



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS  
EN ZONAS ÁRIDAS**

**ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL, CASO DE ESTUDIO: OASIS  
DE SAN IGNACIO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**TESIS**

**Que para obtener el grado en**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**Presenta**

**MARTHA ALEJANDRA VELÁZQUEZ MIRANDA**

**Ensenada, Baja California, Agosto de 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS EN ZONAS ÁRIDAS

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL, CASO DE ESTUDIO: OASIS DE SAN IGNACIO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS

Que para obtener el grado en

MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

MARTHA ALEJANDRA VELÁZQUEZ MIRANDA

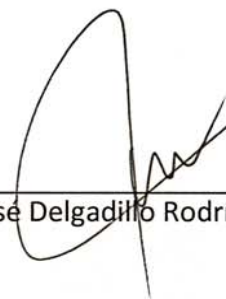
Aprobado por



Dr. Gorgonio Ruiz Campos



Dr. José Luis Fermán Almada



Dr. José Delgadillo Rodríguez



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi esposo por su amor y comprensión, por escucharme y su apoyo en todo momento. A mi hijo Luis Eduardo y mi niña Andrea por el apoyo y paciencia que día, con día me brindaron. A mi director, el Dr. Gorgonio Ruiz Campos por creer en este proyecto, por sus consejos, recomendaciones y sugerencias, pero sobre todo por su amistad. Al Dr. José Luis Fermán por su apoyo, buenos consejos y excelente guía en todo momento. A J. Claudia Leyva por su optimismo y consejos. Al maestro José Delgadillo por orientarme y sus recomendaciones.

A mis padres por la confianza y apoyo. A mis hermanos (Annett, Agustín y Manuel) y mis sobrinos que siempre están presentes en los momentos especiales y más gratificantes de mi vida. A mis primas Kory y Verónica por escucharme y distraerme cuando lo necesitaba. A mi madre y mi suegra por el apoyo que me brindan en el cuidado de mis hijos. A toda mi familia en general por el apoyo que me brindan siempre.

A mis profesores por sus enseñanzas y duras críticas, a la maestría, a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y en especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada, sin ellos no habría sido posible este trabajo.

A mis compañeros Erika, Ana María, Viole, Fernando, Nena, Leo, Chabe, Miri, Adriana y Alejo. Plásticooooooooo!!!. A mis amigos y en especial a ti Michelle, por escucharme y aconsejarme en esas largas pláticas por el teléfono. De todo corazón, mil gracias a todos...

## RESUMEN

En Baja California Sur se localiza un conjunto de oasis que representan ecosistemas mesófilos relictos de afinidad tropical. Se caracterizan por presentar vegetación ribereña compuesta por palmas (*Washingtonia robusta* y *Phoenix dactylifera*), carrizos (*Phragmites australis*) y tules (*Typha domingensis*). Estos ecosistemas sostienen una diversidad biológica que incluyen endemismos y especies relictas, además ofrecen bienestar a los pobladores rurales que viven en sus inmediaciones. Sin embargo, el efecto combinado de varios factores como el crecimiento de asentamientos humanos, el aprovechamiento sin control de los recursos forestales (palmar), la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación del recurso hídrico, y la falta de valoración e identificación de áreas prioritarias para la conservación, entre otros, ha originado que estos ecosistemas se encuentren amenazados. En la actualidad no se cuenta con alguna metodología que integre la información generada por diferentes instituciones y que exprese la condición actual de los oasis. El objetivo de la investigación, es diseñar y aplicar un índice que mide la calidad ambiental de los ecosistemas de oasis, basado en indicadores ambientales que permitan identificar los factores causales y aquéllos que requieren atención prioritaria para lograr la permanencia de estos ecosistemas. Para este índice se elaboró un marco conceptual donde se vincularon los conceptos que expresan la calidad ambiental en cada oasis. En este caso se consideró a las presiones que se ejercen sobre el ecosistema y el estado que guardan los componentes del mismo. Los indicadores de presión son de tipo antropogénico (agricultura, ganadería y especies exóticas) y aquéllos de origen biótico ó abiótico, expresan el estado de integridad ecosistémica (calidad del agua, calidad del hábitat ribereño y disponibilidad del recurso hídrico). Para la aplicación del índice se eligió el oasis de San Ignacio, cuyos resultados obtenidos indican una calidad ambiental intermedia, derivada del buen estado de sus componentes ecosistémicos y de la moderada presión antropogénica. Se identifican a las especies exóticas y la agricultura como los principales factores causales de la disminución en la calidad del oasis. Por tanto, se requiere atención prioritaria en estos dos aspectos, para mitigar los efectos negativos.

## ABSTRACT

In Baja California Sur there are a group of oases that represent relict mesophyll ecosystems with tropical affinity. They are characterized for having a riparian vegetation composed by palms (*Washingtonia robusta* y *Phoenix dactylifera*), reeds (*Phragmites australis*), and cattail (*Typha domingensis*). These ecosystems shelter a biological diversity that include botht endemic and relict species, also offer welfare to the rural residents that live in their vicinities. However, the combined effect of various factors as the urban growth, overexploitation of the forestall resources without control (palm grove), the introduction of exotic species, the over exploitation of water resources, and the lack of valuation and identification of conservation priority areas, between others, has caused that these ecosystems to be threatened. Currently, we do not have any methodology that can integrate the generated information of several institutions and expresses the actual condition of the oases. The objective of this study is to design and implement an index that can measure the environmental quality of the ecosystem of oasis, based on environmental indicators and let us identify the causal factors and those that require priority attention to ensure the survival of these ecosystems. We constructed an index that links the concepts that express the environmental quality for each oasis. In this case we considered the pressures on the ecosystem and the current state of their components. The pressure indicators are of anthropogenic type (agriculture, livestock, and exotic species) and those of biotic or abiotic origin, which express the state of ecosystem integrity (water quality, riparian habitat and availability of water resources). For the purposes of the index, the oasis of San Ignacio was chosen. The results obtained indicated an intermediate environmental quality derived from the good state of the ecosystem components, as well as the moderate anthropogenic pressure. The main factors causing the decline in the oasis are the exotic species and agriculture activity. Therefore, priority attention is required on these two aspects in order to mitigate the negative effects.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivo Especifico.....	4
3. Método.....	5
3.1 Diseño y construcción del índice.....	5
3.2 Aplicación del índice.....	6
4. Resultados.....	8
4.1 Artículo: Índice de calidad ambiental, caso de estudio: Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México.....	9
4.2 Escenarios.....	30
4.2.1 Estratégico.....	31
4.2.2 Tendencial.....	36
5. Conclusiones.....	38
6. Bibliografía.....	40

## **ANEXOS**

Anexo I. Pirámide de la información (Allen et al., 1995).....	42
Anexo II. Variables que se utilizaron para medir cada indicador.....	43
Anexo III. Tablas de cálculo del índice de calidad ambiental.....	44
Anexo IV. Responsables y plazos para la realización de las líneas de acción de cada estrategia.....	47
Anexo V. Acuse de recibo del artículo enviado a la revista Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública. Del Instituto Nacional de Ecología, México.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Representa diferentes escenarios esperados, al aplicar estrategias para lograr mejoras en la condición actual.....	30
Tabla 2. Valor de cada indicador basado en un Escenario Tendencial.....	37
Tabla 3. Variables que se utilizaron para medir cada indicador de estado y presión.....	43
Tabla 4. Cálculo del Índice de Calidad Ambiental (ICAO) para el oasis de San Ignacio.....	44
Tabla 5. Cálculo del Subíndice de Presión.....	44
Tabla 6. Cálculo del Subíndice de Estado.....	44
Tabla 7. Valor normalizado del indicador Especies Invasoras.....	44
Tabla 8. Valor normalizado del indicador Presencia de la actividad Agrícola.....	45
Tabla 9. Valor normalizado del indicador Presencia de la actividad Ganadera.....	45
Tabla 10. Valor normalizado del indicador Calidad del Agua.....	45
Tabla 11. Valor normalizado del indicador Calidad del Hábitat Ribereño.....	45
Tabla 12. Valor normalizado del indicador Disponibilidad del Recurso Hídrico.....	46
Tabla 13. Estrategias para lograr la permanencia de las especies autóctonas del cuerpo de agua.....	47
Tabla 14. Estrategias para el desarrollo de agricultura sustentable.....	47
Tabla 15. Estrategias para fortalecer el desarrollo económico y mantener la calidad ambiental en el oasis.....	48
Tabla 16. Estrategias para la conservación de los hábitat ribereños.....	49



## Tablas del artículo

Tabla 1. Indicadores ambientales para el subíndice de presión y el subíndice de estado impacto.....	17
Tabla 2. Categorías correspondientes al grado de calidad ambiental.....	18
Tabla 3. Unidades e intervalos de variación de cada indicador seleccionado.....	19
Tabla 4. Medida de los indicadores ambientales obtenidas de fuentes bibliográficas y de campo.....	20
Tabla 5. Calidad ambiental del oasis de San Ignacio.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño y desarrollo del índice.....	5
Figura 2. Aplicación del índice.....	6
Figura3. Representación del índice de calidad ambiental para los oasis, bajo el modelo de la pirámide de la información propuesta Allen et al., 1995.....	42

### Figuras del artículo

Figura 1. Localización geográfica del oasis de San Ignacio en Baja California Sur, México.....	12
Figura 2. Lago del oasis de San Ignacio en Baja California Sur, México.....	13
Figura 3. Análisis simplificado de las relaciones causales entre los componentes del ecosistema y los procesos de deterioro, que determinan el grado de calidad ambiental y dan como resultado la selección de los indicadores.....	16
Figura 4. Impacto que ejercen los indicadores de presión seleccionados en el oasis de San Ignacio.....	23
Figura 5. Calidad que mantienen los componentes del ecosistema en el oasis de San Ignacio.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos se ha visto la necesidad desarrollado diferentes metodologías de evaluación ambiental para el reconocimiento de la calidad ambiental de los recursos en ecosistemas acuáticos. La evaluación de la calidad ambiental de los humedales depende de los aspectos hidrológicos, fisicoquímicos, biológicos, geomorfológicos, entre otros. Por tanto, la evaluación debe ser integral y abordarse de modo combinado entre estos aspectos (González-Bernáldez, 1992). Esta calidad depende del mantenimiento de los procesos funcionales del ecosistema (Karr, 1996), los cuales se ven afectados por el creciente desarrollo socioeconómico de los humedales a nivel mundial. Asimismo, se propone el uso de índices e indicadores ambientales como herramientas útiles en la comunicación de la información para la gestión de los recursos (Ortega, 2001).

Algunas de las metodologías propuestas para evaluar la calidad ambiental de los humedales fueron analizadas por Ortega (2003). En este análisis mencionó a Lemly (1996) quien propuso una metodología para evaluar el riesgo sobre los humedales basado en factores climáticos, hidrológicos, geomorfológicos y bióticos. Cendrero y Fischer (1997), evaluaron la planificación y gestión de los recursos a partir de 81 indicadores. Stein y Ambrose (1998), evaluaron los impactos sobre los humedales a partir del método de RIAM. Spencer et al. (1998) determinaron la salud de los humedales basado en características del suelo, vegetación e hidroquímica. La WWF, evaluó la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos a partir del "Water and wetland index". Munné et al. (1998) desarrolló un índice para evaluar la calidad de la vegetación ribereña. Long y Nestler (1996), propusieron un índice hidrológico con base en datos históricos para determinar los cambios en la dinámica de llenado y vaciado del humedal, en relación con los usos del suelo y el agua de la cuenca. Karr (1991) apporto los índices de integridad biótica, entre otros. Establece, que debido a la complejidad del funcionamiento y diversidad de presiones a lo que son sometidos, la utilización de diferentes indicadores integrados, como los biológicos, fisicoquímicos y los hidrogeomorfológicos tienen la capacidad de evaluar el estado del humedal. Los fisicoquímicos son buenos indicadores de las fuentes de contaminantes, los hidrogeomorfológicos reflejan los efectos provocados por perturbaciones antropogénicas. Los biológicos reflejan las condiciones físicas, químicas y biológicas, por que acumulan los efectos de diferentes presiones. El mismo

autor, destacó la importancia de acondicionar un sistema de indicadores que evalúe tanto las presiones que se ejercen por la actividad humana, como el estado del ecosistema.

Los indicadores son parámetros que proporcionan información para describir el estado del ambiente. Cuantifican y simplifican la información para su fácil comunicación. Son herramientas en la toma de decisiones por su capacidad de transmitir la información de forma sencilla (OCDE, 1998). Se han desarrollado indicadores para distintos campos, de tipo social, económico, ambiental, político, entre otros. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha utilizado un conjunto de indicadores para evaluar el desempeño ambiental de los países que conforman su organización (OCDE, 1998). Esta misma, establece las dos funciones principales de los indicadores, la primera es reducir el número de parámetros para ofrecer una imagen lo más cercano a la realidad. La segunda es simplificar el proceso de comunicación.

En cuanto a los índices, son una expresión numérica adimensional que integra información de diferentes variables, es decir, es la agregación de varios indicadores. Este conjunto de indicadores en un índice aporta información, más útil en la toma de decisiones para la gestión de los recursos que la expresión de un solo indicador (Ortega, 2001). Además, proporciona una representación de la realidad del estado del ambiente (Cendrero, 1997). Se plantea la pirámide de la información de Allen (1995), como un modelo de representar la información de forma ordenada y jerárquica. Esta simplifica y ayuda a comunicar la información de forma que resulte fácil su comprensión. En la parte basal de esta pirámide se localizan los datos primarios que resultan de la recopilación bibliográfica y de campo. Estos datos son analizados para filtrar la información y finalmente utilizar aquella que refleje una determinada situación. Los datos quedan reducidos en indicadores y un índice (Anexo 1).

Para los oasis de Baja California Sur no se ha generado ninguna metodología que integre diferentes aspectos ambientales, sociales, económicos y antropogénicos para evaluar el estado de estos ecosistemas, bajo un modelo en específico. Sin embargo, se han generado diversos estudios que pueden ser bien utilizados para las implicaciones que conllevan al manejo o a la conservación. Por ejemplo, de aves (Rodríguez-Estrella et al. 1997), peces (Ruiz-Campos et al. 2002, Ruiz-Campos et al. 2006, Ruiz-Campos 2000, Ruiz-Campos 2010), anfibios y reptiles (Grismer 2002),

macrocrustáceos (Hernández et al. 2008), composición florística (Arriaga et al. 1997), el uso de los recursos naturales (Breceda et al. 1997) y balance hídrico (Díaz et al. 1997).

Por tal motivo, el presente trabajo se desarrolló un índice con base en indicadores ambientales con el propósito de medir la calidad ambiental de los oasis en Baja California Sur. Este índice fue confeccionado a partir de la selección de indicadores de presión y de estado. Considera a los indicadores de presión, la ganadería, la agricultura y la introducción de especies exóticas. En los indicadores de estado se toma en cuenta la calidad del agua, la calidad del hábitat ribereño y la disponibilidad del recurso hídrico. La aplicación del índice permite identificar la calidad ambiental que mantienen los oasis, los problemas más representativos que causan deterioro en los oasis, los problemas que se presentan con mayor frecuencia y cuáles son los oasis que requieren atención prioritaria.

Para atender a las necesidades prioritarias de los oasis se utilizan las estrategias de manejo. Estas orientan en el desarrollo de actividades para la gestión de los recursos naturales. El objetivo es coordinar las acciones de las instituciones públicas, privadas o particulares para cumplir y fortalecer diferentes programas (sociales, económicos o de educación) para el desarrollo sostenido, justo y equitativo de un lugar determinado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar y aplicar un índice que mida la calidad ambiental de los oasis sudcalifornianos.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Establecer un marco conceptual como base para la definición de los indicadores.
2. Seleccionar un conjunto de indicadores ambientales necesarios para la integración del índice.
3. Aplicar el índice en un caso de estudio (oasis San Ignacio en la cuenca hidrológica del río San Ignacio, Baja California Sur).
4. Generar un escenario tendencial y uno estratégico con los resultados de la aplicación del índice.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Diseño y desarrollo del índice de calidad ambiental para los oasis.

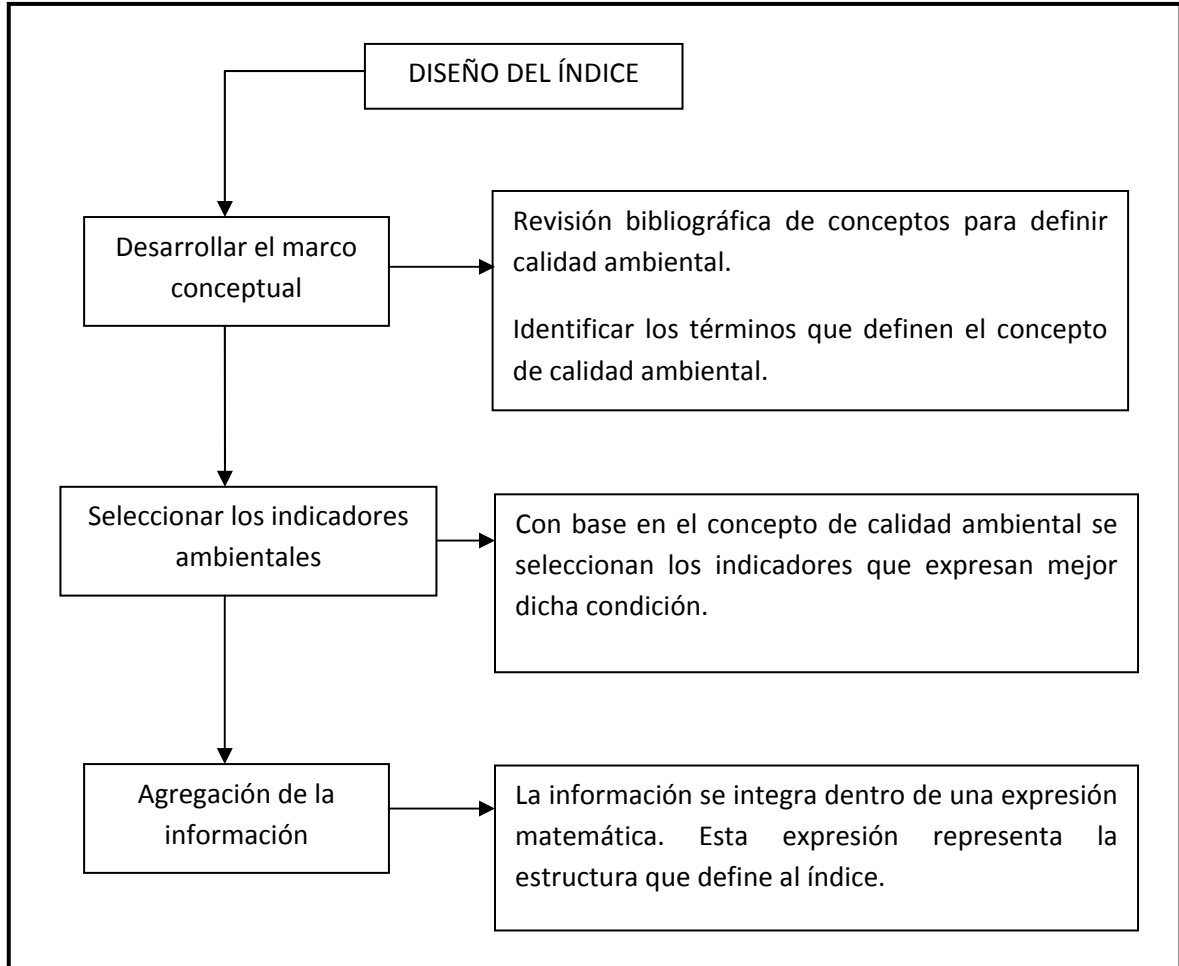


Figura 1. Diseño y desarrollo del índice

Es importante definir perfectamente el marco conceptual, ya que, este es el marco de referencia para medir la calidad ambiental. En este caso se quería conocer la calidad ambiental en los oasis de Baja California Sur. Por tanto, fue necesario estudiar estos ecosistemas e identificar los componentes que mejor expresen dicha calidad ambiental. Una vez que se identifican los aspectos que mejor expresan dicha condición en los oasis, se procede a seleccionar que tipo de indicadores son los adecuados para trabajar. Finalmente, todos estos aspectos quedan expresados en una fórmula, donde se define a la calidad ambiental en función de los indicadores seleccionados.

### 3.2 Aplicación del índice.

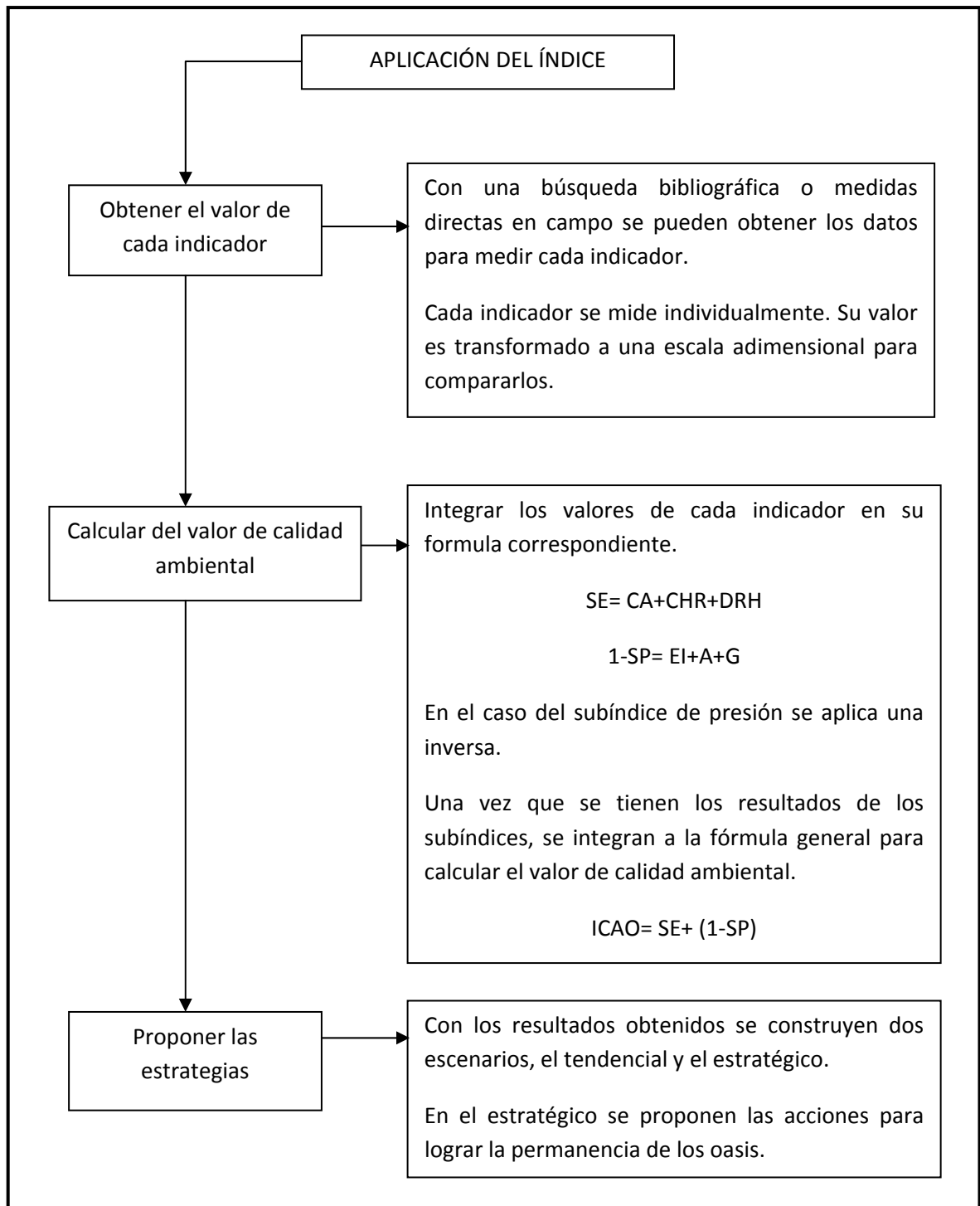


Figura 2. Aplicación del índice



Para la aplicación, lo más importante es contar con la información requerida para su integración en la fórmula del índice, y así obtener un resultado. Finalmente, una vez que se tiene el resultado, se hace un diagnóstico y se generan propuestas para mejorar o mantener la condición actual del ecosistema.

#### **4. RESULTADOS**

4.1 El resultado principal de este trabajo es la publicación del artículo: “Índice de calidad ambiental, caso de estudio: Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México”, en la revista, Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública, del Instituto Nacional de Ecología, México.

## **Índice de calidad ambiental, caso de estudio: Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México**

Alejandra Velázquez<sup>1</sup>, Gorgonio Ruiz<sup>1</sup>, José Luis Fermán<sup>2</sup>, José Delgadillo<sup>1</sup>, Claudia Leyva<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

### **Resumen**

En Baja California Sur se ubica un conjunto de oasis que representan ecosistemas mesófilos relictos de afinidad tropical. El efecto combinado de varios factores ha originado que estos ecosistemas de naturaleza frágil se encuentren amenazados. Por este motivo, se diseñó un índice que permite evaluar la calidad ambiental en los oasis de Baja California Sur, basado en indicadores ambientales. La aplicación de este índice en el oasis de San Ignacio, dio como resultado una alta calidad ambiental, la cual es derivada del mantenimiento de los componentes del ecosistema y de una moderada presión ejercida por las actividades antropogénicas. Se identificaron a las especies exóticas y la agricultura como los principales agentes causales en la disminución de la calidad ambiental.

**Palabras clave:** Evaluación ambiental, indicadores ambientales, índice de calidad ambiental, oasis de San Ignacio, Baja California Sur.

### **Abstract**

In Baja California Sur they located a group of oases that represent relict mesophyll ecosystems with tropical affinity. The combined effect of several factors are threatened the ecosystemic integrity of the oases. For this reason, we built an index for assessing the environmental quality in the oases of

Baja California Sur, based on environmental indicators related to the concepts of pressure and state. The result of the application of this index in the oasis of San Ignacio, was a high environmental quality that is linked to maintaining of the ecosystem components and a moderate pressure by human activities. Exotic species and agriculture were as the two main causes in reducing the environmental quality.

**Keywords:** Environmental assessment, environmental indicators, environmental quality index, Oasis of San Ignacio, Baja California Sur.

## INTRODUCCIÓN

Los oasis se consideran cuerpos de agua insertos en zonas desérticas resultado de la presencia de manantiales que emanan de las capas de rocas porosas a poca profundidad y se alimentan del agua del subsuelo. Estos sistemas acuáticos tienen un gran valor ecológico y económico en las zonas áridas y semiáridas por los múltiples beneficios que generan, además albergan una balanceada diversidad biológica y proveen de agua y alimento a sus pobladores.

A pesar de sus contribuciones, en los oasis se continúa con una constante sobreexplotación, contaminación y transformación del ambiente. Actualmente no se cuenta con un sistema de monitoreo y evaluación que identifique las tendencias de cambio y exponga la situación actual. Como iniciativa para la conservación, algunas de las problemáticas de los oasis fueron señaladas en la reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur (Rodríguez-Estrella et al. 2004) y los siguientes aspectos fueron considerados como los más importantes: sobreexplotación del recurso hídrico, introducción de especies exóticas (como es el caso del pez cíclido africano *Tilapia cf. zillii* y la planta *Cryptostegia grandiflora*), contaminación por agroquímicos y residuos sólidos, ausencia de planeación del crecimiento de asentamiento humanos, falta de manejo de los recursos forestales,

pérdida de biodiversidad, falta de identificación de áreas prioritarias para la conservación y de valoración de la importancia de los oasis.

En el presente trabajo se diseñó y desarrolló un índice de calidad ambiental (ICAO) para evaluar la situación que guardan los oasis de Baja California Sur. Este índice expresa el estado actual de los componentes del ecosistema, ante la presencia de diferentes actividades humanas. Estas actividades provocan cambios o modificaciones al sistema que se ven reflejados directamente en el entorno natural. Por tanto, la calidad ambiental está en función de las presiones y el estado de los componentes del ecosistema. La herramienta aquí propuesta facilita organizar la información, identificar los factores causales de la degradación del sistema y categorizar al ecosistema según el grado de calidad ambiental. Lo anterior permitirá plantear estrategias de mitigación que conlleven a la restauración, rehabilitación, conservación y aprovechamiento sustentable, según sea el caso. El índice está basado en variables ambientales de tipo biótico, abiótico y antropogénico que permiten monitorear los oasis e identificar las tendencias de cambio a través del tiempo. De esta manera, se pueden detectar procesos que afectan negativamente y actuar oportunamente (SEMARNAT 2005).

El uso de indicadores es un instrumento metodológico que apoya en la toma de decisiones para la construcción de estrategias y políticas en el uso racional y conservación de los recursos (Environment Canada 1996). Un indicador ambiental es un valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área (OCDE 1998). Para la selección de los indicadores, la OCDE estableció una lista de características que debe cumplir un indicador (OECD 1998). Si bien, no es posible que cumplan con todas, se reconocen las tres primeras como criterios básicos. De esta manera, un indicador puede ser utilizado como herramienta para evaluar el medio ambiente y políticas ambientales. Por lo que, un indicadores deben proporcionar información suficiente de la condición ambiental, deben ser sencillos, fáciles de interpretar y responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas.

### Caso de estudio: Oasis de San Ignacio

El oasis de San Ignacio se localiza al norte del Estado de Baja California Sur, en el municipio de Mulegé ( $27^{\circ}17'55''\text{N}$ ,  $11^{\circ}52'30''\text{O}$ ) (Fig. 1), a una altitud de 135 msnm. El poblado aledaño tiene una población de 1482 habitantes (INEGI 2005). Este oasis deriva de la presencia de un manantial rodeado de vegetación de tipo mesófila que contrasta con la vegetación xerófila adyacente, representada por palmas nativas (*Washingtonia robusta*) y no nativas (*Phoenix dactylifera*), juncal-carrizal (*Typha domingensis-Pragmites communis*) y mezquites (*Prosopis, sp.*)

Las dimensiones del oasis son de 2 a 4.5 m de profundidad, 4 a 50 m de anchura y 1.5 km de largo (Fig. 2). El arroyo de San Ignacio nace en la planicie de Babisuri sus aguas han sido embalsadas por un represo que sirve de puente de acceso al poblado de San Ignacio (Ruiz-Campos et al. 2006) El clima es muy seco semicálido, la temperatura media anual varía de 18 a 24 °C y la precipitación es menor a los 100 mm (Arriaga et al. 2000), asimismo la época seca se presenta de abril a junio (Díaz et al. 1997).

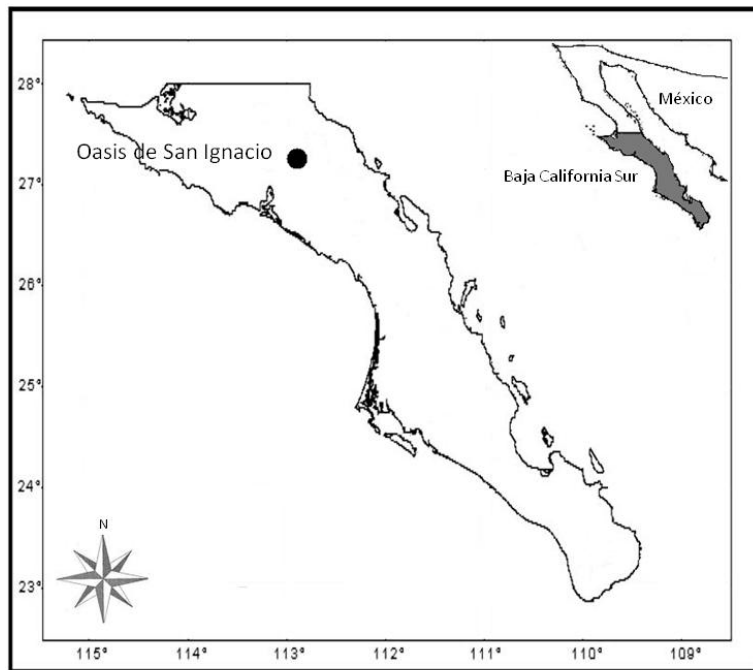


Figura 1. Localización geográfica del oasis de San Ignacio en Baja California Sur, México.

En su cuerpo de agua alberga al pez nativo, *Fundulus lima*, el cual ha sufrido un fuerte declive poblacional por competencia con peces exóticos como *Tilapia zillii*, *Xiphophorus hellerii*, *Cyprinus carpio* y *Poecilia reticulata* (Ruiz-Campos et al. 2002, Ruiz-Campos et al. 2006). Este mismo oasis es la localidad tipo de *Fundulus lima*, es decir, el sitio donde se fueron recolectados los ejemplares para la descripción de la especie (Vaillant 1894). La introducción de especies exóticas fue en diferentes tiempos, siendo *Cyprinus carpio* la primera introducida en 1976 (Ruiz-Campos 2000) y la última (*Tilapia* cf. *zillii*) en 1995 (Ruiz-Campos 2010). Otros vertebrados acuáticos exóticos reportados en este oasis son la rana toro (*Lithobates cataesbeianus*; Grismer 2002) y el acocil rojo (*Procambarus clarkii*; Hernández et al. 2008).



Figura 2. Lago del Oasis de San Ignacio en Baja California Sur, México.

Las condiciones de hábitat en el oasis generadas tanto por la vegetación emergente de los bancos (carrizo, *Phragmites australis*) y aquella de la planicie de inundación (palma de abanico autóctona, *Washingtonia robusta*) ofrecen importantes sitios de alimentación, refugio y anidación para un buen número de aves residentes y migratorias (Rodríguez-Estrella et al. 1997). Debido a la

pérdida y modificación de estos hábitats riparios, la comunidad aviar pudiera ser afectada negativamente, como por ejemplo, la disminución de individuos del ave endémica *Geothlypis beldingi* (Rodríguez-Estrella et al. 1997).

Algunas de las actividades productivas del oasis son los cultivos de uva, dátil y naranja. El clima también propicia el establecimiento de otros cultivos en pequeños huertos como calabaza, cebolla, limón, melón, olivo, etc. La mayor parte de esta actividad se realiza en los palmares con la recolecta de dátil. La cría y engorda del ganado bovino es una práctica importante en el oasis, sólo algunos rancheros crían cabras o sus hatos son pequeños. Así, como las actividades forestales, por ejemplo, la extracción de hoja de la palma se aprovecha para construir cercos y techos o como alimento complementario para ganado (Breceda et al. 1997).

## **METODOLOGÍA**

### **Diseño y desarrollo del índice**

El desarrollo de un índice requiere de un marco teórico que consta de tres etapas (Monti 2000, García 1999):

- 1) Elaboración de un modelo temático, donde se plantean los términos y conceptos relacionados con el tema y que incluye la vinculación de los términos que expresen tal condición ambiental (presión antropogénica y el estado de los componentes del ecosistema de oasis).
- 2) Con base en el concepto de calidad ambiental se efectuó la selección de los indicadores ambientales que expresan mejor dicha condición. Para tal propósito, se tomó como base las relaciones causales entre los componentes del ecosistema (oasis) y las amenazas principales. Se buscó la información relacionada con las actividades antropogénicas dentro del oasis, además de los datos de los aspectos bióticos y abióticos.



- 3) Integración en una expresión matemática, la cual constituye la estructura de agregación de la información definida para el modelo.

### **Aplicación del índice de calidad ambiental**

Una vez diseñado y elaborado el índice de calidad ambiental para los oasis (ICAO) se aplicó en el estudio de caso a partir de la información disponible para cada indicador que conforma el índice. Después se confeccionó una matriz de datos con la información recopilada utilizando el Programa Excel. Una vez construida la matriz se procedió a medir los indicadores. Los indicadores se ubicaron dentro de intervalos de variación, los cuales fueron delimitados a partir de fuentes bibliográficas ó de campo, con el propósito de conocer la forma que afecta (positiva o negativa) la calidad ambiental del oasis. Estos indicadores se estimaron individualmente y los valores obtenidos fueron transformados a una escala no dimensional para facilitar su comparación (Nijkamp y Rietveld, 1990). Los resultados se integraron en un algoritmo y posteriormente se obtuvo el grado de calidad ambiental y se identificaron a los factores causales de la disminución en la calidad ambiental del oasis.

## **RESULTADOS**

### **Diseño y desarrollo del índice**

#### **Marco teórico**

En este trabajo, el marco conceptual que define a la calidad ambiental se plantea desde el punto de vista ecológico con una visión del estado actual de sus componentes, ante la presencia del desarrollo de diferentes actividades humanas en distintos niveles. La disminución de la calidad ambiental es el reflejo de la degradación que sufren los componentes del sistema, por el efecto negativo de un elemento ajeno a sus características y dinámicas (Albert et al. 1995). Lavell et al.

(2003) mencionan que las acciones y actividades humanas dañan los recursos naturales o bien afectan de manera adversa los procesos naturales, reduciendo así su calidad y productividad.

Con base en lo anterior se identifican dos puntos importantes para determinar el grado de calidad en los ecosistemas de oasis. El primero se refiere a los procesos y actividades que causan un cambio en la calidad y cantidad de los recursos, es decir, las presiones que se ejercen sobre el ambiente y como consecuencia están degradando los componentes del mismo. El segundo punto se refiere a los elementos donde se ve reflejado este efecto negativo por la presencia de perturbaciones, es decir, los componentes del ecosistema. Así, la calidad ambiental está en función de las presiones y el estado de los componentes del ecosistema.

### Indicadores ambientales

La selección de indicadores se realizó con base en el marco conceptual. Para identificar los tipos de indicadores se realizó un análisis partiendo del concepto de ecosistema de oasis, el cual se define por la presencia de un cuerpo de agua y de una vegetación mesófila particular. Dicho análisis describe una relación causal de los procesos de degradación sobre los componentes del ecosistema y la consecuencia resultante, es decir, el grado de calidad ambiental (Fig. 3).

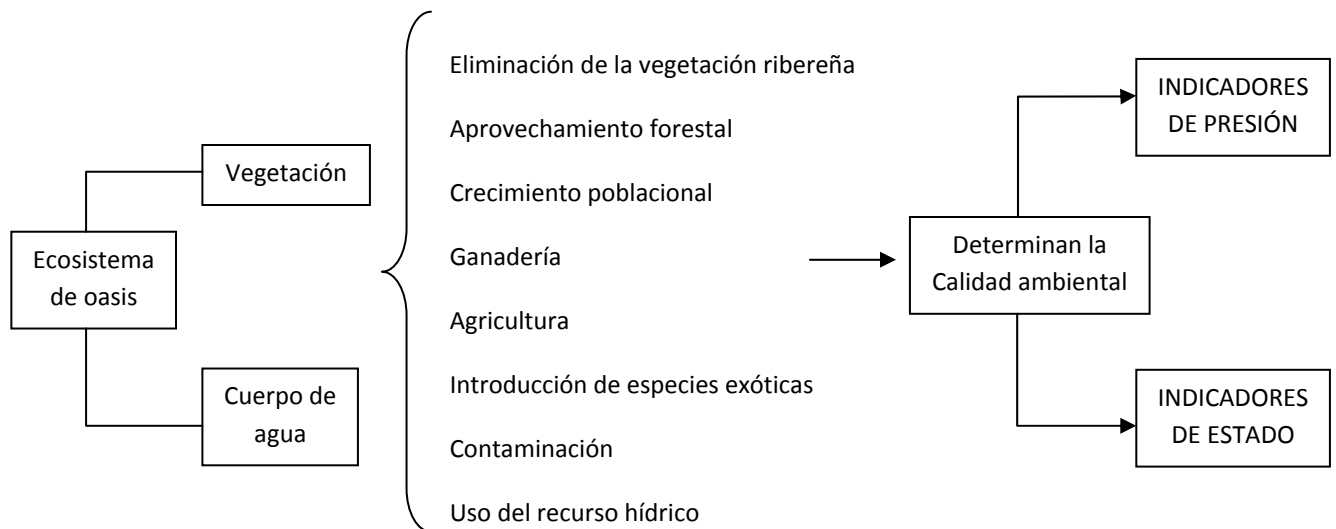


Figura 3. Análisis simplificado de las relaciones causales entre los componentes del ecosistema y los procesos de deterioro que determinan el grado de calidad ambiental y, la selección de los indicadores.

El producto de la relación entre estos dos conceptos (presión y estado) determinan el grado de calidad ambiental. El modelo considera en los indicadores de presión aquellos de tipo antropogénico y considera a los indicadores de tipo biótico y abiótico como los indicadores de estado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Indicadores ambientales para el subíndice de presión y el subíndice de estado impacto

INDICADORES DE PRESIÓN	INDICADORES DE ESTADO
Presencia de actividad agrícola	Calidad del agua
Presencia de actividad ganadera	Calidad del hábitat ribereño
Especies invasoras	Disponibilidad del recurso hídrico

### Expresión del índice

El índice de calidad ambiental se integra a partir de la siguiente expresión matemática:

$$ICAO = (1-SP) + SE$$

Donde:

ICAO = índice de calidad ambiental para el oasis

1-SP = inversa del subíndice de presión

SE = subíndice de estado

Para calcular los subíndices se suma el valor de cada indicador:

$1-SP = A + G + EI$ $SE = CHR + CA + DRH$
---

Donde:

- A: presencia de actividad agrícola
- G: presencia de actividad ganadera
- EI: especies invasoras (exóticas)
- CHR: calidad del hábitat ribereño
- CA: calidad del agua
- DRH: disponibilidad del recurso hídrico

Para calcular el subíndice de presión se debe aplicar una inversa (1-SP). Ya que el índice general de calidad ambiental y el subíndice de estado varían entre 0 a 1, donde un valor de 0 corresponde a la condición menos deseada, y 1 a la condición deseada (Tabla 2). Mientras que en el subíndice de presión, 0 es el valor de la mejor condición y 1 es la condición menos deseada. Al aplicar la inversa, el valor del subíndice de presión se ajusta a la misma condición que mantiene el índice de calidad ambiental y el subíndice de estado.

Una vez que se tiene el valor del índice de calidad ambiental, se normaliza y se ubica dentro de una categoría de calidad ambiental (Tabla 2).

**Tabla 2.** Categorías correspondientes al grado de calidad ambiental

CATEGORÍA	VALOR
Muy baja	0 - 0.2
Baja	0.21 - 0.4
Intermedia	0.41 - 0.6
Alta	0.61 - 0.8
Muy alta	0.81 - 1

Los datos obtenidos de fuentes bibliográficas y de campo se ubican dentro de un intervalo de variación. Este intervalo expresa el valor máximo y mínimo que delimita a la medida (dato) del indicador en una clase. La clase expresa el efecto negativo o positivo del indicador sobre la calidad ambiental del oasis (Tabla 3). Además, cada indicador está referido a una unidad de medición según su cálculo, para este caso de estudio en particular.

**Tabla 3.** Unidades e intervalos de variación de cada indicador seleccionado

INDICADOR	UNIDADES DE MEDICIÓN	INTERVALO DE VARIACIÓN
<b>INDICADORES DE PRESIÓN</b>		
Especies invasoras	Número de especies (peces, anfibios y macrocrustáceos)	0 = mayor número de especies nativas 3 = menor número de especies nativas
Presencia de actividad agrícola	Presencia o ausencia	0 = no existe 15 = existe en un alto grado
Presencia de actividad ganadera	Presencia o ausencia	0 = no existe 3 = existe en alto grado
<b>INDICADORES DE ESTADO</b>		
Calidad del agua	Adimensional	1 = mala calidad 3 = buena calidad
Calidad del hábitat ribereño	Adimensional	0 = mala calidad 100 = buena calidad
Disponibilidad del recurso hídrico	Volumen (Mm <sup>3</sup> )	<1 = sobreexplotado >1 = en equilibrio

### Resultados de la aplicación del índice

Los resultados de la aplicación del índice de calidad ambiental en el oasis de San Ignacio, muestran el nivel de cada factor e identifica en qué factores se debe prestar una mayor atención

(Tabla 4). Recordar que, los datos normalizados del subíndice de presión no se les han aplicado la inversa, esta última se realiza una vez sumado cada valor normalizado en el subíndice de presión.

**Tabla 4.** Medida de los indicadores ambientales obtenidas de fuentes bibliográficas y de campo

INDICADOR	MEDIDA	NORMALIZACIÓN
<b>INDICADORES DE PRESIÓN</b>		
Especies invasoras	2.05	0.68
Presencia de actividad agrícola	10	0.67
Presencia de actividad ganadera	1	0.33
<b>INDICADORES DE ESTADO</b>		
Calidad del hábitat ribereño	57.5	0.57
Calidad del agua	2.1	0.75
Disponibilidad del recurso hídrico	1.8	0.80

La información que se utilizó para estimar el valor de calidad se recopiló de datos bibliográficos y de campo. La presencia de la actividad agrícola se midió de forma cualitativa y ponderada (Breceda et al. 1997), considerando el uso de fertilizantes, fumigaciones y el número de hectáreas cultivadas. Así, cada uno de estos aspectos fue valorado según el grado de la presencia del mismo. Los valores para ponderar cada aspecto oscilaron de 0 a 5, donde 0 denota la ausencia y 5 es el valor máximo. Por otra parte, la ganadería es considerada una de las amenazas importantes en los oasis, y se determinó dependiendo del grado de presencia de los animales destinados para dicha

actividad (Rodríguez-Estrella et al. 1997). Los valores para ponderar la actividad fueron de 0, si no existen y 3 correspondió al valor máximo.

En el caso de las especies invasoras se evaluó utilizando el coeficiente de integridad zoogeográfica (Elvira, 1995) que nos muestra el grado de representación de especies exóticas con respecto a las nativas. Se consideraron los peces (Ruiz-Campos et al. 2006), anfibios (Grismer 2002) y macrocrustáceos (Hernández et al. 2008). Ruiz-Campos et al., reportan un total de cinco especies de peces en el cuerpo de agua, de las cuales cuatro son introducidas. Grismer (2002) reportó cuatro especies de anfibios (3 nativas y 1 exótica) y un macrocrustáceo introducido. La calidad del agua se obtuvo midiendo los parámetros fisicoquímicos (oxígeno, pH, sólidos disueltos totales, conductividad, nitratos, fosfatos y turbidez) durante muestreos de periodicidad estacional (Ruiz-Campos et al. 2006).

Para evaluar la calidad del hábitat ribereño se utilizó el índice propuesto por Munné (2003), el cual considera cuatro criterios de evaluación, cobertura vegetal, estructura de la vegetación, calidad de la zona ribereña y la naturalidad del canal fluvial. En el caso del indicador de disponibilidad del recurso hídrico se utilizaron los datos obtenidos por Díaz y Troyo (1997), basado en el balance hídrico de la región. Calculando éste, se puede conocer si el oasis está sobreexplotado o se encuentra en equilibrio. La información utilizada por estos autores fueron las aportaciones hidrológicas y las demandas de uso del agua. Se calculó el volumen medio anual aprovechable neto ( $9200 \text{ Mm}^3$ ) y la demanda potencial ( $5050 \text{ Mm}^3$ ), obteniendo una disponibilidad de  $4145 \text{ Mm}^3$ , es decir, del total aprovechable sólo se demanda un 54% del recurso.

A partir de los resultados obtenidos de la aplicación del ICAO se demuestra que la presión ejercida por las actividades antropogénicas está a un nivel intermedio (0.44). Por su parte el estado de los componentes del ecosistema del oasis tiene una calidad alta (0.71), mientras que el oasis como unidad ecosistémica posee una calidad ambiental intermedia (0.58), es decir, mantiene una

relación estable entre las actividades humanas desarrolladas y el estado actual de sus recursos naturales (Tabla 5).

**Tabla 5.** Calidad ambiental del oasis de San Ignacio

<b>PRESION</b>	<b>ESTADO</b>	<b>ICAO</b>	<b>CATEGORIA</b>
0.44	0.71	0.58	Calidad Intermedia

De los indicadores seleccionados (Tabla 1), el correspondiente a las especies invasoras manifiesta que la presencia de elementos exóticos en el cuerpo de agua es la condición que más presión ejerce sobre el sistema. Este efecto conduce a la pérdida de identidad biogeográfica y como consecuencia a la de homogeneización de la biota (Marchetti et al. 2001, Mckinney y Lckwood 1999). La agricultura es una actividad importante en el oasis, sin embargo el mal uso de los fertilizantes y las fumigaciones, convierten a esta actividad una amenaza potencial sobre la calidad del oasis. Por su parte, la calidad del hábitat ribereño presenta una calidad intermedia, la mayoría de los puntos muestreados presentan algún tipo de disturbio, como la tala de palma o evidencias de incendios.

La ganadería es una actividad puntual que se desarrolla a las afueras del oasis y con un grado de actividad baja y no genera una disminución considerable en la calidad ambiental del oasis. La calidad del agua en el oasis se mantiene estable. Los parámetros fisicoquímicos considerados se ubican dentro de los intervalos recomendados por De la Lanza (2002), donde establece recomendaciones para la evaluación de los parámetros y la toma de las muestras. Por último, la disponibilidad del recurso hídrico del oasis indica equilibrio (Díaz et al. 1997).

De los factores considerados y analizados en el índice y en los que se debe poner mayor importancia en el caso del oasis de San Ignacio son las especies exóticas y la agricultura (Fig. 4). Estos dos causan una disminución de la calidad ambiental del oasis. En virtud de lo anterior, se



necesita de una intervención a corto plazo para mejorar la calidad ambiental. Como podemos observar en la figura 5, los componentes del ecosistema evaluados se mantienen con una alta calidad, excepto la calidad del hábitat ribereño. Por lo que, las estrategias deben enfocarse a mantener la alta calidad ambiental.

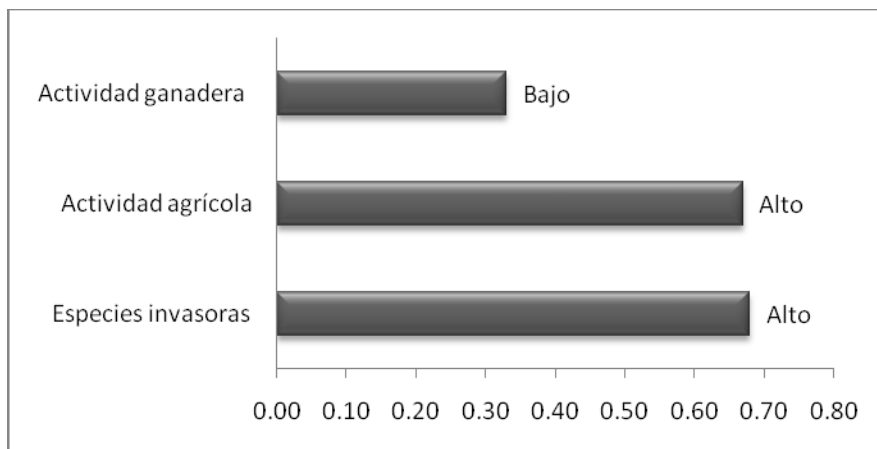


Figura 4. Impacto negativo que ejercen los indicadores de presión seleccionados en el oasis de San Ignacio.

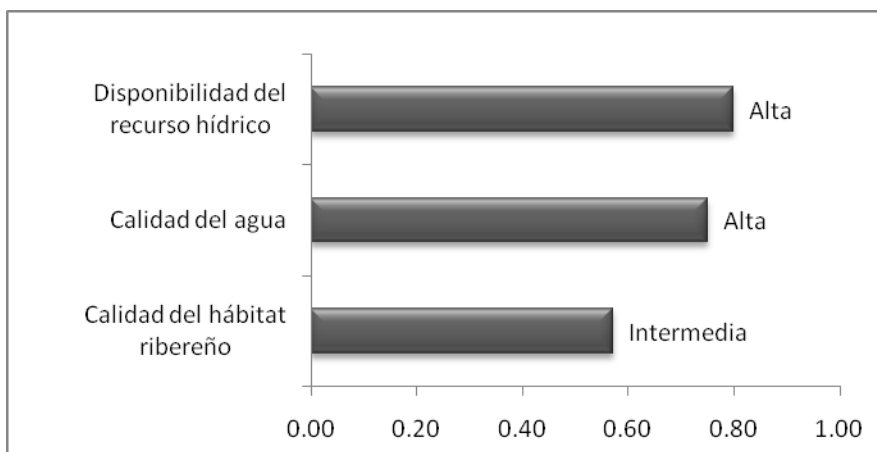


Figura 5. Calidad que mantienen los componentes del ecosistema en el oasis de San Ignacio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), por el apoyo para la realización de este trabajo. Al gobierno Municipal de Mulegé, B.C.S., especialmente a la Delegación de San Ignacio y a la Asociación Regional de Productores Forestales de Mulegé.

## **CONCLUSIONES**

Un escenario deseable para los oasis de Baja California Sur implica la permanencia de estas formaciones. Para lograrlo es necesario conocer el estado en el que se encuentran con respecto a las actividades antropogénicas, mediante instrumentos que permitan evaluar de manera constante el grado de calidad de los mismos, para orientar las acciones de manejo que se requieran en cada momento.

El proceso de evaluar la calidad ambiental permite identificar los problemas más representativos que causan deterioro y una baja calidad. Los factores más recurrentes en los oasis, así como identificar aquellos oasis que requieren atención prioritaria.

Los indicadores seleccionados permiten monitorear los ecosistemas de oasis y evaluar la tendencia de cambio en un tiempo transcurrido, de algún proceso en particular y actuar oportunamente. Una de las virtudes del modelo es que permite la incorporación de nuevas variables, por ejemplo el aspecto socioeconómico. En este trabajo sólo se consideraron los aspectos antropogénicas más relevantes de los oasis.

El oasis de San Ignacio presenta una calidad ambiental intermedia, aún con la presencia de actividades humanas. Estas se llevan a cabo en forma muy puntual por lo que su presión al sistema

es de forma moderada. Esto ayuda a que los componentes del ecosistema de oasis no se vean afectados severamente y mantengan una buena calidad ambiental.

De los indicadores seleccionados, las especies invasoras aparecen ejerciendo una alta presión sobre la calidad ambiental del oasis y, en segundo lugar se ubica la presencia de la actividad agrícola. Por tanto, se recomienda aplicar estrategias para mejorar las prácticas agrícolas y mitigar el efecto de las especies introducidas, para lograr mantener la buena condición del ecosistema en general.

Uno de los principales problemas que se identificaron es la falta de información actualizada. A pesar de que, el índice, es una buena herramienta de monitoreo para los oasis, la falta de datos restringe el uso y la aplicación.

Para el problema de las especies introducidas e invasoras se recomienda que por medio de la educación ambiental se realice difusión y divulgación de la importancia de conservar las especies autóctonas y las consecuencias que conlleva la introducción de exóticos. También se recomienda restablecer las poblaciones por medio de la crianza en condiciones ex situ y liberación de individuos, posterior a la remoción de exóticos.

En el caso de la agricultura se recomienda capacitar a los agricultores por medio de cursos y talleres donde se dé a conocer técnicas orgánicas para la práctica de dicha actividad. Así, como el uso sostenible del recurso agua y el suelo.

Para el mantenimiento de las zonas ribereñas del oasis, se recomienda la reforestación de los sitios afectadas por la tala de palmas. Además, de fortalecer los programas de prevención de incendios.

El agua en el oasis es un recurso limitado, el cálculo del balance hídrico indica que el recurso no está sobreexplotado, sin embargo, es importante mantener esta condición. Se recomienda establecer límites y técnicas adecuadas de uso, así, como la actualización de la información.

Un factor importante que no fue evaluado es el aprovechamiento de recursos maderables y no maderables por la falta de información dasométrica. Se recomienda realizar estudios, tener registros en bases de datos y realizar planes de manejo para dicha actividad forestal.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arriaga-Cabrera, Aguilar-Sierra, y Alcocer-Duran. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad, México, D.F. Pp. 327.
- Breceda, A., L. Arriaga, R. Coria. 1997. Caracterización socioeconómica y uso de los recursos naturales en los oasis. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 261-280.
- De la Lanza, G. 2002. Recursos hidrológicos de México. Capítulo 3. En: F. J. Abarca y M. Herzing (ed.). *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales de México*. Tercera Edición. Direction general de Vida Silvestre (SEMARNAT), Arizona Game and Fish Department, North América Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service, Convencion Ramsar, U.S. State Department, Ducks Unlimited of Mexico-A.C., Pronatura Noreste, Canada Wildlife Service y Society of Wetlands Scientists. Phoenix, Arizona, EE.UU.
- Díaz, S., E. Troyo. 1997. Balance hidrológico y análisis de la aridez. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 35-49.
- Environment Canada. 1996. Canada's National Environmental Indicators Series.
- Elvira, B. 1995. Native and exotic freshwater fishes in Spanish river basins. *Freshw. Biol.*, **33**

(1):103-108.

- García, G., Alejandro. 1999. Integración del concepto de Indicadores Ambientales dentro del marco metodológico de la planificación ambiental: San Quintín, Baja California, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- Grismer, L.L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortez. University of California Press, Berkeley. Pp. 399.
- Hernández, L., A. Maeda-Martínez, G. Ruiz-Campos, G. Rodríguez-Almaraz., F. Alonzo-Rojo, J. C. Sainz. 2008. Geographic expansion of the invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda) in Mexico. Biol. Invasions (10): 977-984
- INEGI. 2005. Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.
- Lavell, A., et al., 2003. La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), PNUD.
- Marchetti, M.P., T. Light, J. Feliciano, T. Armstrong, Z. Hogan and P.B. Moyle. 2001. Homogenization of California's fish fauna through abiotic change. In Biotic Homogenization, J. L. Lockwood and M.L. McKinney (eds). New York: Kluwer Academic/Plenum. Pp. 259-278.
- Maya, Y. y Coria, R. Domínguez. 1997. Caracterización de los oasis. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 5-25.
- McKinney M. L. and J.L. Lockwood. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. Trends in Ecology and Evolution 14:450-453.
- Monti, Alejandro. 2000. Evaluación de la peligrosidad y el riesgo de erosión costera basada en

- indicadores ambientales. Tesis Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- Munné, A., N. Prat, C. Sola, N. Bonada y M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and stream. QBR, index. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 13: 147-164.
- Nijkamp, P. y P. Rietveld. 1990. Multicriteria evaluation in Physical Planning. Elsevier Science Publications. Amsterdam. The Netherlands. Pp. 219.
- OCDE. 1998. Environmental Indicators.
- Rodríguez-Estrella, M. Cariño, C. Aceves. (ed.). 2004. Problemática Ambiental. En: *Los oasis de Baja California Sur: importancia y conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT, La Paz, México. Pp. 118-120.
- Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio, E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residenciales e invernales. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 157-195.
- Ruiz-Campos, G. 2000. Threatened fishes of the world: *Fundulus lima* Vaillant, 1984 (Fundulidae). Environ. Biol. Fish., 59:20.
- Ruiz-Campos, G., J. L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano, A. F. González-Acosta, y S. Sánchez-González. 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico. Reviews in Fish Biology and Fisheries 12:143–155.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C., Reyes, De la Cruz y Torres-Balcazar. 2006. Distribution and abundance of the endangered killifish *Fundululus lima*, and its interaction with exotic fishes in oases of central Baja California, Mexico. The Southwestern Naturalist 51 (4):502-509.

Ruiz-Campos, G. 2010. Catalogo sinóptico de los peces dulceacuícolas de Baja California Sur, México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México, D.F. (en prensa).

SEMARNAT. 2005. Indicadores Ambientales. Sistema Básico del Desempeño Ambiental de México. Pp. 6-27.

SEMARNAT. 2005. Indicadores de presión para ecosistemas acuáticos continentales. Sistema Básico del Desempeño Ambiental de México. Pp. 188-189.

Vaillant, L. (1894) Sur une collection de poisons recueillie en Basse-Californie et dans le Golfe par M. Léon Diguët. *Bull. Soc. Philomath., Paris, Series 3 6*, 69-75.

## 4.2 Escenarios para la generación de estrategias

Los escenarios describen un suceso a través de una serie de condiciones, que en su conjunto representan una situación determinada. Los resultados de la aplicación del índice en el oasis de San Ignacio muestran una realidad, la cual pueden mejorar con la generación y aplicación de estrategias.

**Tabla 1.** Representa diferentes escenarios esperados al aplicar estrategias para lograr mejoras en la condición actual.

	ESCENARIOS		
	Valor Actual	Disminuye 25 %	Disminuye 50 %
Especies invasoras	0.68	0.51	0.34
Presencia de actividad agrícola	0.67	0.50	0.33
Presencia de actividad ganadera	0.33	0.24	0.16
		Aumenta 25 %	Aumenta 50 %
Calidad del hábitat ribereño	0.57	0.71	0.85
Calidad del agua	0.75	0.93	1.12
Disponibilidad del recurso hídrico	0.80	1	1.2
<b>Subíndice de Presión</b>	0.44	0.55	0.66
<b>Subíndice de Estado</b>	0.71	0.88	1
<b>ICAO</b>	0.58	0.72	0.87

Al disminuir en un 25 y/o 50 % el valor de cada indicador de presión, se reduce el efecto negativo de éstos. Al aumentar en un 25 y/o 50 % el valor de cada indicador de estado, se aumenta la



calidad ambiental en el ecosistema. Estos escenarios se logran desarrollando un escenario estratégico.

#### 4.2.1 Escenario Estratégico

El escenario estratégico se basa en el supuesto de que las condiciones actuales pueden mejorar y lograr un cambio determinado. Tiene como objetivo mejorar la calidad ambiental del ecosistema de oasis. Para lograrlo se proponen las siguientes estrategias.

##### 4.2.1.1 ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL DEL OASIS DE SAN IGNACIO.

#### **A. Estrategias para lograr la permanencia de las especies autóctonas.**

##### **1. Educación ambiental.**

OBJETIVO: Lograr que las comunidades adyacentes a los oasis conozcan y reconozcan la importancia de conservar y proteger las especies autóctonas.

##### 1.1 Líneas de acción.

1.1.1 Difusión y divulgación de la importancia de las especies autóctonas y las consecuencias de la introducción de exóticos. Impartir cursos a las comunidades y en escuelas.

##### **2. Restablecer las poblaciones de las especies autóctonas del cuerpo de agua.**

OBJETIVO: Aumentar la densidad de las especies autóctonas afectadas.

## 2.1 Líneas de acción.

2.1.1 Captura y transferencia del pez nativo *Fundulus lima* a refugios temporales previamente establecidos para su reproducción y crianza.

2.1.2 Liberar los organismos en hábitat apropiados, restaurados y exentos de peces exóticos, especialmente la tilapia.

## 3. Erradicación de exóticos.

OBJETIVO: Eliminar las especies exóticas que afectan las poblaciones de las especies autóctonas.

### 3.1 Líneas de acción.

3.1.1 Capturar con redes, trampas o pesca eléctrica los organismos de especies exóticas.

## B. Estrategias para el desarrollo de agricultura sustentable.

### 1. Capacitación agrícola.

OBJETIVO: Capacitar a los agricultores para el desarrollo de agricultura sustentable.

#### 1.1 Líneas de acción.

1.1.1 Impartir cursos y talleres de capacitación para el uso de técnicas blandas con el ambiente y productivas.

1.1.2 Cursos para la aplicación de técnicas del uso sustentable del recurso agua y el suelo.

**C. Estrategias para fortalecer el desarrollo económico y mantener la calidad ambiental en el oasis.**

**1. Actividades de bajo impacto.**

OBJETIVO: Establecer a los ecosistemas de oasis como áreas donde sólo se pueden desarrollar actividades de bajo impacto.

1.1 Líneas de acción.

- 1.1.1 Evaluar los ecosistemas para identificar los recursos con potencial a ser aprovechables.
- 1.1.2 Establecer los usos de suelo.
- 1.1.3 Generar un programa para la difusión de estas actividades.
- 1.1.4 Desarrollar e impulsar las actividades ecoturísticas.

**2. Protección del recurso hídrico.**

OBJETIVO: Proteger el recurso hídrico para que persista el recurso.

2.1 Líneas de acción.

- 2.1.1 Mejorar las técnicas de uso del recurso hídrico.
- 2.1.2 Regular el suministro del recurso.

**3. Evitar la contaminación de los cuerpos de agua.**

OBJETIVO: Evitar la contaminación de los cuerpos de agua, debido a la carencia de éstos en las zonas áridas.

### 3.1 Líneas de acción.

- 3.1.1 Evitar la descarga de contaminantes y aguas contaminadas.
- 3.1.2 Contar con un programa de monitoreo.
- 3.1.3 Establecer áreas apropiadas para el desarrollo de actividades que reducen la calidad del agua.

## **4. Control de plagas e incendios.**

OBJETIVO: Contar con programas de prevención, saneamiento y restauración para incendios y plagas.

### 4.1 Líneas de acción.

- 4.1.1 Realizar estudios para conocer la situación actual del problema.
- 4.1.2 Monitoreo de invasión y daños causados por plagas.
- 4.1.3 Sistemas de saneamiento apropiados para la eliminación de plagas.
- 4.1.4 Capacitación contra incendios y para la prevención.

## **5. Programas de investigación.**

OBJETIVO: Desarrollar la investigación en los ecosistemas de oasis para fortalecer el conocimiento de dichos ecosistemas.

### 5.1 Líneas de acción.

- 5.1.1 Investigación de los aspectos bióticos, abióticos y socioeconómicos.
- 5.1.2 Conocer el estado de los recursos naturales aprovechados y aprovechables.
- 5.1.3 Investigar los fenómenos naturales que se presentan en la región.
- 5.1.4 Difusión de la información.

## **6. Manejo de la ganadería.**

OBJETIVO: Desarrollar la actividad en los sitios apropiados para mantener la calidad del ecosistema.

### 1.1 Líneas de acción.

1.1.1 Establecer áreas apropiadas para dicha actividad.

## **D. Estrategias para la conservación de los hábitats ribereños.**

### **1. Restauración o rehabilitación.**

OBJETIVO: Restaurar o rehabilitar las áreas dañadas por la eliminación de la vegetación ribereña.

### 1.1 Líneas de acción.

1.1.1 Identificar zonas afectadas.

1.1.2 Realizar un programa de rehabilitación de estas zonas.

1.1.3 Implementar un sistema de monitoreo.

### **2. Protección de las zonas ribereñas.**

OBJETIVO: Establecer áreas de protección.

### 2.1 Líneas de acción.

2.1.1 Evaluar el ecosistema para la propuesta de áreas de conservación.

2.1.2 Priorizar la permanencia de estas áreas por su importancia y así elegir aquellas que se encuentran más conservadas y donde no se afecten los intereses del desarrollo económico.

### **3. Regular el aprovechamiento forestal de estas zonas.**

OBJETIVO: Elaborar planes de manejo para las especies que se encuentran en estas zonas donde ya se esté aprovechando dicho recurso, con el fin de minimizar los daños al ecosistema y lograr su permanencia.

#### 3.1 Líneas de acción.

- 3.1.1 Realizar estudios sobre la cantidad y calidad de los recursos.
- 3.1.2 Establecer límites de aprovechamiento con el propósito de lograr la permanencia del recurso.
- 3.1.3 Establecer propuestas de compensación.
- 3.1.4 Proponer alternativas como las plantaciones comerciales o viveros.

Si persisten las condiciones actuales encontradas en el ecosistema, éstas seguirán una tendencia de cambio. Por tanto, el escenario correspondiente es el tendencial.

#### 4.2.2 Escenario Tendencial

El escenario tendencial se basa en el supuesto de que las condiciones actuales se comportaran de manera similar. En el caso del oasis de San Ignacio, se presenta una calidad ambiental alta del estado de los componentes del ecosistema; esta condición tenderá a pasar a un nivel intermedio, seguida de un nivel de baja calidad. Esta es la tendencia de cambio para el estado de los componentes del ecosistema. En cambio, para los aspectos antropogénicos se espera una tendencia de cambio con efecto negativo, aumentando su nivel de impacto.

**Tabla 2.** Valor de cada indicador basado en un Escenario Tendencial.

	ESCENARIOS		
	Valor Actual	Aumenta 25 %	Aumenta 50 %
Especies invasoras	0.68	0.85	1.02
Presencia de actividad agrícola	0.67	0.83	1
Presencia de actividad ganadera	0.33	0.41	0.49
		Disminuye 25 %	Disminuye 50 %
Calidad del hábitat ribereño	0.57	0.42	0.28
Calidad del agua	0.75	0.56	0.37
Disponibilidad del recurso hídrico	0.80	0.60	0.40
<b>Subíndice de Presión</b>	0.44	0.33	0.22
<b>Subíndice de Estado</b>	0.71	0.53	0.35
<b>ICAO</b>	0.58	0.43	0.29

## 5. CONCLUSIONES

- Es importante adecuar instrumentos de evaluación para los oasis que muestren la situación actual y conocer las tendencias de cambio que se generan. Lo anterior permitirá identificar oportunamente las problemáticas que puedan llevar al deterioro de los oasis.
- El índice de calidad ambiental es una útil herramienta de evaluación ambiental, que ayuda a identificar las problemáticas que están causando un deterioro en los oasis. También, cuales son los factores que se presentan con más frecuencia y de esta manera poder atender las necesidades prioritarias.
- Con el análisis de las relaciones causales entre los componentes del ecosistema y los procesos de deterioro que se presentan, fue posible determinar los tipos de indicadores que determinan la calidad ambiental en un ecosistema de oasis.
- A través de los indicadores seleccionados se conoce el estado en el que se encuentran los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. También, en qué grado ejercen presión las diferentes actividades antropogénicas actuales.
- La virtud del modelo radican en la incorporación de nuevas variables al índice, por lo que, en un futuro se pueden realizar ajustes dependiendo de las necesidades que se presenten.
- La debilidad del índice, es la falta de información disponible para medir la calidad ambiental u otros aspectos también importantes.
- El oasis de San Ignacio tiene una calidad ambiental intermedia, debido a que los componentes del ecosistema se mantienen en buen estado y las presiones ejercen una moderada influencia sobre dicha calidad.
- De los indicadores de presión, las especies invasoras muestran un alto impacto negativo sobre la calidad ambiental del oasis. Se recomienda realizar un programa para la protección de las especies



autóctonas, por medio de estrategias como la educación ambiental, aumentar la densidad de las poblaciones de especies autóctonas y la erradicación de exóticos.

- Asimismo, el indicador de presencia de la actividad agrícola presenta un alto impacto negativo. Principalmente por el uso de fertilizantes, las fumigaciones y la extensión de la actividad. Es importante mejorar las técnicas, promoviendo el uso de productos blandos con el ambiente.
- De los indicadores de estado, la calidad del hábitat ribereño se presenta con un nivel de calidad intermedio. Se recomienda identificar áreas de conservación para estas zonas, además de la restauración y rehabilitación donde sea necesario, así, como regular el aprovechamiento de la explotación forestal de estos hábitats.
- Para conservar el buen estado en el que se encuentra la calidad del agua y la disponibilidad del recurso hídrico, es necesario establecer estrategias encaminadas a mantener el alto nivel de calidad. Estableciendo un programa de monitoreo, límites permisibles y mejorar las técnicas de uso del recurso hídrico.
- Para generar las estrategias basadas en los resultados, se utilizaron escenarios de tipo estratégico y tendencial. En el tendencial se sigue manteniendo las mismas condiciones, donde se va aumentando las presiones por parte de las actividades antropogénicas. Además, el buen estado de los componentes del ecosistema va disminuyendo.
- El escenario estratégico tiene como objetivo mejorar las condiciones actuales, a través de una propuesta de estrategias. Estas últimas se basan en lograr la permanencia de especies autóctonas del cuerpo de agua de los oasis, agricultura de sustentable, fortalecer el desarrollo económico en conjunto con mantener la calidad ambiental del oasis y conservar los hábitats ribereños.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, H., *et al.* 1995. Environmental Indicators: A Systema Aproach to Measuring and Reportig on Environmental Policy Performance in the Context of Suistainable Development. World Resources Institute. Washington, D.C.
- Breceda, A., L. Arriaga, R. Coria. 1997. Caracterización socioeconómica y uso de los recursos naturales en los oasis. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 261-280.
- Cendrero, U. A. 1997. Indicadores de Desarrollo Sostenible para la toma de decisiones. *Naturzale*. 12. 1997, 5-25.
- Díaz, S., E. Troyo. 1997. Balance hidrológico y análisis de la aridez. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 35-49.
- García, G., Alejandro. 1999. Integración del concepto de Indicadores Ambientales dentro del marco metodológico de la planificación ambiental: San Quintín, Baja California, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- González-Bernáldez. 1992. Ecological aspects of wetland, groundwater relationships in Spain. *Limnetica*. 8:11-26.
- Grismer, L.L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortez. University of California Press, Berkeley. Pp. 399.
- Hernández, L., A. Maeda-Martínez, G. Ruiz-Campos, G. Rodríguez-Almaraz., F. Alonzo-Rojo, J. C. Sainz. 2008. Geographic expansión of the invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea: Decapoda) in Mexico. *Biol. Invasions* 10: 977-984.
- Karr. 1996. Ecological integrity and ecological health are not the same. En, Schulze, P.C. (ed.): *Enginnering Within Ecological constraints*. National Academy Press. Washington.
- Monti, Alejandro. 2000. Evaluación de la peligrosidad y el riesgo de erosión costera basada en indicadores ambientales. Tesis Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- OCDE. 1998. Environmental Indicators.

- Ortega. 2001. Impacto sobre la calidad ambiental de los humedales almerienses. Propuesta de un Índice de integridad ecológica. Tesis Doctoral. Universidad de Almería.
- Ortega, M., Martínez F., Padilla F., 2003. Aspectos metodológicos para evaluar la calidad ambiental de los humedales. *Ecología, manejo y conservación de los humedales*. ISBN 84-8108-276-7, Pp. 125-137.
- Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio, E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residenciales e invernales. En: Arriaga, L., Rodríguez-Estrella (ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-SIMAC, La Paz, México. Pp. 157-195.
- Ruiz-Campos, G., F. Camarena-Rosales, S. Contreras-Balderas, C., Reyes, De la Cruz y Torres-Balcazar. 2006. Distribution and abundance of the endangered killifish *Fundululus lima*, and its interaction with exotic fishes in oases of central Baja California, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51 (4):502-509.

## ANEXOS

**Anexo I.** Para presentar el índice bajo un modelo de indicadores se utilizó la pirámide de la información (Allen et al., 1995).



Figura 3. Representación del índice de calidad ambiental para los oasis, bajo el modelo de la pirámide de la información propuesta Allen et al. (1995).

La pirámide de la información parte en su base de los datos primarios que son resultado de la recopilación bibliográfica. Estos son analizados y filtrados para ir reduciendo la información, de manera que sólo se utilice aquella que podrá explicar la situación estudiada. Posteriormente se encuentran los indicadores que forman parte de los subíndices y/o de un índice.

Para este caso en particular, se tiene que el índice de calidad ambiental para los oasis está en función de los subíndices de presión y estado. Los cuales a su vez se componen de indicadores ambientales.

**Anexo II.** Variables que se utilizaron para medir cada indicador.

**Tabla 3.** Variables que se utilizaron para medir cada indicador de estado y presión.

<b>Aspectos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Variables</b>
<b>INDICADORES DE ESTADO</b>		
Características fisicoquímicas	Calidad del agua	-Oxígeno, pH, conductividad, turbidez, nitratos, fosfatos y sólidos disueltos totales
Cantidad de agua	Disponibilidad del recurso hídrico	-Volumen medio anual aprovechable neto -Demanda anual
Características del hábitat ribereño	Calidad del hábitat ribereño	-Cobertura de la zona de ribera -Estructura de la cubierta -Calidad de la cubierta -Naturalidad del canal fluvial
<b>INDICADORES DE PRESIÓN</b>		
Grado de elementos exóticos	Especies invasora	-Número de especies nativas e introducidas de peces, anfibios y macrocrustáceos
Grado de desarrollo de la actividad agrícola	Presencia de la actividad agrícola	-Uso de fertilizantes y fumigación -Cantidad de hectáreas cultivadas
Grado de desarrollo de la actividad ganadera	Presencia de la actividad ganadería	-Cantidad de ganado presente en el oasis

**Anexo III.** Tablas de cálculo del índice de calidad ambiental.

**Tabla 4.** Calculo del Índice de Calidad Ambiental (ICAO), del oasis de San Ignacio

	<b>PRESION</b>	CATEGORIA	<b>ESTADO</b>	CATEGORIA	<b>ICAO</b>	<b>Normalizados</b>	CATEGORIA
<b>SAN IGNACIO</b>	0.44	Medio	0.71	Alto	1.15	0.58	Medio
	1.00	Muy baja	1.00	Muy Alto	2.00	1	Muy Alto
	0.00	Muy alta	0.00	Muy Bajo	0.00	0	Muy Bajo
	0.50	Medio	0.50	Medio	1.00	0.5	Medio

**Tabla 5.** Calculo del Subíndice de Presión

	SP_INVA	AGRICOLA	GANADERIA	<b>PRESIÓN</b>	<b>Normalizados</b>	<b>INVERSA</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	0.68	0.67	0.33	1.68	0.56	0.44
	1	1.00	1.00	3.00	1	0.00
	0	0.00	0.00	0.00	0	1.00
	0.5	0.50	0.50	1.50	0.5	0.50

**Tabla 6.** Calculo del Subíndice de Estado

	CAL_HAB_RIBERE	CAL_AGUA	BAL HIDRI	<b>ESTADO</b>	<b>Normalizados</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	0.57	0.75	0.80	2.12	0.71
	1	1.00	1.00	3.00	1
	0	0.00	0.00	0.00	0
	0.5	0.50	0.50	1.50	0.5

**Tabla 7.** Valor normalizado del indicador Especies Invasoras

	anfibios	macrocrustáceos	peces	<b>SP_INVA</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	0.25	1	0.8	2.05	0.68
	1	1	1	3	1
	0	0	0	0	0
	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5

Fuente: Los datos de peces se obtuvieron de Ruiz-Campos et al. (2006), anfibios de Grismer (2002), macrocrustáceos de Hernández et al. (2008). Después se les aplicó el coeficiente de integridad zoogeográfica para obtener los valores de la tabla.

**Tabla 8.** Valor normalizado del indicador Presencia de la actividad Agrícola

	<b>AGRICOLA</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	10	0.67
	0	0
	15	1
	7.5	0.5

Fuente: Los datos se obtuvieron de Breceda et al. (1997).

**Tabla 9.** Valor normalizado del indicador Presencia de la actividad Ganadera

	<b>GANADERIA</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	1	0.33
	0	0
	3	1
	1.5	0.5

Fuente: Los datos se obtuvieron de Rodríguez-Estrella et al. (1997).

**Tabla 10.** Valor normalizado del indicador Calidad del Agua

	<b>CAL_AGUA</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	2.5	0.75
	1	0
	2	0.5
	3	1

Fuente: Los datos se obtuvieron de Ruiz-Campos et al. (2006).

**Tabla 11.** Valor normalizado del indicador Calidad del Hábitat Ribereño

	<b>CAL_HAB_RIBERE</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	57.5	0.575
	100	1
	0	0
	50	0.5

Fuente: Los datos se obtuvieron aplicando el índice de Calidad del Hábitat Ribereño (QBR) de Munné (2003).

**Tabla 12.** Valor normalizado del indicador Disponibilidad del Recurso Hídrico

	vol med anual	dem anual	<b>BAL_HIDRICO</b>	<b>Normalizado</b>
<b>SAN IGNACIO</b>	9200	5050	1.8	0.80
San Juan B. Londó	1571	3386	0.5	0.11
Boce de la Sierra	1169	1347	0.9	0.32
San Pedro de la Presa	286	220	1.3	0.54
El Pilar	380	172	2.2	1.00
San Bartolo	186	779	0.2	0.00
Punta San Pedro	80	101	0.8	0.28
Santiago	3927	2775	1.4	0.60

Fuente: Los datos se obtuvieron de Díaz y Troyo (1997).



**Anexo IV.** Responsables y plazos para la realización de las líneas de acción de cada estrategia.

ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL DEL OASIS DE SAN IGNACIO.

**Tabla 13.** Estrategias para lograr la permanencia de las especies autóctonas del cuerpo de agua

Estrategia específica	Líneas de acción	Responsable	Tiempo
<b>Educación ambiental</b>	1. Difusión y divulgación de la importancia de las especies autóctonas y las consecuencias de la introducción de exóticos. Impartiendo cursos a las comunidades y en escuelas.	Universidades y SEMARNAT	Corto plazo
<b>Restablecer las poblaciones de las especies autóctonas</b>	1. Captura y transferencia del pez nativo <i>Fundulus lima</i> a refugios temporales previamente establecidos para su reproducción y crianza.	Universidades y SEMARNAR, con la participación de la comunidad	Corto plazo
	2. Liberar los organismos en hábitat apropiados, restaurados y exentos de peces exóticos, especialmente la tilapia.	Universidades y SEMARNAR, con la participación de la comunidad	Corto plazo
<b>Erradicación de exóticos</b>	1. Capturar con redes, trampas o pesca eléctrica los organismos de especies exóticas	Universidades y SEMARNAR, con la participación de la comunidad	Corto plazo

**Tabla 14.** Estrategias para el desarrollo de agricultura sustentable

Estrategia específica	Líneas de acción	Responsable	Tiempo
<b>Capacitación agrícola</b>	1. Impartir cursos y talleres de capacitación para el uso de técnicas blandas con el ambiente y productivas.	SAGARPA	Corto plazo
	2. Cursos para la aplicación de técnicas del uso sustentable del recurso agua y el suelo.	CONAGUA	Corto plazo

**Tabla 15.** Estrategias para fortalecer el desarrollo económico y mantener la calidad ambiental en el oasis

Estrategia específica	Líneas de acción	Responsable	Tiempo
<b>Actividades de bajo impacto</b>	1. Evaluar los ecosistemas para identificar los potenciales de uso con actividades de bajo impacto.	Universidades y SEMARNAT	Mediano plazo
	2. Establecer los usos de suelo.	INEGI	Mediano plazo
	3. Generar un programa para la difusión de estas actividades.	Gobierno del estado y SEMARNAT	Mediano plazo
	4. Desarrollar e impulsar las actividades ecoturísticas.	Gobierno del estado	Mediano plazo
<b>Protección del recurso hídrico</b>	1. Mejorar las técnicas de uso del recurso hídrico.	Gobierno del estado y SAGARPA	Corto plazo
	2. Regular el suministro del recurso.	CONAGUA	Corto plazo
<b>Evitar la contaminación de los cuerpos de agua</b>	1. Evitar la descarga de contaminantes y aguas contaminadas.	CONAGUA	Mediano plazo
	2. Contar con un programa de monitoreo.	CONAGUA y Municipios	Corto plazo
	3. Establecer áreas apropiadas para el desarrollo de actividades que desfavorecen la calidad del agua.	Municipios	Largo plazo
<b>Control de plagas e incendios</b>	1. Realizar estudios para conocer la situación actual del problema.	Universidades y SEMARNAT	Mediano plazo
	2. Monitoreo de invasión y daños causados por plagas.	Universidades y SEMARNAT	Mediano plazo
	3. Sistemas de saneamiento apropiados para la eliminación de plagas.	SEMARNAT	Mediano plazo
	4. Capacitación contra incendios y para la prevención.	SEMARNAT	Mediano plazo
<b>Programas de investigación</b>	1. Investigación de los aspectos bióticos, abióticos y socioeconómicos.	Universidades y SEMARNAT	Corto plazo
	2. Conocer el estado de los recursos naturales aprovechados y aprovechables.	Universidades y SEMARNAT	Corto plazo
	3. Investigar los fenómenos naturales que se presentan en la región.	Universidades y gobierno del estado	Largo plazo
	4. Difusión de la información.	Gobierno del estado	Largo plazo
<b>Manejo de la ganadería</b>	1. Establecer áreas apropiadas para dicha actividad.	SAGARPA	Largo plazo

**Tabla 16.** Estrategias para la conservación de los hábitats ribereños

Estrategia específica	Líneas de acción	Responsable	Tiempo
<b>Restauración o rehabilitación</b>	1. Identificar zonas afectadas.	SEMARNAT	Largo plazo
	2. Realizar un programa de rehabilitación de estas zonas.	Municipios, Gobierno del estado	Largo plazo
	3. Implementar un sistema de monitoreo.	Municipios	Largo plazo
<b>Protección de las zonas ribereñas</b>	1. Evaluar el ecosistema para la propuesta de áreas de conservación.	Universidades	Largo plazo
	2. Priorizar la permanencia de estas áreas por su importancia y así elegir aquellas que se encuentran más conservadas y donde no se afecten los intereses del desarrollo económico.	Universidades y la comunidad	Largo plazo
<b>Regular el aprovechamiento forestal de estas zonas</b>	1. Realizar estudios sobre la cantidad y calidad de los recursos.	Universidades	Corto plazo
	2. Establecer límites de aprovechamiento con el fin de lograr la permanencia del recurso.	SEMARNAT	Mediano plazo
	3. Establecer propuestas de compensación.	SEMARNAT	Largo plazo
	4. Proponer alternativas como las plantaciones comerciales o viveros.	SEMARNAT	Largo plazo

**Anexo V.** Acuse de recibo del artículo enviado a la revista Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública. Del Instituto Nacional de Ecología, México.

From: Fedro Carlos Guillén <fguillen@cegam.com.mx>  
Date: Mon, 28 Jun 2010 13:50:00 -0500 (CDT)  
Subject: [IA-INE] Envío recibido  
To: Gorgonio Ruiz Campos <gruiz@uabc.edu.mx>

Gorgonio Ruiz Campos:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Índice de calidad ambiental, caso de estudio: Oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México" a Investigación ambiental. Ciencia y política pública. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Fedro Carlos Guillén  
Investigación ambiental. Ciencia y política pública  
<p>[www.revista.ine.gob.mx](http://www.revista.ine.gob.mx)</p>