Revista Científica Arbitrada de la Fundación MenteClara
ISSN 2469-0783
Fundación MenteClara
Investigación, docencia y asistencia
revista@fundacionmenteclara.org.ar

Artículos atravesados por (o cuestionando) la idea del sujeto -y su género- como una construcción psicobiológica de la cultura.
Articles driven by (or questioning) the idea of the subject -and their gender- as a cultural psychobiological construction.
Vol. 11 (2026), enero-diciembre
ISSN 2469-0783

# PRODUCCIÓN SOLAR DE SAL EN UN ESTUARIO MULTIUSO: MARCO DE ATRIBUCIÓN SALINERA–ESTUARINA (SEAF) PARA LA EVALUACIÓN DE ATRIBUCIÓN MULTICAUSAL EN YAVAROS, SONORA, MÉXICO

SOLAR SALT PRODUCTION IN A MULTIPURPOSE ESTUARY: SALINITY–ESTUARINE ATTRIBUTION FRAMEWORK (SEAF) FOR MULTICAUSAL ATTRIBUTION ASSESSMENT IN YAVAROS, SONORA, MEXICO

**Israel Osuna Flores** iosuna@uaim.edu.mx
Universidad Autónoma Indígena de México, México.
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0199-2983

**Mario Guadalupe López Ayala** mario.lopez@uadeo.mx
Universidad Autónoma de Occidente, México.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5377-6257

**Cómo citar este artículo / *Citation*:** Osuna Flores, I. & López Ayala, M. G. (2026). Producción solar de sal en el estuario multiuso: Marco de atribución salinera-estuarina (SEAF) para la evaluación de atribución multicausal en Yavaros, Sonora, México. *Revista Científica Arbitrada de la Fundación MenteClara*, Vol. 11 (447).
DOI: https://doi.org/10.32351/rca.v11.447

**Copyright:** © 2026 RCAFMC. Este artículo de acceso abierto es distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
Recibido: 04/10/2026. Aceptado: 07/10/2026. Publicación online: 12/10/2026.

**Conflicto de intereses:** Ninguno que declarar.

## Resumen

La producción solar de sal depende de algo elemental y, a la vez, difícil de aislar: clima, agua marina y conectividad hidrológica. En Yavaros, Sonora, esa dependencia se inserta en un territorio donde pesca, acuacultura, agricultura, descargas, actividad industrial y asentamientos ejercen presiones que pueden modificar, de manera concurrente, variables ambientales y sociales. Esta revisión integrativa reconstruye la evidencia histórica y contemporánea disponible y encuentra una asimetría difícil de ignorar: existe una línea base hidrológica y biológica documentada desde 1987,

pero la caracterización productiva actual de las salinas sigue siendo fragmentaria. A partir de esa tensión se desarrolla el Marco de Atribución Salinera–Estuarina (SEAF). El marco distingue cinco dominios sustantivos —dependencia, modificación, respuesta, distribución y adaptación— y reserva atribución para una capa inferencial transversal. La atribución no se presume; se evalúa mediante convergencia entre mecanismo plausible, correspondencia espacial y temporal, comparador o contrafactual, consideración de fuentes alternativas e incertidumbre explícita. SEAF articula gradientes hidrológicos, monitoreo fisicoquímico y biológico, percepción remota, registros productivos, indicadores sociales y conocimiento ecológico local. La evidencia disponible todavía no permite estimar un impacto ambiental o social neto contemporáneo de las salinas de Yavaros. Sí permite, en cambio, precisar qué tendría que observarse para evaluar hipótesis de atribución con mayor rigor. Bajo esta lectura, la sostenibilidad salinera no puede evaluarse únicamente como una propiedad interna de la operación; también debe examinarse en relación con la integridad y gobernanza del estuario.

**Abstract**

Solar salt production depends directly on climate, seawater availability, and hydrological connectivity, yet its potential effects unfold within territories where other activities exert concurrent pressures on many of the same environmental and social variables. Yavaros, Sonora, provides a particularly useful analytical case because its saltworks are associated with the Yavaros-Moroncarit wetland complex, a Wetland of International Importance, and coexist with fisheries, aquaculture, agriculture, wastewater inputs, industrial activities, settlements, and other coastal uses. This integrative review reconstructs the available historical and contemporary evidence, identifies a marked asymmetry between a hydrological and biological baseline documented in 1987 and the limited current characterization of salt-production operations, and develops the Saltworks–Estuary Attribution Framework (SEAF). SEAF distinguishes five substantive domains—dependency, modification, response, distribution, and adaptation—while treating attribution as a cross-cutting inferential layer rather than as a sequential system process. Attribution is evaluated through convergence among plausible mechanism, spatial and temporal correspondence, a comparator or counterfactual, consideration of alternative sources, and explicit uncertainty. The framework links hydrological gradients, physicochemical and biological monitoring, remote sensing, production records, social indicators, and local

ecological knowledge. Available evidence does not permit estimation of the contemporary net environmental or social impact of the Yavaros saltworks; it does specify the comparisons and time series required to test attribution hypotheses more rigorously. Salt sustainability is therefore treated as territorially coupled: it cannot be evaluated solely from internal operational performance, but also requires consideration of the integrity and governance of the estuary in which production is embedded.

**Palabras Claves:** producción solar de sal; Yavaros; Yavaros-Moroncarit; atribución de efectos; SEAF; estuario; impactos acumulativos; respuesta socioecológica; sostenibilidad territorial; Artemia franciscana; gobernanza

**Keywords:** solar salt production; Yavaros; Yavaros-Moroncarit; effect attribution; SEAF; estuary; cumulative pressures; socioecological response; territorial sustainability; Artemia franciscana; governance

# 1. Introducción

La producción de sal pertenece a una de las formas más antiguas de aprovechamiento mineral, pero su aparente simplicidad tecnológica puede ser engañosa. En regiones costeras áridas y semiáridas, la evaporación solar concentra agua marina hasta alcanzar condiciones de precipitación mineral y cristalización de cloruro de sodio. El proceso descansa en radiación, temperatura, viento, humedad y precipitación; sin embargo, su desempeño real se decide también en detalles hidráulicos menos visibles: profundidad, flujo, permanencia y secuencia de los estanques.

Esa dependencia convierte a las salinas solares en infraestructuras extrañamente híbridas. Producen mediante control técnico, pero el insumo energético principal y buena parte de las condiciones de operación permanecen fuera de control. A la vez, bordos, canales, tomas, compuertas y cristalizadores alteran localmente circulación, salinidad y otros parámetros fisicoquímicos. La relación producción–ambiente, por tanto, no cabe bien en una lectura binaria. Hay dependencia, intervención y retroalimentación; la magnitud de cada una debe demostrarse, no suponerse.

Yavaros, en el municipio de Huatabampo, Sonora, constituye un caso especialmente relevante. La actividad salinera se inserta en un paisaje costero asociado con lagunas, esteros, manglares, marismas, bajos fangosos y canales de marea. El complejo Yavaros-Moroncarit fue designado Sitio Ramsar número 1984 el 2 de febrero de 2010, con aproximadamente 13,627 ha. De manera complementaria, las Lagunas Yavaros-Moroncárit fueron reconocidas en 2021 por la Western Hemisphere Shorebird Reserve Network (WHSRN) como sitio de importancia regional, con un polígono de 10,521 ha. Ambas designaciones deben distinguirse porque responden a instrumentos y superficies diferentes (Ramsar Convention on Wetlands, 2010; WHSRN, 2021).

El antecedente científico más específico sigue siendo el trabajo de Ortega-Salas y Martínez (1987), quienes documentaron condiciones hidrológicas y poblacionales de Artemia franciscana en 15 salinas. Su valor hoy es doble: conserva una fotografía rara de un sistema que casi no ha sido medido con igual detalle y, precisamente por ello, expone cuánto desconocemos del presente. Convertir ese estudio en descripción automática de las condiciones actuales sería metodológicamente débil; tratarlo como línea base histórica, en cambio, abre una comparación pendiente.

La brecha no es solo temporal. También es productiva. El Servicio Geológico Mexicano reportó 311,874.06 t de sal para Sonora en 2024, dentro de un total nacional de 6,760,329.10 t, pero el registro público se detiene en la escala estatal y no permite saber qué proporción corresponde a Yavaros (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2025). Esta ausencia no es un detalle administrativo. Sin producción local, superficie efectiva, rendimiento y configuración operativa, la discusión sobre eficiencia, intensidad territorial o contribución económica queda incompleta. La falta de desagregación se convierte así en uno de los resultados de la revisión.

El objetivo de este artículo es analizar cómo la producción solar de sal puede interactuar con procesos hidrológicos, ecológicos, productivos y sociales dentro del sistema costero multiuso Yavaros-Moroncarit, y desarrollar un marco que permita evaluar si determinados cambios son consistentes con efectos asociados a la operación salinera frente a otras presiones naturales y antropogénicas. El punto de partida importa: no se propone que las salinas sean, por definición, un tipo nuevo de sistema socioecológico. Ese terreno ya tiene antecedentes. La pregunta más estrecha —y más exigente— es otra: qué evidencia permitiría discriminar explicaciones concurrentes dentro de un estuario conectado cuando varias presiones operan al mismo tiempo (Ostrom, 2009; Vega-Pozuelo, 2026).

La revisión se estructura alrededor de tres preguntas: (RQ1) ¿de qué condiciones externas depende la producción salinera y qué modificaciones puede introducir mediante su operación hidráulica?; (RQ2) ¿qué respuestas fisicoquímicas, ecológicas, productivas y sociales son observables y qué evidencia permitiría atribuirlas a la salina frente a agricultura, acuacultura, descargas, pesca, industria, sedimentación, urbanización y variabilidad climática?; y (RQ3) ¿cómo se distribuyen beneficios, cargas y exposiciones entre actores y territorios, y qué capacidad adaptativa poseen productores, comunidades e instituciones para responder a cambios acumulativos?

El artículo aporta cuatro elementos, aunque no todos tienen el mismo peso. Integra evidencia dispersa de Yavaros; identifica una asimetría temporal y sectorial que limita inferencias contemporáneas; propone SEAF como una arquitectura analítica de cinco dominios observables —dependencia, modificación, respuesta, distribución y adaptación— atravesados por una capa de atribución; y traduce esa arquitectura en un diseño de monitoreo y comparación. El aporte central no es la lista de variables, sino la exigencia de explicitar cómo se conectan y qué evidencia sería necesaria para sostener una atribución.

## 2. Metodología de la revisión

La revisión se planteó de forma integrativa. Se reunieron fuentes científicas, institucionales y estadísticas sobre producción de sal, hidrología y ecología de Yavaros-Moroncarit, biodiversidad hipersalina, actividades costeras, medios de vida y gobernanza. El propósito no fue acumular antecedentes, sino reconstruir qué puede sostenerse sobre Yavaros y, al mismo tiempo, identificar dónde comienza la inferencia. Esa distinción fue especialmente importante para no presentar como novedosas ideas ya establecidas en la literatura de sistemas socioecológicos o en trabajos recientes sobre salinas como socioecosistemas (Ostrom, 2009; Vega-Pozuelo, 2026).

La búsqueda consideró combinaciones en español e inglés de los términos Yavaros, Yavaros-Moroncarit, Moroncárit, salinas de Yavaros*, saltworks, solar salt production*, Artemia franciscana, *hypersaline ecosystems, wetlands, agricultural drains*, Río Mayo *Irrigation District, shorebirds y Sonora salt production*. Se priorizaron artículos revisados por pares, documentos oficiales de la Convención Ramsar y CONANP, registros de WHSRN y estadísticas oficiales del Servicio Geológico Mexicano. Para fortalecer la dimensión contemporánea se incorporaron fuentes publicadas o actualizadas hasta 2026 cuando aportaban evidencia pertinente al contexto territorial.

Las fuentes se agruparon en ocho dominios: condiciones climáticas e hidrológicas; funcionamiento productivo de salinas solares; salinidad y biodiversidad hipersalina; humedales, manglares y aves; presiones acumulativas y calidad del agua; medios de vida, seguridad alimentaria y dimensión biocultural; gobernanza, conflictos de uso y resiliencia climática; e indicadores productivos y monitoreo. La clasificación fue útil, pero no neutral. Permitió separar evidencia histórica de evidencia contemporánea, percepción social de medición fisicoquímica y, sobre todo, variables conocidas de variables que todavía no están documentadas. Esa frontera evita dos errores frecuentes: extrapolar 1987 al presente y convertir experiencia comunitaria en medición causal.

La interpretación causal se mantuvo deliberadamente restrictiva. Ningún cambio ambiental o social se atribuyó a la producción de sal cuando su origen podía confundirse con otras presiones del sistema. Las percepciones comunitarias se trataron como evidencia de experiencia, prioridades y conflicto; no como prueba directa de contaminación. Del mismo modo, la presencia de Artemia o aves no se

utilizó como certificado de inocuidad. En SEAF, una inferencia de atribución gana solidez cuando convergen —sin asumir que todos deban estar disponibles en igual medida— seis elementos: mecanismo plausible, correspondencia espacial, correspondencia temporal, comparador o aproximación contrafactual, consideración de fuentes alternativas e incertidumbre explícita. Cuanto menor sea esa convergencia, más prudente debe ser el lenguaje causal. La lógica se relaciona con la tradición de evaluación de impactos mediante comparadores y con enfoques contrafactuales en conservación (Underwood, 1994; Ferraro & Pattanayak, 2006).

La clasificación A0–A4 es una herramienta heurística propuesta por este trabajo. No representa una escala estandarizada ni validada externamente y debe entenderse como un recurso de transparencia para ordenar la fuerza de la evidencia, sujeto a refinamiento o reemplazo conforme se acumulen estudios de campo y análisis causales más formales.

## 3. Contexto territorial, ambiental y productivo

Yavaros se localiza en el sur de Sonora, sobre la costa del Golfo de California. Su entorno inmediato forma parte de un mosaico de lagunas costeras, esteros, manglares, marismas y áreas intermareales. La ficha Ramsar describe a Yavaros como una laguna somera con una red de canales de marea desarrollada y señala que Moroncarit recibe influencia mareal y descargas de drenes vinculados con el Valle del Mayo. Esta conectividad obliga a considerar las salinas como una pieza de un sistema hidrológico más amplio y no como unidades aisladas. (Ramsar Convention on Wetlands, 2010).

La relevancia biológica del complejo es igualmente elevada. WHSRN registra 19 especies de aves playeras y aproximadamente 85,500 individuos invernantes en el sitio, con varias especies que superan el 1 % de sus poblaciones biogeográficas. La presencia simultánea de infraestructura productiva, hábitats críticos para aves y usos agrícolas, acuícolas, pesqueros y urbanos configura un paisaje multifuncional que requiere análisis de coexistencia y de impactos acumulativos, más que diagnósticos monocausales. (Western Hemisphere Shorebird Reserve Network [WHSRN], 2021).

Sonora tiene una participación material en la producción mexicana de sal, pero ese dato describe al estado, no a Yavaros. El SGM registra un aumento de 223,122 t en 2020 a 311,874.06 t en 2024, con variaciones interanuales (Tabla 1). La tentación

de usar esa cifra como proxy local es comprensible y metodológicamente incorrecta. Mientras no exista desagregación, la importancia económica contemporánea de Yavaros debe permanecer abierta como pregunta empírica.

**Tabla 1. Producción de sal en México y Sonora, 2020–2024.**

| Año | México (t) | Sonora (t) | Participación de Sonora (%) |
|---|---|---|---|
| 2020 | 9,084,858.65 | 223,122.00 | 2.46 |
| 2021 | 7,001,505.00 | 170,592.00 | 2.44 |
| 2022 | 7,914,780.00 | 210,250.00 | 2.66 |
| 2023 | 7,686,773.20 | 224,247.66 | 2.92 |
| 2024 p/ | 6,760,329.10 | 311,874.06 | 4.61 |

*Fuente: elaboración propia con datos del Servicio Geológico Mexicano (2025). p/ Cifras preliminares. Las cifras no desagregan la producción específica de Yavaros.*

## 4. Condiciones climáticas e hidrológicas: una línea base histórica

La viabilidad de una salina solar depende de que la pérdida de agua por evaporación sea suficientemente superior a los aportes de precipitación y de que exista control hidráulico sobre la entrada y permanencia de la salmuera. Ortega-Salas y Martínez (1987) describieron para Yavaros temperaturas del aire de 15–30 °C, precipitación anual de 300–400 mm y evaporación de 1,500–2,000 mm. En las salinas estudiadas registraron temperaturas del agua de 22–42 °C, salinidades de 66–355 ‰ y oxígeno disuelto de 0.1–4.0 mL/L.

Los valores históricos ayudan a explicar por qué el área fue apta para concentración solar: incluso enfrentando el extremo inferior de evaporación con el superior de precipitación, el balance sigue siendo marcadamente evaporativo. Pero el dato más interesante en 2026 no es solo esa aptitud. Es la distancia temporal. Estas cifras funcionan mejor como línea base que como diagnóstico (Tabla2). Repetir hoy mediciones comparables podría mostrar continuidad, desplazamiento o ruptura; sin nuevas series, no sabemos cuál de las tres.

La hidrología regional complica cualquier explicación sencilla. Ramsar reconoce aportes de drenes hacia Moroncarit, y González-Rivas et al. (2020) analizaron exportación de nitrógeno agrícola hacia zonas costeras vinculadas con el Distrito de

Riego 038 Río Mayo. Nutrientes, sólidos suspendidos y otros cambios de calidad del agua pueden, por tanto, responder a más de una fuente. En Yavaros, el supuesto de "una fuente–un efecto" resulta demasiado pobre para describir el sistema.

**Tabla 2. Línea base histórica reportada para las salinas de Yavaros.**

| Variable | Rango histórico |
|---|---|
| Temperatura del aire | 15–30 °C |
| Precipitación anual | 300–400 mm |
| Evaporación anual | 1,500–2,000 mm |
| Temperatura del agua | 22–42 °C |
| Salinidad | 66–355 ‰ |
| Oxígeno disuelto | 0.1–4.0 mL/L |

*Fuente: Ortega-Salas y Martínez (1987). Estos valores se interpretan como línea base histórica y no como diagnóstico actual.*

## 5. Funcionamiento productivo de una salina solar y variables faltantes para Yavaros

La producción solar de sal puede entenderse como una secuencia de concentración controlada. El agua marina ingresa a estanques iniciales; mediante evaporación, aumenta la densidad de la salmuera; después atraviesa estanques de concentración y finalmente cristalizadores donde precipita el cloruro de sodio. La eficiencia depende no solo de temperatura y radiación, sino también de profundidad del agua, superficie, velocidad del viento, permeabilidad del suelo, pérdidas por infiltración, manejo de compuertas y duración de cada etapa; además, estos sistemas productivos pueden sostener simultáneamente pesquerías artesanales, poblaciones de Artemia y hábitats utilizados por aves, de modo que la infraestructura salinera no puede reducirse a una superficie industrial homogénea (De Medeiros Rocha et al., 2012).

Desde la ingeniería de procesos, las toneladas finales dicen poco por sí solas. Hacen falta volumen de alimentación, área efectiva de evaporación, secuencia de estanques, tiempo de residencia, densidad o salinidad por etapa, duración del ciclo, toneladas por hectárea, recuperación, humedad, pureza, pérdidas de salmuera y calendario de cosecha. La revisión no identificó una serie pública contemporánea que reúna estas variables para Yavaros. Ese vacío limita comparaciones técnicas y, más importante todavía, impide distinguir ineficiencia operativa de variabilidad ambiental.

Esta ausencia debe explicitarse porque limita cualquier comparación técnica con otras salinas de México o del mundo. La producción estatal de Sonora es conocida, pero la estructura productiva local de Yavaros permanece insuficientemente caracterizada en la literatura científica y estadística de acceso público. El primer paso de una agenda de investigación aplicada debería ser, por tanto, un censo georreferenciado de unidades productivas acompañado de métricas operativas básicas.

## 6. Salinidad, Artemia franciscana y funcionamiento ecológico

La salinidad es la variable articuladora entre el proceso productivo y buena parte de la respuesta ecológica. En Yavaros se documentaron valores de 66–355 ‰, rango que atraviesa desde condiciones salinas elevadas hasta ambientes extremos. A medida que aumenta la concentración, disminuye el número de organismos capaces de tolerar el estrés osmótico y se reorganizan las comunidades microbianas, algales e invertebradas.

Ortega-Salas y Martínez (1987) registraron Artemia franciscana en las 15 salinas examinadas durante enero y en la mayoría de ellas durante septiembre y abril. También documentaron fitoplancton y zooplancton, incluyendo géneros como Dunaliella, Nitzschia y Oscillatoria. Posteriormente, Espinosa-Fuentes et al. (1997) evaluaron experimentalmente la producción de biomasa de A. franciscana, confirmando el interés productivo de este organismo para acuicultura.

Reducir Artemia a un 'bioindicador' simplifica demasiado su papel. En ambientes hipersalinos puede ocupar una posición trófica relevante y conectar producción microbiana y algal con consumidores superiores. Saccò et al. (2021) muestran que estos ecosistemas responden a dinámicas ecológicas y geoquímicas propias. En salinas solares costeras de otros contextos también se han documentado funciones productivas y ecológicas concurrentes, incluida la presencia de Artemia, pesca artesanal y uso por aves migratorias (De Medeiros Rocha et al., 2012). De ahí surge una tensión útil para el análisis: una salina puede sostener organismos especializados y, al mismo tiempo, producir modificaciones hidrológicas o de hábitat que merecen evaluación. Ninguna de esas observaciones cancela a la otra.

Por ello, la presencia de Artemia no demuestra por sí misma inocuidad ambiental. Una salina puede sostener organismos especializados y, simultáneamente, producir

alteraciones hidrológicas o de hábitat que requieren evaluación. El valor científico está en estudiar la configuración completa del gradiente, no en convertir una sola especie en un indicador de sustentabilidad.

## 7. Humedales, manglares y aves: escalas de conservación

El complejo Yavaros-Moroncarit posee reconocimiento internacional por su función como humedal costero. El Sitio Ramsar abarca aproximadamente 13,627 ha. WHSRN, por su parte, reconoce un sitio de 10,521 ha y reporta 19 especies de aves playeras y alrededor de 85,500 individuos invernantes. Las superficies diferentes no son una inconsistencia: corresponden a instrumentos y delimitaciones distintas y deben citarse como tales.

La conservación de aves no depende únicamente de la existencia nominal del humedal, sino de la disponibilidad de zonas de alimentación y descanso, del régimen de inundación y exposición de bajos, de la calidad del agua y de la conectividad entre lagunas, esteros, marismas y manglares. Estudios en salinas solares europeas muestran que lagunas artificiales asociadas con la producción pueden integrarse en redes de hábitats costeros para biodiversidad especializada, aunque ello no elimina los riesgos de modificación de hábitats ni sustituye la conservación de sistemas naturales (Herbert et al., 2018). Una alteración en tiempos de residencia o intercambio mareal puede propagarse fuera de los límites físicos de una salina.

WHSRN identifica como amenazas regionales la sobrepesca, tala de manglar, contaminación por descargas, azolve, agricultura, ganadería, acuicultura, extracción de sal y desarrollo industrial. Esta enumeración es importante porque sitúa la producción salinera dentro de un conjunto de presiones, no como explicación exclusiva del estado ambiental. La literatura marina muestra que los estresores múltiples pueden generar efectos aditivos, sinérgicos o antagónicos y que su importancia relativa cambia entre ambientes estuarinos y mar abierto (Crain et al., 2008; Andersen et al., 2020). El enfoque adecuado es, por tanto, de atribución relativa y acumulativa.

# 8. Presiones acumulativas, calidad del agua y dimensión socioambiental

La hidrología constituye el principal vínculo físico entre actividades humanas y respuesta ambiental. Dentro de una salina, la infraestructura controla entradas, permanencia y concentración del agua; fuera de ella, el sistema recibe aportes vinculados con agricultura, asentamientos, pesca, acuicultura y otras actividades. García-Hernández et al. (2011) documentaron la problemática de los drenes agrícolas y su potencial tratamiento mediante humedales artificiales, mientras que González-Rivas et al. (2020) estimaron exportaciones de nitrógeno agrícola hacia zonas costeras del Distrito de Riego Río Mayo.

La dimensión social es inseparable del análisis, pero requiere una lectura diferenciada de la evidencia. Luque-Agraz et al. (2025b) documentaron mediante 180 entrevistas en 11 localidades del corredor biocultural estuarino problemas de bajos ingresos, inseguridad alimentaria e hídrica y percepciones de degradación ambiental. Para Yavaros-Moroncarit describen una fuerte dependencia de la pesca, pequeños restaurantes vinculados a productos del mar, preocupación por drenes agrícolas y azolve, y una relación histórica de comunidades Yoreme-Mayo con la pesca del sistema. Un estudio complementario basado en 84 entrevistas semiestructuradas a expertos de distintos sectores identifica al agua como eje de conflicto entre actividades y señala que, en Yavaros-Moroncarit, la pequeña industria salinera parecía tener menor impacto percibido que otras presiones (Luque-Agraz et al., 2025a). Esta observación es relevante, pero no constituye una medición cuantitativa del impacto salinero y no debe interpretarse como demostración de ausencia de efectos.

La consecuencia metodológica es clara: un programa de evaluación no puede comparar únicamente “salina” contra “no salina”. Debe distinguir al menos puntos de toma, estanques con diferentes concentraciones, descargas, estero receptor, entradas de drenes y estaciones de referencia fuera de la influencia directa de las instalaciones. También debe integrar estacionalidad y eventos extremos.

# 9. Impacto social, medios de vida y dimensión biocultural

El impacto social de la producción de sal no puede reducirse al número de empleos. En un sistema estuarino multiuso debe evaluarse mediante una cadena de transmisión: cambio biofísico → modificación de servicios y funciones ecosistémicas → alteración de actividades productivas → efectos sobre ingresos, seguridad

alimentaria, acceso a recursos y bienestar. Esta cadena puede generar beneficios, costos o efectos compensatorios entre grupos y temporadas.

La evidencia contemporánea disponible no permite calcular el impacto social neto de las salinas de Yavaros. No se dispone de series públicas verificables sobre empleo directo e indirecto, temporalidad laboral, salarios, residencia de trabajadores, propiedad de unidades productivas, destino comercial, encadenamientos locales o proporción del valor agregado que permanece en la comunidad. Esta ausencia es científicamente relevante: producción física, valor económico bruto y valor localmente retenido son variables distintas.

La conectividad hidrológica tiene una traducción social observable. La Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA, 2021) informó un proyecto de desazolve de 262,756.5 m³ y 15.8 km de canales en Moroncarit, con una inversión estimada de 44 millones de pesos y una población beneficiaria reportada de 6,626 habitantes, de los cuales 5,184 serían beneficiarios directos. La justificación oficial vinculó el ingreso de agua, navegabilidad y producción pesquera. Aunque esta obra no evalúa salinas, demuestra que modificaciones en la conectividad del estuario pueden convertirse en consecuencias económicas y sociales medibles.

La consecuencia metodológica es incómoda pero clara: no basta comparar “salina” contra “no salina”. Una evaluación mínimamente informativa necesita distinguir puntos de toma, estanques con diferentes concentraciones, descargas, estero receptor, entradas de drenes y estaciones de referencia fuera de la influencia directa de las instalaciones. También necesita tiempo. La estacionalidad y los eventos extremos pueden alterar tanto las señales como sus aparentes causas.

Una evaluación social rigurosa debe distinguir beneficios y cargas. Entre los beneficios potenciales a medir se encuentran empleo, ingreso, diversificación económica, conocimiento productivo y demanda de servicios locales. Entre las cargas potenciales deben evaluarse cambios de acceso al espacio y al agua, externalidades ambientales, conflictos de uso y exposición desigual a riesgos. La pregunta relevante es distributiva: qué actores reciben beneficios, cuáles enfrentan costos, en qué magnitud y durante qué periodos.

También debe considerarse la seguridad alimentaria. En comunidades donde la pesca es relevante, una modificación persistente de hábitats, calidad del agua o disponibilidad de recursos puede transmitirse a consumo, ingreso y disponibilidad local de alimentos. La evidencia revisada no demuestra que la producción salinera

haya causado tal efecto en Yavaros; sí justifica incluir indicadores de captura, dependencia del ingreso pesquero, gasto alimentario y percepción de seguridad alimentaria en futuros estudios.

El conocimiento ecológico local puede aportar una serie temporal cualitativa que no existe en registros instrumentales. Productores de sal, pescadores y habitantes pueden identificar cambios en salinidad, azolve, entradas de agua, aparición de *Artemia*, temporadas de aves y eventos extremos. Su valor científico aumenta cuando se triangula con imágenes satelitales, datos fisicoquímicos y registros productivos. La participación comunitaria, por tanto, no debe limitarse a consulta: puede formar parte del diseño de observación y validación.

## 10. Cambio climático y una tensión productivo-ecológica emergente

El cambio climático actúa como un forzante transversal porque modifica variables de las que depende directamente la evaporación solar. Temperatura, precipitación, evaporación, frecuencia de eventos extremos y nivel del mar pueden alterar productividad y vulnerabilidad al mismo tiempo. No necesariamente en la misma dirección.

Ahí aparece una tensión que conviene no resolver demasiado pronto. Periodos más cálidos o secos podrían acelerar la concentración de salmuera; la misma señal climática puede alterar hidroperiodos, disponibilidad de agua dulce, manglares o frecuencia de interrupciones por tormenta. “Más evaporación” puede favorecer una etapa del proceso y deteriorar condiciones del territorio que la sostiene. La relación debe medirse, no asumirse.

La agenda futura debería separar variabilidad meteorológica de largo plazo, tendencias climáticas y decisiones operativas. La instalación de estaciones meteorológicas locales y el uso de reanálisis climáticos permitirían relacionar producción por ciclo con radiación, viento, humedad, precipitación y evaporación potencial, construyendo indicadores de sensibilidad climática específicos para Yavaros.

La exposición climática también es socialmente diferenciada. Un incremento del potencial evaporativo puede favorecer temporalmente el proceso salinero mientras sequía, menor aporte de agua dulce, olas de calor o eventos extremos deterioran condiciones para otras actividades. Esto abre una hipótesis de distribución

asimétrica de efectos climáticos entre sectores productivos, que solo puede evaluarse relacionando indicadores ambientales con ingreso, ocupación, dependencia del recurso y capacidad adaptativa de distintos grupos.

## 11. Saltworks–Estuary Attribution Framework (SEAF)

SEAF se propone como un marco analítico para formular y probar hipótesis de atribución causal en sistemas salina-estuario hidrológicamente conectados y sometidos a presiones acumulativas. Su unidad de análisis no es la salina aislada ni el humedal en abstracto, sino la relación funcional entre ambos. El marco distingue cinco dominios observables —dependencia, modificación, respuesta, distribución y adaptación— y reserva atribución para una capa inferencial transversal. Esta separación evita confundir procesos del sistema con la operación científica mediante la cual se evalúan causas. La decisión responde a una dificultad conocida en sistemas marinos complejos: la causalidad rara vez puede establecerse con una sola señal y requiere líneas convergentes de evidencia, mecanismos plausibles y consideración explícita de explicaciones alternativas (Adams, 2005).

1. Dependencia. Examina de qué condiciones externas depende la producción: clima, radiación, evaporación, mareas, disponibilidad y calidad de agua marina, conectividad y estabilidad hidrológica. La dependencia importa porque la operación no controla por completo los forzantes que sostienen su propia productividad.

2. Modificación. Identifica qué variables puede modificar la operación mediante captación, bordos, compuertas, profundidad, tiempo de residencia, circulación, gradientes de salinidad y descargas. Cada modificación debe formularse como un mecanismo potencial: fuente → vía de transmisión → receptor.

3. Respuesta. Registra qué cambia en los receptores potencialmente expuestos. Incluye respuestas fisicoquímicas —salinidad, temperatura, oxígeno, nutrientes, turbidez y sedimentos—, ecológicas —Artemia, plancton, aves, manglar y hábitats— y productivas —rendimiento, duración del ciclo, eficiencia y calidad del producto—. La respuesta constituye la variable dependiente que la atribución intenta explicar.

4. Distribución. Evalúa cómo beneficios, oportunidades, exposiciones, riesgos y posibles cargas se distribuyen espacial y socialmente entre productores, trabajadores, pescadores, hogares, localidades y otros usuarios del sistema. Su propósito no es asumir daño o beneficio, sino identificar heterogeneidad territorial y social.

5. Adaptación. Examina la capacidad de productores, comunidades e instituciones para monitorear, coordinar, prevenir, responder y ajustar prácticas frente a cambios ambientales, productivos o climáticos. No funciona como cierre del modelo. Es una retroalimentación: las decisiones tomadas hoy modifican las condiciones bajo las que ocurrirá la siguiente ronda de dependencia, modificación y respuesta.

Capa de atribución. La atribución no constituye un sexto proceso del sistema. Es la capa inferencial que atraviesa los cinco dominios y pregunta si la evidencia permite sostener que una respuesta observada está relacionada con la operación salinera, con una presión externa o con su interacción. Para ello, SEAF utiliza seis criterios: (a) mecanismo plausible; (b) correspondencia espacial; (c) correspondencia temporal; (d) comparador o aproximación contrafactual; (e) consideración de fuentes alternativas; y (f) incertidumbre explícita.

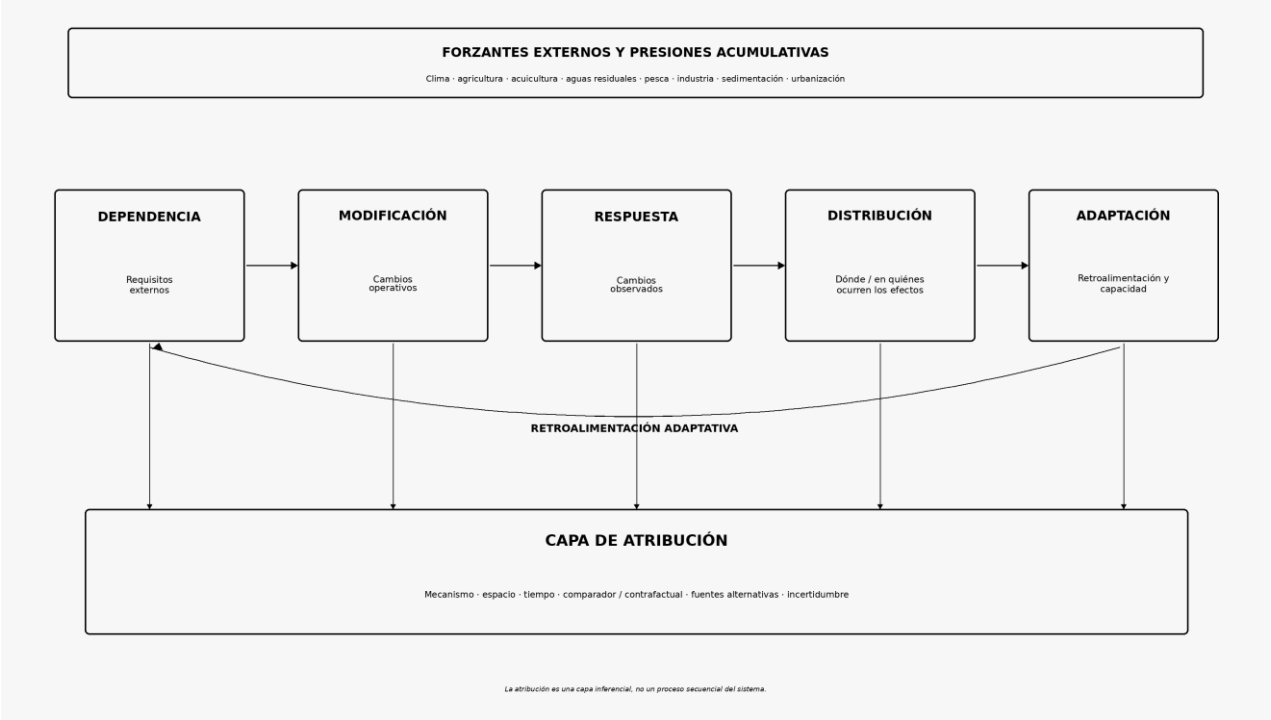
La lógica contrafactual es central. Toda inferencia de atribución pregunta qué habría ocurrido en ausencia de la modificación estudiada, un escenario que nunca puede observarse de forma directa. SEAF lo aproxima mediante estaciones de referencia, comparaciones Antes–Después, Control–Impacto (BACI) cuando sean aplicables, gradientes espaciales, series históricas, salinas con distinto manejo, eventos operativos, modelos y reconstrucción geoespacial. Ninguna estrategia basta por sí sola. La fuerza de la inferencia aumenta cuando varias piezas independientes convergen (Underwood, 1994; Ferraro & Pattanayak, 2006).

Para ordenar la evidencia sin presentar una escala todavía validada, SEAF propone cinco niveles provisionales de fuerza de atribución: A0 — evidencia insuficiente; A1 — asociación espacial o temporal; A2 — asociación compatible con un mecanismo plausible; A3 — atribución comparativa sustentada por controles, comparadores o gradientes; y A4 — atribución fuerte, cuando convergen mecanismo, temporalidad, correspondencia espacial, contrafactual razonable y exclusión suficiente de fuentes alternativas. Esta clasificación debe considerarse una herramienta de trabajo sujeta a validación empírica.

Las presiones acumulativas y el cambio climático atraviesan toda la arquitectura. Agricultura, acuacultura, descargas urbanas, pesca, industria, sedimentación, urbanización y variabilidad climática pueden modificar simultáneamente dependencia, respuesta y distribución. Además, asumir que sus efectos simplemente se suman puede distorsionar la intensidad y localización del impacto acumulativo cuando existen interacciones no aditivas entre estresores (Stockbridge et al., 2025).

La sostenibilidad salinera queda así espacialmente acoplada: la operación puede recibir perturbaciones originadas fuera de sus límites y, a la vez, transmitir modificaciones hacia el estuario. SEAF no elimina esa ambigüedad; la convierte en parte del problema de inferencia (Figura 1).

Figura 1. Saltworks–Estuary Attribution Framework (SEAF) revisado: cinco dominios sustantivos y una capa transversal de atribución. Elaboración propia.




Para aumentar su falsabilidad, SEAF formula cinco proposiciones de trabajo. P1—Dependencia: el desempeño productivo debe covariar con cambios climáticos e hidrológicos externos después de considerar el manejo operativo. P2—Modificación: cambios en captación, residencia o conectividad deben generar gradientes fisicoquímicos espacial y temporalmente medibles. P3—Respuesta: las modificaciones hidrológicas atribuibles a la operación deben ser seguidas por respuestas productivas, fisicoquímicas o biológicas compatibles con el mecanismo propuesto. P4—Distribución: beneficios, exposiciones y consecuencias deben mostrar heterogeneidad espacial o entre grupos, en lugar de distribuirse uniformemente. P5—Adaptación: monitoreo, coordinación institucional y flexibilidad operativa deben moderar la magnitud o persistencia de respuestas adversas y contribuir a la resiliencia productiva.

SEAF no pretende contener todas las variables posibles de un sistema costero. Propone los dominios mínimos necesarios para formular y probar hipótesis de

atribución en sistemas salina-estuario. Su aplicación es especialmente pertinente cuando concurren tres condiciones: conectividad hidrológica entre salina y receptor; múltiples presiones concurrentes; y una necesidad explícita de distinguir causas, no solamente describir estados ambientales. La transferibilidad a salinas interiores o sistemas sin conexión estuarina requeriría adaptación.

## 12. Propuesta de monitoreo y diseño de atribución

Operacionalizar SEAF implica pasar de observaciones aisladas a comparaciones repetibles. La red propuesta sigue el gradiente hidráulico —fuente de agua, toma, concentradores, cristalizadores, descarga, estero receptor y estación de referencia— no porque todo efecto deba propagarse linealmente, sino porque ese recorrido permite localizar dónde aparece una señal y dónde deja de aparecer. Los indicadores sociales e institucionales se añaden después, en otra escala, para evaluar distribución y adaptación.

Cuando exista una modificación operativa importante, puede considerarse un enfoque Antes–Después/Control–Impacto (BACI) o una adaptación equivalente, siempre que el diseño y la disponibilidad de sitios de referencia lo permitan. Cuando no exista un cambio programado, el análisis puede apoyarse en gradientes espaciales, estacionalidad, series multianuales y reconstrucción histórica. El objetivo no es imponer un único diseño experimental ni asumir que el contrafactual puede observarse directamente, sino construir comparaciones que reduzcan explicaciones alternativas. En particular, cuando sea posible, los diseños deberían evitar depender de un único sitio control y considerar replicación espacial y temporal suficiente (Underwood, 1994). (Tabla3).

**Tabla 3. Matriz SEAF para monitoreo y diseño de atribución.**

| Dominio SEAF | Variable / evidencia | Unidad espacial | Frecuencia | Comparador | Criterio de atribución |
|---|---|---|---|---|---|
| Dependency | Evaporación, precipitación, viento, mareas, calidad de agua de entrada | Estación meteorológica + mar/toma | Mensual / continua | Series climáticas y periodos operativos | Covariación con desempeño productivo; controla variación externa |
| Modification | Caudal, nivel, tiempo de residencia, salinidad por estanque, operación de compuertas | Toma → concentradores → cristalizadores → descarga | Mensual + eventos | Estanques/periodos con distinto manejo | Gradiente consistente con la intervención operativa |
| Response | Salinidad, temperatura, pH, O2, nutrientes, sólidos, sedimentos | Estanques, descarga, estero receptor, referencia | Mensual / trimestral | Referencia externa + antes/después cuando sea posible | Respuesta compatible con mecanismo, espacio y tiempo |
| Response | Artemia, fitoplancton, zooplancton, aves, manglar | Gradiente salinero + hábitats receptores | Mensual / estacional / anual | Sitios de referencia y series históricas | Cambio biológico concordante con exposición y mecanismo |

| **Dominio SEAF** | **Variable / evidencia** | **Unidad espacial** | **Frecuencia** | **Comparador** | **Criterio de atribución** |
|---|---|---|---|---|---|
| Response | t/ciclo, t/ha, duración, pérdidas, calidad del producto | Unidad productiva / ciclo | Cada ciclo | Ciclos con diferente clima y manejo | Respuesta productiva separable de forzantes externos |
| Distribution | Empleo, ingreso, compras locales, acceso, conflictos, seguridad alimentaria | Hogares, ocupaciones, localidades | Semestral / anual | Grupos con distinta exposición/dependencia | Heterogeneidad de beneficios, cargas o exposición |
| Distribution | Conocimiento ecológico local y cambios percibidos | Productores, pescadores, habitantes | Anual / eventos | Triangulación con sensores, SIG y registros | Concordancia o discrepancia explícitamente documentada |
| Adaptation | Participación, coordinación, cumplimiento, respuesta operativa | Productores e instituciones | Anual + eventos | Antes/después de medidas adaptativas | Reducción de persistencia o magnitud de respuestas |

| **Dominio SEAF** | **Variable / evidencia** | **Unidad espacial** | **Frecuencia** | **Comparador** | **Criterio de atribución** |
|---|---|---|---|---|---|
| Attribution layer | Mecanismo, espacio, tiempo, comparador, fuentes alternativas, incertidumbre | Aplicado a cada hipótesis | Cada análisis | Contrafactual o aproximación equivalente | Clasificación A0–A4 de fuerza de atribución |

La interpretación exige más de un indicador y más de un nivel de observación. Artemia, producción física, un contaminante aislado o percepción comunitaria pueden ser informativos y, aun así, resultar insuficientes. Lo relevante son trayectorias que resisten comparación: cambios persistentes, desviaciones frente a referencias, asociaciones reproducibles con prácticas operativas y consecuencias distributivas que puedan seguirse en espacio y tiempo.

La escala A0–A4 no pretende sustituir análisis estadísticos, modelos causales ni juicio experto, y tampoco debe interpretarse como una escala validada. Su función es heurística y provisional: hacer visible cuánta evidencia sostiene una inferencia y obligar a documentar qué elementos faltan. En un campo donde asociación y causalidad pueden confundirse con facilidad, esa transparencia metodológica puede ser más útil que una etiqueta categórica.

## 13. Vacíos de conocimiento y agenda de investigación

La revisión identifica una brecha entre la importancia productiva y ecológica de Yavaros y la disponibilidad de información contemporánea específicamente dedicada a sus salinas. Los principales vacíos son:

producción anual de Yavaros desagregada de las cifras estatales;

superficie productiva actual y número de estanques;

rendimiento por hectárea y por ciclo;

características contemporáneas de salmuera, agua y sedimento;

conectividad hidrológica efectiva entre salinas, esteros y lagunas;

actualización de la distribución y abundancia de Artemia franciscana;

relación entre gradientes salinos, disponibilidad trófica y uso por aves;

cambios espaciales de manglar, acuicultura y superficie salinera;

atribución relativa de agricultura, acuicultura, industria, urbanización y salinas a cambios de calidad del agua;

vulnerabilidad productiva y ecológica frente al cambio climático;

contribución económica local, empleo y percepción comunitaria.

empleo directo e indirecto generado por la salina, temporalidad, salarios y residencia de trabajadores;

cadenas de valor, destino comercial y proporción del valor económico retenido localmente;

posibles efectos sobre seguridad alimentaria y dependencia de recursos pesqueros;

distribución espacial y social de beneficios y cargas;

conocimiento ecológico local y memoria ambiental de productores, pescadores y habitantes;

arquitectura de gobernanza, coordinación interinstitucional y mecanismos de resolución de conflictos.

Los vacíos no apuntan a un único estudio pendiente, sino a una agenda escalonada: diagnóstico productivo y geoespacial; caracterización hidrológica y fisicoquímica; monitoreo biológico; análisis de medios de vida y distribución económica; entrevistas y conocimiento ecológico local; mapeo de gobernanza; e integración causal. El caso es valioso precisamente porque ninguna de estas capas, por separado, explica Yavaros. La pregunta queda en la intersección.

**Recomendaciones:**

1. Actualizar el inventario georreferenciado de salinas y estanques en Yavaros.
2. Obtener y publicar series locales de producción anual, toneladas por hectárea y duración de ciclos.
3. Medir salinidad, temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto a lo largo del gradiente hidráulico.
4. Establecer estaciones de referencia externas a la influencia directa de las salinas.
5. Caracterizar nutrientes, sólidos suspendidos, sedimentos y contaminantes según riesgo y fuentes potenciales.
6. Actualizar las poblaciones de Artemia franciscana y su relación con fitoplancton, zooplancton y salinidad.

7. Integrar censos de aves con información de nivel de agua, superficie expuesta y disponibilidad trófica.
8. Monitorear anualmente la cobertura y condición del manglar.
9. Reconstruir cambios territoriales 1985/1990–2026 mediante Landsat, Sentinel-2 y SIG.
10. Distinguir explícitamente presiones procedentes de agricultura, acuicultura, urbanización, industria y operación salinera.
11. Incorporar variables climáticas y escenarios de eventos extremos al análisis productivo.
12. Integrar a productores y comunidades locales mediante protocolos participativos de monitoreo y validación de datos.
13. Desarrollar un tablero de indicadores productivos, ambientales y sociales con series multianuales.
14. Aplicar diseños BACI o comparativos equivalentes cuando existan modificaciones operativas o de infraestructura.
15. Publicar una línea base contemporánea de acceso abierto que permita futuras comparaciones longitudinales.
16. Cuantificar empleo directo e indirecto, temporalidad laboral, ingresos y encadenamientos económicos locales asociados con la producción salinera.
17. Aplicar SEAF como protocolo de diseño de futuras investigaciones, definiendo para cada hipótesis: dependencia relevante, modificación propuesta, respuesta esperada, patrón de distribución, capacidad de adaptación, comparador o contrafactual, fuentes alternativas e incertidumbre; reportar además la fuerza de atribución de manera provisional en la escala A0–A4.
18. Incorporar indicadores de seguridad alimentaria y dependencia pesquera cuando se evalúen cambios hidrológicos o ecológicos.
19. Documentar y triangular conocimiento ecológico local con datos instrumentales y percepción remota.
20. Mapear actores, competencias institucionales, conflictos de uso y mecanismos de coordinación para una gobernanza integrada del sistema.

## 14. Discusión

La novedad defendible del estudio es deliberadamente estrecha. No reside en afirmar que las salinas son sistemas socioecológicos ni en reiterar que pueden albergar biodiversidad o producir efectos sociales. Su contribución propuesta consiste en organizar Yavaros como un problema de atribución dentro de un estuario

multiuso y con evidencia temporalmente desigual. SEAF separa cinco dominios observables —*dependency, modification, response, distribution y adaptation*— de una capa inferencial transversal. Esa separación busca evitar que el mecanismo, la asociación observada y la conclusión causal se confundan.

Con la evidencia disponible, la producción de sal en Yavaros no puede clasificarse de forma rigurosa como ambientalmente compatible o incompatible. Puede sostenerse que la actividad depende de condiciones ambientales favorables, que su operación modifica deliberadamente el régimen físico y químico del agua dentro de las instalaciones y que ocurre en un paisaje de alto valor ecológico sujeto a presiones externas. No puede sostenerse, con la misma evidencia, la magnitud de efectos fuera de las instalaciones ni su contribución relativa frente a otras presiones. Eso exige cuantificar extensión, persistencia y vías de transmisión antes de formular atribuciones más fuertes.

El estudio de 1987 permanece incómodamente vigente. Documentó gradientes hipersalinos y comunidades especializadas dentro de las salinas, pero también recuerda que casi cuatro décadas separan ese registro de las preguntas actuales. Repetir mediciones equivalentes no sería una mera actualización. Permitiría evaluar si las condiciones observadas entonces persisten, se desplazaron o cambiaron sustancialmente.

La asimetría productiva es igual de importante. Sonora produjo 311,874.06 t de sal en 2024, pero trasladar esa cifra a Yavaros sería inventar precisión. Sin desagregación local no pueden calcularse productividad, eficiencia, intensidad espacial ni contribución económica. En este caso, la ausencia de dato no es un hueco que deba rellenarse; es parte del resultado.

El problema de atribución emerge cuando varias explicaciones siguen siendo plausibles al mismo tiempo. Drenes agrícolas, acuacultura, pesca, descargas urbanas, industria, sedimentación y variabilidad climática pueden producir señales parcialmente coincidentes en nutrientes, sólidos suspendidos, salinidad u otros indicadores. En sistemas marinos, esta dificultad se agrava porque los estresores pueden interactuar y porque su contribución relativa puede variar espacialmente; por ello, una inferencia causal robusta suele requerir múltiples líneas de evidencia y no solo coincidencia temporal (Adams, 2005; Crain et al., 2008; Andersen et al., 2020; Stockbridge et al., 2025). SEAF obliga a preguntar algo más incómodo que "¿la salina impacta?": qué respuesta ocurrió, qué modificación es consistente con ella, qué

alternativas permanecen abiertas y cuánta evidencia permite preferir una explicación sobre otra.

Respuesta y distribución introducen otra cautela. La literatura permite identificar cambios biofísicos plausibles y documenta vulnerabilidad económica, alimentaria e hídrica en comunidades del corredor, pero todavía no permite asignar una fracción de esas condiciones a las salinas de Yavaros. SEAF no resuelve esa indeterminación por definición. La convierte en una secuencia de observaciones que puede ser contrastada.

Adaptación tampoco es un cierre. Funciona como retroalimentación. Si productores ajustan compuertas, calendarios o profundidades, o si instituciones cambian reglas y monitoreo, la siguiente ronda de dependencia, modificación y respuesta ya no ocurre bajo las mismas condiciones. Por eso la gobernanza importa menos como contexto decorativo que como capacidad de modificar el propio sistema de observación y manejo.

El cambio climático deja abierta una tensión adicional. Condiciones más evaporativas podrían favorecer ciertos ciclos salineros, pero esa posibilidad depende de la interacción con precipitación, humedad, viento, disponibilidad de agua, eventos extremos y decisiones operativas. Al mismo tiempo, el sistema costero puede experimentar vulnerabilidades hidrológicas o ecológicas distintas. No hay base para esperar que todos los sectores respondan del mismo modo. Esa asimetría constituye una hipótesis de trabajo que adaptación deberá medir, no presumir (Folke et al., 2005).

# Conclusiones

Yavaros ofrece un caso analítico para estudiar atribución bajo presión costera acumulativa. SEAF distingue cinco dominios observables —dependencia, modificación, respuesta, distribución y adaptación— y trata atribución como una capa transversal de inferencia. El marco no busca decidir por adelantado si la salina es compatible o incompatible con la conservación. Su función es especificar qué evidencia sería necesaria para sostener una atribución, qué comparaciones podrían ponerla a prueba y dónde permanece la incertidumbre.

El complejo Yavaros-Moroncarit reúne conservación, pesca, agricultura, acuacultura, industria, asentamientos y producción salinera dentro de un sistema hidrológicamente conectado. Esa coexistencia hace insuficiente cualquier explicación

monocausal formulada sin comparación. La conectividad puede transmitir presiones, respuestas y consecuencias, pero la dirección y magnitud de esas trayectorias deben medirse.

La dimensión productiva sigue siendo el vacío más visible. Aunque Sonora reportó 311,874.06 t de sal en 2024, la evidencia pública revisada no permite determinar cuánto produjo Yavaros, con qué rendimiento, cuántos empleos generó ni cuánto valor permaneció en la economía local. Estas ausencias no debilitan la revisión; delimitan lo que todavía no puede afirmarse.

La sostenibilidad salinera se plantea, entonces, como territorialmente acoplada. La operación interna es una parte del problema, pero su evaluación también requiere considerar calidad y conectividad del estuario, presiones externas y capacidad institucional para coordinar respuestas. SEAF ofrece una arquitectura para estudiar esas relaciones sin equiparar automáticamente sostenibilidad empresarial con sostenibilidad territorial.

Queda una tensión abierta. Yavaros reúne evidencia suficiente para formular hipótesis de atribución, pero todavía no para resolverlas de manera definitiva. Esa distancia entre lo que puede plantearse y lo que puede demostrarse delimita, en última instancia, el espacio científico que SEAF intenta ordenar.

## Declaración de Autoría

De acuerdo con la taxonomía CRediT, ambos autores participaron en igual proporción (50% cada uno) en las siguientes funciones: conceptualización; metodología; investigación; análisis formal; redacción del borrador original; y redacción, revisión y edición. Ambos autores aprobaron la versión final del manuscrito y asumen responsabilidad por su contenido.

# Referencias

Adams, S. M. (2005). Assessing cause and effect of múltiple stressors on marine systems. Marine Pollution Bulletin, 51(8–12), 649–657. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.040

Andersen, J. H., Al-Hamdani, Z., Harvey, E. T., Kallenbach, E., Murray, C., & Stock, A. (2020). Relative impacts of multiple human stressors in estuaries and coastal waters in the North Sea–Baltic Sea transition zone. Science of the Total Environment, 704, 135316. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135316

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2021, 3 de mayo). Realiza Conapesca desazolve del Canal de Comunicación del Estero Moroncarit, Huatabampo. Gobierno de México.

Crain, C. M., Kroeker, K., & Halpern, B. S. (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. Ecology Letters, 11(12), 1304–1315. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01253.x

De Medeiros Rocha, R., Costa, D. F. S., Lucena-Filho, M. A., Bezerra, R. M., Medeiros, D. H. M., Azevedo-Silva, A. M., Araújo, C. N., & Xavier-Filho, L. (2012). Brazilian solar saltworks—Ancient uses and future possibilities. Aquatic Biosystems, 8, 8. http://www.aquaticbiosystems.org/content/8/1/8

Espinosa-Fuentes, M., Ortega-Salas, A. A., & Laguarda-Figueras, A. (1997). Two experimental assays to produce biomass of Artemia franciscana (Anostraca). Revista de Biología Tropical, 44(3)/45(1), 565–572. https://www.semanticscholar.org/paper/Two-experimental-assays-to-produce-biomass-of-Espinosa-Fuentes-Ortega-Salas/d5fdd7499f6415ace34c7d95802b90b9478a9ef7

Ferraro, P. J., & Pattanayak, S. K. (2006). Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. PLOS Biology, 4(4): e105. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040105

Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. Annual Review of Environment and Resources, 30, 441–473. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511

García-Hernández, J., Valdés-Casillas, C., Cadena-Cárdenas, L., Romero-Hernández, S., Silva-Mendizábal, S., González-Pérez, G., Leyva-García, G. N., & Aguilera-Márquez, D. (2011). Humedales artificiales como un método viable para el tratamiento de drenes agrícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (1), 97–111. https://www.redalyc.org/pdf/2631/263120987008.pdf

González-Rivas, D. A., Tapia-Silva, F. O., Bustillos-Guzmán, J. J., Revollo-Fernández, D. A., Beltrán-Morales, L. F., Lluch-Cota, D. B., & Ortega-Rubio, A. (2020). Estimating nitrogen runoff from agriculture to coastal zones by a rapid GIS and remote sensing-based method for a case study from the Irrigation District Río Mayo, Gulf of California, México. Frontiers in Marine Science, 7, 316. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00316

Herbert, R. J. H., Broderick, L. G., Ross, K., Moody, C., Cruz, T., Clarke, L., & Stillman, R. A. (2018). Artificial coastal lagoons at solar salt-working sites: A network of habitats for specialised, protected and alien biodiversity. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 203, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.015

Luque-Agraz, D., Flores-Cuamea, M. A., Kachadourian-Marras, A., Cornejo-Denman, L., & Murphy, A. D. (2025a). Water: The central theme of the proposed Sonora Estuarine Biocultural Corridor of northwestern Mexico. Water, 17(15), 2227. https://doi.org/10.3390/w17152227

Luque-Agraz, D., Flores-Cuamea, M. A., & Rivera-Núñez, I. M. (2025b). Corredor Biocultural Estuarino de Sonora y Norte de Sinaloa: bienestar comunitario y resiliencia climática. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 35(66), e251616. https://doi.org/10.24836/es.v36i66.1616

Ortega-Salas, A. A., & Martínez G., A. (1987). Hidrological and population studies on <i>Artemia franciscana</i> in Yavaros, Sonora , México. Revista De Biología Tropical, 35(2), 233–239. Retrieved from https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23999

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419–422. https://doi.org/10.1126/science.1172133

Ramsar Convention on Wetlands. (2010). Humedales de Yavaros-Moroncarit (Ramsar Site No. 1984). Ramsar Sites Information Service. https://rsis.ramsar.org/es/ris/1984?__goaway_challenge=metarefresh&__goaway_id=471cabe1f84c8ab8338e0032c4af5d80&__goaway_referer=

Saccò, M., White, N. E., Harrod, C., Salazar, G., Aguilar, P., Cubillos, C. F., Meredith, K., Baxter, B. K., Oren, A., Anufriieva, E., Shadrin, N., Marambio-Alfaro, Y., Bravo-Naranjo, V., & Allentoft, M. E. (2021). Salt to conserve: A review on the ecology and preservation of hypersaline ecosystems. Biological Reviews, 96(6), 2828–2850. https://doi.org/10.1111/brv.12780

Servicio Geológico Mexicano. (2025). Anuario estadístico de la minería mexicana 2024, edición 2025. Secretaría de Economía. https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2024_Edicion_2025.pdf

Stockbridge, J., Jones, A. R., Brown, C. J., Doubell, M. J., & Gillanders, B. M. (2025). Incorporating stressor interactions into spatially explicit cumulative impact assessments. Ecological Applications, 35(1), e3056. https://doi.org/10.1002/eap.3056

Underwood, A. J. (1994). On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. Ecological Applications, 4(1), 3–15. https://doi.org/10.2307/1942110

Vega-Pozuelo, R. (2026). Inland saltworks and sustainable rural territories: The Duernas socio-ecosystem in the light of the Añana model. Wetlands Ecology and Management, 34, 55. https://doi.org/10.1007/s11273-026-10136-w

Western Hemisphere Shorebird Reserve Network. (2021, mayo). Lagunas Yavaros-Moroncárit. WHSRN. https://whsrn.org/mexico-yavaros-moroncarit-site- 108/