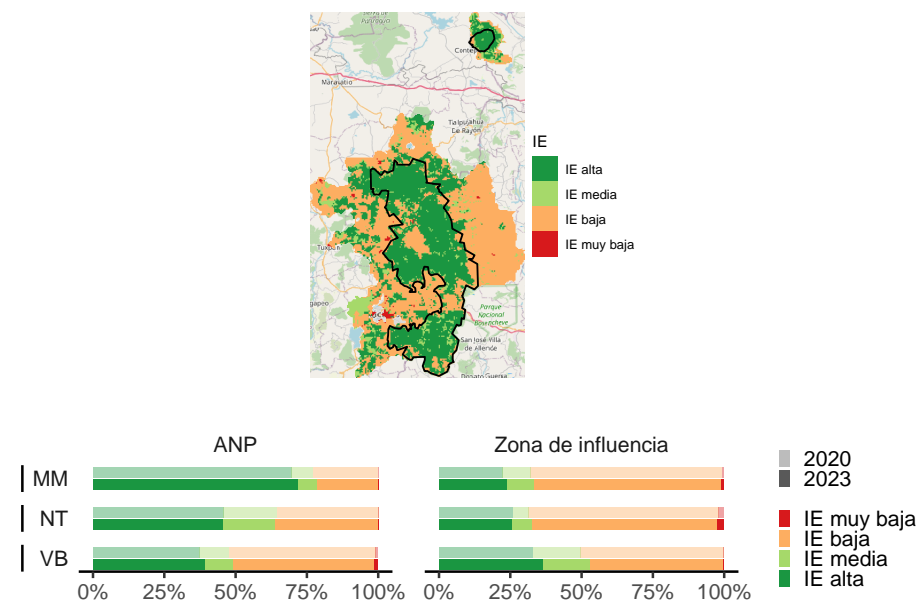


Diagnóstico de Integridad Ecosistémica de la ANP Mariposa Monarca y su complejo



Estado de la Integridad Ecosistémica del ANP (EIE)

ANP	Estado IE	Conservación	Criterio
MM	↑	Baja	<25% de $IE_{alta}$
NT	↑	Media	25% a 50%
VB	↑	Alta	50% a 75%
		Muy alta	>75%

$EIE_{2023}$  de MM: Conservación alta en incremento.

Table 1: Estado de la Integridad Ecosistémica

año	MM	NT	VB
2020	69.6%	45.8%	37.2%
2023	71.8%	45.9%	39.4%

Presión de la Zona de Influencia (P)

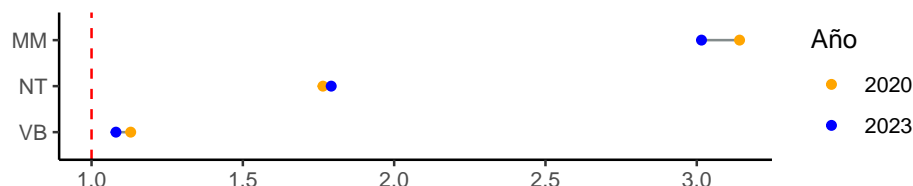
ANP	Presión	Presión	Criterio
MM	↓	Baja	<25% sin $IE_{alta}$ en ZI
NT	↑	Moderada	25% a 50%
VB	↓	Alta	50% a 75%
		Muy alta	>75%

$P_{2023}$  de MM: Presión muy alta en decremento.

Table 2: Presión de la Zona de Influencia

año	MM	NT	VB
2020	77.8%	74.1%	67.1%
2023	76.2%	74.4%	63.5%

## Eficacia en la protección de la Integridad Ecosistémica del ANP ( $Ef_{IE}$ )



ANP	Eficacia
MM	↓
NT	↑
VB	↓

Eficacia	Criterio
Sin eficacia	<1
Parcial	1 a 2
Alta	2 a 3
Muy alta	>3

$Ef_{2023}$  de MM: **Eficacia sobresaliente** en decremento.

Table 3: Eficacia

año	MM	NT	VB
2020	3.14	1.76	1.13
2023	3.02	1.79	1.08

## Complejo

$EIE_{2023}$  de Complejo Mariposa Monarca: **Conservación media** en incremento.

$P_{2023}$  de Complejo Mariposa Monarca: **Presión alta** en decremento.

$Ef_{2023}$  de Complejo Mariposa Monarca: **Eficacia parcial** en decremento.

Complejo	Estado IE	Presión	Ef
Complejo Chichinautzin	↓	↑	↑
Complejo Ciénegas	↓	↓	↓
Complejo Mariposa Monarca	↑	↓	↓
Complejo Selvas Secas	↓	↑	↑
Complejo Sierra Gorda	↑	↓	↑
Complejo Sierra Nevada	↑	↓	↓

## SÍNTESIS

La ANP Mariposa Monarca presenta un estado de **Conservación alta**, **Presión muy alta** y **Eficacia sobresaliente**. Esto significa que si bien hay un grado de preocupación menor en el ANP, se recomienda alcanzar un estado de Conservación de IE muy alta y mantener el monitoreo del estado IE del ANP y su Zona de Influencia (ZI).

Dado el estado de conservación de la IE en el ANP y la tendencia descrita entre el 2020 y 2023, es deseable que la tendencia en el estado de la Conservación de la IE se mantenga en aumento y la tendencia de la eficacia se revierta. Las otras ANP del complejo presentan una **Eficacia parcial**, es decir que son menos eficaces que el ANP Mariposa Monarca, por lo que las acciones dentro de ésta muestran ser mejores a las realizadas en las ANP que pertenecen al mismo complejo.

## CONSIDERACIÓN IMPORTANTE

Para comprender el estado de una ANP es importante siempre considerar todos los indicadores en conjunto tanto el Estado de Integridad Ecosistémica y Eficacia del ANP como la Presión que sufre el ANP en su Zona de Influencia, y verificar el contexto y estado de las ANP aledañas.

## DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE INDICADORES

### Estado de la Integridad Ecosistémica del ANP

El indicador del Estado de la Integridad Ecosistémica Del ANP ( $EIE$ ) es calculado con el porcentaje del total del área que ocupa la clase alta ( $IE_{alta}$ ), es decir:

$$EIE = \%IE_{alta}(ANP)$$

Para el año 2023 el  $EIE$  del ANP fue de 71.8% y en el complejo fue de 48.3%. De acuerdo a las clases definidas con base en los criterios, la ANP presenta **Conservación alta** y el complejo al que pertenece **Conservación media**.

### Presión de la Zona de Influencia

Definimos la Presión ( $P$ ) como el porcentaje del total del área que no tiene integridad alta en la Zona de Influencia (ZI), es decir:

$$P = 100\% - \%IE_{alta}(ZI)$$

Esto nos indica el grado de presión existente en la superficie de territorio alrededor de la ANP. Está en función del porcentaje de la clase  $IE_{alta}$ , si esta es baja en la ZI la presión es mayor.

La ZI del ANP tiene un total de 23.8% de  $IE_{alta}$ , por lo que la ANP tiene una **Presión muy alta** de 76.2%. Se detecta un incremento de la superficie de  $IE_{alta}$  en la ZI, es deseable que dicha tendencia se mantenga en aumento y bajo monitoreo.

### Eficacia en la protección de la Integridad Ecosistémica del ANP

El valor de la eficacia en la protección de la IE en la ANP ( $Ef$ ), se calcula como el cociente del porcentaje de la clase alta dentro del ANP ( $\%IE_{alta}(ANP)$ ) entre el porcentaje de la clase alta en el área de la Zona de Influencia ( $\%IE_{alta}(ZI)$ ), es decir:

$$Ef = \frac{\%IE_{alta}(ANP)}{\%IE_{alta}(ZI)}$$

Además de indicar la magnitud de protección de la IE, nos permite saber el contexto geográfico del ANP en cuanto a la presión existente fuera de ella.

El valor de  $Ef_{IE}$  calculado para todas las ANP en el complejo es de 1.68 y en el ANP Mariposa Monarca es de 3.02, por lo que se considera que la eficacia es de tipo: **Eficacia parcial** en el complejo y **Eficacia sobresaliente** en el ANP de acuerdo a los criterios definidos. Entre el 2020 y el 2023 se detectó una tendencia en incremento en la eficacia del ANP.

## DEFINICIONES Y MÉTODO

### Integridad Ecosistémica

La Integridad Ecosistémica (IE) se refiere a qué tan completo, funcional o intacto está un ecosistema respecto a su estado natural (Wildlife Conservation Society 2020). La integridad más alta la alcanzan las áreas no afectadas de manera significativa por actividades humanas, las cuales son fundamentales para la conservación de la biodiversidad, pues es en ecosistemas con alta integridad que las especies tienen menor riesgo de extinción (Di Marco et al. 2019). Además, estas áreas contribuyen en mayor medida, respecto a áreas degradadas, a los servicios ecológicos, como la absorción de  $CO_2$ , el suministro de agua y protección de

riesgos causados por el cambio climático (Watson et al. 2018; Martin and Watson 2016). Por lo tanto, es de gran importancia, medir y monitorear la IE para preservar áreas con alta integridad y restaurar áreas de baja integridad.

## Índice de Integridad Ecosistémica

El Índice de Integridad Ecosistémica (IIE) representa el grado de transformación de la *vegetación primaria* (vegetación antes de los grandes cambios antropogénicos), respecto a su situación actual (CONABIO, 2025).

## Método del cálculo del Índice de Integridad Ecosistémica

El IIE se basa en la variable *hemerobia*, cuya clasificación originalmente consta de 18 clases (Equihua et al 2018). Ésta fue actualizada dado los cambios en la nomenclatura de las clases de vegetación y cuerpos de agua de la Serie VII de INEGI, cuyo mapa es comparado con el de *vegetación primaria* para obtener el IIE.

Para la mejor comprensión de los estados de IE y efectividad las 16 clases resultantes, se recategorizaron en 4:  $IE_{alta}$ ,  $IE_{media}$ ,  $IE_{baja}$ ,  $IE_{muybaja}$  (CONABIO, 2025).

La clase alta ( $IE_{alta}$ ) representa a la vegetación natural (primaria) remanente en el país representada por las clases 0 a la 4 de la *hemerobia*. Ésta es tomada como referencia para estimar los indicadores de estado, presión y eficacia.

**Modelo** Para estimar el IIE de diferentes años, se usa un modelo *XGBoost* (refuerzo del gradiente extremo), el cual es un método de aprendizaje automático supervisado para clasificación, que mediante variables predictoras estima el valor del IIE para el año deseado.

**Variables predictoras** Cobertura forestal (MODIS, NASA LP DAAC), productividad primaria bruta (fotosíntesis), estructura de la vegetación (radar en Sentinel 2), elevación, zonas de vida de Holdridge). Resolución: 250x250m

**Validación** Experta (CONANP IE Fauna y CONANP-PIMBio), Fauna indicadora clave (SiPeCaM), Evaluación Rápida de Integridad Ecosistémica (ERIE).

## Eficacia en la Conservación de la Integridad Ecosistémica en las ANP

*“La eficacia es la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.”*

En este caso, lo entenderemos como la capacidad de realizar acciones de manejo, restauración y conservación en el ANP para lograr la conservación de la Integridad Ecosistémica dentro de ésta área. Es calculada tomando como referencia el estado de la IE que tiene la zona de influencia (ZI), esta zona al no estar protegida se esperaría que tenga un estado de la IE menor que dentro de la ANP.

El indicador de eficacia es el número de veces que hay de la clase más alta de integridad ecosistémica dentro del ANP con respecto a lo que hay afuera de ella por lo que nos informa sobre el efecto de las acciones logradas en la ANP.

**Indicador** Cociente del porcentaje de la clase  $IE_{alta}$  adentro y afuera de la ANP, donde un valor de 1 significa condiciones similares dentro y fuera del ANP (es decir igual monto de superficie de la clase Alta de la IE). Arriba de 1 indica una mejor condición adentro del ANP que afuera y <1 significa una mejor condición afuera que adentro del ANP.

## Referencia

Di Marco, Moreno, Simon Ferrier, Tom D Harwood, Andrew J Hoskins, and James EM Watson. 2019. “Wilderness Areas Halve the Extinction Risk of Terrestrial Biodiversity.” *Nature* 573 (7775): 582–85.

Martin, Tara G, and James EM Watson. 2016. “Intact Ecosystems Provide Best Defence Against Climate Change.” *Nature Climate Change* 6 (2): 122–24.

Watson, James EM, Tom Evans, Oscar Venter, Brooke Williams, Ayesha Tulloch, Claire Stewart, Ian Thompson, et al. 2018. “The Exceptional Value of Intact Forest Ecosystems.” *Nature Ecology & Evolution*.

Plataforma de condición de las Áreas Naturales Protegidas: Integridad Ecosistémica 2020- 2023-2027. COSMOS. [https://karensanchez.shinyapps.io/ie\\_dashboard/](https://karensanchez.shinyapps.io/ie_dashboard/)

Sánchez et al. Modelo de clasificación de Integridad Ecosistémica. CONABIO.. 2025 [https://github.com/CONABIO/ie\\_model](https://github.com/CONABIO/ie_model)