



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“APLICACIÓN DEL PRINCIPIO PRECAUTORIO AL ÁREA NATURAL  
PROTEGIDA ESTATAL ARROYO MORENO, VERACRUZ, MÉXICO”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL

PRESENTA

LIC. SERGIO JOSÉ CHÁZARO MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS  
DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA

CODIRECTOR DE TESIS  
DR. ÁNGEL MORÁN SILVA

ASESORA  
DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO  
ASESORA  
DRA. ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMÁN

FEBRERO 2024, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, MÉXICO



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Boca del Río, Ver **23/ENERO/2024**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**SERGIO JOSÉ CHÁZARO MARTÍNEZ  
PASANTE DEL PROGRAMA MAESTRÍA EN  
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO, desarrollada por usted cuyo título es:

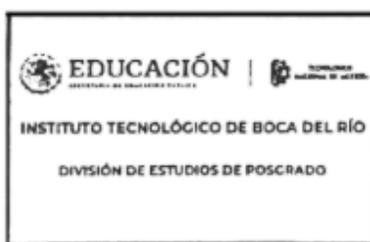
**“APLICACIÓN DEL PRINCIPIO PRECAUTORIO AL ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTATAL  
ARROYO MORENO, VERACRUZ, MÉXICO”**

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®  
Por nuestros mares responderemos*

**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN  
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



c.c.p. Coordinación del Programa MCIAMB  
c.c.p. Expediente



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.  
Tel. (229) 690 5010 ext. 1090 depi\_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Número Registro: A-01514-080822

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 10:00 horas del día 8 del mes de agosto de 2022 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

**"APLICACIÓN DEL PRINCIPIO PRECAUTORIO AL ÁREA NATURAL PROTEGIDA ESTATAL  
ARROYO MORENO, VERACRUZ, MÉXICO"**

Que presenta el (la) alumno(a):

**SERGIO JOSÉ CHÁZARO MARTÍNEZ**  
Aspirante al Grado de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental**

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

LA COMISIÓN REVISORA:

**DR. JESUS MONTOYA MENDOZA**  
Director

**DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO**  
Asesor

**DR. ANGEL MORAN SILVA**  
Co-Director

**DRA. ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMAN**  
Asesor



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.  
Tel. (229) 690 5010 ext. 1090 depi\_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx



Boca del Río, Ver., **23/ENERO/2024**  
Asunto: **CONSTANCIA DE  
NO INCONVENIENCIA**

**ING. VICTOR HUGO MUÑOZ ROBLEDO**  
**JEFE DEL DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**Presente.**

**AT N.LIC. SONIA CONCEPCIÓN SOLÍS SOLÍS**  
**GESTOR DE TITULACIÓN**  
**Presente.**

Por medio del presente, me permito hacer constar que el(a) candidato(a) a Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental C. **SERGIO JOSÉ CHÁZARO MARTÍNEZ**, de la generación enero 2022 – diciembre 2023 con número de control 22990012, cumplió con todos los requisitos para su liberación como tesista, mismos que incluyen la presentación del manuscrito final de tesis autorizado por su director de tesis **DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA** y el envío del artículo derivado de su tesis de grado a una revista indexada.

Por lo anterior no tengo inconveniente en que realice los trámites correspondientes para el acto recepcional para la obtención del grado de Maestro en Ciencias, en la fecha y hora que defina el candidato con su Director de tesis.

Sin otro particular y para los fines legales que corresponda, quedo de usted.

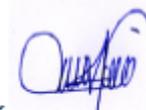
**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®  
Por nuestros mares responderemos*



**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIO DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Vo.Bo.



**DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA**  
**DIRECTOR DE TESIS**

c.c.p. Coordinador de MCIAMB  
c.c.p. Expediente



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.  
Tel. (229) 690 5010 ext. 1090 depi\_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx





**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Boca del Río, Veracruz, **02/FEBRERO/2024**

Asunto: **CESION DE DERECHOS Y NO PLAGIO**

#### H. CONSEJO DE POSGRADO

**PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO  
PRESENTE**

En la Ciudad de Veracruz, Veracruz a los 2 días del mes enero de 2024 El que suscribe Cházaro Martínez Sergio José por mi propio derecho y en calidad de autor de la tesis titulada: Aplicación del principio precautorio al Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México" (en lo sucesivo la "TESIS") manifiesto que cedo a título gratuito la totalidad de los derechos patrimoniales de autor que sobre ella me corresponden, a favor del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo el "TecNM"). Lo anterior en términos de los antecedentes y consideraciones siguientes:

- I. Que la presente cesión de derechos de la "TESIS" se transfiere en virtud de lo estipulado en los establecido en los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, sin reservarme acción legal de ningún tipo.
- II. Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que la "TESIS" es original, inédita y propia, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se está haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.
- III. Que la titularidad de derechos de autor de la "TESIS" en términos del artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor (reproducción, en todas sus modalidades, transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de explotación que de la "TESIS" se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer, son propiedad única y exclusiva del "TecNM", adquiriendo el derecho de reproducción en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de uso que de la "TESIS" se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. La cesión de derechos se realiza con carácter permanente e irrevocable.
- IV. El TecNM podrá exhibir la "TESIS" a través de cualquier medio, en cualquier parte del mundo, incluso ser modificada, comprendida, traducida y de cualquier forma explotada en su totalidad o parcialidad.
- V. Que no he otorgado, ni otorgaré por ningún motivo, consentimiento alguno para la utilización de la "TESIS" por cualquier medio y su materialización en productos o servicios de cualquier naturaleza, a favor de ninguna persona física o moral, distinta a el "TecNM".



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.

Tel. (229) 690 5010 ext. 113 depi\_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx |

bdelrio@tecnm.mx



2023  
Francisco  
VILLA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Boca del Río  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

- VI. Estoy enterado del contenido y alcance legal de la presente cesión de derechos, firmando al final del presente documento para su certificación.

Señalo como correo electrónico para recibir futuras notificaciones: [m22990012@bdelrio.tecnm.mx](mailto:m22990012@bdelrio.tecnm.mx)

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo

**ATENTAMENTE**

**Sergio José Cházaro Martínez**

NOMBRE Y FIRMA DEL ESTUDIANTE DE MAESTRIA

c.c.p. Archivo



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.  
Tel. (229) 690 5010 ext. 113 [depi\\_bdelrio@tecnm.mx](mailto:depi_bdelrio@tecnm.mx) | [tecnm.mx](http://tecnm.mx) |  
[bdelrio.tecnm.mx](http://bdelrio.tecnm.mx)



2023  
Francisco  
VILLA

**Como la música y el arte,  
el amor hacia la naturaleza  
es un lenguaje común  
que puede trascender fronteras  
políticas y sociales**

**(Jimmy Carter)**

## **Dedicatoria**

**A quienes me han apoyado e inspirado en esta travesía:**

**A mi esposa**

**A mis hijos**

**A mis padres**

**A mis hermanos**

**A toda mi familia**

**A mis maestros**

**A mis amigos y compañeros**

## **Agradecimientos**

Al gran arquitecto del universo, por permitirme contar con el apoyo incondicional en todo momento de grandes personas, ya que, sin él, nada de esto sería posible.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me fue otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Instituto Tecnológico de Boca del Río por permitirme estudiar el posgrado de la maestría en Ciencias de la Ingeniería Ambiental en sus instalaciones.

A mi Padre el Dr. Sergio Cházaro Olvera, por su apoyo incondicional su gran ayuda tanto profesional como personal en todos los ámbitos, sus consejos su guía y sobre todo por su enseñanza de vida que siempre me comparte, mi gran amigo.

A mi director de tesis el Dr. Jesús Montoya Mendoza, por su asesoraría, por la paciencia, el interés en el desarrollo del trabajo, en particular por su apoyo en la parte administrativa y por su amistad, que en conjunto con la Maestra Juana María Ruiz Ramírez me brindaron de manera incondicional durante la maestría y la realización del presente trabajo de tesis.

A mi codirector de tesis el Dr. Ángel Morán Silva, por su asesoramiento, ya que su experiencia permitió dar un enfoque propositivo para fundamentar la metodología durante la realización de la presente tesis.

A mis asesoras de tesis, las Dras. Fabiola Lango Reynoso y Rosa Elena Zamudio por darle forma y dirección desde el inicio al presente trabajo, por su amabilidad e interés para que todos sus alumnos lleguen con su formación y proyecto a buen puerto.

A mi madre Adelaida por su cariño, sus consejos y sus abrazos su apoyo incondicional.

A mi esposa Abi por su paciencia y apoyo, a mis hijos Santi y Bruno por su amor y paciencia.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos y experiencias, porque cada uno de ellos me formaron en esta grandiosa disciplina de la Ingeniería ambiental.

A los Señores Carlos Enríquez, Tomás Enríquez y Margarito Enríquez por su apoyo durante los viajes al Área Natural Protegida Arroyo Moreno, así como a los pescadores y prestadores de servicios de las cooperativas de Boca del Río que amablemente apoyaron en proveer de sus conocimientos de la historia del ANP Arroyo Moreno a través del tiempo.

A todos quienes participaron en la colecta de información y resolución de los cuestionarios.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
ANTECEDENTES.....	24
JUSTIFICACIÓN .....	31
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	32
HIPÓTESIS.....	32
OBJETIVOS.....	32
Objetivo General.....	32
Objetivos específicos .....	33
ÁREA DE ESTUDIO .....	33
MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
RESULTADOS.....	44
Cuestionarios .....	48
Servicios ecosistémicos: Sector científico.....	49
Servicios ecosistémicos: Sector social .....	51
Servicios ecosistémicos: Sector administrativo .....	53
Servicios ecosistémicos: comparación de sectores .....	55
Indicadores Principio precautorio: Sector científico .....	56
Indicadores principio precautorio: Sector social .....	61
Indicadores principio precautorio: Sector administrativo .....	66
DISCUSION .....	77
CONCLUSIONES.....	93
REFERENCIAS.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Items para obtener la información de los servicios ecosistémicos a través de cuestionario aplicado a los sectores científico, social y administrativo. Clasificación por temas propuesto por el INEGI (2023).	40
Tabla 2. Items para obtener la información sobre el principio precautorio a través de un cuestionario aplicado a los sectores científico, social y administrativo.	41
Tabla 3. Comparación de las proporciones de respuesta entre los sectores científico (SC), social (SS) y administrativo (SA). P, significancia.	71
Tabla 4. Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta de los recursos agua y suelo, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.	74
Tabla 5. Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta del recurso flora, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.	75
Tabla 6. Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta de los recursos fauna y cultural, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.	76

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio, Área Natural Protegida Arroyo Moreno (tomado de SEDEMA Veracruz 2022). En la imagen la ANP, está delimitada con una línea negra, en el interior se observa una línea azul que representa el estuario “Arroyo Moreno”.	36
<b>Figura 2.</b> Diagrama representativo entre las etapas del principio precautorio y la forma de obtener la información para cubrir cada una de ellas.	43
<b>Figura 3.</b> Principales zonas del ANPEAM que han sido afectadas por el cambio en el uso del suelo debido al crecimiento urbano (Flechas blancas).	44
<b>Figura 4.</b> Afectación del agua del Arroyo Moreno. A, desembocadura de drenaje directo proveniente de la colonia La Tampiquera; B, desembocadura del afluente “Dren B”; C, salida de gases en la zona de la Zamorana; D, cascada de la desembocadura del afluente proveniente de la Termoeléctrica Dos Bocas; E, Materia orgánica en muestreo de superficie; F, multiparamétrico con registros de baja concentración de oxígeno y alta concentración de materia orgánica.	45
<b>Figura 5.</b> Evidencia del crecimiento urbano y deforestación de manglar para la construcción de vivienda.	46
<b>Figura 6.</b> La fauna en particular del Arroyo Moreno se ha visto afectada por los cambios en la calidad del agua ocasionando en algunas temporadas altas mortalidades.	47
<b>Figura 7.</b> El ANPEAM presenta una dinámica hidrológica especial que le ha permitido permanecer para proveer de servicios ecosistémicos de educación, investigación y ecoturismo.	48
<b>Figura 8.</b> Percepción del sector científico sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.	50
<b>Figura 9.</b> Percepción del sector social sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.	52
<b>Figura 10.</b> Percepción del sector administrativo sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.	54
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 1 a 8.	56
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 9 a 15.	58
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 16 a 20.	60

- Figura 14.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 1 a 8. 62
- Figura 15.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 9 a 15. 64
- Figura 16.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 16 a 20. 65
- Figura 17.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 1 a 8. 67
- Figura 18.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 9 a 15. 69
- Figura 19.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 16 a 20. 70

## RESUMEN

La FAO conceptualiza al Principio Precautorio como el producto de la interacción dinámica de todos los elementos, objetos y seres vivos presentes en un lugar y que están sometidos a diversas influencias y acontecimientos, incluyendo los de origen antropogénico, tales influencias pueden estar ocasionando perturbaciones en el ambiente, por lo que es necesario determinar con datos objetivos las amenazas o afectaciones detectadas. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la información obtenida a través de visitas al área natural y la percepción de los sectores científico, social y administrativo que tienen conocimiento o relación con el área a través de la aplicación de encuestas estandarizadas que fundamentaron la aplicación del Principio Precautorio al Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno. La información cubrió 5 etapas: 1, Identificar la posible amenaza y caracterizar el problema; 2, Identificar lo que se sabe y lo que no se sabe sobre la amenaza; 3, Reformular el problema en cuanto a lo que se debe lograr; 4, Evaluar las alternativas para determinar para establecer la forma más segura y limpia de realizar las actividades; 5, Determinar el curso de acción. Fue posible a través de visitas a los sistemas terrestres y acuático realizar las observaciones sobre el estado actual del ANPEAM, de tal manera que se identificaron las amenazas de acuerdo con la primera etapa del principio precautorio. Tanto los indicadores de los servicios ecosistémicos como los establecidos propiamente para la fundamentación que determinaron la aplicación del principio precautorio fueron útiles para cubrir la segunda y tercera etapa del principio precautorio. Después de la identificación de la presión y estado de los recursos del ANPEAM a través de la información obtenida por la percepción de los sectores científico, social y administrativo sobre de servicios ecosistémicos e indicadores del mismo principio precautorio fue posible determinar la respuesta basados principalmente en las Normas Oficiales Mexicanas y la LEGEPA, determinando que debe aplicarse de manera inmediata el Principio Precautorio para regularizar las descargas de agua residuales urbanas que incrementan la concentración de materia orgánica, producen gases y disminuyen la concentración de oxígeno disuelto, detener el cambio del uso del suelo y el proceso de deforestación del manglar ya que las especies ahí encontradas se encuentran en la categoría de amenazadas.

**Palabras clave:** Fundamentación precautoria; afectación ambiental; pérdida de biodiversidad; legislación ambiental mexicana.

## ABSTRACT

The FAO conceptualizes the Precautionary Principle as the product of the dynamic interaction of all the elements, objects and living beings present in a place and that are subject to various influences and events, including those of anthropogenic origin, such influences may be causing disturbances in the environment. So, it is necessary to determine with objective data the threats or effects detected. The objective of this study was to analyze the information obtained through visits to the natural area and the perception of the scientific, social, and administrative sectors that have knowledge or relationship with the area through the application of standardized surveys that based the application of the Principle Precautionary to the Arroyo Moreno State Protected Natural Area. The information covered 5 stages: 1, Identify the possible threat and characterize the problem; 2, Identify what is known and what is not known about the threat; 3, Rephrase the problem in terms of what must be achieved; 4, Evaluate the alternatives to determine to establish the safest and cleanest way to carry out the activities; 5, Determine the course of action. It was possible through visits to the terrestrial and aquatic systems to make observations on the current state of ANPEAM, in such a way that threats were identified in accordance with the first stage of the precautionary principle. Both the indicators of ecosystem services and those established for the foundation that determined the application of the precautionary principle were useful to cover the second and third stages of the precautionary principle. After identifying the pressure and state of ANPEAM resources through the information obtained from the perception of the scientific, social and administrative sectors on ecosystem services and indicators of the same precautionary principle, it was possible to determine the response based mainly on the Mexican Official Standards and the LEGEEPA, determining that the Precautionary Principle must be immediately applied to regularize urban wastewater discharges that increase the concentration of organic matter, produce gases and decrease the concentration of dissolved oxygen, stop the change in land use and the process of deforestation of the mangrove since the species found there are in the threatened category.

**Key Word:** Precautionary grounds; environmental impact; loss of biodiversity; Mexican Environmental Legislation.

## INTRODUCCIÓN

Para abordar el enfoque precautorio es importante considerar la definición de medio ambiente propuesta por la FAO (2023), que establece que es un concepto ecológico resultado de la interacción dinámica los elementos, objetos y seres vivos presentes en un lugar y tiempo, que están sometidos a diversas influencias y sucesos, incluyendo los de origen antropogénico. Tales sucesos pueden ocasionar perturbaciones en el ambiente, por lo que es necesario determinar con datos objetivos las amenazas o impactos detectados. Al respecto, es necesario contar con una metodología sistematizada para la aplicación del enfoque precautorio y así obtener los datos reales y objetivos que fundamentarán la aplicación de dicho proceso (Raffensperger y Tickner, 1999).

El enfoque precautorio tiene su origen en Alemania en 1930, cuando se determina la importancia de sistematizar el análisis de la interacción entre la sociedad y el medio ambiente, de tal manera que comienza a establecerse la necesidad de tener precaución cuando por diversas causas se modifica el medio ambiente, se determina que es fundamental, la participación del Estado quien se encargará de favorecer el proceso de resiliencia del medio ambiente (Boehemer, 1994).

Es importante mencionar que la primera ocasión en que se utiliza el concepto del principio de precaución fue en los años 1970 con el *Vorsorgeprinzip* en el campo del derecho alemán sobre el ambiente (Cafferatta, 2004). Ahora bien, el término de resiliencia ecológica a lo cual se pretendería llegar después de la aplicación del principio precautorio, consiste en la capacidad de un sistema natural para absorber

los efectos de cambio natural o antropogénico, para reorganizarse y adaptarse al nuevo contexto manteniendo la misma configuración y funciones que antes de la perturbación (Enel, 2023).

El principio precautorio quedó establecido en la Declaración de Río (1992) sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, donde se menciona que: con el propósito de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

El principio precautorio es un tema que ahora se aborda continuamente en el análisis sobre la protección del ambiente, siendo considerado frecuentemente en problemáticas referentes a la salud humana, sobre todo en las relacionadas con la seguridad alimentaria (Casagrande, 2002).

Autores como Facciano (2001) y Andorno (2002) indican que tres elementos son los que caracterizan el principio de precaución: a) **la incertidumbre científica**; b) **la perspectiva o evaluación del riesgo de producción de daño**; c) **el nivel de gravedad del daño debe ser grave e irreversible**. Así mismo, Kemelmajer de Carlucci (2001), menciona que el principio precautorio debe aplicarse para garantizar los derechos humanos, siguiendo la inferencia de que suceda un daño irreversible, aún en un plazo muy largo. Es por lo anterior que se establece que la

aplicación de anticipación es necesaria cuando la amenaza provocará daños graves e irreversibles cuyas afectaciones se extiendan en espacio y tiempo.

Un enfoque interesante sobre la sistematización del principio precautorio es el planteado en el algoritmo propuesto por Raffensperger y Tickner (1999), quienes consideran que: *Incertidumbre científica + sospecha de daño = acción precautoria*. La incertidumbre proviene del desconocimiento (por lo que es necesario incrementar la información, obtener los datos objetivos) y, por otra parte, el daño debe ser potencialmente serio (en superficie o volumen o períodos de tiempo), irreversible y acumulativo.

Así la acción precautoria debe ser anticipatoria, cuyos componentes son: 1) tomar acción precautoria antes de la evidencia científica de la causa y el efecto, 2) establecer metas, 3) buscar alternativas a las prácticas dañinas, 4) determinar la carga financiera de la prueba al investigar, informar, actuar y fiscalizar y 5) implementar criterios y métodos de participación democráticos en la de toma de decisiones (Artigas, 2001).

La afirmación en nuestra Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2023), sobre el derecho a vivir en un medio ambiente sano debe fortalecerse como un derecho en todos los países. En México afortunadamente se han realizado una serie de reformas que han permitido la ampliación en la regulación sobre el cuidado del medio ambiente a través de la explicitación en la Constitución (Revuelta, 2002).

Considerando el párrafo anterior debemos mencionar los siguientes artículos de nuestra carta magna y su explicitación sobre el cuidado del medio ambiente:

Artículo 1º: debido a que, al reconocer que “todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2023) y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte”, integra parte del cuerpo del derecho internacional ambiental al derecho interno.

Artículo 2º: prevé los derechos de los pueblos y comunidades indígenas a conservar y preservar su hábitat, así como una mención a la obligación estatal de apoyar el desarrollo sostenible de estos pueblos.

Artículo 3º: contempla al medio ambiente entre los contenidos de los planes y programas de estudio.

Artículo 4º: reconoce expresamente el derecho humano a un medio ambiente sano, adecuado para el desarrollo y bienestar humano, formulado en clave antropocéntrica. Dispone la obligación de reparación para quien provoque daño ambiental; y considera el derecho de acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico suficiente, salubre, aceptable y asequible.

Es necesario enfatizar que, el Artículo 1 párrafo tercero y Artículo 4 párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2023) contempla la

adopción de medidas eficaces ya sea de acción o de abstención en función de los costos, para impedir la degradación del ambiente, teniendo como elementos del principio precautorio los siguientes: i) la dimensión inter temporal; ii) la falta de certeza científica absoluta del riesgo ambiental; iii) los riesgos tendrán que ser graves e irreversibles; y iv) la inversión de la carga de la prueba al infractor.

Por otro lado, el principio de precaución es contemplado en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) (2023) ya que en su Artículo 26 se establece el principio ambiental de precaución relativo, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, y retoma que la falta de total certidumbre científica (por escasa información), no es causal para no proponer medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático; específica que se entiende la mitigación como aplicación de políticas y acciones para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero y la adaptación como las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales.

Otros artículos que deben tomarse en consideración para la aplicación del principio precautorio son:

Artículo 17: contempla los mecanismos para la tutela judicial del derecho ambiental sano a través de las acciones colectivas.

Artículo 25: fija el principio en la rectoría estatal de la economía, así como el otorgamiento de apoyos y estímulos a los sectores social y privado, los cuales en este caso pueden ser utilizados para el cuidado o rescate del medio ambiente.

Artículo 27: establece el derecho originario de la nación de imponer a la propiedad las modalidades que dicte el interés público, así como de regular en beneficio social los “elementos naturales” para su conservación. Para tal efecto, prevé el establecimiento de “adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques”, a fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Además, prevé que la explotación, uso y aprovechamiento de los bienes naturales propiedad de la nación, no podrá realizarse sino mediante las concesiones reguladas por las normas previstas.

De acuerdo con el artículo anterior, debe considerarse que las Áreas Naturales Protegidas son las herramientas más efectivas para conservar los ecosistemas, permitir la adaptación de la biodiversidad y enfrentar los efectos del cambio climático. De acuerdo con el Artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (2024), las Áreas Naturales Protegidas son zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables (CONABIO, 2023a).

Es importante mencionar que los servicios ecosistémicos son determinantes en la mitigación del cambio climático y proveen de recursos para nuestro bienestar, desde la participación en la polinización, control de la erosión, provisión de agua, proveer de materias primas y de alimentos. El sector forestal provee de oxígeno, captación

de agua, regulación del clima, madera y paisajes para la recreación. Así mismo, debe tomarse en cuenta que el 41% del territorio nacional está expuesto a los impactos del cambio climático y las Áreas Naturales Protegidas mitigan estos impactos, de ahí la importancia de conservarlas (CONABIO, 2023b).

En el estado Veracruz se localizan 6 de las 182 Áreas Naturales Protegidas de carácter federal: el Cofre de Perote, el Pico de Orizaba, el Cañón del Rio Blanco, el Sistema Arrecifal Veracruzano, los Tuxtlas y el Sistema Arrecifal Lobos– Tuxpan; además, cuenta con 26 ANP estatales, 600 Áreas Privadas de Conservación y 9 humedales RAMSAR (Agüero-Rodríguez et al., 2019).

Una de las ANP estatales con características muy particulares por ser periurbana es la declarada como Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Arroyo Moreno", con originalmente con alrededor de 287 hectáreas. Su declaratoria consideró en los apartados VII y VIII que en el afluente denominado "Arroyo Moreno" se localiza un ecosistema de manglar asociado con vegetación acuática en zonas inundables permanentes en las cercanías del arroyo y temporales hacia las partes más altas, que funciona como regulador del ciclo hidrológico y refugio de flora y fauna nativa (y migratoria), que posee valor recreativo y educativo. La vegetación del área se conforma con tres especies de árboles de manglar: mangle rojo, (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicenia germinans*), y el mangle blanco (*Conocarpus erectus*). Un factor muy importante para un manglar es el flujo de agua, el cual no debe ser alterado, debido a que un cambio en las corrientes afecta gravemente a los árboles de mangle. Cada una de las especies, soporta diferentes grados de

inundación, así como de salinidad. También su distribución en el ecosistema depende de las corrientes generadas por los cambios de las mareas, porque las plántulas requieren de las corrientes de agua para poder establecer en un lugar que le permita su implantación en el sustrato del bosque. Entre sus raíces pueden retener más tiempo los nutrientes que son arrastrados por las aguas continentales hacia el mar, y con esto los nutrientes permanecen por espacios mayores dentro de la zona continental; este proceso es el que permite en gran parte la ocurrencia de una gama de especies en "Arroyo Moreno" de tal manera que los bosques de manglar funcionan como zonas de protección, zona de alimentación y zona de reproducción para crustáceos, mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces (Gaceta Oficial, 2008).

Considerando entonces que: 1) los manglares, son ecosistemas diversos que brindan servicios ambientales ya que son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, controlan la erosión y protegen las costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales tales como respuestas a cambios en el nivel del mar, mantienen procesos de sedimentación, son refugio de flora y fauna silvestre, poseen un alto valor estético, recreativo y de investigación (PROFEPA, 2023); 2) que el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno (ANPEAM) en una Zona sujeta a Conservación Ecológica con cobertura importante de manglar; 3) que el ANPEAM es un área periurbana con alta influencia antropogénica la cual ocasiona alta incertidumbre científica y riesgo

de daños ecológicos que pueden ser irreversibles, es que es importante la aplicación del principio precautorio.

## ANTECEDENTES

Sobre la zona de estudio en general se han publicado algunos trabajos tendientes a conocer y conservar el ecosistema perteneciente al Área Natural Protegida Arroyo Moreno.

Martínez-Gómez (1996) publicó la Guía de Campo Arroyo Moreno: su flora y su fauna, con el objeto de difundir la riqueza biológica de este lugar y su potencial ecoturístico, en este trabajo el autor contribuye con la difusión de la riqueza biológica del ANPEAM destacando su potencial ecoturístico, además, menciona diversas estrategias dirigidas a la recuperación de un ecosistema degradado, estas estrategias pueden ser: la restauración, la rehabilitación, el saneamiento, el reemplazo y el recubrimiento vegetal, mencionando que el “recubrimiento vegetal” con especies nativas, consiste en favorecer los procesos, la sucesión vegetal, la productividad del suelo y la incorporación de nutrientes, mediante los cuales se permita la resiliencia del sistema.

El Gobierno del Estado de Veracruz (Gaceta, 1999) decretó como área natural protegida (ANP) –bajo la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica– se determinaron alrededor de 287 ha de manglar, ubicadas en los municipios de Boca del Río y Medellín de Bravo, estableciendo en el Artículo XI, párrafo 2 "Que dado el potencial biológico presente en la zona propuesta como área natural protegida,

resulta de suma importancia el protegerla de las acciones presentes y futuras que podrían acarrear grandes problemas para las ciudades de Boca del Río y Veracruz, problemas que se podrían traducir en deterioro ecológico, si se persiste en utilizar las zonas de mangle como áreas de desarrollo urbano queriendo ignorar el papel fundamental de estos componentes naturales, que acarrearán por sí mismos beneficios para las comunidades circundantes. Por lo que es vital que el estero "Arroyo Moreno" sea declarado como área natural protegida sujeta a conservación ecológica, en términos de los artículos 48, 49, 50, 51 y 53 de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente".

Álvarez (2002), llevó a cabo el análisis de la cobertura del manglar del Arroyo Moreno durante un periodo de 40 años (1960-2000), utilizando un sistema de información geográfica (SIG). Obtuvo que en la década de los 60's la superficie de manglares era 376.51 ha y para el año 2001 la superficie fue de 207 ha, estimó que esto conlleva a una tasa de deforestación total de 4.2 ha por año.

Aguilar (2005), publicó una guía de interpretación ambiental, cuyo objetivo fue concientizar a la comunidad en general sobre la importancia biológica y económica de los manglares, tomando como base el manglar de Arroyo Moreno, menciona que el manglar es el único tipo de vegetación que fisiológicamente puede tolerar la inundación prolongada en sus raíces.

La Universidad Veracruzana (SEDESMA-CGMA-UV, 2006), a través del Centro de Ecología y Pesquerías junto con el municipio de Boca del Río, elaboraron un borrador del Programa de Manejo para el manglar de Arroyo Moreno. En la

presentación del documento se establece que este programa de manejo es la base para la elaboración del documento legal que será publicado en la Gaceta Oficial del Estado, cuyo contenido incluirá los lineamientos para el manejo del ANP, constituyéndose así, en el instrumento normativo sobre los usos del suelo del área. *Sin embargo, aún el plan de manejo no se encuentra operando.*

Garibay (2006), realizó una propuesta de desarrollo comunitario tendiente a la conservación del manglar Arroyo Moreno, la autora mencionó que el manglar Arroyo Moreno ha disminuido su área de extensión debido al aumento de la mancha urbana, con asentamientos humanos ilegales y aumento de áreas para ganadería principalmente. *Resaltan que el ANPEAM aún no tiene un plan de manejo operando* y que particularmente no existen programas definidos para la conservación y manejo del ecosistema. El área presenta problemas de contaminación por drenajes y desechos, sin embargo, aún se realiza pesca para venta y caza de algunas especies. Se realiza extracción de leña y se lleva a cabo el relleno de canales y orillas del manglar. En la zona existe marginación y pobreza, las viviendas son habitadas de cuatro a siete personas, lo que indica, además, hacinamiento. Por la cercanía del manglar, es muy posible que todas las aguas residuales lleguen a él. Dos terceras partes de los desechos sólidos, son quemados en el área lo que provoca alta contaminación.

Considerando el concepto del Principio Precautorio abordado en este trabajo y desde un enfoque deductivo, en diferentes sitios a nivel internacional y a algunos trabajos realizados en nuestro país, se muestran los siguientes antecedentes:

En el documento publicado por la UNESCO (2005) en el que se presentan dos casos como antecedentes que fundamentan la aplicación del principio precautorio relacionado con el ámbito de la salud. Uno de ellos toma en consideración la extracción y utilización del amianto (asbesto), en principio la ausencia de pruebas científicas concluyentes del daño que ocasionó durante varios años contribuyó a la demora con que se adoptaron medidas y se dictó la reglamentación sobre reducción de los riesgos. Un estudio en los Países Bajos calculó que una prohibición impuesta en 1965, cuando la hipótesis del mesotelioma causada por el amianto era plausible pero no estaba demostrada (incertidumbre), en vez de esperar hasta 1993 cuando el riesgo del amianto era ampliamente reconocido, habría salvado unas 34,000 víctimas y permitido ahorrar 19,000 millones de euros de costos de construcción por concepto de indemnización. Todo ello se calcula en un contexto de 52,600 víctimas y de 30,000 millones de euros de costos según las proyecciones del Ministerio de Salud de los Países Bajos para el periodo 1969–2030.

El segundo caso mencionado por UNESCO (2005), considera el trasplante de órganos de animales a los seres humanos, por ejemplo, el corazón de un cerdo. Los principales riesgos del xenotrasplante consisten en el peligro eventual de que se transmitan enfermedades infecciosas de un animal a un ser humano, dicha preocupación surge de la teoría científica de la zoonosis, que es ampliamente conocida como una de las empleadas para explicar el origen del virus VIH. En vista de las consideraciones mencionadas se concluyó que:

- a) Existe una significativa **incertidumbre** científica respecto a las posibles consecuencias infecciosas del xenotrasplante,
- b) Existen modelos con base científica que indican una posible **hipótesis de transmisión de daño** (zoonosis),
- c) Ese daño tal vez sea potencialmente importante y **difícil de atajar e incluso ser irreversible**
- d) El daño afecta a un valor esencial: la salud humana,
- e) Una vez que las enfermedades infecciosas se transmiten tal vez sea demasiado tarde para hacer algo al respecto, y
- f) No está comprobado científicamente que el xenotrasplante pueda dar lugar a nuevos virus para los seres humanos, pero
- g) No es viable reducir considerablemente la incertidumbre sin aumentar al mismo tiempo el riesgo de que el daño pueda sobrevenir, esto es, practicando xenotrasplantes.

En conclusión, cabe estimar que las siete condiciones constituyen elementos generales para aplicar el principio precautorio. Por consiguiente, las medidas de precaución son indicadas en ese caso.

En otro ámbito (pesquero), Omori (2023) realizó una importante contribución del principio precautorio sobre la biodiversidad de los ecosistemas costeros y oceánicos. El sesgo de investigación, que informa solo de aquellos resultados que están en línea con las expectativas, es una fuente de error. Los errores y las lagunas en el conocimiento científico, junto con las respuestas sorprendidas de los sistemas naturales al estrés ambiental, introducen **incertidumbre** en la evaluación del riesgo.

En conclusión, menciona Omori (2023) que las actividades humanas están agotando claramente los ecosistemas marinos reduciendo la biodiversidad. Los tratados y reglamentos de pesca vigentes hacen poco para abordar la disminución de la pesca, en tanto que ni los acuerdos y ni reglamentos sobre contaminación han puesto fin a la degradación de los hábitats marinos. A la luz de estas circunstancias, la introducción de un marco jurídico basado en el criterio precautorio es razonable y plenamente justificada.

Son pocos los trabajos en México sobre el principio precautorio. Algunos de ellos se han enfocado al análisis del recurso pesqueros de la sardina del Pacífico como el de Galindo-Cortes, (2011) quien consideró el riesgo y la **incertidumbre** relacionada con los cambios en las condiciones ambientales futuras en el Sistema de Corrientes de California en relación con la pesquería de sardina. Concluye que la estrategia del principio precautorio puede ser usada para el manejo de la pesquería considerando el control en el esfuerzo pesquero, así mismo, determinó que el análisis de riesgo es útil en la evaluación de la compleja pesquería de la sardina del Pacífico por su naturaleza fluctuante.

En otro ámbito, Muñoz, (2017) estudio el impacto que causa la Minera Buena Vista del Cobre en zonas aledañas a Cananea Sonora. Este autor, analiza que hay **incertidumbre**, pues existen estudios contradictorios en los niveles de metales pesados en zonas aledañas a la Minera Buena Vista del Cobre S.A. de C.V., tanto en el agua de los ríos contaminados como en el cuerpo de las personas afectadas y a pesar de ello, las autoridades no han adoptado medidas precautorias como:

realizar una evaluación del riesgo, alertar a la población sobre las incertidumbres que prevalecen con relación a la presencia de metales pesados en el agua y sus consecuencias, controlar la exposición al agua de los ríos contaminados, atender a las personas afectadas con tratamientos adecuados, etc. Se estimó que la falta de regulación del Principio de Precaución en la legislación ambiental generó que las autoridades inobservaran este principio en la atención a la emergencia ecológica responsabilidad de la Minera Buena Vista del Cobre S.A. de C.V. y que el Estado mexicano incumple sus compromisos internacionales en la aplicación del principio de precaución, pues su legislación y política ambiental es contraria y omisiva con respecto a este principio.

Anglés, (2018), analiza la utilización de plaguicidas y la afectación del medio ambiente y la salud en el país, en este estudio se considera que, en muchos casos, se desconocen los efectos negativos del uso de plaguicidas y de su manejo integral, pues al desecharse los envases éstos deben manejarse como residuos peligrosos, lo que requiere de un tratamiento especial; por lo anterior los riesgos relacionados con los plaguicidas son múltiples, y sus consecuencias pueden implicar la contaminación ambiental severa y la afectación irreversible en la salud humana. Así, resulta fundamental trabajar en la comunicación de riesgos asociada al uso de plaguicidas, así como en talleres de educación ambiental y en la aplicación del principio precautorio ante la falta de certeza científica (incertidumbre) sobre posibles daños graves e irreversibles por el uso de ciertos componentes químicos tóxicos, ello con el propósito de contribuir a la materialización del derecho humano a la salud y del desarrollo sustentable.

## JUSTIFICACIÓN

El Principio de Precaución, enunciado en diversos tratados y declaraciones internacionales tiene como objetivo exigir la adopción de medidas para evitar o reducir un riesgo sobre el cual prevalece incertidumbre científica, derivado de estudios contradictorios, falta de evidencias, falta de información y conocimiento, o bien porque la relación causa-efecto no ha podido demostrarse científicamente de manera incuestionable. Así, el Principio de Precaución está dirigido a proteger el medio ambiente, la vida y la salud, incluso ante la falta de pruebas sobre un daño grave. El principio debe aplicarse incluso antes de que se tengan pruebas objetivas del daño ambiental, especialmente si se trata de perjuicios a largo plazo o irreversibles. Dado lo anterior, es de suma importancia contar con información científica para no retardar la aplicación de medidas eficaces que impidan la degradación del medio ambiente. Así, se ha determinado que hay un posible daño por contaminación al ecosistema acuático del Arroyo Moreno, también la disminución en la cobertura vegetal en general y la cobertura de manglar en particular por la modificación del uso del suelo. Dado lo anterior, es que es importante e impostergable realizar estudios sobre el estado ambiental del Área Natural Protegida Arroyo Moreno, por lo que la aplicación sistematizada del principio precautorio proporcionará los elementos necesarios para: identificar la posible amenaza a través de evidencias observadas en el campo, aplicación de instrumentos de medición para reformular el problema y proponer alternativas de solución, plantear el curso de acción y establecer un programa de supervisión y seguimiento de estas propuestas.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La información obtenida de las observaciones directas en el campo, la información obtenida los sectores científico, social y administrativo (gobierno), servirá como base para proponer la aplicación del principio precautorio por las posibles alteraciones ambientales a los ecosistemas acuático y terrestre del Área Natural Estatal Protegida de Arroyo Moreno?

## HIPÓTESIS

Por la incertidumbre que se tiene sobre el conocimiento científico de los servicios ecosistémicos que presta un área natural protegida, la determinación de la amplitud, temporalidad y persistencia de las alteraciones ambientales a los ecosistemas acuático y terrestres del Área Natural Estatal Protegida de Arroyo Moreno se fundamenta la aplicación del principio precautorio a través de la identificación de la posible amenaza, lo que se sabe y lo que no se sabe sobre la amenaza (incertidumbre), la evaluación de las alternativas de respuesta a las alteraciones ambientales, la determinación de un curso de acción y la realización, supervisión y seguimiento.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar el grado conocimiento por visitas al área y de la información obtenida de los sectores científicos, social y gubernamental (incertidumbre) acerca de las posibles alteraciones ambientales que fundamenten la aplicación del principio precautorio y en consecuencia proponer alternativas de solución procedimentales y legales que

conduzcan a la reducción de dichas alteraciones ambientales del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno (ANPEAM).

## Objetivos específicos

- 1.- Analizar el estado actual del ANPEAM a través de visitas a los sistemas terrestres y acuático para Identificar las posibles amenazas y caracterizar el problema como parte de la primera etapa del principio precautorio.
2. Analizar la percepción que tienen los sectores científicos, social y administrativo (gobierno municipal) sobre los servicios ecosistémicos que presta el ANPEAM para fundamentar la aplicación sistematizada del principio precautorio.
3. Analizar la percepción de los sectores científicos, social y administrativo (gobierno municipal) a través de los indicadores del modelo de Tickner y Raffensperger (2022) para fundamentar la aplicación sistematizada del principio precautorio.
4. Proponer la aplicación de principio precautorio fundamentado en la legislación que considere a su vez la información de servicios ecosistémicos e indicadores del mismo principio precautorio, a través del modelo Presión-Estado-Respuesta.

## ÁREA DE ESTUDIO

Esta ANP posee una superficie decretada de 287-09-50 ha incluidas en la poligonal envolvente detallada en la Declaratoria del 25 de noviembre de 1999, bajo la

modalidad estatal de Zona Sujeta a Conservación Ecológica (Gobierno del Estado de Veracruz, 1999). Se localiza entre los 19° 05' y 19° 08' de latitud norte y los 96° 06' y 96° 09' de longitud oeste. Su gradiente altitudinal oscila desde el nivel del mar hasta cinco msnm (Aguilar, 2005) (Fig.1). Tiene una extensión actual aproximada de 287 ha, de las 400 que originalmente tenía, es una zona inundable cuando menos en una época del año (Garibay, 2006). La mayor parte del ANP se ubica dentro de los límites del municipio de Boca del Río, y una porción menor en el municipio de Medellín de Bravo. Colinda al norte con las colonias Miguel Alemán, Plan de Ayala y UGOCEP, al este con el fraccionamiento La Joya, Colonia El Morro, Graciano Sánchez y al sur con el Fraccionamiento La Tampiquera.

El Arroyo Moreno recibe agua dulce del río Jamapa y agua marina por los intercambios mareales con el golfo de México, el patrón mareal es de tipo mixto diurno. El canal de agua que se localiza dentro del área protegida sigue un curso de 11 Km de longitud, la columna presenta una profundidad promedio de 1.5 m, pero hay sitios con más de 3 m, en el fondo predominan sedimentos limosos; la corriente desemboca en el margen izquierdo del río Jamapa a unos 1300 m de la boca estuarina que se comunica al mar (López-Portillo et al., 2009). El clima es Cálido subhúmedo (Aw2) con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 mm y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

En cuanto a la edafología del sitio, la región presenta una gran variación de tipos de suelo, de un total de 6 tipos de suelo, los que presentan mayor predominancia son los de tipo Regozol y Vertisol. La zona está sujeta climáticamente a tres estaciones, la de frentes fríos que abarca de noviembre a marzo, con escasa precipitación, temperatura del aire baja y frecuentes llegadas de aire frío boreal; la estación de secas, de abril a junio y puede extenderse hasta agosto, con las mayores temperaturas, menor precipitación pluvial y volúmenes bajos de agua en los cauces, y la época de lluvias abarca de agosto a octubre, es cuando suceden las mayores descargas pluviales que llegan a ocasionar inundaciones (Martínez-Gómez, 1996).



**Figura 1.** Localización del área de estudio, Área Natural Protegida Arroyo Moreno (tomado de SEDEMA Veracruz 2022). En la imagen la ANP, está delimitada con una línea negra, en el interior se observa una línea azul que representa el estuario “Arroyo Moreno”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para la aplicación del Principio de Precaución se seguirá en seis etapas de acuerdo con lo establecido por Tickner y Raffensperger (2022). En las dos primeras etapas se obtendrá la información para determinar el problema, se adecuarán las preguntas para elaborar un cuestionario estructurado y estandarizado de alternativas múltiples (Kerlinger, 1975) que será aplicado a: 1) sector científico 2) sector gobierno y 3) sector social en general y pescadores.

El modelo de Tickner y Raffensperger (2022) se basa en las siguientes etapas:

Etapa 1: Identificar la(s) posible(s) amenaza(s) y caracterizar el problema. El propósito es lograr una mejor comprensión de lo que podría suceder si la actividad continúa.

Etapa 2: Identificar lo que se sabe y lo que no se sabe sobre la amenaza (Incertidumbre).

En esta primera parte la información de la percepción de las posibles alteraciones ambientales en estas dos primeras etapas se obtendrá a partir de visitas al área natural tanto en la zona terrestre como en la zona acuática, así como por la aplicación de los cuestionarios en los que se abordará el conocimiento de indicadores de servicios ecosistémicos e indicadores del principio precautorio.

Para el análisis de los indicadores de servicios ecosistémicos obtenidos a partir de la aplicación de los cuestionarios se utilizó la clasificación propuesta por INEGI (2023) en siete temas: agua, suelo, biodiversidad, recursos, ambiente, cultura y educación, investigación, estética.

Para el análisis de los indicadores del principio precautorio obtenidos a partir de la aplicación de los cuestionarios son: administración y legislación, amplitud de la afectación, afectación de la biodiversidad, modificación de factores físicos y químicos, causas de la afectación, daño en tiempo, espacio y magnitud, corrección de alteración.

Una vez obtenidos los resultados de la percepción por los diferentes sectores se procedió a la aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta con el fin de determinar las alternativas tanto legales como procedimentales y cubrir las etapas 3, 4 y 5 del modelo de Tickner y Raffensperger (2022).

El modelo conceptual Presión-Estado-Respuesta (PER) fue desarrollado por la OCDE (2003), es un tipo de modelo causal, el cual organiza la información ambiental, en términos de interacciones entre los seres humanos y su medio ambiente (Diagrama 1). Este modelo se estructura de manera secuencial y funciona con datos que tiene un origen, destino y dirección (vector) para definir una secuencia entre el diagnóstico de una situación y la forma de tratar dicha información. El modelo se origina de planteamientos simples:

Presión: ¿Qué está afectando al ambiente? Cuantifica la presión que generan las actividades humanas sobre el ambiente.

Estado: ¿Qué está pasando con el estado del ambiente? Cuantifica la calidad ambiental y la cantidad de los recursos naturales, e incluyen los efectos a la salud causados por el deterioro del ambiente a la población general y a los ecosistemas.

Respuesta: ¿Qué se hace para abatir la problemática? Cuantifica los esfuerzos realizados para responder a los cambios y problemática del ambiente.

Etapa 3: Reformular el problema en cuanto a lo que se debe lograr, y de esta manera se facilita la identificación de posibles alternativas para la reducción de la alteración ambiental percibida.

Etapa 4: Evaluar las alternativas para determinar si existe una forma más segura y limpia de realizar esa actividad especificando en cada indicador: a) si es necesario profundizar en los estudios, b) detener por completo la actividad, c) prevenir, controlar, mitigar o remediar, d), determinar que las propuestas sean política, técnica y económicamente factibles, e) considerar las posibles consecuencias imprevistas de las alternativas propuestas.

Etapa 5: Determinar el curso de acción: a) paralizar las actividades, b) exigir se consideren alternativas, o c) exigir las modificaciones que puedan reducir el impacto potencial. Convocar un grupo de personas para que sopesen la evidencia

Etapa 6: Supervisión y seguimiento: elaborar un proceso para llevar a cabo la supervisión de la actividad a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los indicadores propuestos para los servicios ecosistémicos (INEGI, 2023) (Tabla 1) y del Principio de Precaución de acuerdo con lo establecido por Tickner y Raffensperger (2022) (Tabla 2):

Es importante mencionar que se aplicó el cuestionario piloto a 20 personas para determinar validez y confiabilidad según lo establecido por Kerlinger (1975).

**Tabla 1.** Ítems para obtener la información de los servicios ecosistémicos a través de cuestionario aplicado a los sectores científico, social y administrativo. Clasificación por temas propuesto por el INEGI (2023).

Tema	Item
Agua	Participa en el ciclo del agua de la región de Veracruz Provee Agua para agricultura y consumo Es importante para la regulación y saneamiento del agua
Suelo	Ayuda a la formación del suelo Contribuye con el mantenimiento de la fertilidad del suelo
Biodiversidad	Contribuye con el incremento de producción primaria del Área Natural y de los ecosistemas adyacentes Conserva Recursos genéticos Es importante en la conservación de la diversidad genética Provee de hábitat a especies locales y migratorias
Recursos	Provee de Alimento al ser humano Provee de Recursos energéticos Se generan Minerales Genera Recursos medicinales
Ambiente	Participa en el ciclo de nutrientes Es importante para la regulación del clima Mejora de la calidad del aire Es importante para reducir daños ante catástrofes naturales
Cultural	Es usado para el control de enfermedades y plagas Es una zona que propicia la diversidad cultural Contribuye con la espiritualidad y valores religiosos La zona contribuye con el arraigo o pertenencia Es considerada como patrimonio cultural
Educación, Investigación y estética	El Área provee de servicios recreativos y de ecoturismo  El área contribuye con la generación de conocimiento científico La zona tiene valor educativo La zona tiene valor estético

**Tabla 2.** Items para obtener la información sobre el principio precautorio a través de un cuestionario aplicado a los sectores científico, social y administrativo.

Item
Un Área Natural Protegida es un espacio administrado, por legislación para lograr la conservación de la naturaleza con servicios ecosistémicos asociados
Se observan alteraciones del medio ambiente, provocada por las actividades realizadas en el Área Natural de Arroyo Moreno
Las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan solo a los Municipios de Boca del Río y Medellín
Las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan a todo el país
Hay una legislación completa y conocida por toda la población aplicable al Área Natural de Arroyo Moreno.
Las alteraciones ambientales potenciales en el Área Natural de Arroyo Moreno afectan la salud humana
Las alteraciones ambientales potenciales en el Área Natural Protegida Arroyo Moreno afectan los ecosistemas aledaños
Ha observado que la superficie de vegetación en general del área natural protegida Arroyo Moreno ha disminuido
Ha observado que el número de especies que se pescan para consumo humano ha disminuido en el Arroyo Moreno
Hay problemas de disminución de oxígeno disuelto en el Arroyo Moreno
Hay olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno
La coloración del agua del arroyo ha cambiado en los últimos años
La intensidad de las posibles alteraciones ambientales es alta
La amenaza de alteraciones ambientales del agua del arroyo es reversible
El problema de alteraciones ambientales del agua del arroyo es por una instalación determinada
El problema de alteración ambiental es por una falta de preocupación más amplia respecto a la prevención de la contaminación
El problema de alteración ambiental Se trata de una amenaza seria o sólo una molestia
Cuál es la amplitud del daño en el agua
Cuál es la amplitud del daño en la vegetación
Cuánto es el tiempo en el que se dará la amenaza
Qué tiempo durará la alteración ambiental
Qué tan fácil es corregir la amenaza

Una vez obtenida la información para cada uno de los sectores se aplicó la prueba Se aplicó un análisis de Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) para determinar si había diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las alternativas de respuesta para cada pregunta (indicador) (Sokal y Rolf, 1995):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O - E)^2}{E}$$

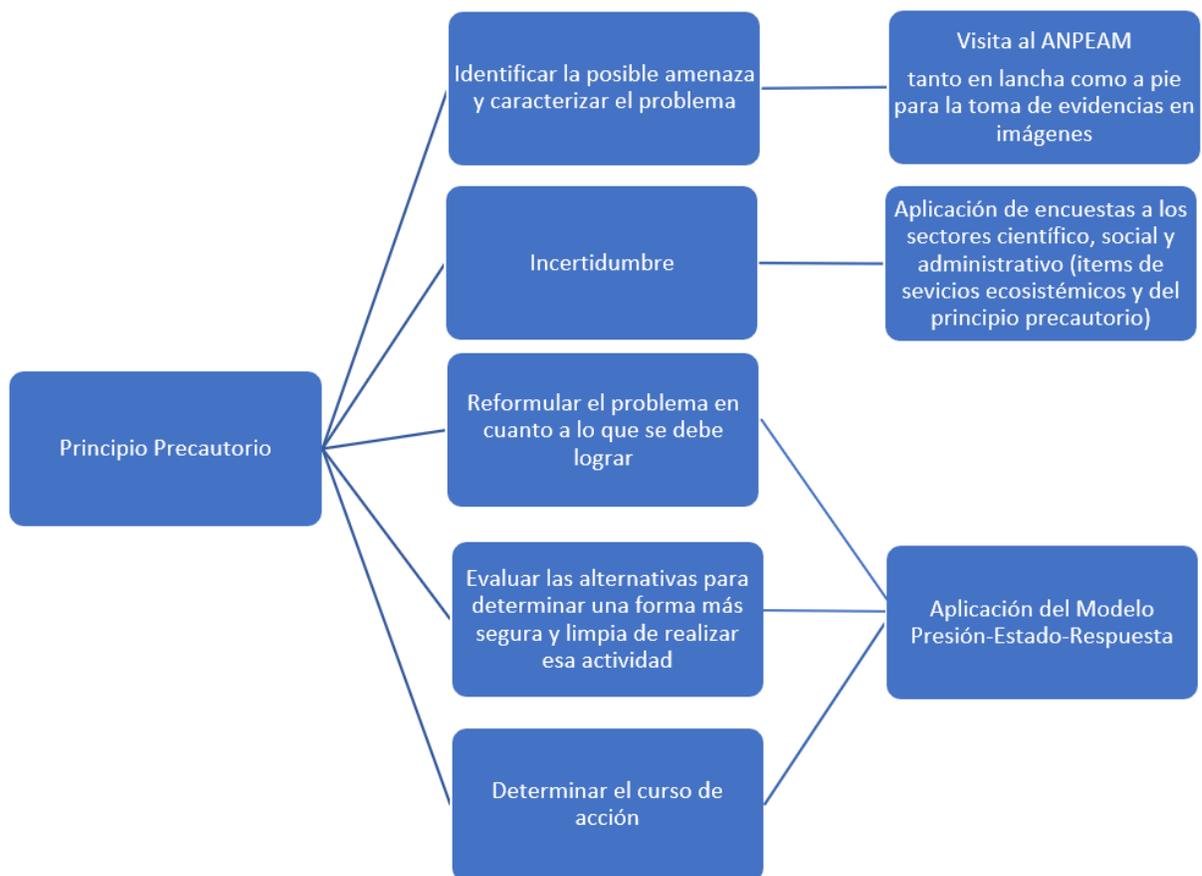
Donde:

O: es la frecuencia de respuesta obtenida u observada (Frecuencias de cada alternativa del primer sector a comparar)

E: es la frecuencia esperada (frecuencias de cada alternativa del segundo sector a comparar)

Se utilizó el software SPSS v 22, a través de la secuencia de análisis estadísticos, pruebas no paramétrico, cuadro de diálogo antiguo.

Se estableció la sistematización entre las etapas del principio precautorio y la obtención de la información para cubrir los objetivos planteados (Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama representativo entre las etapas del principio precautorio y la forma de obtener la información para cubrir cada una de ellas.

## RESULTADOS

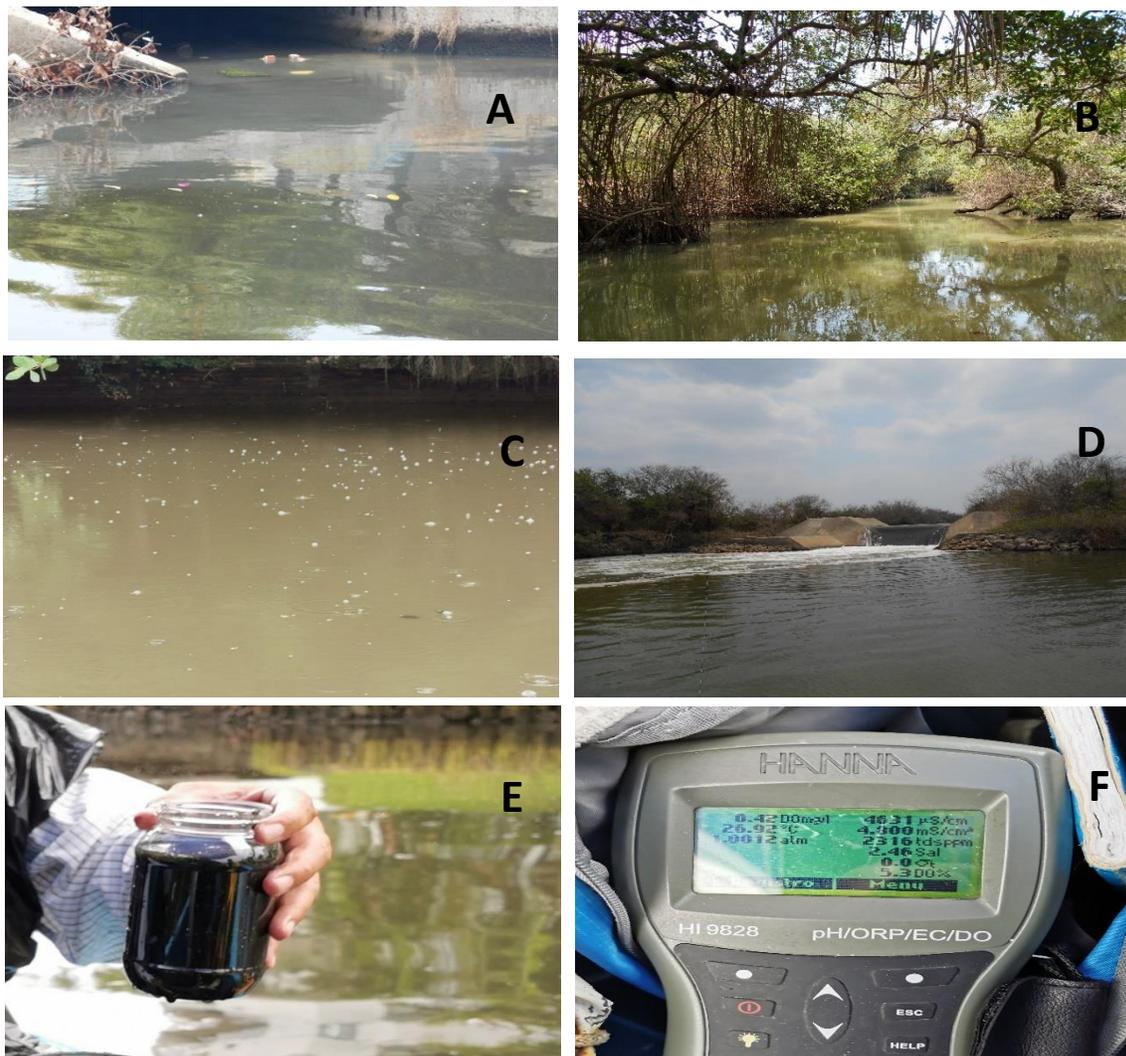
### Evidencias del estado que guarda el ANPEAM

En la primera etapa del principio precautorio se debe identificar la posible amenaza y caracterizar el problema. En esta etapa se encontró que la superficie del área natural protegida ha sido afectada por el cambio en el uso del suelo debido al crecimiento urbano determinando una disminución de 4 has del 2007 al 2023 de acuerdo con el análisis de imágenes satelitales obtenidas de Google Earth (Figura 3).



**Figura 3.** Principales zonas del ANPEAM que han sido afectadas por el cambio en el uso del suelo debido al crecimiento urbano (Flechas blancas).

El agua está teniendo afectaciones principalmente por descargas directas de agua residual urbana observándose incremento en la materia orgánica, cambios en la coloración por las sustancias disueltas y producción de gases, así mismo, disminución de oxígeno disuelto e incremento de temperatura ocasionada por la descarga de agua utilizada en el enfriamiento de las turbinas de la Termoeléctrica Dos Bocas (Figura 4).



**Figura 4.** Afectación del agua del Arroyo Moreno. A, desembocadura de drenaje directo proveniente de la colonia La Tampiquera; B, desembocadura del afluente “Dren B”; C, salida de gases en la zona de la Zamorana; D, cascada de la desembocadura del afluente proveniente de la Termoeléctrica Dos Bocas; E, Materia orgánica en muestreo de superficie; F, multiparamétrico con registros de baja concentración de oxígeno y alta concentración de materia orgánica.

La flora ha sido afectada por la deforestación del mangle tanto en las riberas del Arroyo Moreno como en la zona del camino de terracería que la atraviesa, detectando incluso asentamientos irregulares a lo largo de dicho camino (Figura 5).



**Figura 5.** Evidencia del crecimiento urbano y deforestación de mangle para la construcción de vivienda.

La fauna ha sufrido afectación en particular en el Arroyo Moreno por la modificación en la calidad del agua, estos cambios disminuyen la supervivencia de los organismos en los diferentes estratos de la columna de agua (Figura 6).



**Figura 6.** La fauna en particular del Arroyo Moreno se ha visto afectada por los cambios en la calidad del agua ocasionando en algunas temporadas altas mortalidades.

Por otro lado, se observa que independientemente de las condiciones en las que se encuentra el ANPEAM se continúa utilizando para cuestiones educativas, de investigación y ecoturismo (Figura 7).



**Figura 7.** El ANPEAM presenta una dinámica hidrológica especial que le ha permitido permanecer para proveer de servicios ecosistémicos de educación, investigación y ecoturismo.

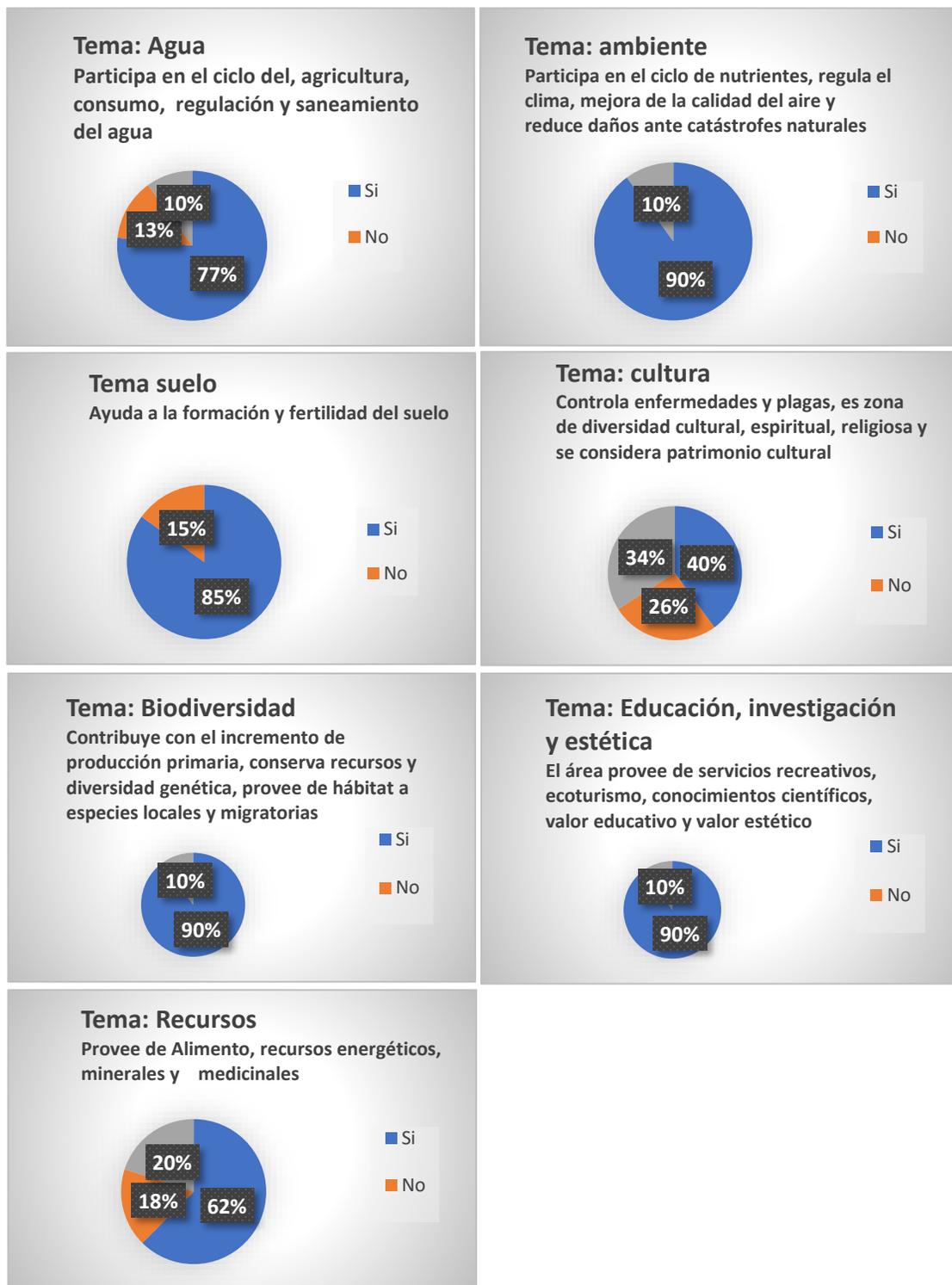
## Cuestionarios

Se encontraron algunas diferencias entre los sectores científico, social y administrativo en los ítems de los cuestionarios aplicados sobre la percepción de los

servicios ecosistémicos y de los indicadores que fundamentan el principio precautorio.

### Servicios ecosistémicos: Sector científico

Se observó en el tema agua que los encuestados del sector científico, consideran que el área natural participa de manera importante en el saneamiento del agua, así como en el ciclo del agua de la región de Veracruz y provee de agua a la zona que podría ser utilizada en agricultura, consumo, o por extracción del subsuelo (77%). Respecto al tema suelo, se observa que dada la importancia sobre el transporte alóctono de suelo que es acarreada por el arroyo de manera directa y por la relación con el cause artificial de la Termoeléctrica Dos Bocas proveniente del Río Jamapa, se determinó que contribuye con la fertilidad del suelo y ayuda a la formación del suelo (85%). Al observar las respuestas a los indicadores agrupados del tema de biodiversidad se encontró que los entrevistados manifiestan que cuatro alternativas deben atenderse: el área provee de espacios para dar refugio a especies migratorias, es fuente de productividad primaria, mantiene y conserva la diversidad genética (90%). Respecto al tema recursos alimenticios, minerales y medicinales se percibe que el porcentaje es menor a los temas anteriormente mencionados (62 %). Para el tema ambiente, este sector percibe que reduce daños ante catástrofes naturales, participa en la regulación del clima y mejora la calidad del aire (90%). En el sector científico considera que la zona tiene valor estético, provee de servicios recreativos y ecoturismo, tiene valor educativo y contribuye con conocimiento científico (90%) (Figura 8).



**Figura 8.** Percepción del sector científico sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.

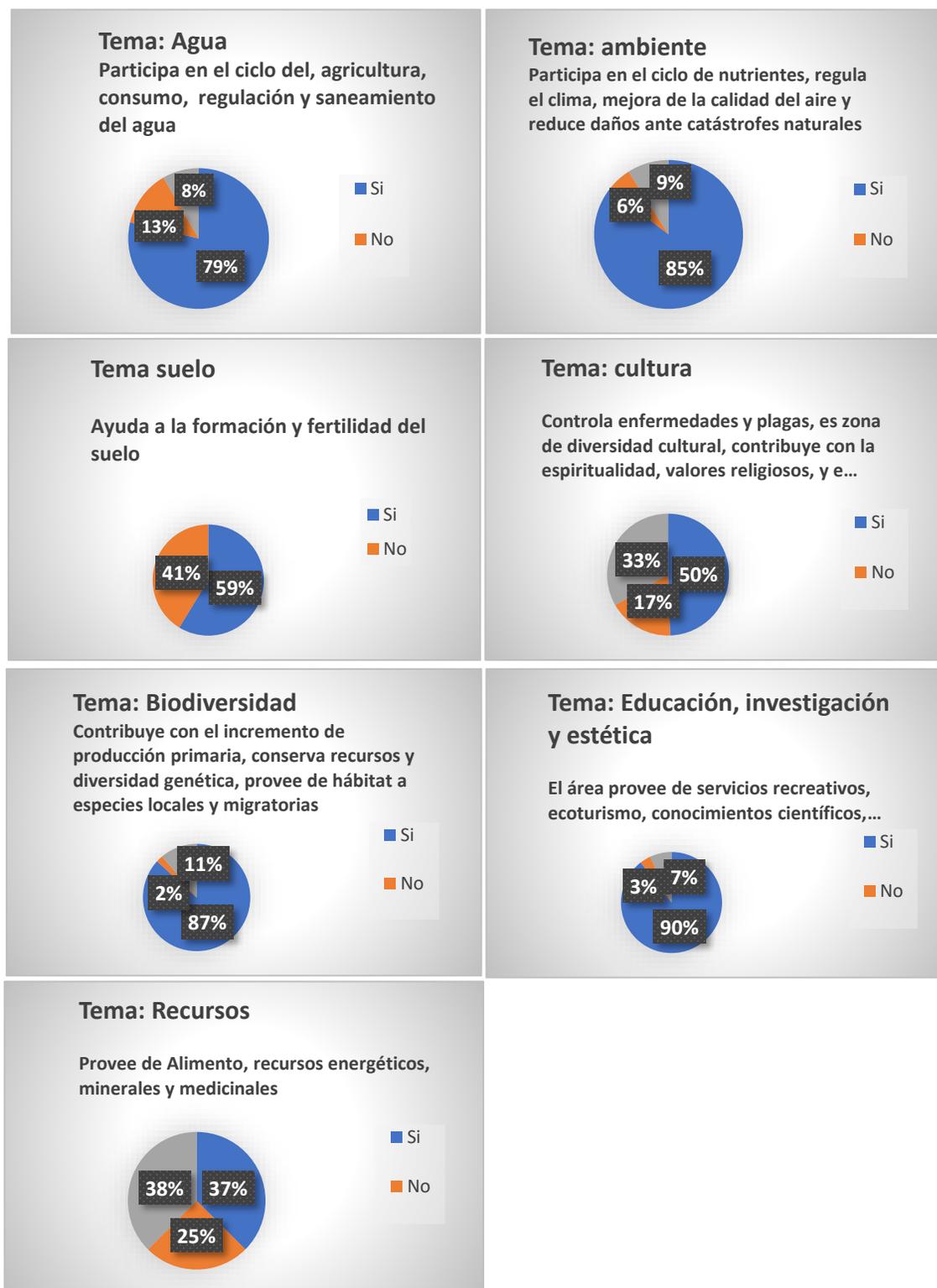
## Servicios ecosistémicos: Sector social

Por otro lado, el sector social considera también con alto porcentaje el ANPEAM participa en el ciclo del agua y provee de este recurso a la zona (79%).

Respecto al tema suelo, el sector social percibió que, dadas las características del arroyo y su dinámica, en menor proporción con la fertilidad y formación del suelo (59%). Considerando el tema de biodiversidad se encontró que los entrevistados el sector social, manifiestan que el área es un refugio para especies migratorias, es fuente de productividad primaria, mantiene y conserva la diversidad genética (87%)

Respecto al tema recursos alimenticios, minerales y medicinales se percibe que el porcentaje de respuestas positivas es mucho menor a los temas anteriormente mencionados (37.5 %). Para el tema ambiente, este sector percibe que reduce daños ante catástrofes naturales, participa en la regulación del clima y mejora la calidad del aire (85%).

El sector social considera que la zona tiene valor estético, provee de servicios recreativos y ecoturismo, tiene valor educativo y contribuye con conocimiento científico (90%) (Figura 9).



**Figura 9.** Percepción del sector social sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.

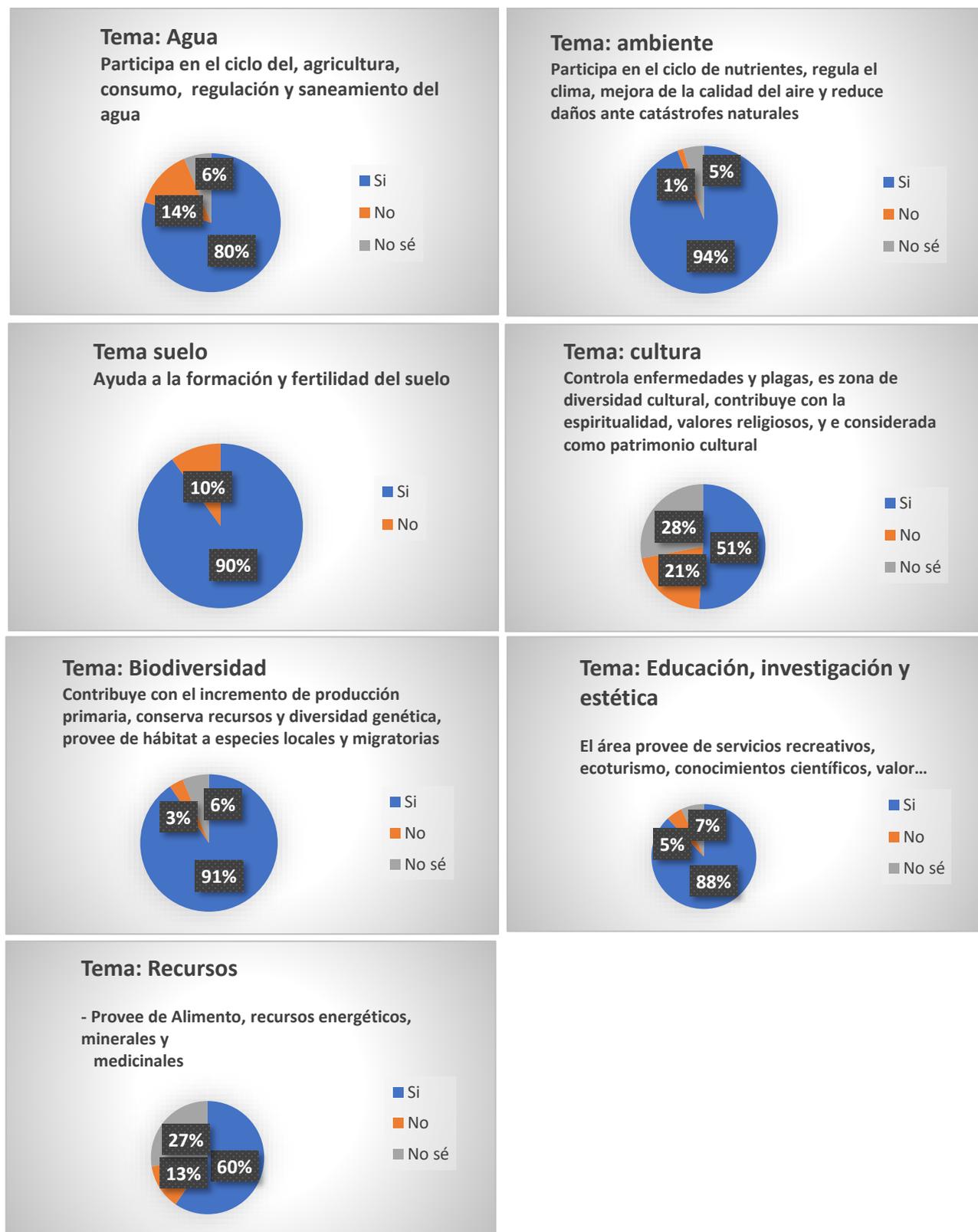
## Servicios ecosistémicos: Sector administrativo

El sector administrativo municipal considera también con alto porcentaje el ANPEAM participa en el ciclo del agua y proveer de este recurso a la zona (86%).

Respecto al tema suelo, el sector administrativo municipal percibió que, dadas las características del arroyo y su dinámica, contribuye con la fertilidad del suelo y ayuda a la formación del suelo (90%).

Considerando el tema de biodiversidad se encontró que los entrevistados el sector administrativo municipal, manifiestan que el área es un refugio para especies migratorias, es fuente de productividad primaria, mantiene y conserva la diversidad genética (90%). Respecto al tema recursos alimenticios, minerales y medicinales el porcentaje de respuestas positivas en este sector es mayor a los otros dos sectores (60%).

Para el tema ambiente, el sector administrativo municipal percibe que reduce daños ante catástrofes naturales, participa en la regulación del clima y mejora la calidad del aire (94%). En el tema de educación, investigación y estética, el sector administrativo municipal considera que la zona tiene valor estético, provee de servicios recreativos y ecoturismo, tiene valor educativo y contribuye con conocimiento científico (88%) (Figura 10).



**Figura 10.** Percepción del sector administrativo sobre los Servicios ecosistémicos que presta el Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Veracruz, México.

## Servicios ecosistémicos: comparación de sectores

La percepción de los tres sectores consideró con alrededor del 80% que el ANPEAM participa en el ciclo del agua, agricultura, consumo, regulación y saneamiento de la zona. Al comparar las proporciones de los sectores a través de la tabla de contingencia con la opción de respuesta tricotómica, no se determinó una dependencia con los sectores ( $X_2 = 0.363$ ;  $P = 0.985$ ) por lo que no se observan diferencias entre estos.

En lo que respecta al tema suelo sobre su formación y fertilidad, se registró el menor porcentaje en el sector social con el 59 % y el mayor en el sector científico con el 90%. Entre las proporciones de respuesta de los tres sectores se encontró dependencia ( $X_2 = 30.95$ ;  $P = <0.001$ ) por lo que en este tema si hay diferencias significativas entre los grupos encuestados.

Los tres sectores percibieron con alrededor del 90% que el ANPEAM tiene influencia sobre la biodiversidad. En este tema no se encontró dependencia estadísticamente significativa entre las variables ( $X_2 = 4.466$ ;  $P = 0.347$ ) por lo que no hay diferencias entre las proporciones de respuesta de los tres sectores.

Con porcentaje menor al 60% los tres sectores percibieron que el ANPEAM provee de alimento, recursos energéticos, minerales y medicinales. Aquí se encontró relación estadísticamente significativa entre las proporciones de respuesta ( $X_2 = 17.032$ ;  $P = 0.002$ ) por lo que hay diferencia entre los sectores.

Con alrededor del 90% los tres sectores perciben que el ANPEAM tiene influencia en el tema ambiente. Se encontraron dependencia estadísticamente significativa

entre las variables ( $X_2 = 10.149$ ;  $P = 0.038$ ), por lo que los porcentajes de respuesta fueron diferentes entre los tres sectores.

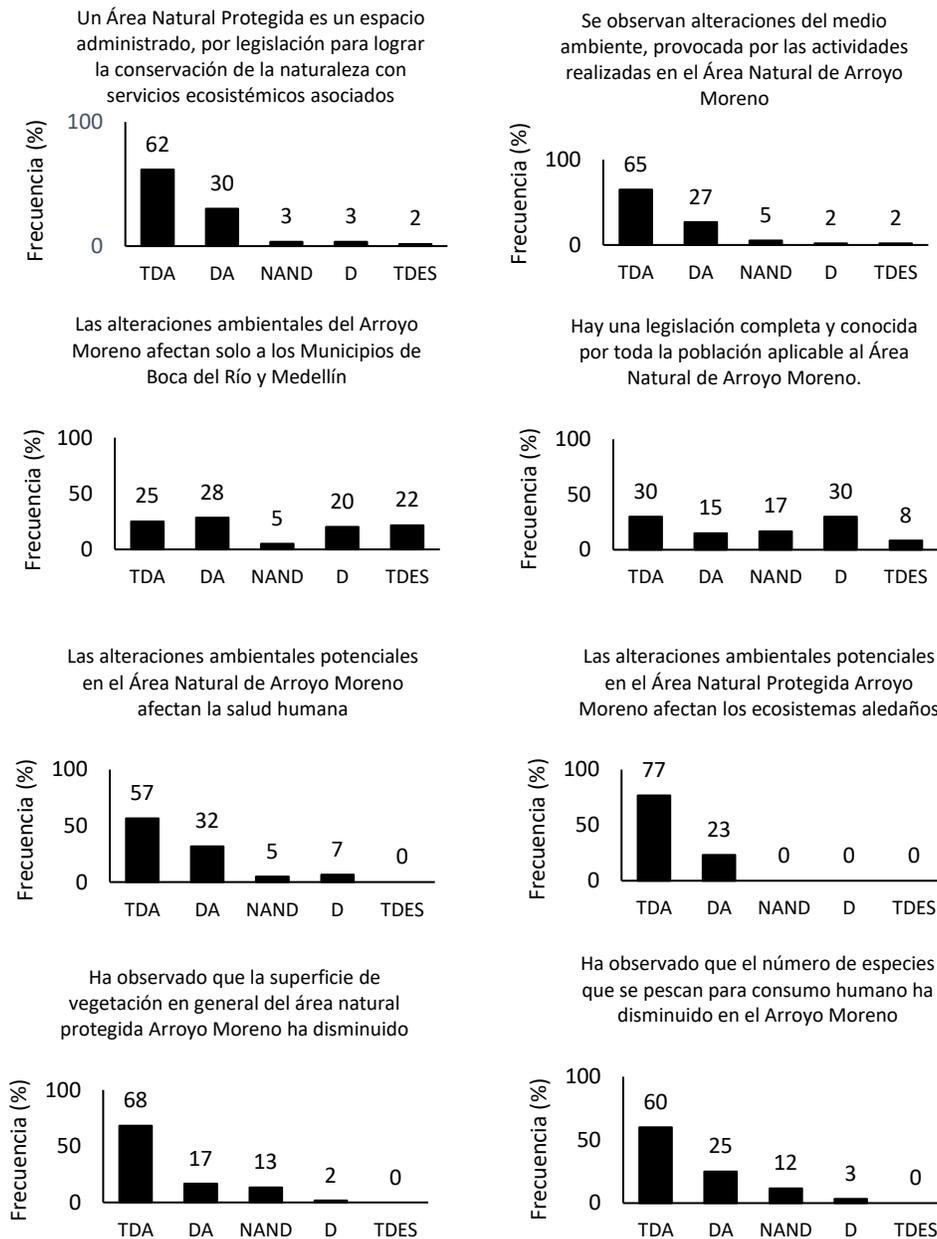
Alrededor del 90% de los tres sectores considera que el área provee de servicios recreativos, ecoturismo, conocimientos científicos, valor educativo y valor estético. En este tema no se encontró dependencia estadísticamente significativa entre las proporciones de respuesta ( $X_2 = 5.883$ ;  $P = 0.208$ ).

### Indicadores Principio precautorio: Sector científico

Sobre los ítems correspondientes al principio precautorio del sector científico está de acuerdo en que el área debe ser administrada por legislación, lo anterior para que se establezcan lineamientos claros para su conservación y que pueda proveer de servicios ecosistémicos de mayor calidad, así mismo, se percibe falta de atención respecto a la prevención por fallas a nivel gubernamental y que el problema es realmente una amenaza al área natural (92%).

El sector científico considera que a las alteraciones del medio ambiente son provocada por las actividades realizadas en el ANPEAM (92%). Respecto a que si las alteraciones ambientales del ANPEAM solo afectan a los municipios de Boca del Río y Medellín, este sector menciona que hay afectación en otros comunidades que están en relación con el área natural (53%). El anterior item se fortalece cuando se establece la aseveración de sí, las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan los ecosistemas aledaños, a la cual, estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo (100%). Así mismo, si las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan a todo el país se registraron porcentajes menores (65%). La percepción es que las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan a la salud humana (89%). Sobre el conocimiento de una legislación completa y

difundida por la población que habita o está en relación con el ANPEAM, el sector científico percibe no estar de acuerdo con la aseveración, por lo que hace falta establecer o difundir las leyes correspondientes (53%) (Figura 11).



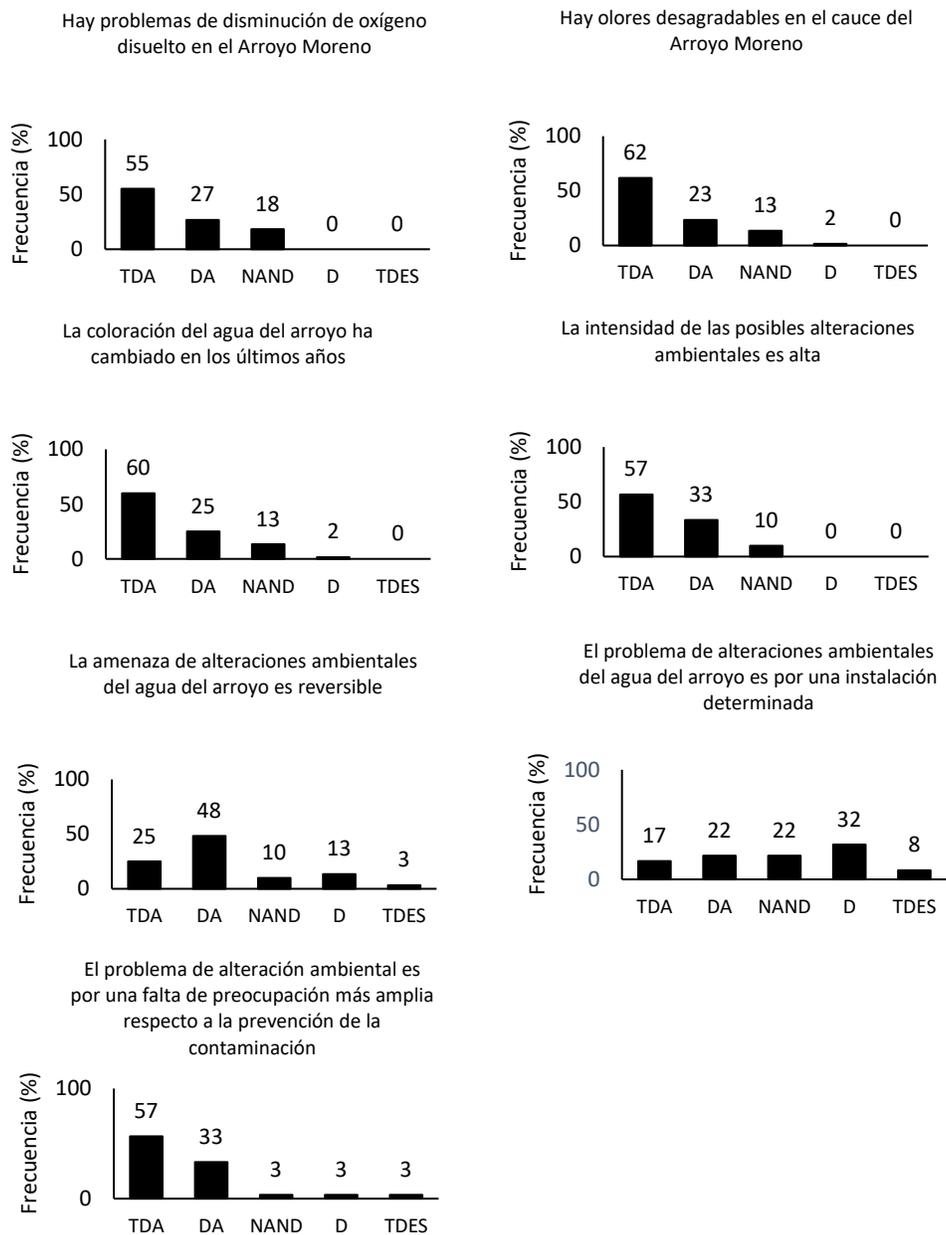
**Figura 11.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 1 a 8. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.

El sector científico percibió que la superficie de vegetación en general del área natural protegida Arroyo Moreno ha disminuido (84%) y que también el número de especies que se pescan para consumo humano ha disminuido (85%).

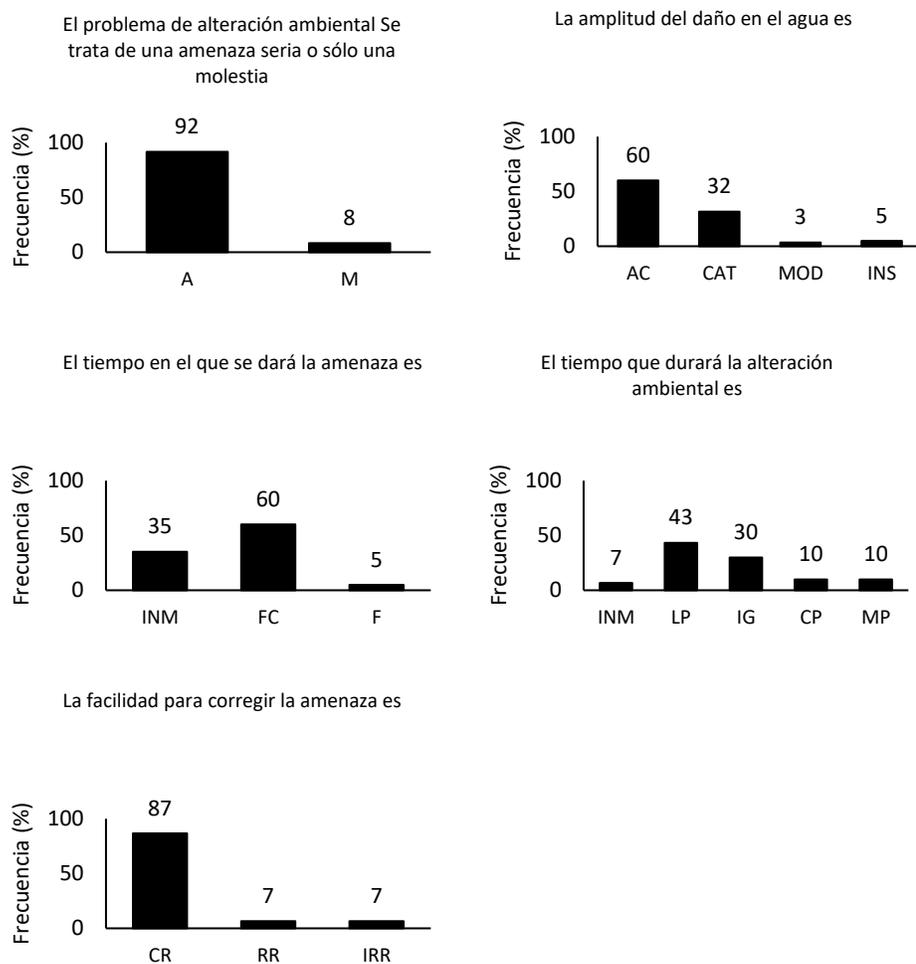
Sobre los aspectos en particular del estado del agua, el sector manifestó que hay problemas de disminución de oxígeno disuelto (83%), que se desprenden olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno (85%) y que ha notado cambio en la coloración del agua (85%).

El sector científico considera que la intensidad de las posibles alteraciones ambientales es alta (90%), sin embargo, percibe que la amenaza de alteraciones ambientales del agua del arroyo puede ser reversible (73%), que las alteraciones ambientales del agua del arroyo no son sólo por una instalación determinada (62%) y que el problema de alteración ambiental es por una falta de ocupación respecto a la prevención de la contaminación (90%) (Figura 12).

El sector considera que el problema de alteración ambiental se trata tanto de una amenaza seria como de una molestia (92%), que la amplitud del daño en el agua es alta (91.67%), que la amplitud del daño en la vegetación es alta (82%). Por otro lado, el sector científico considera que el tiempo en el que se dará la amenaza es en un futuro cercano o inmediato (95%) y que el tiempo que durará la alteración ambiental es intergeneracional y largo plazo (73%), finalmente, que la corrección de la amenaza es difícil y costosa (86.66%) (Figura 13).



**Figura 12.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 9 a 15. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.

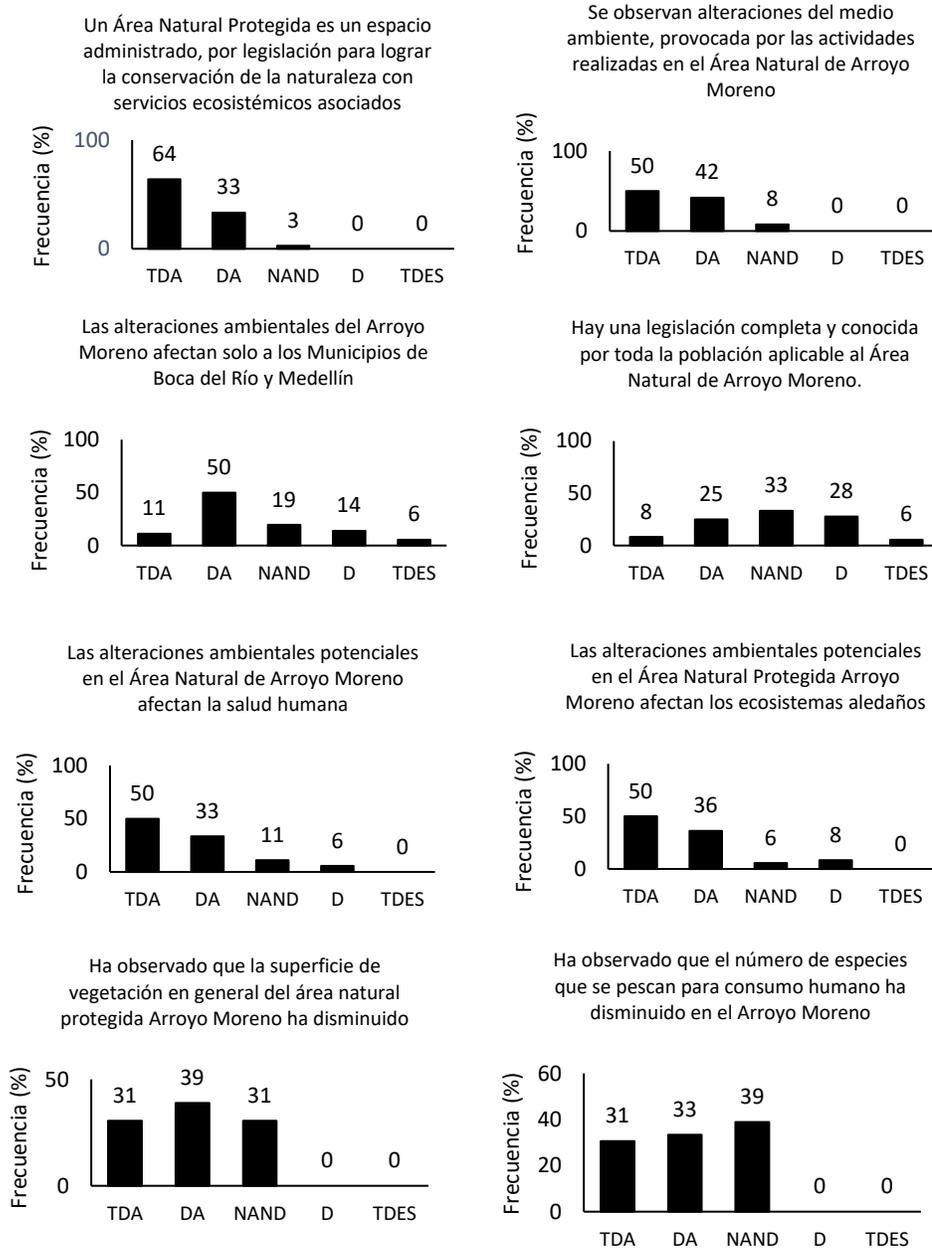


**Figura 13.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector científico. Reactivos 16 a 20. A, Amenaza; M, Molestia; AC, Considerable; CAT, Catastrófica; MOD, Moderada; INS, Insignificante; INM, Inmediato; FC, Futuro cercano; F, Futuro; INM, Inmediato; LP, Largo plazo; IG, Intergeneracional; CP, Corto plazo; MP, Mediano plazo; CR, costosa de revertir; RR, rápida de revertir; IRR, Irreversible.

## Indicadores principio precautorio: Sector social

Sobre los ítems correspondientes al principio precautorio del sector social, se encontró que están de acuerdo o totalmente de acuerdo de que el área debe ser administrada por legislación para su conservación y que pueda proveer de servicios ecosistémicos, así mismo, se percibe falta de atención respecto a la prevención por fallas a nivel gubernamental y que el problema es realmente una amenaza al área natural (97%). El sector social considera que a las alteraciones del medio ambiente son provocadas por las actividades realizadas en el ANPEAM (92%). Respecto a que si las alteraciones ambientales del ANPEAM solo afectan a los Municipios de Boca del Río y Medellín este sector menciona que hay afectación en otros sistemas que se comunican con el área natural (61%). El anterior ítem se fortalece cuando se establece la aseveración de sí las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan los ecosistemas aledaños a la cual estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo (86%). Así mismo, si las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan a todo el país se registraron porcentajes menores (67%).

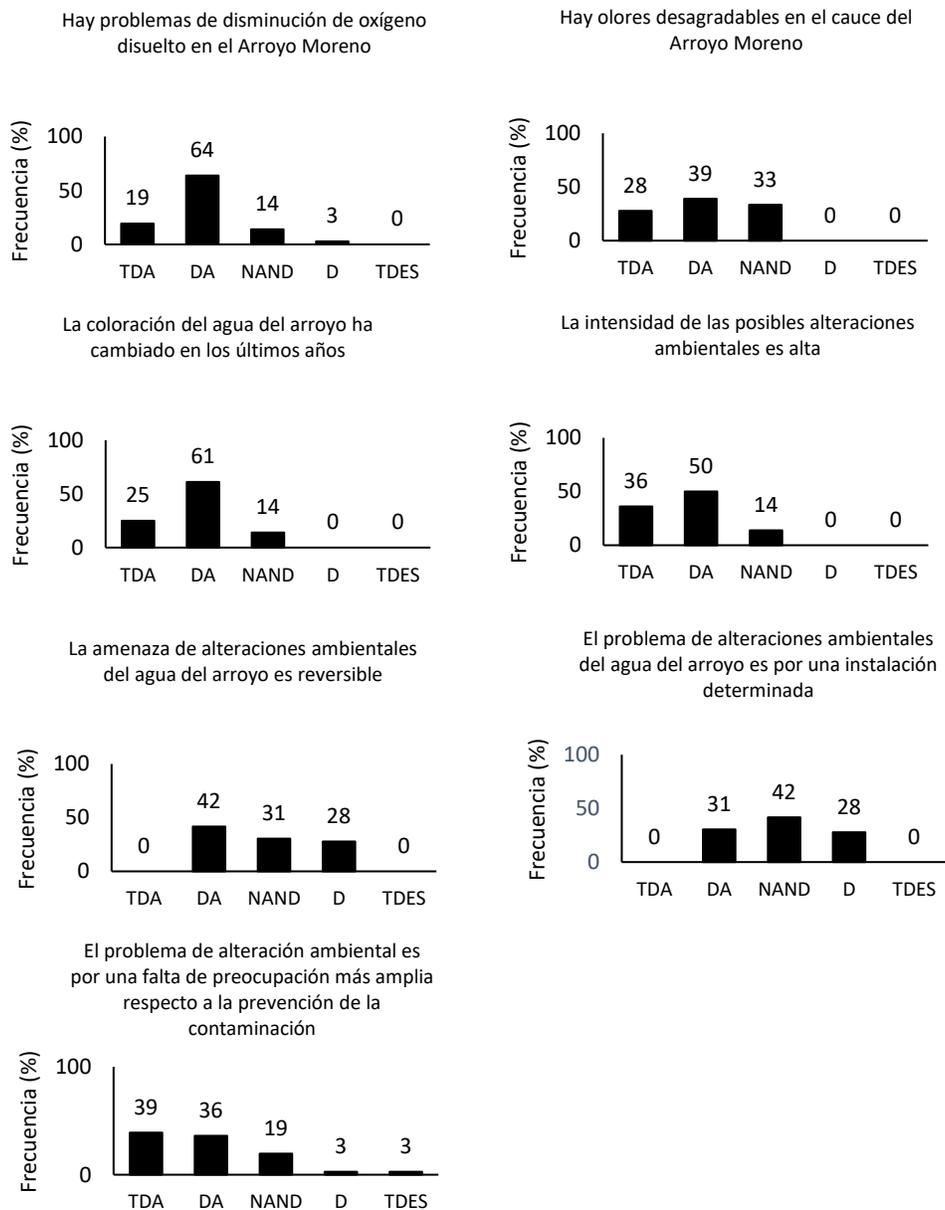
Por otro lado, este sector considera que las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan a la salud humana (83%). Sobre el conocimiento de una legislación completa y difundida por la población que habita o está en relación con el ANPEAM, el sector social, percibió no estar de acuerdo con la aseveración, por lo que hace falta establecer o difundir las leyes correspondientes (67%) (Figura 14).



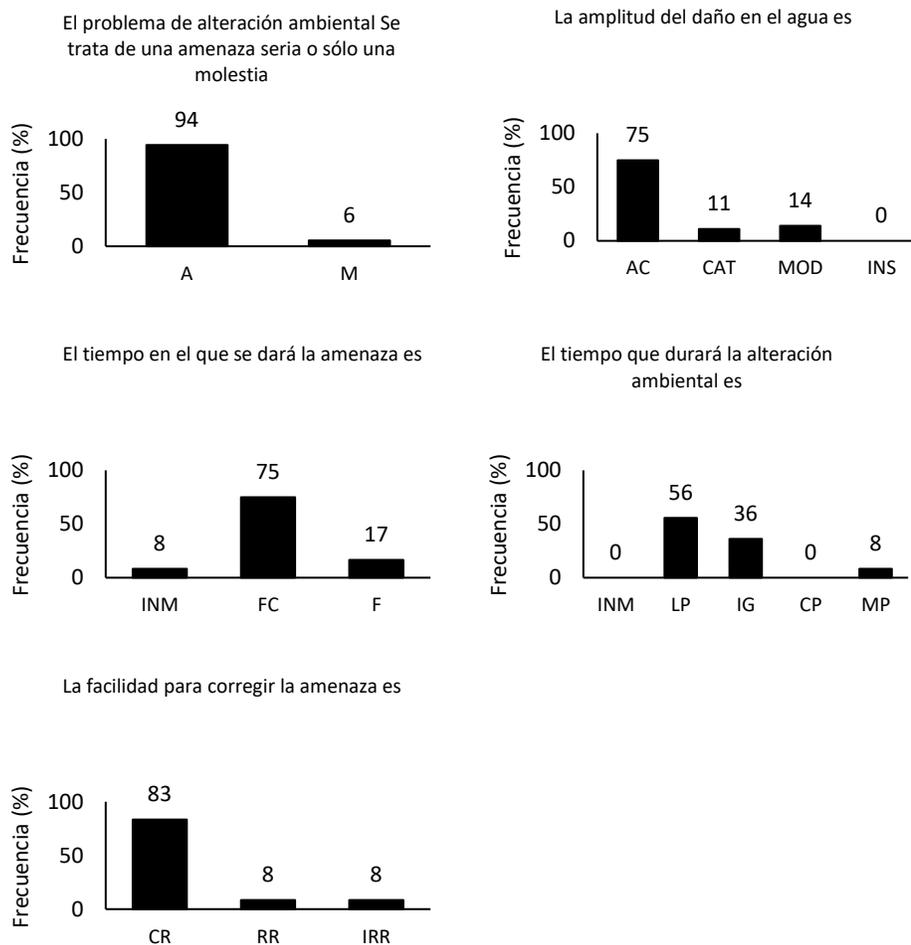
**Figura 14.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 1 a 8. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.

Este sector social respondió que ha observado que la superficie de vegetación en general del área natural protegida Arroyo Moreno ha disminuido (70%) y que también el número de especies que se pescan para consumo humano ha disminuido (64%). Sobre los aspectos en particular del estado del agua, el sector manifestó que hay problemas de disminución de oxígeno disuelto (83%), que se desprenden olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno (67%) y que ha notado cambio en la coloración del agua (86%). El sector social considera que la intensidad de las posibles alteraciones ambientales es alta (86%), sin embargo, considera que la amenaza de alteraciones ambientales del agua del arroyo es poco reversible (42%), que las alteraciones ambientales del agua del arroyo no son por una instalación determinada (31%) y que el problema de alteración ambiental es por una falta de ocupación respecto a la prevención de la contaminación (75%) (Figura 15).

El sector considera que el problema de alteración ambiental se trata tanto de una amenaza seria como de una molestia (100%), que la amplitud del daño en el agua es considerable (75%), que la amplitud del daño en la vegetación también es considerable (54%). Por otro lado, el sector social considera que el tiempo en el que se dará la amenaza es en un futuro cercano o de inmediato (83.3%), que el tiempo que durará la alteración ambiental es intergeneracional o a largo plazo (86%) y que la corrección de la amenaza es difícil y costosa (83%) (Figura 16).



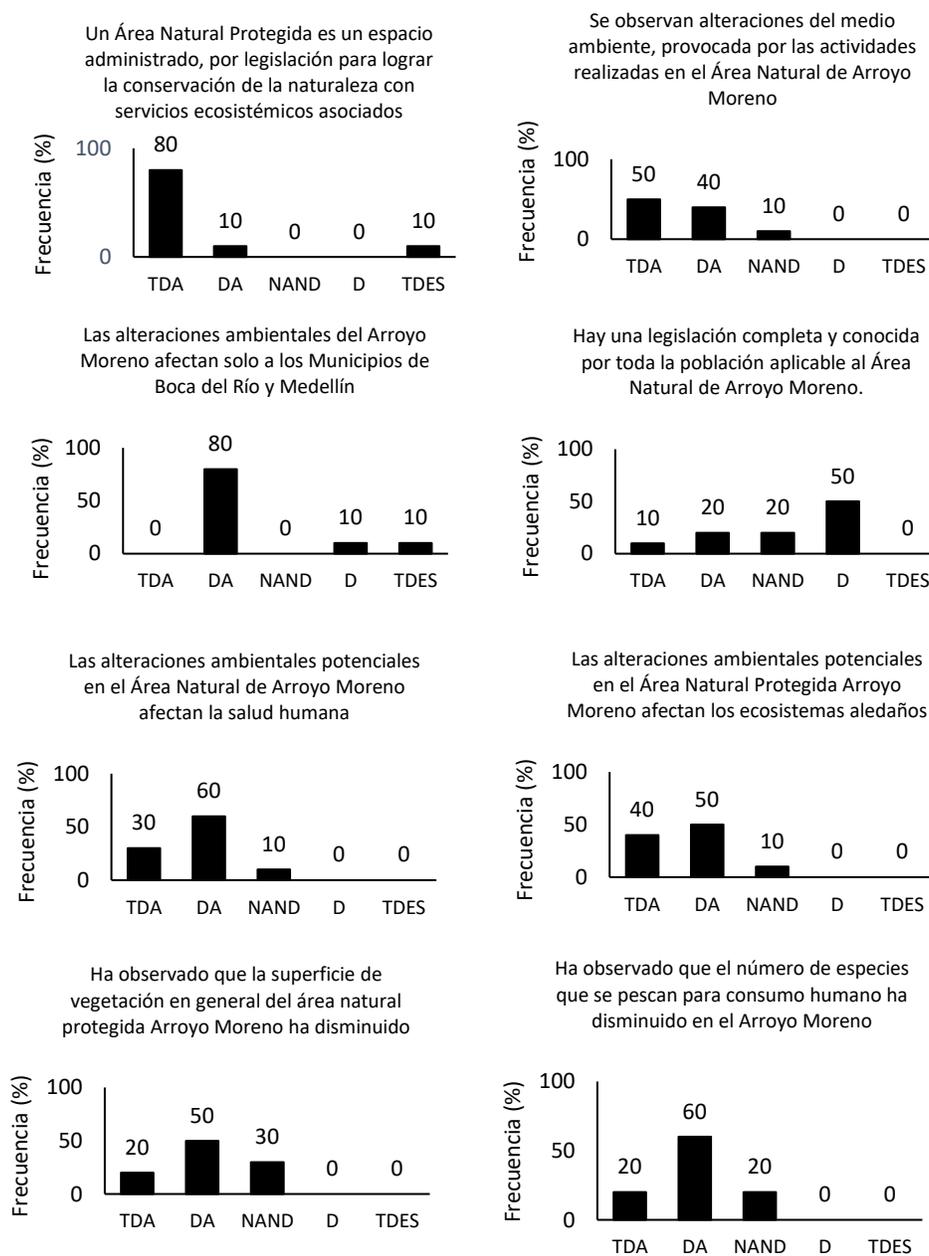
**Figura 15.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 9 a 15. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.



**Figura 16.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio respecto al estado ambiental del Área Natural Protegida Estatal Arroyo Moreno, Boca del Río Veracruz, aplicado a la encuesta aplicada al Sector social. Reactivos 16 a 20. A, Amenaza; M, Molestia; AC, Considerable; CAT, Catastrófica; MOD, Moderada; INS, Insignificante; INM, Inmediato; FC, Futuro cercano; F, Futuro; INM, Inmediato; LP, Largo plazo; IG, Intergeneracional; CP, Corto plazo; MP, Mediano plazo; CR, costosa de revertir; RR, rápida de revertir; IRR, Irreversible.

## Indicadores principio precautorio: Sector administrativo

Sobre los ítems correspondientes al principio precautorio del sector administrativo municipal con conocimiento del área natural está de acuerdo o totalmente de acuerdo de que el área debe ser administrada por legislación para su conservación y que pueda proveer de servicios ecosistémicos, así mismo, se percibe falta de atención respecto a la prevención por fallas a nivel gubernamental y que el problema es realmente una amenaza al área natural (90%). El sector administrativo municipal considera que a las alteraciones del medio ambiente son provocada por las actividades realizadas en el ANPEAM (90%). Respecto a la consideración de si las alteraciones ambientales del ANPEAM solo afectan a los Municipios de Boca del Río y Medellín este sector menciona estar en desacuerdo (80%). El anterior item se fortalece cuando se establece la aseveración de que las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan los ecosistemas aledaños a la cual estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo (90%). Así mismo, si las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan a todo el país se registraron porcentajes bajos (50%). Por otro lado, consideran que las alteraciones ambientales potenciales en el ANPEAM afectan a la salud humana (90%). Sobre el conocimiento de una legislación completa y difundida por la población que habita o está en relación con el ANPEAM, el sector administrativo municipal percibe no estar de acuerdo con la aseveración, por lo que hace falta establecer o difundir las leyes correspondientes (70%) (Figura 17).



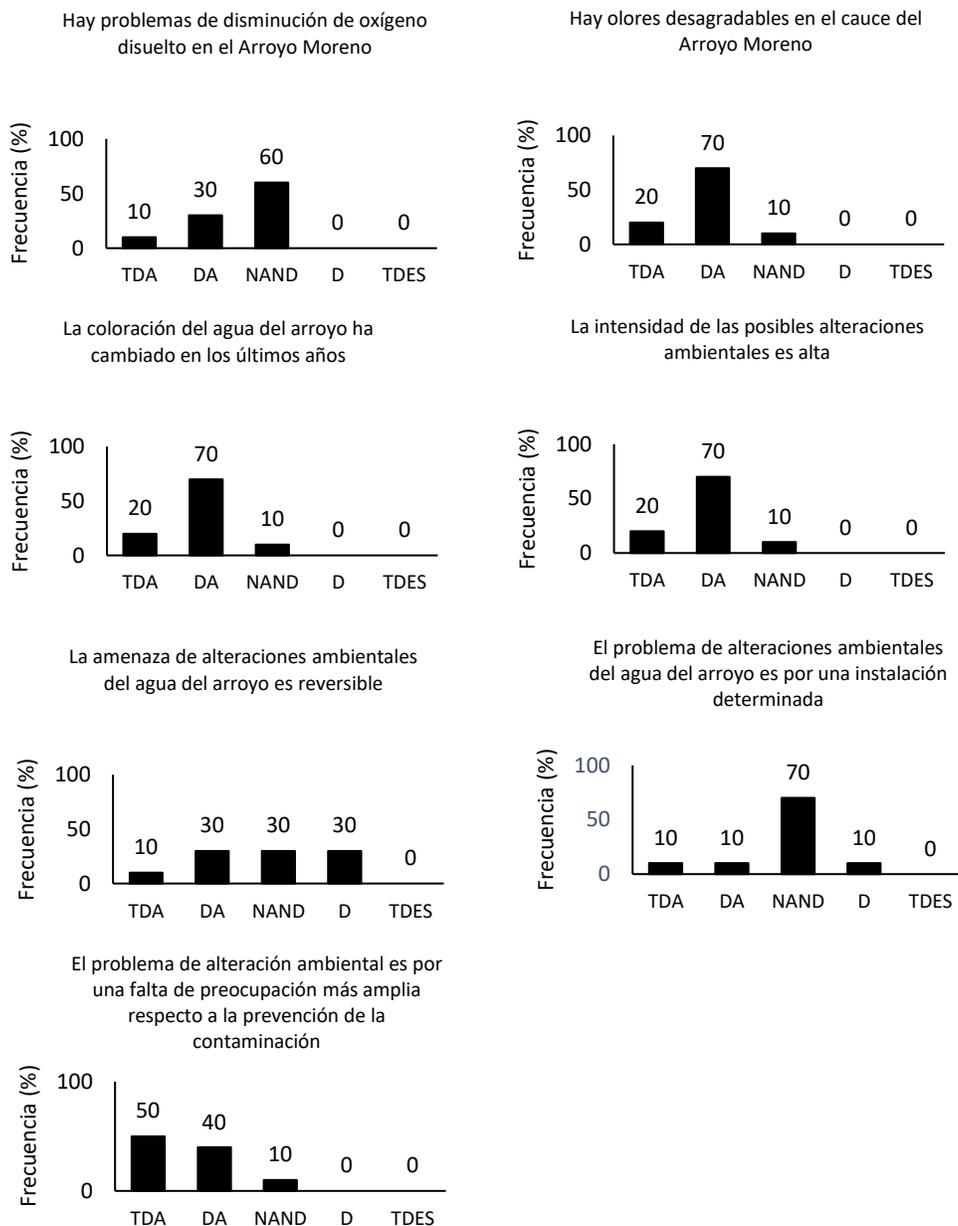
**Figura 17.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 1 a 8. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.

El sector administrativo municipal respondió que ha observado que la superficie de vegetación en general del área natural protegida Arroyo Moreno ha disminuido (70%) y que también el número de especies que se pescan para consumo humano ha disminuido (80%) (Figura 17).

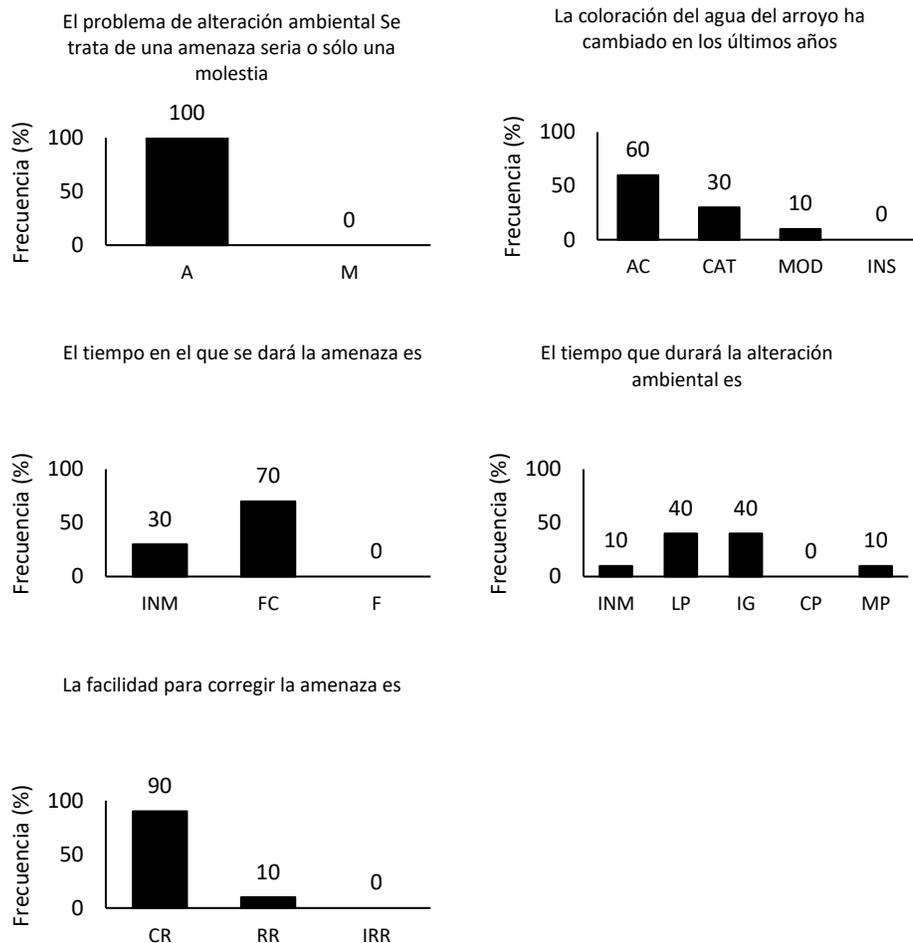
Sobre los aspectos en particular del estado del agua, el sector administrativo manifestó que hay problemas de disminución de oxígeno disuelto con un bajo porcentaje (40%), que se desprenden olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno (90%) y que ha notado cambio en la coloración del agua (90%).

El sector Administrativo municipal con conocimiento del área natural considera que la intensidad de las posibles alteraciones ambientales es alta (90%), considera que la amenaza de alteraciones ambientales del agua del arroyo es reversible en bajo porcentaje (40%), que las alteraciones ambientales del agua del arroyo no son causadas por sólo una instalación determinada (20%) y que el problema de alteración ambiental es por una falta de ocupación respecto a la prevención de la contaminación (90%) (Figura 18).

El sector Administrativo municipal considera que el problema de alteración ambiental se trata de una amenaza (100%), que la amplitud del daño en el agua es alta (92%), que la amplitud del daño en la vegetación es alta (60%). Por otro lado, el sector considera que el tiempo en el que se dará la amenaza es en un futuro cercano o de inmediato (100%) y que el tiempo que durará la alteración ambiental es intergeneracional o a largo plazo (80%) y que la corrección de la amenaza es difícil y costosa (90%) (Figura 19).



**Figura 18.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 9 a 15. TDA, totalmente de acuerdo; DA, de acuerdo; NAND, ni de acuerdo ni desacuerdo; D, desacuerdo; TDES, totalmente en desacuerdo.



**Figura 19.** Porcentaje de respuesta a los indicadores sobre Principio Precautorio. Sector Administrativo. Reactivos 16 a 20. A, Amenaza; M, Molestia; AC, Considerable; CAT, Catastrófica; MOD, Moderada; INS, Insignificante; INM, Inmediato; FC, Futuro cercano; F, Futuro; INM, Inmediato; LP, Largo plazo; IG, Intergeneracional; CP, Corto plazo; MP, Mediano plazo; CR, costosa de revertir; RR, rápida de revertir; IRR, Irreversible.

Al comparar las proporciones de respuesta de los tres sectores en los 22 ítems sobre el principio precautorio se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las comparaciones entre los ítems (Tabla 3).

**Tabla 3.** Comparación de las proporciones de respuesta entre los sectores científico (SC), social (SS) y administrativo (SA). P, significancia.

Ítem	Comparación		Comparación		Comparación	
	$\chi^2$ (SC/SS)	P	$\chi^2$ (SS/SA)	P	$\chi^2$ (SC/SA)	P
Un Área Natural Protegida es un espacio administrado, por legislación para lograr la conservación de la naturaleza con servicios ecosistémicos asociados	69.05	P < 0.05	121.90	P < 0.05	14.37	P < 0.05
Se observan alteraciones del medio ambiente, provocada por las actividades realizadas en el Área Natural de Arroyo Moreno	16.58	P < 0.05	0.36	<b>P &gt; 0.05</b>	16.43	P < 0.05
Las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan solo a los Municipios de Boca del Río y Medellín	704.42	P < 0.05	50.36	P < 0.05	77.44	P < 0.05
Las alteraciones ambientales del Arroyo Moreno afectan a todo el país	94.16	P < 0.05	20.72	P < 0.05	99.74	P < 0.05
Hay una legislación completa y conocida por toda la población aplicable al Área Natural de Arroyo Moreno.	115.37	P < 0.05	28.31	P < 0.05	63.58	P < 0.05
Las alteraciones ambientales potenciales en el Área Natural de Arroyo Moreno afectan la salud humana	82.82	P < 0.05	33.37	P < 0.05	4.22	<b>P &gt; 0.05</b>
Las alteraciones ambientales potenciales en el Área Natural Protegida Arroyo Moreno afectan los ecosistemas aledaños	55.83	P < 0.05	17.61	P < 0.05	30.49	P < 0.05
Ha observado que la superficie de vegetación en general del área natural protegida Arroyo Moreno ha disminuido	144.77	P < 0.05	6.64	<b>P &gt; 0.05</b>	69.78	P < 0.05
Ha observado que el número de especies que se pescan para consumo humano ha disminuido en el Arroyo Moreno	110.69	P < 0.05	33.19	P < 0.05	59.19	P < 0.05
Hay problemas de disminución de oxígeno disuelto en el Arroyo Moreno	212.91	P < 0.05	166.91	P < 0.05	86.56	P < 0.05
Hay olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno	117.13	P < 0.05	42.22	P < 0.05	60.40	P < 0.05

**Tabla 3 (continuación).** Comparación de las proporciones de respuesta entre los sectores científico (SC), social (SS) y administrativo (SA). P, significancia.

Item	Comparación		Comparación		Comparación	
	$X_2$ (SC/SS)	P	$X_2$ (SS/SA)	P	$X_2$ (SC/SA)	P
La coloración del agua del arroyo ha cambiado en los últimos años	108.50	P < 0.05	3.25	<b>P &gt; 0.05</b>	70.91	P < 0.05
La intensidad de las posibles alteraciones ambientales es alta	82.96	P < 0.05	15.85	P < 0.05	17.85	P < 0.05
La amenaza de alteraciones ambientales del agua del arroyo es reversible	64.27	P < 0.05	103.37	P < 0.05	657.79	P < 0.05
El problema de alteraciones ambientales del agua del arroyo es por una instalación determinada	161.44	P < 0.05	143.19	P < 0.05	359.63	P < 0.05
El problema de alteración ambiental es por una falta de preocupación más amplia respecto a la prevención de la contaminación	28.22	P < 0.05	11.95	P < 0.05	20.99	P < 0.05
El problema de alteración ambiental Se trata de una amenaza seria o sólo una molestia	70.13	P < 0.05	5.03	P < 0.05	1.26	<b>P &gt; 0.05</b>
Cuál es la amplitud del daño en el agua	29.13	P < 0.05	33.44	P < 0.05	70.33	P < 0.05
Cuál es la amplitud del daño en la vegetación	27.42	P < 0.05	5.77	<b>P &gt; 0.05</b>	29.12	P < 0.05
Cuánto es el tiempo en el que se dará la amenaza	27.21	P < 0.05	66.35	P < 0.05	86.86	P < 0.05
Qué tiempo durará la alteración ambiental	103.72	P < 0.05	104.98	P < 0.05	148.39	P < 0.05
Qué tan fácil es corregir la amenaza	45.58	P < 0.05	8.27	P < 0.05	0.73	<b>P &gt; 0.05</b>

Con la aplicación del modelo PER, se encontró como presión y estado en el recurso agua, que concentración de materia orgánica es alta, lo que determinó valores muy bajos en la concentración de oxígeno disuelto (0.1 mg/l). Respecto a la temperatura los valores llegaron hasta 35 °C. Los sólidos disueltos totales fueron mayores a 1000 ppm. Se percibieron olores desagradables y cambio en la coloración del agua con tonalidad verde oscuro. Se observó que el recurso suelo fue afectado principalmente por la deforestación y escurrimientos de desechos urbanos (Tabla 4).

En cuanto al recurso flora se observó un incremento en la alteración de la vegetación lo que afecta su utilidad en los servicios recreativos de ecoturismo, en la disminución de hábitats a especies locales y migratorias, disminuye su efecto en regulación del clima, se propicia la pérdida de la diversidad genética sobre todo de las especies de mangle amenazadas, disminuye su eficacia en el mantenimiento de la calidad del aire y en la reducción de daños ante catástrofes naturales (Tabla 5).

En el caso de la fauna se ha observado disminución de especies de peces y crustáceos que se pescan para consumo humano. Desde el punto de vista cultural, se observó que la modificación del área natural trae consigo la alteración del área que se utiliza con fines educativos, como valor estético, alteración por la contribución de arraigo o pertenencia y la disminución del área para contribuir con la generación de conocimiento científico (Tabla 6).

Como respuesta se determinó la relación de dichas afectaciones por la NOM-022-SEMARNAT-2003, NOM-020-RECNAT-2001, NOM-059-SEMARNAT-2010, NOM-009-SAG/PESC-2015 y la LGEEPA.

**Tabla 4.** Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta de los recursos agua y suelo, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.

Recurso	Presión	Estado	Respuesta
Agua	Concentración de nutrientes, eutroficación y oxígeno disuelto	Incremento en la concentración de nutrientes ocasionando eutroficación y valores bajos de oxígeno disuelto. Se obtuvieron valores hasta de 0.1 mg/l durante el estudio.	NOM-022-SEMARNAT-2003; NOM-001-2021; CE-CCA-001/89 1989; Artículo 93 de la LGEEPA.
	Cambio en la temperatura por agua utilizada en enfriamiento de turbinas termoeléctrica Dos Bocas	Incremento de la temperatura en la zona de descarga de canal artificial por hasta 5 °C más respecto a zonas alejadas. Se obtuvieron valores de hasta 35 °C durante el tiempo de realización del presente estudio.	NOM-022-SEMARNAT-2003; NOM-001-SEMARNAT-2021; Artículo 88 de la LGEEPA
	Acarreo de sólidos disueltos	Afectación de ecosistemas adyacentes por incremento en el acarreo de sólidos disueltos. Se obtuvieron valores mayores de 1000 ppm durante el estudio.	NOM-001-SEMARNAT-2021; NOM-127-SSA1-1994, punto 4.3; Artículo 120 de la LGEEPA
	Olores en el cauce del Arroyo Moreno	Hay olores desagradables en el cauce del Arroyo Moreno por descargas urbanas no autorizadas. En visitas se percibió olores derivados de compuestos de azufre y metano.	NOM-022-SEMARNAT-2003; NOM-137-SEMARNAT-2013; NOM-127-SSA1-1994 punto 4.2, Artículo 7 de la LGEEPA
	Coloración del agua del arroyo	Cambio de coloración del agua del arroyo. La coloración registrada durante el presente estudio fue de verde a café.	NOM-001-SEMARNAT-2021 ; Artículo 88 de la LGEEPA
	Servicios recreativos y ecoturismo	Afectación por vertimiento de aguas residuales y desechos urbanos a los servicios recreativos y de ecoturismo	Artículo 66 fracción II de la LGEEPA
Suelo	Suelo, deforestación y escurrimientos	Perdida del suelo por deforestación y escurrimientos. Disminución en superficie del ANPEAM	NOM-060-SEMARNAT-1994 fracciones de la 4.4 a la 4.8; NOM-022-SEMARNAT-2003; Las fracciones IX y X del artículo 28 de la LGEEPA
	Desechos urbanos	Incremento de la contaminación por desechos urbanos	NOM-083-SEMARNAT-2003; Artículo 133 de la LGEEPA

**Tabla 5.** Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta del recurso flora, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.

Recurso	Presión	Estado	Respuesta
flora	Vegetación y servicios recreativos y de ecoturismo	Disminución de área de vegetación para servicios recreativos y de ecoturismo	NOM-020-RECNAT-2001; NOM-022-SEMARNAT-2003; NMX-AA-133-SCFI-2013; Artículo 47 y 47bis de la LGEEPA
	Hábitats a especies locales y migratorias	Disminución de área generadora de hábitats a especies locales y migratorias	NOM-022-SEMARNAT-2003; NOM-059-SEMARNAT-2010; Artículo 170 y 170bis de la LGEEPA
	Conservación de la diversidad genética	Alteración del área para la conservación de la diversidad genética	NOM-022-SEMARNAT-2003; NOM-059-SEMARNAT-2010; Artículo 2 de la LGEEPA
	Regulación del clima	Disminución de la superficie vegetal para la regulación del clima	NOM-022-SEMARNAT-2003;
	Modificación de la calidad del aire	Disminución de área vegetal para la mejora de la calidad del aire	NOM-022-SSA1-2010; NOM-020-SSA1-2021; NOM-021-SSA1-2021; artículo 109bis, 159bis, 112 de la LGEEPA
	Reducción de daños ante catástrofes naturales	Disminución de área vegetal para reducir daños ante catástrofes naturales	NOM-059-SEMARNAT-2010; Manual de procedimientos Administrativos de la Dirección general de operación regional CONANP-FOO.1-MPA-DGOR-2016

**Tabla 6.** Aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta de los recursos fauna y cultural, donde los datos de presión fueron planteados con base en las observaciones directas del ANPEAM, el estado con base en las percepciones de los sectores científico, social y administrativo a cerca de los servicios ecosistémicos y principio precautorio.

<b>Recurso</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Respuesta</b>
fauna	El área provee de servicios para pesca deportiva	Disminución de especies de pesca deportiva	NOM-009-SAG/PESC-2015; Artículo 51 de la LGEEPA
	Especies que se pescan para consumo humano	Disminución de especies de peces y crustáceos que se pescan para consumo humano	NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013; NOM-009-SAG/PESC-2015; Artículo 54, 60, 94 de la LGEEPA
	Especies animales locales y migratorias	Disminución de hábitat a especies animales locales y migratorias	NOM-022-SEMARNAT-2003. NOM-059-SEMARNAT-2010 (considerandos)
cultural	Alteración del área con fines educativos	Alteración del área con fines educativos	NOM-022-SEMARNAT-2003; NMX-AA-119-SCFI-2020; Artículo 8 de la LGEEPA
	Alteración del área con valor estético	Alteración del área con valor estético	NOM-022-SEMARNAT-2003; NMX-AA-119-SCFI-2020; Artículo 3 LGEEPA
	Alteración del área de la zona para contribuir con el arraigo o pertenencia	Alteración del área de la zona para contribuir con el arraigo o pertenencia	NMX-AA-164-SCFI-2013; NOM-022-SEMARNAT-2003
	Área para contribuir con la generación de conocimiento científico	Disminución del área para contribuir con la generación de conocimiento científico	NOM-017-PESC-1994; NOM-022-SEMARNAT-2003; Artículo 8 de la LGEEPA

## DISCUSION

La primera etapa del principio precautorio sobre la identificación del daño ambiental fue determinada a través de las evidencias obtenidas en las visitas al área natural protegida y por las imágenes satelitales analizadas a través del tiempo. En las imágenes se muestran las alteraciones en agua, suelo, flora y fauna, que fundamentan la aplicación del principio precautorio como tal, determinando: la (a) incertidumbre científica, para posteriormente obtener (b) la perspectiva para evaluación del riesgo de producción de daño y (c) determinar la necesidad de evaluación del nivel de gravedad del daño que pudiera ser irreversible (Facciano, 2001; Andorno, 2002; Silva-Hernández, 2019).

Considerando entonces, la segunda etapa del principio precautorio que consiste en identificar lo que se sabe y lo que no se sabe sobre la amenaza fue posible obtener dicha información con las encuestas aplicadas a los sectores científico, social y administrativo a través de los indicadores de servicios ecosistémicos y los correspondientes al principio precautorio.

En el tema agua, se obtuvo que el ANPEAM participa de manera importante en el saneamiento del agua, en el ciclo del agua de la región de Veracruz y provee de agua a la zona que podría ser utilizada en agricultura por extracción del subsuelo después de la carga hacia el manto freático. Lo anterior es consistente con lo mencionado por la SEMARNAT (2023) que establece que los manglares proporcionan importantes servicios ambientales: Protección y regulación de inundaciones: recarga de los acuíferos, mejora de la calidad del agua

al servir como filtro biológico, prevención y reducción de la erosión costera, regulación de la calidad del agua y la captación de carbono, son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de crustáceos, alevines y otras especies de flora y fauna.

Respecto al tema suelo, se observa que dada la importancia sobre el transporte alóctono de suelo que es acarreada por el arroyo de manera directa y por la relación con el cause artificial de la Termoeléctrica Dos Bocas proveniente del Río Jamapa, se determinó que contribuye con la fertilidad del suelo y que ayuda a la formación del suelo. En este sentido Maderey (1987) confirma una relación estrecha entre el clima-escurrimiento-acarreo en suspensión y destaca la importancia de la formación del suelo como resultado de esta relación.

Al observar las respuestas a los indicadores agrupados del tema de biodiversidad se encontró que los entrevistados manifiestan que cuatro alternativas deben atenderse: el área provee de espacios para dar refugio a especies migratorias, es fuente de productividad primaria, mantiene y conserva la diversidad genética (CONANP, 2018).

Respecto al tema recursos se percibe que aún el indicador sobresaliente es la producción de recursos alimenticios (CONANP, 2018).

Para el tema ambiente, cuatro indicadores deben ser atendidos ya que reduce daños ante catástrofes naturales, participa en la regulación del clima, participa en el ciclo de nutrientes, el cuarto ítem considera que mejora la calidad del aire (Ortega-Rubio et al., 2015). En el tema cultura se observa que con los porcentajes son de baja atención.

En el tema de Educación, investigación y estética cuatro alternativas pueden ser clasificadas como de mayor atención, entre ellos: La zona tiene valor estético, provee de servicios recreativos y ecoturismo, la zona tiene valor educativo y contribuye con conocimiento científico. Al respecto de los temas mencionados la CONABIO (2023a) establece que “los humedales costeros, en particular los manglares, brindan servicios ambientales: son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines, por lo que sostienen gran parte de la producción pesquera, poseen un alto valor estético y recreativo, actúan como sistemas naturales de control de inundaciones y como barreras contra huracanes e intrusión salina, controlan la erosión y protegen las costas, mejoran la calidad del agua al funcionar como filtro biológico, contribuyen en el mantenimiento de procesos naturales tales como respuestas a cambios en el nivel del mar, mantienen procesos de sedimentación y sirven de refugio de flora y fauna silvestre, entre otros”.

Sobre los ítems correspondientes al principio precautorio los sectores percibieron estar de acuerdo o totalmente de acuerdo que el área debe ser administrada por legislación para su conservación y que provee de servicios ecosistémicos, que falta

de atención respecto a la prevención por fallas a nivel gubernamental y que el problema es realmente una amenaza al área natural. Al respecto, Ortega-Rubio et al. (2015) menciona que es indispensable la participación, interacción y articulación de las instituciones gubernamentales, sociedad civil y académicos para realizar los planes de manejo adecuado de un Área Natural Protegida.

En el tema de amplitud a la alteración se determinó que las alteraciones afectan a la salud humana y a los ecosistemas aledaños. En el tema de afectación de la biodiversidad, la percepción es que la cobertura de vegetación y el número de especies que se pecaban han disminuido. Tlapa-Almonte et al. (2020) menciona que la contaminación es un factor que amenaza y afecta a las Área Natural Protegida periurbanas.

En el tema de modificación de factores fisicoquímicos el sector científico considera que hay problemas con la concentración de oxígeno disuelto en el agua del Arroyo Moreno y que se producen olores desagradables con cambio en la coloración del agua. Agudelo-Valencia et al. (2019) mencionan que algunos contaminantes químicos son tóxicos y precursores de serios problemas que acarrearán mortalidad de flora y fauna, así como también da lugar a olores desagradables en el cauce, tal como se observó en la Figura 6.

En el tema daño en tiempo, espacio y magnitud, la percepción es que la intensidad de alteración es alta, con daño en la vegetación y en el agua, así mismo, se

considera que la alteración se dará en futuro cercano. En el tema de corrección se considera que la amenaza es reversible pero costosa y con cierto grado de dificultad. Dado lo anterior Manning y Krymkowski (2010) y Tlapa-Almonte et al. (2020) consideran que la aplicación de la legislación vigente es necesaria para regular el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de las Áreas Naturales Protegidas periurbanas por lo que se requiere una estrategia de conservación basada en un enfoque de comando y control, ya que ello implica que las normas sean codificadas en regulaciones y reglas administrativas, políticas públicas y leyes.

Una vez obtenida la información anterior se establece de acuerdo con la etapa 3 (reformular el problema) la necesidad de la aplicación del Principio precautorio, dando paso a la aplicación de la etapa 4 planteada como pregunta ¿Cuáles son las alternativas para determinar una forma más segura y limpia para no cambiar el uso del suelo y verter aguas no tratadas directamente al afluente Arroyo Moreno?, así como la etapa 5 planteando la pregunta ¿Cuál es el curso de acción de acuerdo a la normatividad mexicana actual?.

Como se observa en los resultados, al aplicar el modelo PER se pueden responder a dichos cuestionamientos de las etapas 4 y 5 como se muestra a continuación.

Se observó durante los recorridos y muestreos en lancha una gran cantidad de materia orgánica en colectas del estrato superficial proveniente de las descargas de aguas residuales, lo anterior ocasionó incremento en la eutrofización. Al respecto,

la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 (2024), en el apartado 3.25 establece que, la eutroficación se ocasiona por el agotamiento del oxígeno por una cantidad elevada de materia orgánica y nutrientes. Esta norma, establece en los puntos 1.43 al 1.47 que la suma o acumulación de impactos ambientales producidos por el vertimiento de aguas residuales urbanas tienen efectos tóxicos sobre las comunidades biológicas que tengan contacto con dichas sustancias, la disposición de residuos sólidos y algunas formas de energía, reducen y deterioran los hábitat productivos, afectando, la calidad del agua de los estuarios, alterando los ciclos biogeoquímicos y provocando presión sobre las poblaciones de diversas especies del hábitat en general. Los efectos pueden ser letales o subletales (migración y bioacumulación en los tejidos). Por otro lado, se menciona que el aumento en los contenidos de materia orgánica y de los compuestos de fósforo y nitrógeno en el agua ocasionan eutroficación con las consecuentes modificaciones en la estructura y los procesos ecológicos de humedales costeros.

En lo que corresponde a la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, sólidos disueltos totales, olores emanados por compuestos de azufre o carburos de hidrogeno se considera principalmente en la sección de especificaciones en el punto 4.8 de la NOM-022-SEMARNAT-2003 (2024), que se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas

que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.

Se pudo evaluar que la concentración de oxígeno es muy baja (valores menores a  $1 \text{ mgL}^{-1}$ ), así como una gran cantidad de sólidos disueltos totales (valores mayores a  $1000 \text{ mgL}^{-1}$ ). Al respecto de las descargas, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 (2024), tiene por objeto establecer los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales. De acuerdo con el artículo 93 de la LEGEEPA (2024), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, realizará las acciones necesarias para evitar, y en su caso controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier otro proceso de contaminación en las aguas nacionales.

De acuerdo con el artículo 88 de la LEGEEPA (2024), para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios: I. Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico; II.- El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos deben realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico; III.- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos, y IV.-

La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos. Así mismo, es importante considerar el artículo 120 donde se establece que, para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local: I. Las descargas de origen industrial; II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas; V. La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; VI. Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; y VII.- El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.

En lo correspondiente a los olores, se detectó la emanación de gases al observar burbujeo y la captación directa, ocasionando incluso malestar a las personas participantes en los muestreos. De acuerdo con el artículo 7, fracción VII, corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta ley y las leyes locales en la materia, la prevención y el control de la contaminación generada por la emisión de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales al equilibrio ecológico o al ambiente, proveniente de fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como, en su caso, de fuentes móviles que conforme a lo establecido en esta ley no sean de competencia Federal.

En el artículo 66 fracción II de la LGEEPA (2024) se establece que el programa de manejo de las áreas naturales protegidas deberá contener las acciones a realizar a

corto, mediano y largo plazo, estableciendo su vinculación con el Plan Nacional de Desarrollo, así como con los programas sectoriales correspondientes. Dichas acciones comprenderán: investigación y educación ambiental, de protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la flora y la fauna, para el desarrollo de actividades recreativas, turísticas, obras de infraestructura y demás actividades productivas, de financiamiento para la administración del área, de prevención y control de contingencias, de vigilancia y las demás que por las características propias del área natural protegida se requieran.

Respecto a la deforestación que se observó y que se ha determinado en incremento por el cambio de uso del suelo no permitido, debe observarse la Norma Oficial Mexicana NOM-060-SEMARNAT-1994 (2024) en las fracciones 4.4 a 4.8, donde se establece que la vegetación ribereña deberá ser conservada respetando su distribución natural en la orilla de los cuerpos de agua; cuando presente signos de deterioro, su recuperación será mediante reforestación con especies nativas y manejo de suelo para lograr su estabilidad, podrán realizarse aprovechamientos para saneamiento forestal cuando se acrediten técnicamente en el programa de manejo. La planificación del manejo de la vegetación ribereña considerará que es importante por la función estabilizadora de los suelos, la retención de materiales acarreados por las escorrentías de las partes altas provee de hábitat y cobertura que evitan el desplazamiento de especies de fauna silvestre, su función como ecotono es importante entre las comunidades vegetales adyacentes y los ecosistemas acuáticos, tiene influencia en el microclima por el amortiguamiento en las fluctuaciones de temperatura, debido al aporte de sombra en el mismo. La

estabilidad de los taludes no debe ser alterada, deben controlarse los procesos erosivos y la pérdida de suelos mediante la construcción de obras para el funcionamiento eficiente del drenaje. Que el material removido para nivelación de caminos (o dragado) no se deposite en sus orillas ni sobre las pendientes o en cuerpos de agua. En el manejo de los desechos sólidos y líquidos que puedan contaminar al suelo y cuerpos de agua, se observará lo que dispongan las normas oficiales mexicanas aplicables. Se deberán tomar medidas para la prevención de incendios forestales. Sin embargo, fue posible observar durante los recorridos trabajos de dragado donde el material removido fue colocado a las orillas del Arroyo.

En el capítulo II artículo 98 en las fracciones I a VI de la LEGEEPA (2024) se establece que la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos donde debe considerarse que el uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas, el uso de los suelos debe hacerse de manera que se mantengan su integridad física y su capacidad productiva, los usos productivos del deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos, para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural, en las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, y que la realización de las obras públicas o

privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Respectos a la flora del ANPEAM, formada principalmente por mangles se aborda en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (2024) donde se considera que, de acuerdo con la consulta pública, fueron cambiadas de categoría de riesgo las cuatro especies de mangle *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, de Protección especial a Amenazadas.

Al respecto en la LEGEEPA (2024), el artículo 170 establece que cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública, la Secretaría, fundada y motivadamente, podrá ordenar alguna o algunas de las siguientes medidas de seguridad: I.- La clausura temporal, parcial o total de las fuentes contaminantes, así como de las instalaciones en que se manejen o almacenen especímenes, productos o subproductos de especies de flora o de fauna silvestre, recursos forestales, o se desarrollen las actividades que den lugar a los supuestos a que se refiere el primer párrafo de este artículo; II.- El aseguramiento precautorio de materiales y residuos peligrosos, así como de especímenes, productos o subproductos de especies de flora o de fauna silvestre o su material genético, recursos forestales, además de los bienes, vehículos, utensilios e instrumentos directamente relacionados con la

conducta que da lugar a la imposición de la medida de seguridad, o III.- La neutralización o cualquier acción análoga que impida que materiales o residuos peligrosos generen los efectos previstos en el primer párrafo de este artículo. Asimismo, la Secretaría podrá promover ante la autoridad competente, la ejecución de alguna o algunas de las medidas de seguridad que se establezcan en otros ordenamientos. En tanto en el artículo 170 BIS se establece que cuando la Secretaría del medio ambiente y recursos naturales ordene alguna de las medidas de seguridad previstas en esta Ley, indicará al interesado, cuando proceda, las acciones que debe llevar a cabo para subsanar las irregularidades que motivaron la imposición de dichas medidas, así como los plazos para su realización, a fin de que una vez cumplidas éstas, se ordene el retiro de la medida de seguridad impuesta.

En el artículo 2 fracción III de la LEGEEPA (2024), establece que son de utilidad la formulación y ejecución de acciones de protección y preservación de la biodiversidad del territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, así como el aprovechamiento de material genético.

Respecto a la calidad del aire en el artículo 109 bis de la LEGEEPA (2024), la Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, determina que los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, deberán integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente. La información del registro se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes,

licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Secretaría, o autoridad competente del Gobierno del Distrito Federal, de los Estados, y en su caso, de los Municipios. En el artículo 112 se declara que, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios, de conformidad con la distribución de atribuciones establecida en los artículos 7o., 8o. y 9o. de esta Ley, así como con la legislación local en la materia: fracción I que establece que deberán controlar la contaminación del aire en los bienes y zonas de jurisdicción local, los gobiernos estatales y municipales aplicarán los criterios generales para la protección a la atmósfera en los planes de desarrollo urbano de su competencia.

La Norma Oficial Mexicana NOM-009-SAG/PESC-2015 (2024) en su parte introductoria fracción 1.1 específica que las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, constituyen un recurso natural que forma parte de la riqueza pública de la Nación, que el Estado tiene el deber de conservar y administrar para garantizar su aprovechamiento racional y que su explotación rinda los mayores beneficios a la economía nacional y 1.6 donde se especifica que, La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) deberá coordinarse con la Secretaría en materia de preservación, restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, particularmente, en dictaminar las medidas tendientes a la protección de especies acuáticas sujetas a un estado especial de protección, por ejemplo el sábalo presente en el ANPEAM.

Al respecto en el artículo 54 de la LEGEPA (2024) se menciona que, las áreas de protección de la flora y la fauna se constituirán de conformidad con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables, en los lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres. En dichas áreas podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia. En el artículo 60 se establece que, Las declaratorias para el establecimiento de las áreas naturales protegidas deberán contener entre otros, la realización de las acciones de preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de las áreas naturales protegidas, para su administración y vigilancia, así como para la elaboración de las reglas administrativas a que se sujetarán las actividades dentro del área respectiva, conforme a lo dispuesto en ésta y otras leyes aplicables. En el artículo 94 se menciona que, la exploración, explotación, aprovechamiento y administración de los recursos acuáticos vivos y no vivos, se sujetará a lo que establecen esta Ley, la Ley de Pesca, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones aplicables.

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 establece en el considerando que deberán identificarse los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, dando seguimiento a los ecosistemas que: contengan una gran diversidad, un gran número

de especies endémicas o en peligro, o vida silvestre; sean necesarios para las especies migratorias.

En lo que respecta a educación ambiental en el artículo 3 fracción XXXVIII, se determina que, se entiende por proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida. Y en el artículo 8. Se establece que, corresponden a los Municipios, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades: I.- La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental municipal; II.- La aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en las leyes locales en la materia y la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en bienes y zonas de jurisdicción municipal, en las materias que no estén expresamente atribuidas a la Federación o a los Estados y fracción XIII.- La formulación y conducción de la política municipal de información y difusión en materia ambiental.

La etapa 5 del principio precautorio puede definirse claramente en el siguiente apartado: La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA, 2024, Artículo 53) (PROFEPA, 2024), dispone que el Ejecutivo Federal y el Congreso de la Unión

desarrollarán políticas integrales en materia de prevención de daños al ambiente; investigación, persecución, sanción y prevención general y especial de los delitos e infracciones administrativas que los ocasionan; así como para la reinserción social de los individuos penal y ambientalmente responsables que induzcan al respeto de las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Para tal efecto la procuraduría y la Procuraduría General de la República expedirán y harán público el programa respectivo, siendo acordes con la formulación y conducción de la política ambiental llevándose a cabo en el marco del Sistema Nacional de Seguridad Pública. Se considera que lo dispuesto en la LGEEPA (2024) en concordancia con la LFRA (2024) en las acciones de medidas que el Estado debe tomar están las políticas integrales, previendo así también disposiciones en materia administrativa y penal, lo anterior como parte de la política ambiental del Estado con carácter de Seguridad Pública Nacional (Silva-Hernández, 2019).

## CONCLUSIONES

Fue posible a través de visitas a los sistemas terrestres y acuático realizar las observaciones sobre el estado actual del ANPEAM, de tal manera que se identificaron las amenazas de acuerdo con la primera etapa del principio precautorio: así la afectación del ANPEAM por el cambio en el uso del suelo debido al crecimiento urbano determinando una disminución de 4 has en los últimos 13 años. Se observaron descargas de agua residual, alta concentración de materia orgánica, producción de gases, baja concentración de oxígeno disuelto, incremento de temperatura hasta los 35 °C, flora afectada por deforestación, fauna afectada por mala calidad del agua. Por otro lado, el área sigue siendo utilizada con fines de ecoturismo, educación e investigación.

Tanto los indicadores de los servicios ecosistémicos como los establecidos propiamente para la fundamentación que determinaron la aplicación del principio precautorio fueron útiles para cubrir la segunda y tercera etapa del principio precautorio. No se presentaron diferencias significativas en las respuestas de los sectores científico, social y administrativo. Las encuestas arrojaron que el área natural es importante en el saneamiento del agua, que contribuye con la formación del suelo. En cuanto a la biodiversidad el área provee de espacios para dar refugio a especies migratorias y conserva la diversidad genética. Se considera que reduce daños ante catástrofes naturales, participa en la regulación del clima, en el ciclo de nutrientes y en la mejora de la calidad del aire. La zona tiene valor estético, provee de servicios recreativos y ecoturismo tiene valor educativo y de investigación. Considerando los temas específicos del principio precautorio, el sector científico considera que el área

debe ser administrada por legislación para su conservación y provea de servicios ecosistémicos pero que hay falta de atención respecto a la prevención por fallas a nivel gubernamental y que el problema es realmente una amenaza al área natural. Se percibe que las alteraciones afectan a la salud humana y a los ecosistemas aledaños. Hay problemas con la concentración de oxígeno disuelto y que se producen olores desagradables. En el tema daño en tiempo, espacio y magnitud, la percepción es que la intensidad de alteración es alta en tiempo inmediato. En el tema de corrección de la alteración la academia considera que la amenaza es reversible pero costosa y con cierto grado de dificultad.

Después de la identificación de la presión y estado de los recursos del ANPEAM a través de la información obtenida por la percepción de los sectores científico, social y administrativo sobre de servicios ecosistémicos e indicadores del mismo principio precautorio fue posible determinar la respuesta basados principalmente en las Normas Oficiales Mexicanas y la LEGEEPA, determinando que debe aplicarse de manera inmediata el Principio Precautorio para regularizar las descargas de agua residuales urbanas que incrementan la concentración de materia orgánica, producen gases y disminuyen la concentración de oxígeno disuelto, detener el cambio del uso del suelo y el proceso de deforestación del manglar ya que las especies ahí encontradas se encuentran en la categoría de amenazadas.

## REFERENCIAS

Agudelo Valencia, R. N., Ovalle-González, D. P., Rodríguez-Rodríguez, L. F., Camargo-Vargas, G. J. y Almonacid-Jiménez, L. Y. 2019. Remoción de sulfuros presentes en el agua residual del proceso de curtido mediante cavitación hidrodinámica. *revon*. 2019;32(1):21-33. doi:10.18273/revion.v32n1-2019002

Andorno, R. 2002. El Principio de Precaución: un nuevo estándar jurídico en la Era Tecnológica. *La Ley* D-1,236ss.

Agüero-Rodríguez, J. C., Tepetla-Montes, J. y Torres-Beristain, B. 2019. Realidad de las Áreas Naturales Protegidas, el caso de las altas montañas. *Ciencia y Luz*, Universidad Veracruzana.

<https://www.uv.mx/cienciauv/blog/realidaddelasareasnaturalesprotegidaselcasodelasaltasmontanas/#:~:text=Veracruz%20es%20considerado%20el%20tercer,el%20Sistema%20Arrecifal%20Lobos%E2%80%93%20Tuxpan>.

(Consultado 12 de diciembre de 2023)

Aguilar, S. (2005). Guía para la interpretación ambiental del manglar. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Veracruz, Veracruz.

Álvarez, R. 2002. Análisis de la evolución del manglar de Arroyo Moreno durante los últimos 40 años utilizando un sistema de información geográfica (SIG). Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz.

Anglés, H. M. 2018. El Principio Precautorio en México: Plaguicidas, medio ambiente y salud. En: Márquez-Romero, R. y Rocha-Cacho W. V. Bioética y Bioderecho: Reflexiones clásicas y nuevos desafíos. Instituto de Investigaciones Jurídicas, Serie Doctrina Jurídica, 821: 439-460.

Artigas, C. 2001. El principio precautorio en el derecho y la política internacional Naciones Unidas, CEPAL, Santiago de Chile. 37 p.

Boehemer, C. S. 1994. Interpreting the Precautionary Principle, Tim O. Raiordan and James Cameron (ed.), Earthscan Publications Ltd., ISBN1-85383-200-6

Cafferatta, N. E. 2004. El principio precautorio. Gaceta Ecológica SEMARNAT, México, 73: 5-21.

Casagrande, N. A. 2002. El contenido jurídico del principio de precaución en el derecho ambiental brasileño En: 10 años de Eco 92. El derecho y el desarrollo sustentable. Anales del Congreso Internacional de Derecho Ambiental 6º.

CONABIO (Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas). 2023a. Áreas Naturales Protegidas, instrumentos de seguridad nacional.

<https://www.gob.mx/conanp/articulos/que-son-los-servicios-ambientales-201978>

(Consultado 12 de diciembre de 2023)

CONABIO (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2023b. Áreas Naturales Protegidas. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protégidas-278226>. (Consultado 12 de diciembre de 2023).

CONABIO (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2023. Manglares. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares> (Consultado 12 de julio de 2023).

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2018. 100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México. SEMARNAT-CONANP. México. 634 p.

Constitución política de los estados unidos mexicanos. 2023. Constitución publicada en el diario oficial de la federación el 5 de febrero de 1917. Texto vigente. Última reforma publicada DOF 06-06-2023.

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 16 de junio de 1992. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm> (Consultado 12 de julio de 2023).

Enel, 2023. Resiliencia ecológica: Cómo los ecosistemas se adaptan a los cambios. <https://www.enel.com/es/nuestra-compania/historias/articles/2023/03/resiliencia-ecologica>

(Consultado 12 de diciembre de 2023)

Galindo-Cortes, G. (2011). Enfoque precautorio aplicado a recursos pesqueros fluctuantes: un análisis bioeconómico para la sardina del Pacífico. Tesis Doctorado en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur. 97 p.

Facciano, L. 2001. La Agricultura Transgénica y las regulaciones sobre bioseguridad en la Argentina y en el orden internacional. Protocolo de Cartagena de 2000. En: Tercer Encuentro de Colegios de Abogados sobre Temas de Derecho

Agrario. Instituto de Derecho Agrario del Colegio de Abogados de Rosario, Argentina.

FAO. 2023. El medio ambiente. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s09.htm>  
(Consultado 12 de julio de 2023).

Gaceta Oficial (Órgano del gobierno del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave). 2008. Decreto que reforma el diverso de fecha 25 de noviembre de 1999 por el que se declara área natural protegida, como zona sujeta a conservación Ecológica, el lugar conocido como arroyo moreno, municipio de Boca del Río, Ver.

Garibay, L. 2006. Propuestas de Desarrollo comunitario tendientes a la conservación del Manglar Arroyo Moreno municipio de Boca del Río, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

INEGI, 2023. Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA).  
<https://www.google.com/search?q=indicadores+ecosistemicos+inegi&aq=chrome..69i57j0i395i546l3j0i395i546i649.13327j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>  
(Consultado 12 de julio de 2023).

Kemelmajer de Carlucci, A. 2001. Determinación de la filiación del clonado. Jurisprudencia Argentina, IV, fascículo: 12.

Kerlinger, E. N. 1975. Investigación del comportamiento: técnicas y metodología. México, D. E: Nueva Editorial Interamericana. Primera edición en español, 497 p.

LEGEEPA (Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente). 2024. Nueva ley publicada en el diario oficial de la federación el 28 de enero de 1988. Texto vigente. Última reforma publicada DOF 13-05-2016. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-del-equilibrio-ecologico-y-la-proteccion-al-ambiente-63043> (Consultado 6 de enero de 2024)

Ley general de cambio climático. 2023. Nueva ley publicada en el diario oficial de la federación el 6 de junio de 2012. Texto vigente Última reforma publicada DOF 15-11-2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf> (Consultado 12 de diciembre de 2023)

López-Portillo, J., Gómez, A., Lara-Domínguez, L., Ávila-Ángeles, A. y Vázquez-Lule, D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Arroyo Moreno. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica, CONABIO, México, D.F.

Maderey R. L. E. 1987. Clima, escurrimiento y acarreo en suspensión en las cuencas de los ríos San Pedro y Macuspana, México. *Revista Geográfica*, 106: 111-134. <http://www.jstor.org/stable/40992554>

Manning, R. E. y Krymkowski, D. H. 2010. Standards of quality for parks and protected areas. Applying normative theory and methods in U.S. national parks. *International Journal of Sociology*, 40(3): 11-29.

Martínez-Gómez J. 1996. Arroyo Moreno: su flora y su Fauna. México, Gobierno del Estado de Veracruz y H. Ayuntamiento de Boca del Río.

Muñoz, N. R. 2017. El principio de precaución en México. Estudio de caso: Emergencia ecológica responsabilidad de la minera Buena Vista del Cobre S.A. de

C.V. Tesis de Maestría Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 149 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 (2024).

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=670086&fecha=07/05/2004#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=670086&fecha=07/05/2004#gsc.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 (2024)

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.c.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001 (2024).

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=757042&fecha=10/12/2001#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=757042&fecha=10/12/2001#gsc.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.c.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-137-SEMARNAT-2013. 2024.

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5333283&fecha=20/02/2014#gsc.c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5333283&fecha=20/02/2014#gsc.c.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-060-ECOL-1994. 2024

<https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=N3VKT0pMVUZGeFRjZXpjZnUwVUZyQT09>

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. 2024.

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5617899&fecha=10/05/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5617899&fecha=10/05/2021#gsc.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Mexicana NMX-AA-133-SCFI-2013. 2024.

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5629160&fecha=08/09/2021#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5629160&fecha=08/09/2021#gsc.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 2024. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021. 2024.

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud Ambiental. 2024.

<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4149/salud1/salud1.htm#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20establece,protecci%C3%B3n%20de%20la%2>

0salud%20humana.&text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20es%20de%20observancia%20obligatoria%20en%20el%20territorio%20nacional.

(Consultado 6 de enero de 2024)

Norma Oficial Mexicana NOM-009-SAG/PESC-2015. 2024.

[https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/5915/sagarpa11\\_C/sagarpa11\\_C.html](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/5915/sagarpa11_C/sagarpa11_C.html)

(Consultado 6 de enero de 2024)

Omori, S. (2023). Precautionary Principles that Protect the Oceans Ecosystems and Their Biodiversity. [https://www.spf.org/en/opri/newsletter/24\\_2.html?full=24\\_2](https://www.spf.org/en/opri/newsletter/24_2.html?full=24_2)  
(Consultado 12 de julio de 2023).

Ortega-Rubio, A., C. Jiménez-Sierra, L. Jiménez-Badillo, M. J. Pinkus-Rendón, V. J. Arriola-Padilla, J. Sosa-Ramírez, F. Valadez-Cruz, G. Rodríguez-Quiroz, E. Barba-Macías, C. Espitia-Moreno, P. Cortés-Calva, A. Breceda Solís-Cámara, L. I. Iñiguez-Dávalos, H. A. González-Ocampo y M. A. Pinkus-Rendón. 2015. Prioridades de investigación para las Áreas Naturales Protegidas de México. En: Ortega-Rubio, A., M. J. Pinkus-Rendón e I. C. Espitia-Moreno (Editores). Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. (pp. 493- 512). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz B. C. S., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp. ISBN: 978-607-424-558-5

PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección Ambiental). 2023. México protege sus manglares.

[https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/5117/1/mx/mexico\\_protege\\_sus\\_manglares.html](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/5117/1/mx/mexico_protege_sus_manglares.html). (Consultado 12 de julio de 2023).

PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección Ambiental). 2024. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

<https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-federal-de-responsabilidad-ambiental> (Consultado 2 de enero de 2024).

Raffensperger, C. y Tickner, J. Eds. 1999. Protecting public health and the environment: implementing the precautionary principle. Washington, DC, Island Press.

Revuelta, B. 2022. La consolidación del Derecho Ambiental en México. Tendencias y desafíos. Derecho Global, Estudios sobre Derecho y Justicia, VII(21): 111-143 <https://DOI.org/10.32870/dgedj.v7i21.369>

SEDESMA-CGMA-UV. 2006. Programa de manejo del área natural protegida Arroyo Moreno.

SEMARNAT, 2023. Los manglares mexicanos. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/manglares-mexicanos> (Consultado 12 de julio de 2023).

Silva-Hernández, F. 2019. Principio de prevención y precautorio en materia ambiental. Revista Jurídica Derecho, 8(11): 92-106.

Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 3rd ed. Freeman: New York. 887 p.

Tickner, A. J. y Raffensperger C. 2022. The precautionary principle in action. A handbook. <http://www.pauldavidtuff.com/PDF%20Files/handbook.pdf>

Tlapa-Almonte, M., Bustamante, A., Vargas, S., Ramírez, B., Cervantes, V., Cruz, G. 2020. Factores del deterioro de las áreas naturales protegidas periurbanas del Valle de Puebla, México. *Estudios demográficos y urbanos*. 35(1): 51-2. [Http://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1828](http://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1828)

UNESCO. 2005. Informe del Grupo de Expertos sobre el principio precautorio de la comisión de ética del Conocimiento Científico y de la Tecnología (COMEST), París, Unesco. 52 p.