

Análisis socioambiental de la Laguna de Tres Palos, México

Un enfoque socioecosistémico

Lissette Juárez Islas, Columba Rodríguez Alviso,
José Luis Aparicio López, Salvador Villerías Salinas
y Mirna Castro Bello

.....

Resumen: Las lagunas costeras tienen una función importante en la regulación de ciclos biogeoquímicos y en el suministro de recursos naturales a escala regional, los cuales son altamente valorados por la población. Nuestra investigación presenta un análisis socioambiental de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, con un enfoque socioecosistémico a partir de un taller para el llenado de la matriz de análisis estructural y un juicio de expertos. La información obtenida se analizó con los métodos de análisis estructural y la herramienta MICMAC. Identificamos las variables con mayor influencia y dependencia del sistema; sobresalió la educación ambiental como altamente determinante, y destacaron calidad de vida, residuos sólidos, capital social y deforestación como variables dependientes. Los hallazgos apuntan a que el origen del deterioro socioambiental de la zona radica en la corrupción de las autoridades y en la débil gobernanza y gobernabilidad.

Palabras clave: aguas residuales, complejidad, contaminación ambiental, gobernanza, laguna costera, MICMAC

A diferencia de los lagos interiores de agua dulce, las lagunas costeras son ecosistemas intermedios entre los sistemas acuáticos epicontinentales, las aguas de transición y los ecosistemas marinos costeros (Pérez-Ruzafa et al., 2019). Hoy en día las lagunas costeras son reconocidas y valoradas como ambientes heterogéneos; cada vez existe mayor evidencia de la complejidad de los procesos que llevan a cabo y los servicios ecosistémicos que estas generan (Pérez-Ruzafa et al., 2019; Pérez-Ruzafa et al., 2020). Se estima que dos tercios de los servicios ecosistémicos provienen de los océanos y los ecosistemas costeros y dan soporte al capital natural del planeta (Newton et al., 2018). Además, las lagunas son sede de complejos procesos biogeoquímicos que contribuyen en la regulación del ciclo del agua



y del clima, la captura de carbono, la descomposición de materia orgánica y la remoción de contaminantes (Medina-Galván et al., 2019; Newton et al., 2018); también son resistentes y resilientes a presiones ambientales y antropogénicas, si se logran realizar cambios al nivel de la cuenca, esto significa que contribuyen con una importante provisión de bienes sociales (Pérez-Ruzafa et al., 2020). A este respecto, es importante señalar su valor para la cultura, la economía y la sociedad en las áreas geográficas donde se ubican (Pérez-Ruzafa et al., 2020).

El origen de los problemas socioambientales en los sistemas lagunares responde a diversas causas consideradas complejas, ya que intervienen múltiples factores y actores difíciles de determinar. Debido a esta complejidad, definir el nivel de deterioro ambiental y sus causas requiere un amplio análisis. En la literatura aún falta profundizar sobre la complejidad de las lagunas y su impacto en el bienestar humano (El Mahrad et al., 2020). Esta carencia de estudios se observa también en cuerpos lagunares de México.

De esta manera, planteamos la interrogante: ¿cuáles son las variables que explican el problema socioambiental en la Laguna de Tres Palos? El objetivo de este artículo fue analizar las variables clave que explican la problemática socioambiental con un enfoque socioecosistémico, mediante el método de análisis estructural con la herramienta MICMAC. Abordamos este problema de investigación desde un enfoque socioecosistémico, como un espacio dinámico, construido a partir de sus condiciones naturales, sociales, económicas e históricas. En las dos subsecciones siguientes exponemos los principales problemas de las lagunas costeras y el análisis con enfoque socioecosistémico, dentro de este último, el método de análisis estructural.

La complejidad de las lagunas costeras y su análisis socioambiental con enfoque socioecosistémico

Variadas investigaciones de los sistemas lagunares han encontrado interacciones complejas entre la economía, la sociedad y el ambiente, agudizadas por el cambio climático y las actividades antrópicas (D'Alpaos & D'Alpaos, 2021; Inácio et al., 2018). Actividades como la acuicultura, la pesca y el turismo han degradado los ecosistemas acuáticos, generando eutrofización y pérdida de bienes y servicios ecosistémicos (Padedda et al., 2019). En el análisis de los problemas hemos considerado el efecto que generan los cuerpos de agua con respecto al microclima, paisaje, regulación del manto freático y captura de carbono por la vegetación, entre otros.

Por un lado, las lagunas deben mantener su productividad, por otro, necesitan medidas de conservación y protección, ya que son ecosistemas

de transición (Padedda et al., 2019). Los cambios en los procesos antrópicos generan fuerte presión sobre el sistema socioambiental; sin embargo, autores como Folke et al. (2005) refieren que, si la dimensión social es capaz de generar cambios en favor del ambiente, el sistema es capaz de mantener su resiliencia.

En ese mismo sentido, El Mahrad et al. (2020) proponen que, para avanzar en la gestión sostenible de las lagunas, se requiere adoptar métodos participativos que incluyan a todas las partes interesadas. Estos enfoques inclusivos son necesarios para mejorar el servicio de protección costera y privilegiar los recursos naturales (Tregarot et al., 2021). El uso de métodos cuantitativos y cualitativos contribuye a una mejor comprensión de la complejidad de las lagunas (Zaucha et al., 2016), así como los enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios (El Mahrad et al., 2020). El enfoque sistémico es oportuno para analizar los complejos problemas socioambientales de la actualidad, configurados por diversos contextos históricos, físico-geográficos y demográficos (Morales et al., 2019), que dan pauta a un desarrollo de asentamientos humanos sin planeación territorial.

El sistema es un conjunto interconectado de elementos organizados coherentemente para lograr un fin; se integra por elementos, interconexiones y funciones o propósitos (Meadows, 2009); tiene las cualidades de cambiar, adaptarse a las necesidades o circunstancias según sea el caso, responder a eventos, buscar metas, reparar lesiones y sobrevivir. El enfoque de socioecosistema integra los sistemas combinados de humanos y naturaleza, interrelacionados en ciclos adaptativos de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación. La comprensión de las diferentes escalas espaciales y temporales en estos ciclos hace posible identificar cambios positivos para fomentar la resiliencia y sostenibilidad en el sistema (Holling, 2001).

En la actualidad, el estudio de los problemas ambientales que involucran sistemas naturales y humanos integrados, como la pérdida de biodiversidad y de recursos naturales, requiere de enfoques teóricos y conceptuales integradores y de herramientas prácticas como los sistemas complejos. Los socioecosistemas son sistemas complejos (Vannevel & Goethals, 2021), y el enfoque socioecosistémico puede identificar la co-dependencia y las relaciones entre diversas variables. El sistema lagunar se presenta como un conjunto de elementos interrelacionados (variables/factores). La red de interrelaciones de estos elementos, es decir, la configuración del sistema (estructura), constituye la clave de sus dinámicas y es permanente (Godet, 1997; Godet & Durance, 2007).

Bajo el enfoque sistémico, Michel Godet y Philippe Durance (2007) construyeron herramientas para identificar variables clave. La Matriz de

Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación (MICMAC) es un método de análisis estructural basado en la reflexión colectiva de actores, integra los elementos naturales y sociales, y revela las variables influyentes y dependientes, así como las relaciones directas y potenciales que explican la evolución del sistema. El objetivo del método es destacar la estructura del sistema, se basa en matrices para la determinación directa, indirecta y potencial de las relaciones entre variables del sistema estudiado, determina las principales variables influyentes (determinantes, independientes, explicativas) y dependientes (efectos, resultantes) y, por consiguiente, evidencia las variables esenciales para la evolución del sistema y las de su entorno explicativo, para posteriormente establecer las relaciones cualitativas que lo caracterizan (Godet, 1997; Senhadji-Navarro et al., 2017).

Por tanto, el análisis estructural es idóneo para analizar los problemas socioambientales de los ecosistemas lagunares (Senhadji-Navarro et al., 2017). El método consta de las siguientes fases: (a) lista de variables, (b) llenado de la matriz de relaciones, (c) identificación de las variables determinantes y dependientes del sistema (MICMAC), y (d) identificación de relaciones directas, indirectas y potenciales (Godet & Durance, 2007), para generar información sobre la complejidad de este espacio.

Para este estudio definimos como socioecosistema el conjunto formado por la Laguna de Tres Palos, la población de las comunidades rurales asentadas en sus márgenes y las actividades económicas desarrolladas, así como las interacciones y condiciones socioambientales producidas.

Materiales y método

Contexto de la investigación

La Laguna de Tres Palos está ubicada a 25 km al este del puerto de Acapulco en el estado de Guerrero, al sur de México, con una dimensión de 16 km de longitud por 6 km de ancho; la superficie aproximada es de 55 km². Presenta un tipo de clima Aw1 (García, 1964) y una vegetación formada principalmente por mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y áreas de tular-carrizal (CONABIO, 2016; Mendoza et al., 2013). En sitios adyacentes a la laguna están asentadas ocho localidades rurales con una población total de 10,469 habitantes; la localidad con mayor población es San Pedro Las Playas, que concentra 42% con respecto al total. Las actividades económicas que se desarrollan en la zona son agricultura, turismo y, particularmente, la pesca. Del lado opuesto, la zona urbana adyacente tiene una población de 4339 habitantes (INEGI, 2020).

Diversos autores han desarrollado estudios ecológicos, fisicoquímicos y pesqueros de la Laguna de Tres Palos (Alaye et al., 2003; De la Lanza et al., 2008; Dimas et al., 2019; Juárez et al., 2019; Mendoza et al., 2013; Ortiz, 2014; Rosas-Acevedo et al., 2016; Violante-González et al., 2016), con resultados sobre la calidad del agua, la presencia de metales pesados, las características de la ictiofauna, la pesca y otros elementos físicos del sistema. Juárez et al. (2019) realizaron también una caracterización fisicoquímica del cuerpo lagunar mediante un estudio batimétrico, analizando siete parámetros de campo; el resultado fue la identificación de tres zonas en la laguna (norte, centro y sur) con características y grados de eutrofización diferentes. En la figura 1 se localiza el área de estudio; también se puede identificar la zonificación determinada por Juárez et al. (2019).

Este estudio ratificó que la Laguna de Tres Palos tiene un grado de hipereutrofización, en función del incremento de las zonas de anoxia y sobrepoblación de algas cianófitas (*Cyanophyta*) (De la Lanza et al., 2008) en la zona norte, que presenta el mayor impacto negativo por el vertimiento de aguas negras y residuos sólidos provenientes de zonas altamente pobladas del municipio de Acapulco, transportados por el río La Sabana que desemboca en la Laguna de Tres Palos. La zona sur presenta el menor grado de deterioro ambiental, mayor vegetación y mejores zonas para la pesca. La zona centro se identifica como un área de transición, con mayor

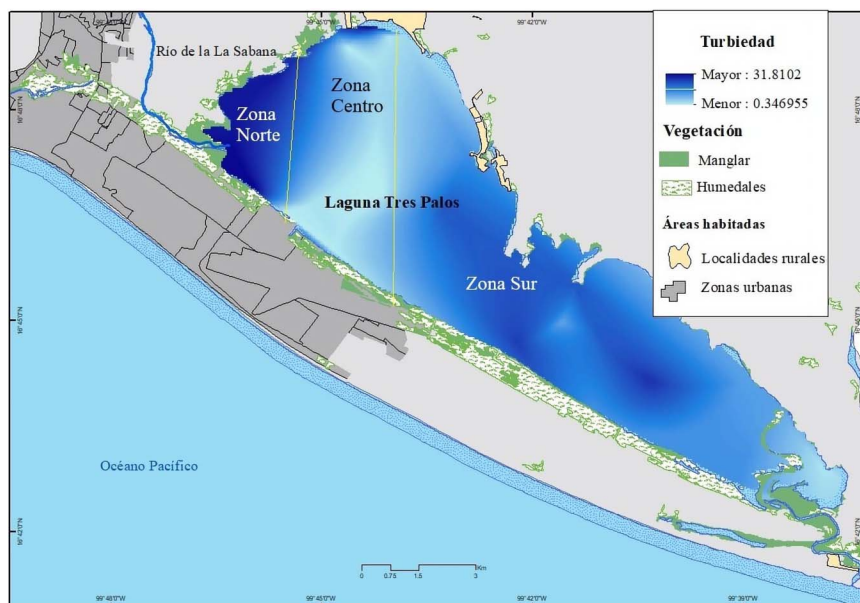


Figura 1 • Laguna de Tres Palos: Ubicación geográfica

Fuente: Juárez et al. (2019)

profundidad y oleaje producido por el viento. En síntesis, la laguna no es un cuerpo hídrico homogéneo.

En este contexto, la Laguna de Tres Palos presenta esa complejidad en tanto constituye la parte baja de la microcuenca formada por el río La Sabana-Laguna de Tres Palos, que recibe las externalidades resultantes de los procesos sociales y económicos que poseen una relación directa o indirecta con los recursos naturales.

Adicionalmente, este cuerpo lagunar constituye el medio de sustento para las comunidades vecinas y ha favorecido el desarrollo turístico de la zona de Acapulco Diamante, desde la década de los noventa. Sin embargo, las actividades antrópicas y el crecimiento acelerado y desordenado en el lado este (Ortiz, 2014) han impactado negativamente el ambiente; por ejemplo, una agresiva deforestación, relleno en humedales y contaminación a cuerpos de agua, causas que reducen la productividad pesquera (Alaye et al., 2003). Estas prácticas han traído como consecuencia que actividades económicas propias de la región, como la acuicultura y el turismo, frenen su pleno desarrollo, lo que expone a los pobladores a una mayor vulnerabilidad económica y a riesgos hidrometeorológicos (Lara-Lara et al., 2008).

Tipo de investigación y procedimiento metodológico

Para realizar el análisis socioambiental del sistema Laguna de Tres Palos seguimos un diseño mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis de la información. La fase cualitativa comprende dos etapas: la identificación de variables y la realización de un taller para el llenado de la matriz. La fase cuantitativa integra dos etapas más: el análisis estructural y la determinación de variables directas e indirectas. Por último, realizamos la prueba de estabilidad de la matriz de análisis estructural.

Fase cualitativa

A. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Como antecedente metodológico, el estudio de Juárez et al. (2019) contempla cuatro entrevistas a profundidad a actores focales: un pescador, un presidente de cooperativa pesquera, un activista social y un catedrático involucrado en el tema e integrante del Consejo de Cuenca. Estas personas fueron notificadas de los propósitos de la investigación y dieron su consentimiento para publicar la información que brindaron. La guía de preguntas estuvo orientada a conocer la situación socioambiental actual de las comunidades rurales situadas al margen de la laguna, con respecto

a cómo era hace 20 y 10 años; se indagó en la responsabilidad que asumen con su ambiente, el futuro socioambiental de la región, y qué acciones deben tomarse para alcanzar un escenario deseable. Por tanto, los actores relataron sus experiencias respecto al pasado (20 años), al presente y su proyección al futuro (20 años). La información fue capturada y analizada en el software Atlas.ti, lo que facilitó la definición del problema central; se retomaron 26 variables propias del sistema, así como las causas del problema ambiental y sus efectos.

Esta investigación incluye un juicio de expertos realizado en las instalaciones del Centro de Ciencias para el Desarrollo Regional el día 13 de enero de 2020, con tres investigadores con experiencia en estudios ecológicos, geográficos y ambientales en el estado de Guerrero, para analizar las 26 variables citadas. Mediante un proceso de selección los expertos determinaron una nueva lista de 21 variables clave, esenciales para explicar la evolución del sistema Laguna de Tres Palos.

B. TALLER PARA EL LLENADO DE MATRIZ

Una vez determinadas las 21 variables, invitamos mediante oficio escrito a diversos actores relacionados con el sistema a participar en un taller: pescadores (2) de las comunidades El Arenal y San Pedro Las Playas, activistas sociales (4) de la ciudad de Acapulco que han defendido en diversos momentos la laguna, funcionarios (3) de instituciones públicas—CONAPESCA, Consejo de Cuenca y SEMARNAT—y académicos (9) de la Universidad Autónoma de Guerrero que han realizado investigaciones en el área de estudio. De esta forma, 18 actores aceptaron la invitación y acudieron al Centro de Investigación y Posgrado en Estudios Socioterritoriales (CIPES) el 27 de enero de 2020, en la ciudad de Acapulco.

Consideramos que estos datos cualitativos siguen vigentes ya que fueron recabados justo antes del inicio de la suspensión de labores por motivo de la pandemia por Covid-19 y no han sido publicados. Además, hemos observado en recorridos de campo que las condiciones sociales y ambientales y la infraestructura urbana no se han transformado sustancialmente durante los últimos tres años en la subcuenca río de La Sabana-Laguna de Tres Palos.

En esta fase les explicamos el propósito de la investigación y el método de análisis estructural; posteriormente, les presentamos la lista de 21 variables y fomentamos el diálogo para clarificar el significado de cada variable en el contexto de la laguna y facilitar el llenado de la matriz con las relaciones que definen el socioecosistema Laguna de Tres Palos. Los actores enriquecieron la discusión con sus conocimientos y experiencia.

Fase cuantitativa

C. ANÁLISIS ESTRUCTURAL: RELACIONES DIRECTAS E INDIRECTAS

En el mismo taller, a cada uno de los 18 actores participantes les entregamos la matriz de análisis estructural en una hoja de papel y la tabla que describe las 21 variables; para medir la relación de cada variable con las otras 20, preguntamos: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable i y la variable j ? Ejemplo: ¿existe relación de influencia directa entre el vertimiento de aguas residuales (variable 1) con la contaminación hídrica (variable 9)?

Cada actor otorgó un valor a cada respuesta en función de las opciones: (3) que representa una influencia fuerte, (2) moderada, (1) débil, (0) sin influencia y (P) para el caso en el que la relación no esté presente actualmente, pero sea identificada como una amenaza potencial si se continúa con las condiciones vigentes. Como resultado del taller, obtuvimos 18 matrices, una por cada actor.

Debido a los requerimientos del método y las características del software MICMAC, usamos nuevamente el juicio de expertos (académicos con estudios en temas geográficos, ecológicos y ambientales y experiencia en la zona) para discernir la intensidad de algunas relaciones entre variables que, por la heterogeneidad de los participantes en el taller, no fueron consideradas decisivas. Estos expertos concluyeron la elaboración de la matriz de impactos directos definitiva.

D. DETERMINACIÓN DE RELACIONES DIRECTAS E INDIRECTAS

Determinamos las variables esenciales para la evaluación del sistema; en primer lugar, mediante una clasificación directa con simples sumas de valores de motricidad/influencia y de dependencia para cada una de las variables; posteriormente, una clasificación indirecta realizada por el software MICMAC. A continuación, describimos este procedimiento detalladamente:

a) Relaciones directas: Influencia y dependencia

Las relaciones directas se obtuvieron una vez que contamos con la descripción exhaustiva del sistema y las variables clave definidas en la Matriz de Impactos Directos (MID). El software MICMAC calculó el valor medio de las relaciones para cada eje y trazó una línea en cada uno, generando cuadrantes y cinco áreas. Es decir, un plano de las variables en función de dependencia e influencia en el sistema, donde representamos a cada una en un gráfico de dispersión (eje Y influencia, eje X dependencia). Ejemplo: la influencia que ejercen las descargas de aguas residuales sobre la salud. Diversos autores (Arcade et al., 2004; Astigarraga, 2016) describen las características de las variables en función del cuadrante:

- Área 1. Zona de Poder: variables de entrada o determinantes. Son muy motrices y poco dependientes, ejercen fuerte influencia en las variables del sistema, y son poco dependientes de las mismas. Cualquier variación en estas tendrá repercusiones en todo el sistema; por lo que es conveniente estudiar su evolución y prever sus cambios futuros para reducir los efectos negativos o aprovechar las oportunidades que se presenten.
- Área 2. Zona de Conflicto: variables de enlace o clave. Son muy motrices y muy dependientes, ejercen fuerte influencia en las demás. Esto significa que sus cambios producen impactos en el resto del sistema, pero a la vez son muy receptivas a los cambios en otras variables.
- Área 3. Variables resultado: son poco motrices y muy dependientes; están muy influidas por las demás variables del sistema y ejercen poca influencia en el resto. En este grupo se manifiesta el resultado de la estructura y del funcionamiento del sistema.
- Área 4. Variables excluidas o autónomas: son poco influyentes y dependientes. Sus efectos, tanto recibidos como impulsados, son poco relevantes para la evolución del sistema.
- Área 5. Variables medianamente influyentes y/o dependientes: se sitúan en la parte media del eje de influencia (entorno) o en la parte media del eje de dependencia (reguladoras). También se les denomina “variables del pelotón” (Ballesteros & Ballesteros, 2008). No es posible establecer relaciones a priori (Dema & Barberá, 2010).

b) Relaciones indirectas

El análisis estructural de la matriz nos permitió identificar las variables que ejercen la mayor acción directa; sin embargo, existen relaciones indirectas que impactan con mayor fuerza al sistema (Cely, 1999). La influencia indirecta se genera cuando la variable i influye directamente sobre la variable j ; a su vez, la variable j influye directamente sobre la variable k . Entonces, cualquier cambio en la variable i afectará a la variable k . Existe, así, una relación indirecta entre i y k .

Las relaciones indirectas entre variables se generan mediante cadenas de influencia y bucles de reacción (retroalimentación); en un sistema compuesto por decenas de variables pueden sumar varios millones de interacciones. El MICMAC como programa de multiplicación matricial estudia la generación de los impactos por los caminos y bucles de reacción; en consecuencia, jerarquiza las variables de la siguiente manera (Ballesteros & Ballesteros, 2008):

- Por orden de influencia, consideramos el número de caminos y bucles de longitud 1, 2, 3, ..., n que resultan de cada variable.

- Por orden de dependencia, se tiene en cuenta los caminos y bucles de longitud 1, 2, 3,...n que llegan a cada variable.

Por tanto, el método MICMAC revela las relaciones ocultas y proporciona una medida de su influencia global sobre el comportamiento del proceso, a partir de descubrir las variables con una influencia aparentemente débil, pero con influencia de mayor intensidad que otras que inicialmente aparecían como más significativas (Dema & Barberá, 2010). En esta fase obtuvimos las variables con mayor influencia y dependencia que explican la problemática en el socioecosistema.

Estabilidad de la matriz

A diferencia de los métodos cuantitativos, como el análisis discriminante, el método de MICMAC busca bucles y procesos repetitivos, que bajo la óptica de los métodos tradicionales proveerían una matriz de correlación con determinante igual a cero invalidando el análisis discriminante. La prueba de estabilidad es el proceso que determina el número de bucles que conducen a la matriz original. Consiste en multiplicar la matriz de análisis estructural por sí misma hasta la cuarta o quinta potencia. Una vez obtenida la matriz elevada a la potencia examinamos las sumas de sus filas y columnas y clasificamos las variables atendiendo a los criterios de motricidad y dependencia. Como valor de estabilización tomamos el máximo de X y Y, ya que es el orden a partir del cual ambas clasificaciones son estables (Dema & Barberá, 2010).

Este método permite estudiar cómo se reproducen los impactos entre las variables por diferentes caminos y bucles, para finalmente ordenar las variables según su motricidad (número de caminos y bucles salidos de las variables) y según su dependencia (número de caminos y bucles que llegan a la variable) (Dema & Barberá, 2010). Para identificar la estabilidad de la MID del sistema Laguna de Tres Palos se realizó la prueba en el software MICMAC, los resultados se aprecian en la tabla 1; donde observa-

Tabla 1 • Estabilidad para la matriz de relaciones directas

Iteración	Influencia	Dependencia
1	95%	96%
2	99%	99%
3	100%	101%
4	100%	100%
5	100%	100%
6	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en el software LIPSOR-EPITA-MICMAC.

mos que a partir de la 3ª potencia (n = 3) la jerarquía permaneció estable, es decir, los resultados no varían sustancialmente. Por lo tanto, es estable.

Resultados

Los participantes del juicio de expertos definieron y describieron las 21 variables que explican el problema en el socioecosistema Laguna de Tres Palos; a cada una le asignamos una clave de identificación (Tabla 2).

Tabla 2 • Definición de variables del socioecosistema Laguna de Tres Palos

No	Variables	Clave	Definición
1	Vertimiento de aguas residuales	AR	Las aguas provenientes de las actividades humanas que se vierten en el río La Sabana y en el humedal.
2	Vertimiento de residuos sólidos	RS	Consiste en la disposición final de los residuos sólidos generados por la población a lo largo del río La Sabana y sobre el humedal.
3	Cambio de uso de suelo	CUS	Cambio del suelo rural para destinarse a otros usos (agropecuarios o urbanos).
4	Procesos urbanísticos	Urb	Representa los cambios continuos en el uso de suelo y en el paisaje debido a la urbanización.
5	Deforestación	Def	Se refiere a la tala de árboles para las actividades antrópicas.
6	Gestión de recursos naturales	GRN	Se refiere a la manera en que las personas y los paisajes naturales interactúan. Está relacionada con la planificación de los usos del suelo, gestión del agua, conservación de la biodiversidad, y la futura sostenibilidad de actividades como agricultura, turismo, pesca y silvicultura.
7	Capital social	CS	Constituye los aspectos de las organizaciones sociales, como las redes de influencia y colaboración, las normas y la confianza que facilitan la acción y la cooperación para beneficio mutuo.
8	Pesca	Pes	Actividad económica primaria para la captura de peces y otros animales de agua dulce o salada.
9	Contaminación hídrica	CH20	Representa el estado en el que se encuentra el humedal por actividades humanas, refleja cambios en las características fisicoquímicas y biológicas del agua que afectan la calidad del agua de la laguna.

(continuada)

Tabla 2 • continuada

No	VARIABLES	Clave	Definición
10	Contaminación ambiental	CAM	Es la introducción en el medio natural de agentes de tipo físico, químico y biológico, que alteran las condiciones ambientales, provocando efectos dañinos para la salud, el bienestar y la habitabilidad de la vida animal y vegetal en general.
11	Salud	Sa	Es un estado de completo bienestar físico, mental y social en las personas.
12	Riesgo	Ri	Es la probabilidad latente de que ocurra un hecho que produzca ciertos efectos, la combinación de la probabilidad de la ocurrencia de un evento y la magnitud del impacto que puede causar; asimismo, es la incertidumbre frente a la ocurrencia de eventos y situaciones que afecten los beneficios de una actividad.
13	Vulnerabilidad	Vul	Está íntimamente relacionado con el riesgo y la amenaza y se puede definir como la debilidad o grado de exposición de un sujeto, objeto o sistema. También se refiere a aquellas fallas, omisiones o deficiencias de seguridad que puedan ser aprovechadas por los delincuentes. Son afectaciones ante eventos meteorológicos y medidas tomadas.
14	Presión económica	PE	Disminución sostenida de producción y consumo, acompañada de desempleo. Se refiere también a la condición a la que son sometidas las comunidades ante la disminución de sus ingresos.
15	Calidad de vida	CdV	La calidad de vida se evalúa analizando cinco áreas diferentes: bienestar físico, bienestar material, bienestar social, desarrollo y bienestar emocional.
16	Pérdida de biodiversidad	PB	Disminución de especies pesqueras y no pesqueras.
17	Corrupción	Cor	En las organizaciones, especialmente en las públicas, es la utilización de las funciones y medios en provecho económico o de otra índole de sus gestores.
18	Gobernabilidad	Gob	Se refiere a una situación donde las diferencias entre demandas sociales y respuestas se encuentran en un equilibrio dinámico. Está representada por las acciones unidireccionales ejecidas por las diversas formas de gobierno hacia las comunidades y el entorno, así como su eficacia.

No	Variables	Clave	Definición
19	Gobernanza	Gza	Se refiere al ejercicio de poder en un sentido amplio e implica ciertas modalidades de asignar recursos, de ejercer control y coordinación, donde los actores gubernamentales no necesariamente son los únicos participantes ni los más importantes; también intervienen los actores sociales.
20	Apoyos gubernamentales	AG	Son los apoyos en dinero y especie que se reciben de los programas públicos.
21	Educación ambiental	EA	Es un proceso mediante el cual las personas aprenden sobre temas ambientales, se involucran en la resolución de problemas y toman medidas para mejorar el medio ambiente; como resultado, alcanzan un entendimiento más profundo y tienen las herramientas para tomar decisiones informadas y responsables.

Fuente: Elaboración propia con base en Juárez et al. (2019).

Con base en el análisis de las variables que los actores hicieron en el taller y en el juicio de expertos, construimos la MID con las 21 variables con mayor peso en el socioecosistema Laguna de Tres Palos (Tabla 3).

A partir de esta matriz, MICMAC generó el plano de influencia-dependencia (Figura 2). El plano clasificó como variables de entrada o determinantes (zona de poder) por su alta influencia en el sistema a los siguientes factores: la educación ambiental (EA), los cambios de uso de suelo (CUS) y la urbanización (Urb).

- Las variables identificadas como clave (zona de conflicto) son: corrupción (Cor), gobernanza (Gza), gobernabilidad (Gob), vulnerabilidad (Vul), presión económica (PE) y capital social (CS).
- Las variables resultado o muy dependientes son: contaminación ambiental (CAm), contaminación del agua (CH₂O), pesca (Pes), calidad de vida (CdV), riesgo (Ri), pérdida de biodiversidad (PB) y salud (Sa).
- Las variables dependientes o reguladoras son: deforestación (Def), gestión de recursos naturales (GRN), apoyos gubernamentales (AG), aguas residuales (AR) y residuos sólidos (RS).
- No hay variables que se consideren autónomas o excluidas, por tanto, todas son relevantes dentro del sistema.
- Las variables reguladoras, situadas en la zona central del plano, se convirtieron en “llave de paso” para las variables clave; su evolución conlleva a la consecución de los objetivos del sistema.

Tabla 3 • Matriz de Impactos Directos del socioecosistema Laguna de Tres Palos

	1.AR	2. RS	3. CUS	4. Urb	5. Def	6. GRN	7. CS	8. Pes	9. CH2O	10. CAm	11. Sa	12. Ri	13. Vul	14. PE	15. CdV	16. PB	17. Cor	18. Gob	19. Gza	20. AG	21. EA
1. AR	0	0	0	0	0	0	P	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0
2. RS	3	0	0	0	0	0	P	3	3	3	3	3	3	0	2	2	2	2	2	0	0
3. CUS	3	3	0	3	3	3	2	0	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	0	0
4. Urb	3	3	3	0	3	2	P	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	0	0
5. Def	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	0	0
6. GRN	0	0	0	0	2	0	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	0	0
7. CS	2	2	2	2	2	2	0	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	0
8. Pes	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	0
9. CH2O	0	0	0	0	0	0	P	3	0	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	0	0
10. CAm	0	0	0	2	0	2	P	3	3	0	3	3	3	3	3	3	2	2	2	0	0
11. Sa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P	P	3	3	0	0	2	2	0	0
12. Ri	0	0	P	P	0	2	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	2	0
13. Vul	2	2	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	0
14. PE	0	0	2	2	1	2	2	3	1	2	2	2	2	0	3	3	3	3	3	3	0
15. CdV	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	1	1	1	3	0
16. PB	0	0	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0
17. Cor	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0
18. Gob	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	0	3	3	0
19. Gza	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0
20. AG	1	1	0	0	0	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	0	3	3	3	0	0
21. EA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0

Fuente: Elaboración propia con base en el software LIPSOR-EPITA-MICMAC

Como resultado del plano anterior, obtuvimos la intensidad en influencia de las relaciones directas (Figura 3); las variables con un mayor número de relaciones de influencia fuerte (3) son las siguientes: apoyos gubernamentales, gobernabilidad, gobernanza y corrupción. Observamos que la variable aguas residuales tiene un efecto directo sobre la contaminación ambiental, la salud y sobre los residuos sólidos. También, se evidencia que la deforestación tiene un impacto directo sobre la calidad de vida, y la gobernanza repercute en situaciones de riesgo. El resto de las variables mostró menor nivel de influencia (2, 1, 0 o P) y bajo número de relaciones entre sí, por lo que no se representan en la figura de influencia directa.

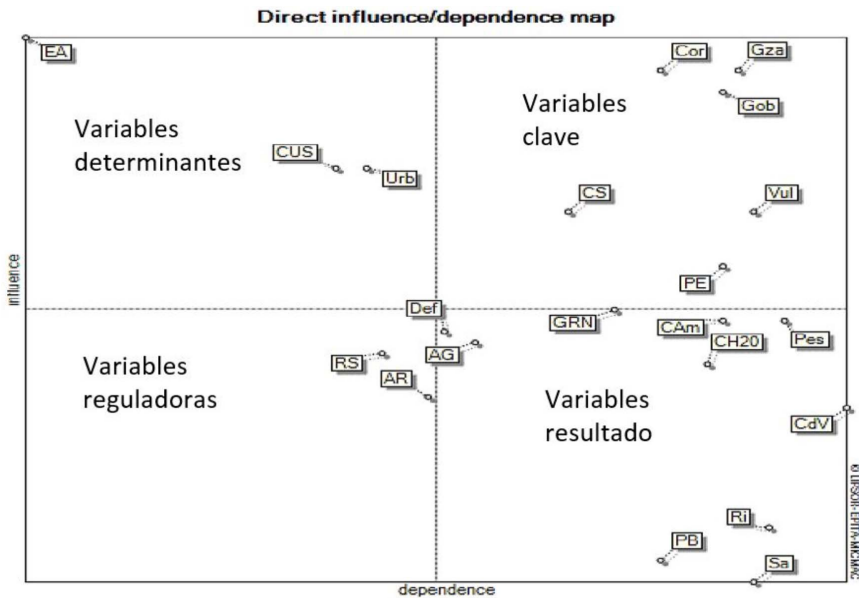


Figura 2 • Mapa de influencia-dependencia directa (MDI).

Fuente: Elaboración propia

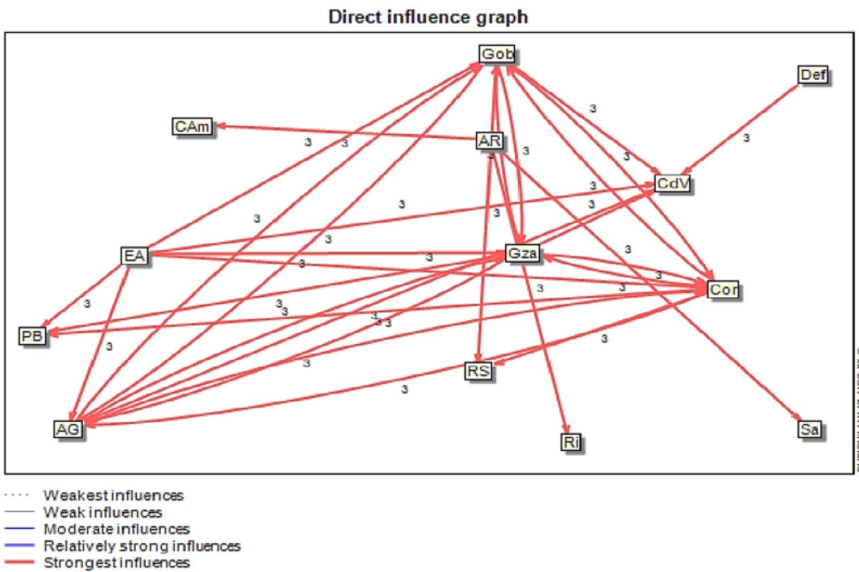


Figura 3 • Gráfico de influencia directa.

Fuente: Elaboración propia.

La educación ambiental resalta como la variable más determinante del sistema por su impacto sobre el resto de las variables. Mientras que la calidad de vida es la variable con mayor relación de dependencia hacia otras como la gobernanza, la gobernabilidad, la deforestación y la educación ambiental. Por otro lado, corrupción, gobernanza, gobernabilidad y apoyos gubernamentales generan relaciones tanto de influencia como de dependencia entre sí y con el resto de las variables, lo que confirma su importancia dentro del sistema. Los actores perciben a las aguas residuales como una variable muy influyente sobre la contaminación ambiental, la salud y situaciones de riesgo. Asimismo, los residuos sólidos se perciben como una variable dependiente de la gobernabilidad y la corrupción. En tanto, la pérdida de biodiversidad es una variable dependiente de gobernanza, corrupción y educación ambiental.

Una vez analizadas las relaciones directas, calculamos la Matriz de Impactos Indirectos (MII). En ella generamos enlaces importantes, no visibles en la primera matriz (MID), como se observa en la clasificación de las variables del sistema en función de su influencia y dependencia de la figura 4. De igual manera, se aprecian los cambios de posición con base en el peso de cada variable en la MID y en la MII.

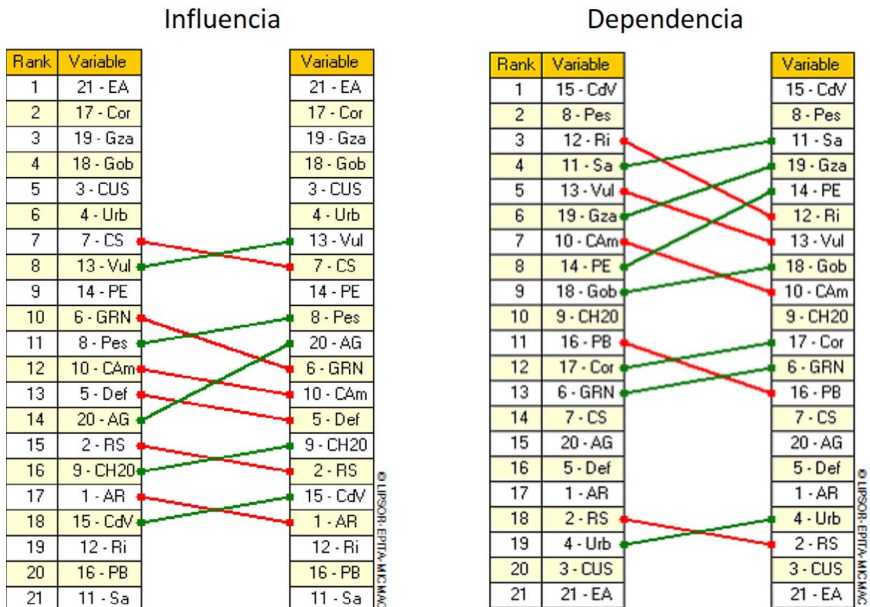


Figura 4 • Clasificación de las variables en función de su influencia y dependencia. Las columnas I y II muestran la relevancia de las variables en función de su influencia (I-directa y II-indirecta) y las columnas III y IV con respecto a su dependencia (III-directa y IV-indirecta).

Fuente: Elaboración propia.

En términos de influencia, ambas matrices (MID y MII) son idénticas hasta la sexta variable, por la intensidad de las relaciones que implica valores altos (3) en su ponderación que no cambian al calcularse indirectamente; se generaron cambios a partir de la séptima hasta la décimo octava; las tres últimas variables mantienen el mismo orden. Por el contrario, en las relaciones de dependencia se generaron mayores cambios entre variables, sólo se mantuvieron las primeras dos (calidad de vida y pesca). La tercera variable (riesgo) desciende hasta el sexto lugar en las relaciones dependientes indirectas; las variables que presentan mayor valor de dependencia son salud, gobernanza y presión económica. El gráfico de influencias potenciales indirectas (Figura 5) resulta revelador por las relaciones que demuestra.

A diferencia de las relaciones generadas en la MID, en la Matriz de Impactos Potenciales (MIP), la relación de influencia más fuerte es la de educación ambiental sobre calidad de vida. Es decir, la educación ambiental, tras impactar variables como vertimiento de aguas residuales, residuos sólidos, gobernanza, capital social y deforestación, termina con una influencia muy fuerte sobre calidad de vida. Cuando analizamos las relaciones indirectas, la corrupción se convirtió en una variable que influye sobre todas las demás, pero ya no mostró dependencia. Por tanto, la corrupción impacta calidad de vida, capital social, gobernanza, pesca, riesgo, salud,

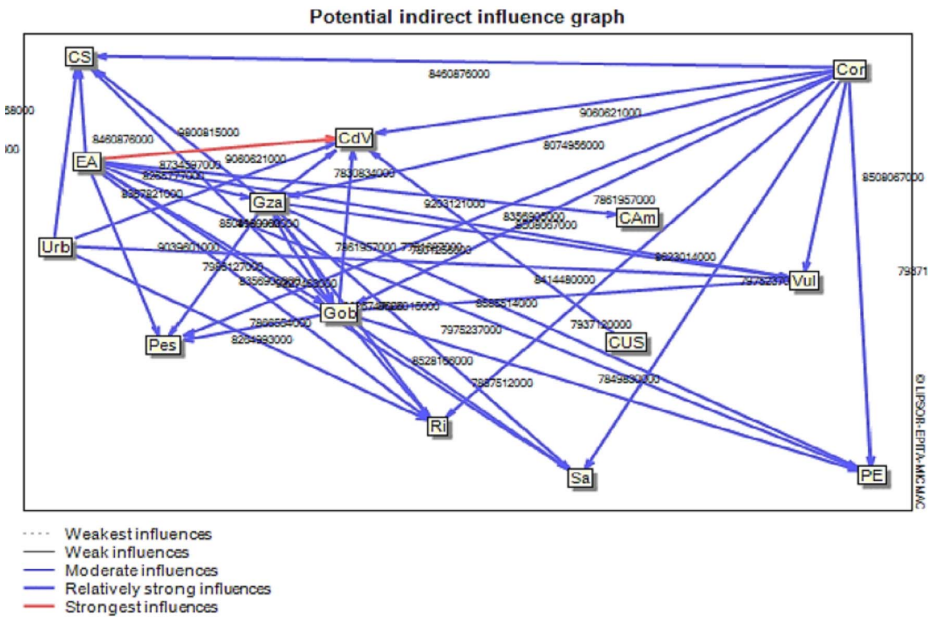


Figura 5 • Gráfico de influencia potencial indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

vulnerabilidad y presión económica. También destacaron las siguientes relaciones de dependencia:

- Pesca se vuelve dependiente de educación ambiental, corrupción, gobernanza y gobernabilidad.
- Riesgo se ve impactado por procesos urbanísticos, gobernanza, corrupción y educación ambiental.
- Presión económica depende de educación ambiental, gobernabilidad, gobernanza y corrupción.

Discusión

El análisis socioambiental del socioecosistema Laguna de Tres Palos nos condujo a hallazgos importantes, discutidos en este apartado.

El resultado de las relaciones directas e indirectas entre las variables y los análisis obtenidos de MICMAC, nos permitió evidenciar que el deterioro ambiental en el sistema lagunar tiene su origen en la corrupción de autoridades y en la débil gobernanza y gobernabilidad que prevalecen en la subcuenca (alta, media y baja), que se traducen en lo siguiente: (a) una insuficiente provisión de servicios públicos urbanos y rurales (recolección de basura y tratamiento de aguas residuales); y (b) insuficiente vigilancia y aplicación de la ley (cambios de uso de suelo, procesos urbanísticos fuera de la norma y respeto de vedas para la pesca), lo que se identifica con los resultados de Galán Castro et al. (2021).

El impacto antropogénico, como la sobreexplotación pesquera, asociada con la deficiencia de políticas de manejo es un problema que también se ha identificado en la laguna de Venecia (D'Alpaos & D'Alpaos, 2021); en la laguna de Szczecin (Inácio et al., 2018); y las lagunas del norte de África (El Mahrad et al., 2020). Estos sistemas costeros son similares a la Laguna de Tres Palos porque el crecimiento urbano desmedido en la cuenca media y baja, así como otras actividades antrópicas han ocasionado el deterioro ambiental del sistema y, con ello, la disminución en la provisión de servicios ecosistémicos. Además, las omisiones por parte de la autoridad y las acciones de la sociedad también son la causa de la contaminación que enfrenta el sistema.

Sin embargo, este deterioro es reversible, los resultados del método MICMAC realizan una aproximación de cómo se puede incidir en el sistema para contrarrestar el deterioro; nos permiten señalar a la educación ambiental como una variable esencial para el cambio. La cohesión y fortaleza en la dimensión social incrementa la capacidad del socioecosistema de adaptarse o generar los cambios necesarios para su permanencia (Folke

et al., 2005; Galán Castro et al., 2021). La figura 6 muestra el conjunto de relaciones resultantes.

Los actores entrevistados y los participantes en el taller coincidieron en que las causas principales del deterioro ambiental de la Laguna de Tres Palos son los residuos sólidos y las aguas negras vertidos a lo largo de la subcuenca y arrastradas por el río La Sabana, aunado a los procesos antrópicos que tienen lugar en los márgenes de la laguna (Juárez et al., 2019). Esto se debe a la precaria presencia de las instituciones encargadas de la provisión de servicios públicos.

Asimismo, las personas señalaron que no hay una vinculación entre las instituciones municipales, estatales, federales y las comunidades rurales de pescadores. A pesar de la existencia de aparatos burocráticos, como el Consejo de Cuenca administrado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), integrado por diversos actores, su incidencia en la zona no es visible y los pescadores entrevistados señalan un desconocimiento de la existencia de éste y apatía por parte de las instituciones de los tres órdenes de gobierno, o bien, se asocian a actos de corrupción (Galán Castro et al., 2021). Es necesario, en la medida de lo posible, generar una participación comunitaria tendiente a lograr una gobernanza integral de la cuenca, mediante la generación de estructuras sociales que se asuman como parte del problema y de la solución, sólo así podrían generarse los cambios necesarios para detener el deterioro del socioecosistema y mantener sus servicios, sobretudo, la pesca tan valorada como actividad preponderante en la zona.

El enfoque socioecosistémico complejo nos permitió confirmar las interacciones complejas y fuertes entre la economía, la sociedad y el ambiente de los sistemas lagunares, y la necesidad de dilucidar las acciones integrales a seguir para mitigar el deterioro ambiental agudizado por el cambio climático y las actividades antrópicas. Otros estudios han coinci-

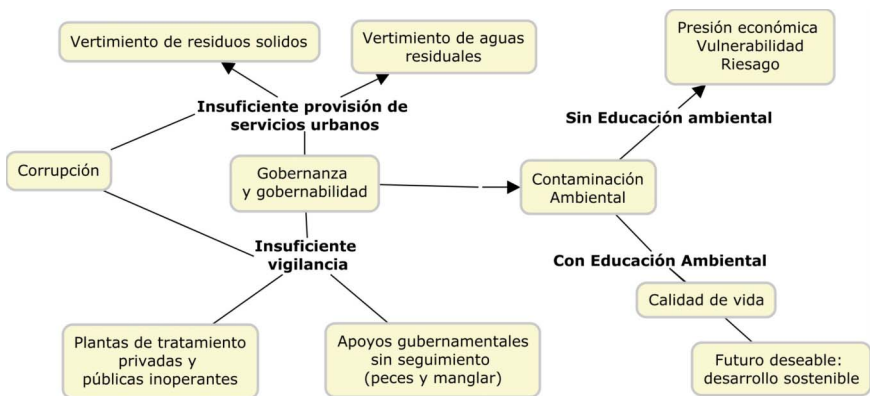


Figura 6 • Origen del problema ambiental de la Laguna de Tres Palos. Fuente: Elaboración propia.

dido en la necesidad de valorar a las lagunas como sistemas únicos que requieren atención integral e interdisciplinaria (D'Alpaos & D'Alpaos, 2021; El Mahrad et al., 2020; Inácio et al., 2018).

Estudios previos (Alaye et al., 2013; Rosas-Acevedo et al., 2016; Violante-González et al., 2016) señalan el deterioro en la dimensión ecológica. Las respuestas sugeridas y comúnmente realizadas son la construcción de más plantas de tratamiento, jornadas de limpieza ocasionales, apoyos para motores y redes para los pescadores. Sin embargo, el problema socioambiental trasciende estas soluciones tradicionales. Nuestro estudio evidencia que la corrupción, asociada a la débil gobernanza y gobernabilidad son en esencia las causas del deterioro. La educación ambiental se perfila como una herramienta para la concientización y empoderamiento de las comunidades pesqueras, tal como lo refiere Galán Castro et al. (2021). Si un mayor número de personas adquirieran educación o conciencia ambiental, sería posible generar empatía con el resto de los habitantes de Acapulco y construir canales de comunicación con las autoridades, para explorar nuevas formas de gestión y gobernanza que disminuyan la corrupción.

Folke et al. (2005) y Pérez-Ruzafa et al. (2019) señalan la importancia de la dimensión social y cómo pequeños cambios en los procesos antrópicos generan grandes cambios en la dimensión ecológica, pero al no tener continuidad, los logros se desvanecen. Estos cambios aproximan al socioecosistema al logro de la sostenibilidad (Holling, 2001).

Conclusiones

Este estudio contribuyó a fortalecer el conocimiento del socioecosistema Laguna de Tres Palos y a comprender su complejidad. La utilización del método de análisis estructural con enfoque socioecosistémico nos permitió establecer las interacciones directas e indirectas de las variables determinadas, una brecha poco explorada en este tipo de investigaciones; también contribuyó a diferenciar un subsistema externo (entorno global) que impacta e incide en la dinámica del sistema interno (Laguna de Tres Palos).

Evidenciamos las relaciones de influencia y dependencia entre aspectos como la corrupción y la debilidad de la gobernanza, la gobernabilidad y el capital social, lo que a su vez, conlleva a la vulnerabilidad y la presión económica; así como la contaminación ambiental, que genera pérdida de la biodiversidad, afecta la pesca, la calidad de vida, la salud, y lleva a situaciones de riesgo.

Sugerimos que, para evitar que el sistema Laguna de Tres Palos llegue al colapso, futuras investigaciones debieran profundizar en las interacciones del pasado que han configurado el presente; explorando la manera de

prever su comportamiento en los próximos años. Es necesario construir escenarios prospectivos que visualicen el futuro de las comunidades colindantes, para generar conciencia sobre las graves consecuencias ambientales, sociales y económicas que impactarán tanto al cuerpo de agua como a la dinámica poblacional.

De igual forma, es conveniente que futuras investigaciones incluyan a actores sociales de toda la zona perimetral (urbana y rural) de la laguna, para tener una visión integral del problema socioambiental que se enfrenta y una mejor toma de decisiones.

Consideramos necesario construir una propuesta de gestión socioambiental con el enfoque de la sostenibilidad, integrando a los diversos sectores (endógenos y exógenos), así como a los actores locales, agentes privados y los tres niveles de gobierno.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CONACYT el financiamiento otorgado a Lissette Juárez Islas mediante el programa de becas nacionales (CVU 429972), así como al Laboratorio de Análisis Químico Ambiental del Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero.

LISSETTE JUÁREZ ISLAS

Es becaria CONACYT del doctorado en Ciencias Ambientales, en el Centro de Ciencias del Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. Tiene una maestría en Turismo por la UAGro. Sus líneas de investigación son la geografía ambiental y la sustentabilidad.

Información de contacto: Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Privada de Laurel No. 13 Col. El Roble, C.P. 39640, Acapulco, Guerrero, México. Teléfono: 7445869920. lji_27@hotmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7646-7243>

COLUMBA RODRÍGUEZ ALVISO

Es profesora-investigadora del doctorado en Ciencias Ambientales en el Centro de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. Se graduó de la Universidad Nacional Autónoma de México con un doctorado en Geografía. Es líder del cuerpo académico "Innovación y Sostenibilidad Educativa" (consolidado). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1). Sus temas de interés incluyen la geografía ambiental, la sustentabilidad y la educación ambiental para la sustentabilidad.

Información de contacto: Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Privada de Laurel No. 13 Col. El Roble, C.P.

39640, Acapulco, Guerrero, México. Teléfono: 7471623612. columbaalviso@uagro.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9600-8776>

JOSÉ LUIS APARICIO LÓPEZ

Es profesor-investigador del doctorado en Ciencias Ambientales en el Centro de Ciencias de Desarrollo Regional de la Universidad Autónoma de Guerrero. Es doctor en Ciencias Ambientales por la UAGro. Pertenece al cuerpo académico “Innovación y Sostenibilidad Educativa” (consolidado). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1). Sus temas de interés incluyen la sustentabilidad, la educación ambiental para la sustentabilidad y la transversalidad curricular del medio ambiente.

Información de contacto: Centro de Ciencias de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Privada de Laurel No. 13 Col. El Roble, C.P. 39640, Acapulco, Guerrero, México. Teléfono: 7442077443. joselopez@uagro.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4586-6954>

SALVADOR VILLERÍAS SALINAS

Es profesor-investigador de la maestría en Geografía y Gestión Territorial en el Centro de Investigación y Posgrado en Estudios Socioterritoriales de la Universidad Autónoma de Guerrero. Se graduó de la Universidad Nacional Autónoma de México con un doctorado en Geografía. Es líder del cuerpo académico “Geografía y Desarrollo Territorial Sostenible”. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 1). Sus temas de interés incluyen la geografía de la pesca, vulnerabilidad socioeconómica y ordenamiento.

Información de contacto: Centro de Investigación y Posgrado en Estudios Socioterritoriales, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Priv. Bahía 31, Las Playas, 39390 Acapulco de Juárez, Guerrero, México. Teléfono: 7471723326. svilleras@uagro.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7684-9137>

MIRNA CASTRO BELLO

Es profesora-investigadora del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chilpancingo. Se graduó de la Universidad Autónoma de Guerrero con un doctorado en Ciencias Ambientales. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel Candidato). Sus temas de interés incluyen estadística aplicada, nuevas tecnologías aplicadas a la sustentabilidad y educación ambiental para la sustentabilidad.

Información de contacto: Instituto Tecnológico de Chilpancingo. Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Fracc. Villa Moderna, 39090 Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México. Tel.: 7474992979. mircastrob@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0826-5535>

REFERENCIAS

- Alaye R., N., Klimek, G., Romero, C., & Almazan, J. (2003). Estudio ecológico de la Laguna de Tres Palos, Acapulco, Guerrero: Hidroquímica y productividad de la laguna y de su sistema acuático. In E. Espino, M. A. Carrasco, E. G. Cabral, & M. Puente, (Eds.), *Memorias del II Foro Científico de Pesca Ribereña* (pp. 133–134). Colima: SAGARPA, INP, CRIP-Manzanillo. <https://inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Memorias/2003-II-Foro-Cientifico-de-Pesca-Ribereña-en-Colima.pdf>.
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., & Roubelat, F. (2004). *Análisis estructural con el método MICMAC, y estrategias de actores con el método MACTOR*. Argentina: Laboratorio de Investigación en Prospectiva y Estrategia (LIPS).
- Astigarraga, E. (2016). Prospectiva estratégica: orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica. *Revista Centroamericana de Administración Pública* 71, 13–29. doi:10.35485/rcap71_1.
- Ballesteros, D. P., & Ballesteros, P. P. (2008). Análisis estructural prospectivo aplicado al sistema logístico. *Scientia et Technica* 14(39), 194–199. <https://www.reDALYC.org/pdf/849/84920503035.pdf>.
- Cely, A. V. (1999). Metodología de los escenarios para estudios prospectivos. *Ingeniería e Investigación* 44, 26–35. doi:10.15446/ing.investig.n44.21296.
- D'Alpaos, C., & D'Alpaos, A. (2021). The valuation of ecosystem services in the Venice lagoon: A multicriteria approach. *Sustainability* 13(17), 9485. <https://doi.org/10.3390/su13179485>.
- De la Lanza, G., Alcocer-Durand, J., Moreno-Ruiz, J. L., & Hernández-Pulido, S. P. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos Guerrero, México. *Hidrobiológica* 18(1), 21–30. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972008000100003.
- Dema, C. M., & Barberá, T. (2010). La independencia de los resultados del análisis estructural Matrice d'Impacts Croisés Multiplication (MICMAC) respecto del orden en que se colocan las variables para la construcción de la Matriz de Relaciones Directas. En *Proceedings of 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XIV* (pp. 1659–1669). Donostia-San Sebastián. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3929345>.
- Dimas, J. J., Ortiz, D. D., & Ortega, G. O. (2019). Enfermedades detectadas por la utilización del agua en las lagunas: Tres Palos, Puerto Marqués y Pie de la Cuesta. En J. Gasca & S. R. Serrano (Coords.), *Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo nacional* (Vol. II) (pp.1–13). UNAM. <http://ru.iiec.unam.mx/4692/>.
- El Mahrhad, B., Abalansa, S., Newton, A., Icely, J. D., Snoussi, M., & Kacimi, I. (2020). Social-environmental analysis for the management of coastal lagoons in North Africa. *Frontiers in Environmental Science* 8 (37), 1–17. doi:10.3389/fenvs.2020.00037.
- 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>.

- Galán Castro, E. A., Rodríguez Herrera, A. L., & Rosas-Acevedo, J. L. (2021). Gobernanza hídrica como securitización socioambiental en la subcuenca La Sabana-Tres Palos, Acapulco. *Regions and Cohesion* 11(1), 49–72. <https://doi.org/10.3167/reco.2021.110104>.
- García, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Godet, M. (1997). *Manuel de prospective stratégique* (Vol. 1). Dunod.
- Godet, M., & Durance, P. (2007). *Prospectiva estratégica: problemas y métodos* (2nd ed.). Cuadernos de LIPSOR. Paris: Ed. Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique.
- Holling, C. S. (2001) Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4 (5), 390–405. <http://www.jstor.org/stable/3658800>.
- Inácio, M., Schernewski, G., Nazemtseva, Y., Baltranaite, E., Friedland, R., & Benz, J. (2018). Ecosystem services provision today and in the past: a comparative study in two Baltic lagoons. *Ecological Research* 33(6), 1255–1274. doi:10.1007/s11284-018-1643-8.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Presentación de resultados. Guerrero. Censo de Población y Vivienda 2020*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_gro.pdf.
- Juárez, L., Rodríguez, C., Castro, M., Aparicio, J. L., & Marmolejo, C. V. (2019). Prospectiva ambiental para la Laguna de Tres Palos, Municipio de Acapulco, Guerrero, México. In *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city"* (pp. 1–15). Barcelona: UPC. <https://doi.org/10.5821/ctv.8610>.
- Lara-Lara, J. R., Arreola-Lizárraga, J. A., Calderón-Aguilera, L. E., CamachoIbar, V. F., De la Lanza-Espino, G., & Escofet, A. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. In CONABIO, *Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad* (Vol. I, pp. 109–134). CONABIO.
- Meadows, D. H. (2009). *Thinking in systems: A primer*. Sterling, VA.
- Medina-Galván, J., Audelo-Naranjo, J. M., & Arreola-Lizárraga, J. A. (2019). Importancia del monitoreo de procesos biogeoquímicos en lagunas costeras: Área Natural Protegida estero El Soldado como estudio de caso. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 27(77), 12–18. <https://www.redalyc.org/journal/674/67459697002/html/>.
- Mendoza, M., Martínez, A., Espinosa, M., Peralta, O., & Castro, T. (2013). Caracterización de dos lagunas del Pacífico tropical mexicano en relación con el contenido de carbono y la captura y emisión de CH₄ y CO₂. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29(2), 145–154. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/29844>.
- Morales, B., Aliste, E., Neira, C. I., & Urquiza, A. (2019). La compleja definición del problema socioambiental: Racionalidades y controversias. *MAD* 40, 43–51. <https://doi.org/10.5354/0719-0527.2019.5483410.5354/0719-0527.2019.54834>.
- Newton, A., Brito, A. C., Icelly, J. D., Derolez, V., Clara, I., Angus, S., Schernewski, G., Inácio, M., Lillebø, A. I., Sousa, A. I., . . . Khokhlov, V. (2018). Assessing,

- quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *Journal for Nature Conservation* 44, 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.02.009>.
- Ortiz, F. (2014). Caracterización de la contaminación de la Laguna de Tres Palos, municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, una consecuencia del desarrollo habitacional e industrial desordenado. (Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Guerrero). UAGRO. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/300>.
- Padedda, B. M., Pulina, S., Satta, C. T., Lugliè, A., & Magni, P. (2019). Eutrophication and nutrient fluxes in mediterranean coastal lagoons. In P. A. Maurice (Ed.), *Encyclopedia of water: Science, technology, and society* (pp. 1–16). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0161>.
- Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Marcos, M., & Marcos, C. (2020). Coastal lagoons in focus: Their environmental and socioeconomic importance. *Journal for Nature Conservation* 57, 125886. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125886>.
- Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Ruzafa, I.M., Newton, A., & Marcos, C. (2019). Coastal lagoons: Environmental variability, ecosystem complexity, and goods and services uniformity. In E. Wolanski, J. W. Day, M. Elliott, & R. Ramachandran (Eds.), *Coasts and estuaries* (pp. 253–276). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00015-0>.
- Rosas-Acevedo, J. L., Sánchez-Infante, A., Rosas-Acevedo, A. Y., Castañón, W., Sampedro, M. L., & Juárez, A. L. (2016). Aquatic insects at southeast of wetlands in the Tres Palos Lagoon, Acapulco, Guerrero, Mexico. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences* 25(1), 89–99. https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/2156.
- Senhadji-Navarro, K., Ruiz-Ochoa, M. A., & Rodríguez Miranda, J. P. (2017). Estado ecológico de algunos humedales colombianos en los últimos 15 años: Una evaluación prospectiva. *Colombia Forestal* 20(2), 181–191.
- Tregarot, E., Catry, T., Pottier, A., El-Hacen, E.-H. M., Sidi Cheikh, M. A., Cornet, C. C., Marechal, J. P., & Failler, P. (2021). Coastal protection assessment: A tradeoff between ecological, social, and economic issues. *Ecosphere* 12(2) 1–19. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3364>.
- Vannevel, R., & Goethals, P. L. M. (2021) Structural and contentual complexity in water governance. *Sustainability* 13(17), 9751. <https://doi.org/10.3390/su13179751>.
- Violante-González, J., Marquez-Silva, N. E., Monks, S., García-Ibañez, S., Pulido-Flores, G., Rojas-Herrera, A. A., & Flores-Rodríguez, P. (2016). Population dynamics of the acanthocephalan *Neoechinorhynchus brentnickoli* (*Neoechinorhynchidae*) in Pacific fat sleeper, *Dormitator latifrons*, from Tres Palos Lagoon, Guerrero, Mexico. *Invertebrate Reproduction & Development* 61(1), 34–40. [doi:10.1080/07924259.2016.1267044](https://doi.org/10.1080/07924259.2016.1267044).
- Zaucha, J., Davoudi, S., Slob, A., Bouma, G., van Meerkerk, I., Oen, A. M., & Breedveld, G. D. (2016). State-of-the-lagoon reports as vehicles of cross-disciplinary integration. *Integr Environ Assess Manag* 12(4), 690–700. <https://doi.org/10.1002/ieam.1802>.

.....

Socio-environmental analysis of Laguna de Tres Palos, Mexico: A socio-ecosystem approach

Abstract: The coastal lagoons have an important function in the regulation of the biogeochemical cycles and supply of natural resources for the entire region, which are highly valued by the population. Our research presents a socio-environmental analysis of the Tres Palos Lagoon, Guerrero, with a socio-ecosystem approach, based on a workshop to fill out the structural analysis matrix and an expert judgment. The information obtained was analyzed with the methods of structural analysis and the MICMAC tool. We identified the variables with the greatest influence and dependence on the system; environmental education stood out as a highly determinant, and quality of life, solid waste, social capital, and deforestation stood out as dependent variables. The findings indicate that the origin of the socio-environmental deterioration of the area lies in the corruption of the authorities and in weak governance and governability.

Keywords: complexity, environmental pollution, governance, lagoon ecosystem, MICMAC, wastewater

Analyse socio-environnementale de la Laguna de Tres Palos, Mexique : une approche socio-écosystémique

Résumé : Les lagunes côtières jouent un rôle fondamental pour la régulation des cycles géo biochimiques et pour les ressources naturelles régionales qui sont grandement valorisées par la population. Notre recherche présente une analyse socio-environnementale de la lagune de Tres Palos au Guerrero à partir d'une approche socio-écosystémique sur la base d'un atelier destiné à remplir une matrice d'analyse structurelle et une opinion d'expert. L'information obtenue fut analysée suivant les méthodes de l'analyse structurelle et l'outil MICMAC. Nous avons identifié les variables qui ont le plus d'influence et de dépendance sur le système ; l'éducation à l'environnement s'est avérée être un facteur déterminant, avec la qualité de vie, les déchets solides, le capital social et la déforestation comme variable dépendantes. Les résultats suggèrent que la cause première de la détérioration socio-environnementale dans la région réside dans la corruption des autorités et la faiblesse de la gouvernance et de la gouvernabilité.

Mots clefs : eaux résiduelles, complexité, pollution environnementale, lagune côtière, gouvernance, MICMAC

.....