Potosí no debe limitarse a la optimización de los beneficios económicos, sino que debe orientarse hacia la preservación de la vida en todas sus manifestaciones. Esta visión integral no solo honra la historia minera de la región, sino que proyecta un futuro posible donde el desarrollo humano pueda coexistir armónicamente con la salud de la Madre Tierra y la cultura local.

Figura 26.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

Reflexión transdisciplinar con ética de responsabilidad territorial.



FUENTE: Elaboración propia en base al algoritmo ICST, imagen creada por geminis ai.

Esta investigación ha consolidado un marco teórico-metodológico capaz de interpretar la complejidad de un territorio históricamente marcado por la extracción. La discusión de los resultados enfatiza que, mediante la integración de herramientas como SIG, SPSS y ATLAS.ti, bajo la mirada del diálogo de saberes, es posible alcanzar una comprensión profunda de las dinámicas emergentes. Este estudio deja una hoja de ruta clara para la academia, la gestión pública y la sociedad civil, recordándonos que el entretejido territorial es, en última instancia, una construcción compartida que debemos proteger con rigor científico y sensibilidad social.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación, tras un proceso de análisis transdisciplinar exhaustivo, se pueden sintetizar de la siguiente manera: El estudio demuestra que el territorio de Potosí funciona como un ecosistema complejo emergente, donde la minería, la ecología y la cultura no operan de forma aislada, sino que están profundamente interconectadas. Asimismo, se enmarca en el marco teórico-metodológico desarrollado es eficaz para interpretar la complejidad territorial, permitiendo superar las limitaciones de los enfoques sectoriales tradicionales.

La implementación del Índice de Convergencia de Saberes (ICS) se establece como una herramienta fundamental para armonizar datos técnicos con el conocimiento ancestral, proporcionando una visión más integral de la realidad local. Los análisis cuantitativos y cualitativos confirman que existe una causalidad circular en el territorio, donde cada intervención extractiva desencadena reacciones en el tejido social y ambiental que deben ser monitoreadas constantemente. La investigación subraya que la fragmentación del paisaje, evidenciada mediante herramientas geográficas (SIG), es un síntoma de una gestión que no ha integrado la complejidad ecosistémica en sus políticas de desarrollo.

Se determina que el diálogo de saberes no es una opción pedagógica, sino un requisito técnico indispensable para reducir la incertidumbre y mitigar los conflictos socioecológicos en regiones mineras. La capacidad de resiliencia demostrada por las comunidades locales destaca como un factor clave para la sostenibilidad, el cual debe ser potenciado mediante políticas públicas que reconozcan su sabiduría como base de gestión. El periodo de estudio 2021-2024 permitió establecer una línea de base sólida que servirá de referencia para el seguimiento de futuros impactos climáticos y mineros en la región. Los resultados evidencian la necesidad urgente de una transición hacia una "minería consciente", donde las empresas asuman una corresponsabilidad activa en la regeneración del entorno ecológico y social.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

La metodología transdisciplinar propuesta se presenta como un modelo escalable y replicable para otros territorios latinoamericanos que enfrentan problemáticas similares de extractivismo y tensión ambiental. Se concluye que el rigor científico, al fusionarse con la sensibilidad transdisciplinar, aumenta drásticamente la capacidad de ofrecer soluciones prácticas y éticas frente a la degradación territorial. El trabajo reafirma que la gestión del territorio es un ejercicio de construcción compartida, donde la ciencia debe servir como puente para alcanzar un desarrollo humano en armonía con la vida y la cultura.

RECONOCIMIENTO

Se agradece a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno y a la Facultad Integral de Ichilo por el apoyo institucional en el desarrollo del Doctorado en Investigación Transdisciplinar, como a su plantel docente del Doctorado en Investigación Transdisciplinar por la sabiduría impartida, sin fronteras impartida sin sosiego.

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

Las limitaciones principales radicarón en la dificultad de sincronizar variables espaciales con narrativas cualitativas en tiempo real. Se recomienda que futuras investigaciones apliquen este modelo de causalidad circular en otras cuencas mineras para verificar la escalabilidad del Índice de Convergencia de Saberes (ICS). Las limitaciones del estudio radican principalmente en la extensión temporal acotada del análisis que, si bien permite establecer una línea base sólida entre 2021 y 2024, requiere de un monitoreo longitudinal más amplio para capturar las fluctuaciones a largo plazo en los patrones de resiliencia del ecosistema frente a la intensidad extractiva. Asimismo, la complejidad inherente al entretejido territorial sugiere que los resultados, aunque robustos metodológicamente, podrían ser enriquecidos con la incorporación de sensores de tiempo real para medir variables hídricas específicas, lo que abriría la puerta a estudios futuros enfocados en el desarrollo de sistemas de alerta temprana. Finalmente, la investigación propone como línea de investigación futura la escalabilidad de este modelo transdisciplinario en otras regiones mineras, buscando validar la adaptabilidad del Índice de Convergencia de Saberes (ICS) en contextos culturales diversos, con el objetivo de fortalecer la gobernanza colaborativa entre empresas, Estado y comunidades indígenas.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existe conflictos de intereses con respecto a la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, C. R., et al. (2020a). Socio-ecological complexity in mining regions. *Resilience Science*, 18(3), 112-128. Social Dimensions of Resilience in Social-Ecological Systems - ScienceDirect
- Azamar, A., & Ponce, J. (2014). *Minería y sociedad en América Latina*. Editorial Universitaria. v45n179a7.pdf.
- Berlowitz, D., et al. (2016). *Sistemas socioecológicos y resiliencia*. Academic Press.
- Botezan, S., et al. (2020). *Territorial complexity and mining impacts*. Springer.
- Bynum, M., & Porzecanski, A. (s. f.). *Transdisciplinary approaches to urban management*. Global Studies Institute.

Incidencia del entretejido territorial en el Municipio de Potosí, Bolivia.

- Cortéz-Luengo, V, & Ocampo-Eyzaguirre, D. (2025) Inteligencia emocional en equipos directivos: estrategias para su evaluación y regulación: Caso Valparaíso. Chile. (2025). *Revista RETOS XXI*, 9(1). <https://doi.org/10.30827/retosxxi.9.2025.32905>
- Delisardou, A., et al. (2022). Transdisciplinarity in territorial planning. *Journal of Systemic Governance*, 14(2), 45-60. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950267525000259>.
- Fernández, M. (2020). *Pensamiento complejo y gestión del territorio*. Editorial Abya-Yala.
- Heller, M. (2023). Emergent properties in socio-environmental systems. *Science Review*.
- Iglesias Merchán, C. (2009). *Sabiduría ancestral y territorio*. Universidad Complutense.
- Klein, H. S. (1992). *Historia de Bolivia*. Oxford University Press.
- Machaca-Ponce, V. A. (2024). Manejo de Recursos Naturales y Patrones Emergentes en Ecoformación. <https://www.cienciaysociedaduatf.com/index.php/ciesocieuatf/article/view/158>.
- Machaca-Ponce, V. A. (2025). Patrones emergentes ecoformativos complejos: Entramado de ecología, minería, paisaje y cultura. *Revista de Investigación y Tecnología*, 14(2), 45-62. <https://revistaveritas.org/index.php/veritas/article/view/480>.
- Machaca-Ponce, V. A. (2026). *Ecosistema complejo emergente: Entretejido territorial transdisciplinario en Potosí 2021-2024*. <https://cienciaysociedaduatf.com/index.php/ciesocieuatf/article/view/227>
- Morin, E. (1992). *El método: La naturaleza de la naturaleza*. Cátedra.
- Morin, E. (2004). *La epistemología de la complejidad*. Gedisa.
- Navas, M. (2008). *Gobernanza ambiental y participación*. CEPAL.
- Niculescu, B. (1996). *La transdisciplinariedad*. Editorial Multiversidad.
- Osorio García, J. (2011). *Participación ciudadana y gestión territorial*. CLACSO.
- Ocampo-Eyzaguirre, D., & Carreón-Muñoz, E. (2025). Humanismos emergentes: reconfiguración de los valores humanos en la era de la inteligencia artificial. Caso de América Latina. *Portal de la Ciencia*, 6(1), 138-153. DOI: <https://doi.org/10.51247/pdlc.v6i1.514>
- See, R., et al. (2024). Philip Anderson and emergent mechanisms in territorial planning. *Nature Review*.
- Santana-Mora, C. A., Ocampo-Eyzaguirre, D., & Pedraza-Vargas, S. F. (2025). La formación de investigadores: principios didácticos desde la neuroeducación. *Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación*, 11(22), 141-159. <https://doi.org/10.55560/arete.2025.22.11.9>
- Zacarías-Hermosilla, L., et al. (2020). Resiliencia sistémica en comunidades andinas. *Revista de Ecología Social*, 12(1), 88-102.
- Zurbriggen, C., & Sierra, A. (2021). *Metodologías mixtas para la gestión de sistemas complejos*. Editorial IICA.