



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

APROXIMACIÓN A LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS ECOSISTEMAS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS DE MÉXICO

**APPROXIMATION TO THE CARRYING CAPACITY OF MEXICO'S
FISHERIES AND AQUACULTURE ECOSYSTEMS**

Juan Madrid Vera
Investigador Independiente

Daniel Aguilar Ramírez
Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS)

Horacio Haro Avalos
Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS)

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22768

Aproximación a la capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas de México

Juan Madrid Vera¹juanchomvera@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0006-6234-6607>

Investigador Independiente

Ciudad de México, México

Daniel Aguilar Ramírezdaniel.aguilar@imipas.gob.mx<https://orcid.org/0009-0005-6749-0221>

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y

Acuacultura Sustentables (IMIPAS)

Ciudad de México, México

Horacio Haro Avaloshoracio.haro@imipas.gob.mx<https://orcid.org/0009-0009-0728-4847>

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y

Acuacultura Sustentables (IMIPAS)

Ensenada, B.C., México

RESUMEN

Se desarrolló un modelo de probabilidades para estimar la capacidad de carga del ecosistema pesquero y acuícola mexicano, integrando datos oficiales de los Anuarios Estadísticos de Pesca y Acuacultura (1946-2024). Mediante un enfoque bayesiano y simulaciones Montecarlo, se estimó una producción legal promedio entre 1.6 y 1.7 millones de toneladas, ajustada a 1.8 millones al incorporar un 15% por pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR). El intervalo va entre 1.5 y 2.2 millones de toneladas representa capturas no reportadas que generan impactos ecológicos equivalentes a más de 419 millones de organismos extraídos y hasta 1.3 billones afectados por efectos tróficos indirectos. Este modelo integra las tres principales actividades productivas -pesca industrial, ribereña y acuacultura- y propone indicadores de sostenibilidad y resiliencia ecosistémica. Los resultados constituyen un primer paso hacia la formulación de un modelo nacional de capacidad de carga que fortalezca la gestión sostenible de la pesca y la acuacultura en México.

Palabras clave: capacidad de carga; pesca; acuacultura; enfoque bayesiano; simulación Montecarlo.

¹ Autor principal.

Correspondencia: horacio.haro@imipas.gob.mx

Approximation to the carrying capacity of Mexico's fisheries and aquaculture ecosystems.

ABSTRACT

A probability model was developed to estimate the carrying capacity of Mexico's fisheries and aquaculture ecosystem by integrating official data from the Statistical Yearbooks of Fisheries and Aquaculture (1946-2024). Using a Bayesian approach and Monte Carlo simulations, average legal production was estimated at 1.6-1.7 million tons, adjusted to 1.8 million tons by incorporating a 15% allowance for illegal, unreported and unregulated fishing (IUU). The 1.5-2.2 million ton interval represents unreported catches that generate ecological impacts equivalent to more than 419 million organisms extracted and up to 1.3 trillion affected through indirect trophic effects. The model integrates the three main productive activities -industrial fishing, small-scale fishing and aquaculture- and proposes indicators of sustainability and ecosystem resilience. The results represent a first step toward a national carrying capacity model to strengthen sustainable management of fisheries and aquaculture in Mexico.

Keywords: carrying capacity; fisheries; aquaculture; Bayesian approach; Monte Carlo simulation.

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas constituye un concepto central para la gestión sostenible de los recursos naturales, al representar el umbral máximo de aprovechamiento que un sistema puede soportar sin comprometer su estructura, funcionalidad y resiliencia ecológica. En el contexto de la pesca y la acuicultura, este concepto adquiere particular relevancia debido a la presión creciente ejercida por la explotación intensiva, la expansión de la acuicultura y la persistencia de prácticas ilegales, no declaradas y no reglamentadas (INDNR), las cuales generan impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas marinos y continentales.

En México, la producción pesquera y acuícola ha sido históricamente un pilar económico y social, con una amplia diversidad de especies explotadas y sistemas productivos que incluyen la pesca industrial, la pesca ribereña y la acuicultura. Sin embargo, la evaluación integral de la capacidad de carga a escala nacional ha sido limitada, en gran medida por la complejidad de los sistemas socioecológicos involucrados, la variabilidad ambiental y la fragmentación de la información disponible. Tradicionalmente, los análisis se han enfocado en especies o regiones específicas, sin integrar de manera sistémica los distintos componentes productivos y sus interacciones ecológicas.

Adicionalmente, la pesca INDNR representa un factor crítico que distorsiona las estimaciones oficiales de producción y subestima la presión real ejercida sobre los ecosistemas. Diversos estudios han señalado que las capturas no reportadas generan efectos tróficos acumulativos que exceden ampliamente el impacto directo de la extracción, afectando cadenas alimentarias completas y reduciendo la capacidad de recuperación de los ecosistemas. No obstante, estos efectos suelen quedar fuera de los modelos convencionales de evaluación pesquera.

Ante este escenario, resulta necesario desarrollar enfoques metodológicos que integren la incertidumbre inherente a los sistemas pesqueros y acuícolas, incorporen información histórica de largo plazo y permitan estimar rangos probabilísticos de producción compatibles con la sostenibilidad ecológica. Los modelos basados en inferencia bayesiana y simulaciones Monte Carlo ofrecen una alternativa robusta para abordar estas limitaciones, al permitir la integración de múltiples fuentes de datos y la evaluación explícita de escenarios de riesgo.

El presente estudio tiene como objetivo proponer una aproximación probabilística para estimar la

capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas de México, utilizando información oficial de los Anuarios Estadísticos de Pesca y Acuicultura en un periodo histórico amplio. El modelo integra las principales actividades productivas y considera el efecto de la pesca INDNR, con el fin de generar indicadores que contribuyan al diseño de estrategias de manejo sostenible, fortaleciendo la toma de decisiones en el ámbito de la política pesquera y acuícola nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y probabilístico, orientado a la estimación de la capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas de México. Se utilizó información histórica oficial y se aplicaron técnicas de inferencia bayesiana y simulación Monte Carlo para integrar la incertidumbre inherente a los sistemas productivos y ecológicos analizados.

Fuentes de información

La base de datos utilizada proviene de los Anuarios Estadísticos de Pesca y Acuicultura publicados por las autoridades federales competentes, abarcando el periodo de 1946 a 2024. Esta información incluye registros anuales de producción pesquera y acuícola, desagregados por tipo de actividad productiva: pesca industrial, pesca ribereña y acuicultura. Los datos fueron depurados y estandarizados para asegurar su consistencia temporal y su comparabilidad a lo largo del periodo de análisis.

Estructura del modelo probabilístico

Para la estimación de la capacidad de carga se desarrolló un modelo probabilístico basado en inferencia bayesiana. Se asumió que la producción anual observada es una variable aleatoria que refleja la interacción entre el esfuerzo de explotación, la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales. A partir de la distribución histórica de la producción, se estimaron funciones de densidad de probabilidad que permitieron identificar rangos de producción compatibles con la sostenibilidad del sistema.

El modelo integra explícitamente las tres principales actividades productivas del sector pesquero y acuícola mexicano, considerando su contribución relativa a la producción total. Esta integración permitió generar una estimación agregada de la presión ejercida sobre los ecosistemas, superando enfoques parciales centrados en una sola modalidad productiva.

Simulación Monte Carlo

Con el fin de evaluar la variabilidad y la incertidumbre asociadas a las estimaciones, se realizaron simulaciones Monte Carlo a partir de las distribuciones de probabilidad obtenidas. Se generaron múltiples iteraciones aleatorias de escenarios de producción, lo que permitió estimar intervalos de confianza y rangos probabilísticos de la capacidad de carga del sistema. Este procedimiento facilitó la identificación de valores medios, mínimos y máximos plausibles de producción sostenible.

Incorporación de la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR)

Dado que la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada no se refleja plenamente en los registros oficiales, se incorporó un ajuste porcentual del 15% sobre la producción legal estimada, con base en referencias internacionales y estudios previos sobre la magnitud de este fenómeno. Este ajuste permitió aproximar la presión real ejercida sobre los ecosistemas y evaluar sus impactos ecológicos directos e indirectos, incluyendo efectos tróficos acumulativos.

Análisis e interpretación de resultados

Los resultados del modelo se expresaron en términos de producción total anual, intervalos probabilísticos y estimaciones del número de organismos potencialmente afectados por la extracción directa y los efectos tróficos indirectos. Estos indicadores se utilizaron para interpretar la capacidad de carga del sistema pesquero y acuícola nacional y para discutir sus implicaciones en el contexto de la gestión sostenible de los recursos.

RESULTADOS

Una primera aproximación al comportamiento del sistema pesquero y acuícola nacional se resume mediante una matriz heurística de trabajo, construida a partir de indicadores ampliamente documentados en la literatura científica, relacionados con procesos reproductivos, asentamiento, reclutamiento y presión de pesca. Esta matriz permite identificar escenarios generales de aprovechamiento bajo condiciones legales e ilegales, considerando valores normalizados entre 0 y 1, donde los valores cercanos a 1 representan mayores efectos negativos sobre el sistema.

Tabla 1. Matriz heurística de indicadores biológicos y de presión de pesca utilizados para la clasificación de escenarios de aprovechamiento en pesquerías legales e ilegales.

Categoría o ítem.	Legal	Ilegal	$\sum i$
Pesca en periodos reproductivos	+0, <1	+1	+1+0, >0≤1
Efectos en las zonas de asentamiento	+0, <1	+1	+1+0, >0≤1
Efectos en el reclutamiento	+0, <1	+1	+1+0, >0≤1
Sobrepesca de reclutas	+1, +1	+1	+1+1, +1
Pesca de reproductores	+1, <1	+1	+1+1, >0≤1
Sobrepesca de reproductores	+1, <1	+1	+1+1, >0≤1
$\sum j$	+3, <6	+6	+6+3, <6
Escenario	Pescándose	Sobre pescado.	Sobre pescado, sobre pescándose

Nota: Los valores están normalizados en una escala de 0 a 1, donde valores cercanos a 1 representan mayor efecto negativo sobre los procesos biológicos considerados. Las sumas por renglón ($\sum i$) y por columna ($\sum j$) permiten la clasificación general de los escenarios como pescándose, sobrepescado y sobrepescado con sobrepesca activa.

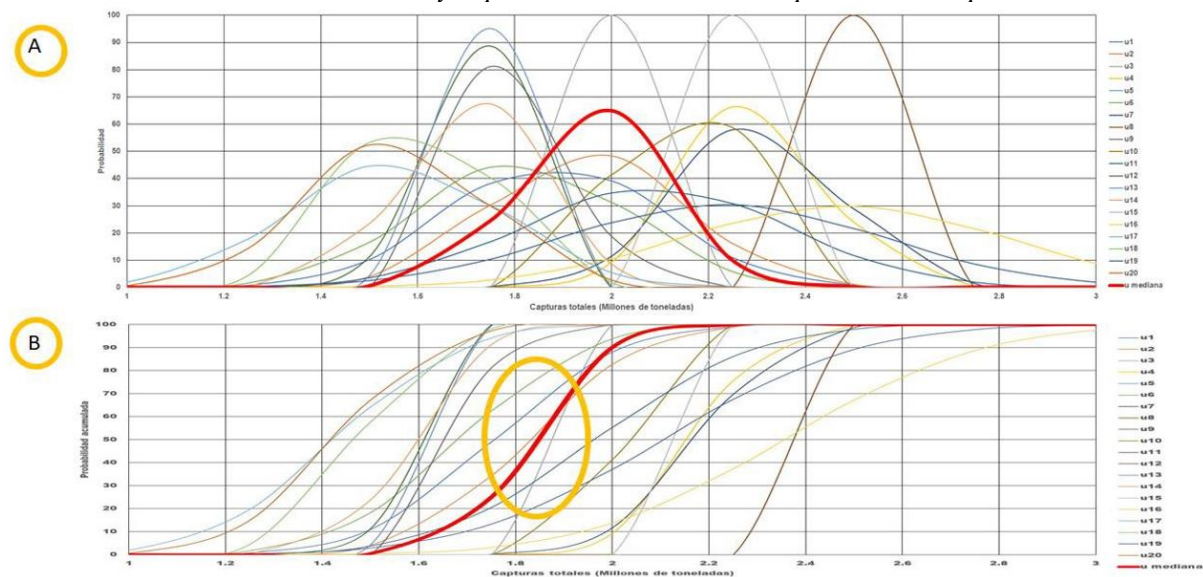
Los resultados de la matriz heurística indican tres escenarios generales: pescándose, sobrepescado y sobrepescado con sobrepesca activa, en función de las sumas por renglones y columnas. En el escenario legal, los valores agregados se sitúan en un intervalo intermedio, mientras que en el escenario ilegal los valores tienden a concentrarse en el extremo superior, reflejando una mayor presión acumulada sobre los procesos biológicos clave.

A partir de esta base conceptual, se desarrolló un modelo probabilístico bayesiano preliminar para estimar la capacidad de carga del sistema pesquero y acuícola mexicano. El modelo considera un rango inicial de capturas totales entre 1.5 y 2.5 millones de toneladas, integrando las contribuciones de la pesca industrial, ribereña y la acuicultura, así como la variabilidad interanual observada en al menos 20 eventos o temporadas.

La **Figura 1** muestra la distribución probabilística de la producción total estimada. En la parte A se presentan las funciones de densidad expresadas en términos porcentuales, mientras que en la parte B se

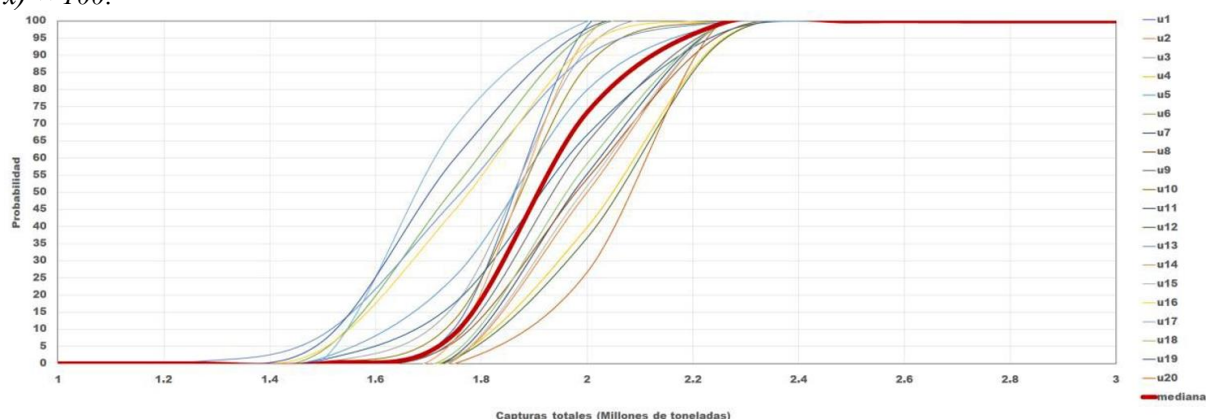
muestran las funciones acumuladas. De manera general, el intervalo comprendido entre el 15% y el 85% de probabilidad concentra los valores más plausibles de producción, constituyendo la primera etapa del modelo.

Figura 1. Análisis probabilístico de la producción pesquera y acuícola mexicana para un periodo de referencia de 20 años. (A) Funciones de densidad de probabilidad expresadas en términos porcentuales para distintos escenarios simulados. (B) Funciones de distribución acumulada correspondientes. El intervalo señalado representa, de manera general, el rango comprendido entre los percentiles 15 y 85, considerado como el intervalo de mayor plausibilidad. Primera etapa del modelo probabilístico.



A partir de estas distribuciones, se calcularon las fracciones normalizadas de la función $n(u, S, x)$ respecto a su suma total, generando una representación porcentual de la tendencia central y su dispersión. La **Figura 2** presenta la solución acumulada del modelo base, donde la mediana (línea roja) permite identificar los valores más probables bajo esta configuración inicial.

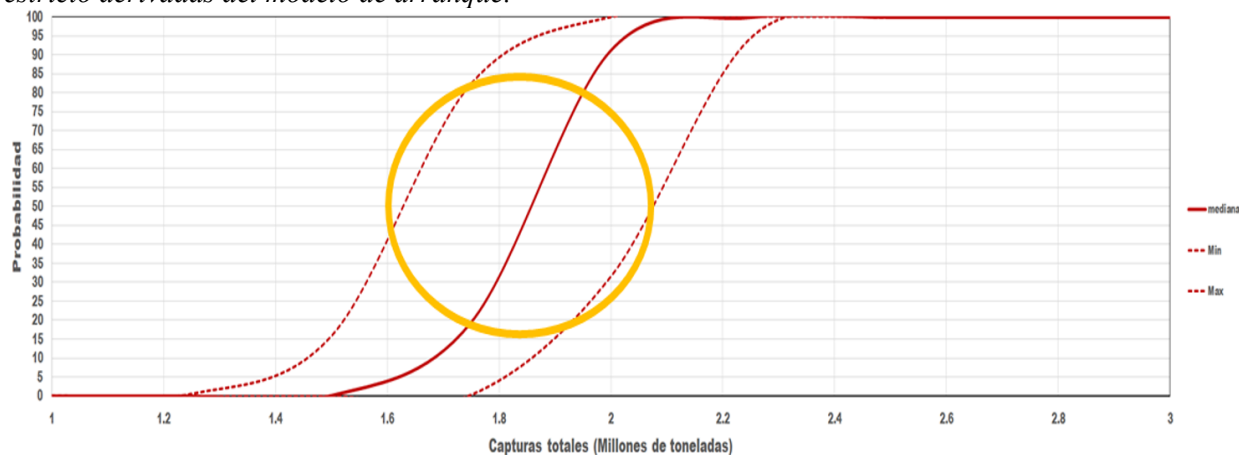
Figura 2. Representación porcentual de las fracciones normalizadas de la función $n(u, S, x)/\sum n(u, S, x) \times 100$.



La figura muestra la solución acumulada del modelo base, destacando la tendencia central y la dispersión asociada. La línea correspondiente a la mediana identifica los valores más probables del sistema bajo la simulación inicial.

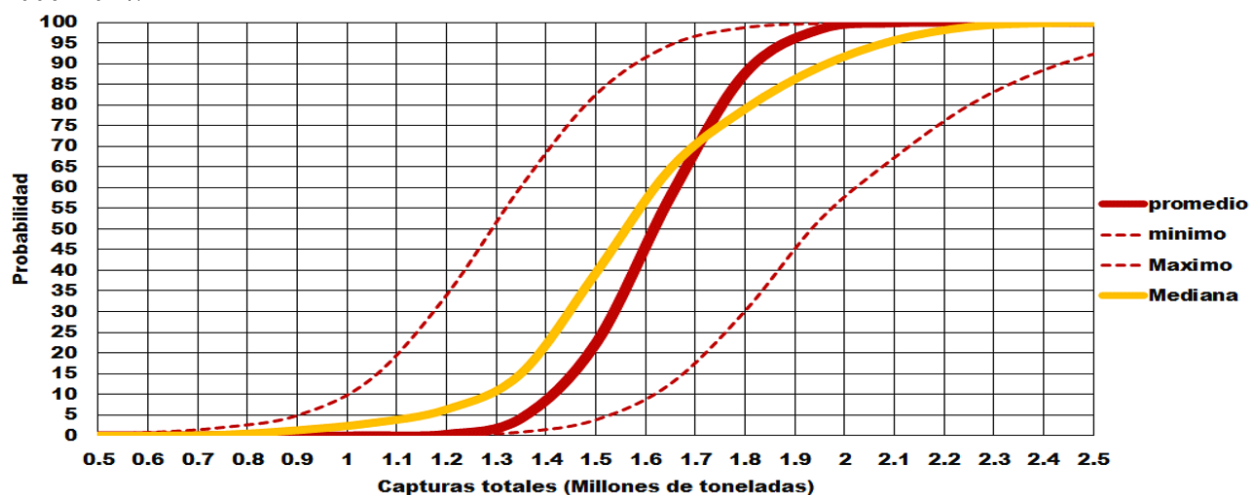
Con base en múltiples corridas del modelo ($n \geq 20$), se obtuvieron las medianas de las distribuciones porcentuales para cada iteración. Estas medianas se integraron para generar una solución consolidada que representa la tendencia central y la dispersión del sistema. La **Figura 3** muestra esta solución acumulada, delimitando los rangos de variación mínima y máxima asociados a las simulaciones, que representan las soluciones probables en sentido estricto.

Figura 3. Solución acumulada obtenida a partir de las medianas de múltiples corridas del modelo ($n \geq 20$), expresadas en términos porcentuales. Se presentan la tendencia central y los rangos de dispersión definidos por los valores mínimos y máximos, los cuales delimitan las soluciones probables en sentido estricto derivadas del modelo de arranque.



Posteriormente, el modelo fue aplicado a los datos oficiales reportados por la autoridad para el periodo 2006–2024. Bajo esta configuración, las probabilidades se dedujeron utilizando una distribución normal de las capturas totales agregadas de la pesca industrial, ribereña y la acuacultura, estandarizadas a un valor de 1 y expresadas en términos porcentuales. La **Figura 4** muestra que el promedio estimado de producción es de 1.693 millones de toneladas, con una mediana de 1.634 millones de toneladas y un rango entre 1.366 y 2.007 millones de toneladas.

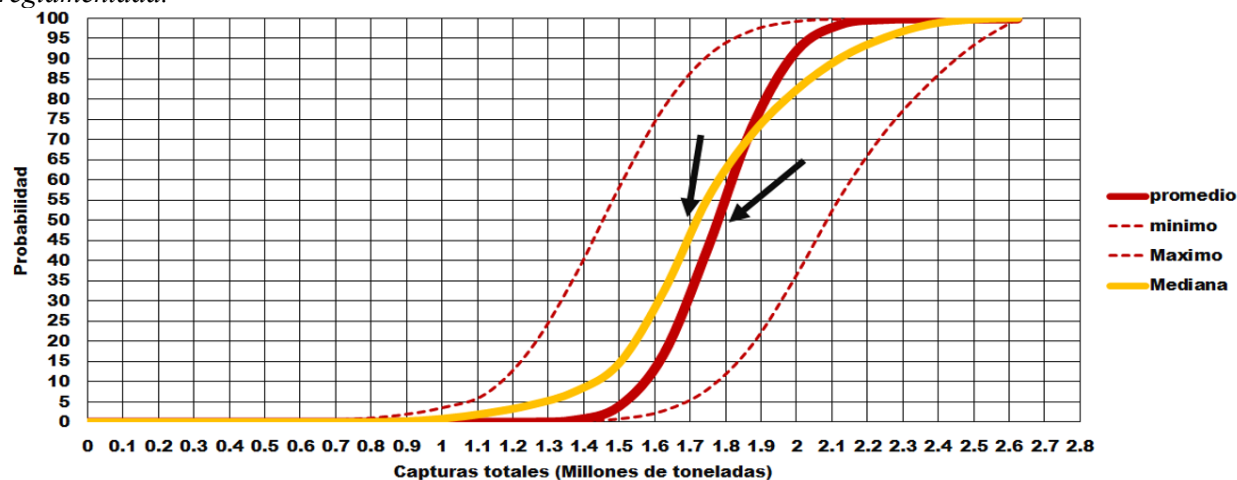
Figura 4. Modelo probabilístico aplicado a los datos oficiales de capturas reportadas para el periodo 2006–2024.



Las probabilidades se deducen utilizando una distribución normal de las capturas totales agregadas de la pesca industrial, ribereña y la acuacultura, estandarizadas a un valor de 1 y expresadas en porcentajes. Se muestran los indicadores de promedio, mediana y los valores mínimos y máximos deducidos del modelo base.

Al incorporar una corrección aleatoria del 15% atribuible a pesca ilegal, no declarada o no reglamentada, se obtuvo un segundo escenario que refleja una presión adicional sobre el sistema. En este caso, la mediana asciende a 1.784 millones de toneladas y el promedio a 1.845 millones de toneladas, con valores mínimos y máximos de 1.502 y 2.169 millones de toneladas, respectivamente. Estos resultados se presentan en la **Figura 5**.

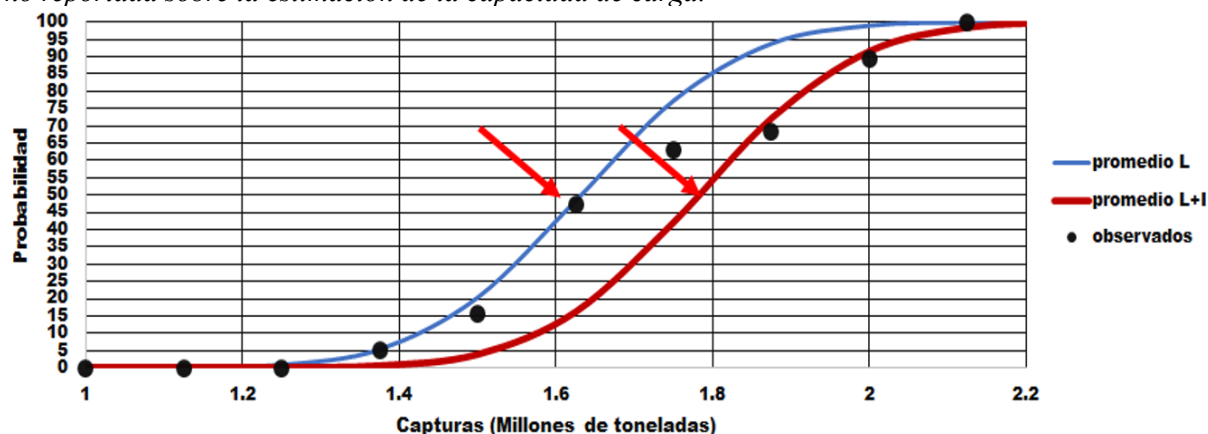
Figura 5. Modelo probabilístico aplicado a los datos oficiales de capturas para el periodo 2006–2024, incorporando una corrección aleatoria del 15% atribuible a pesca ilegal, no declarada o no reglamentada.



Las probabilidades se deducen a partir de la distribución normal de las capturas totales agregadas y se expresan en términos porcentuales. Se presentan los indicadores de promedio, mediana y los valores extremos derivados del modelo ajustado.

La comparación directa entre ambos escenarios -datos reportados (L) y datos reportados más una fracción del 15% (L+I)- se muestra en la **Figura 6**. La diferencia entre los promedios de ambos modelos es cercana a 0.150 millones de toneladas, equivalente a aproximadamente 150 mil toneladas adicionales de biomasa extraída no reflejada en los registros oficiales.

Figura 6. Comparación entre los modelos probabilísticos construidos con datos reportados oficialmente (L) y con datos ajustados mediante la incorporación de un 15% adicional de captura no reportada (L+I), para el periodo 2006–2024. Las curvas representan las probabilidades acumuladas derivadas de la distribución normal de las capturas totales agregadas, estandarizadas y expresadas en porcentajes. La separación entre ambas curvas ilustra la magnitud del impacto potencial de la captura no reportada sobre la estimación de la capacidad de carga.



Finalmente, en la **Tabla 2** se resumen los indicadores principales de las capturas totales para ambos escenarios, incluyendo promedio, mediana, mínimo y máximo. A partir de estas diferencias se estimaron magnitudes potenciales de organismos afectados, considerando distribuciones de talla tanto uniformes como geométricas. Bajo una distribución uniforme, la biomasa adicional estimada corresponde a más de 419 millones de reclutas y reproductores, mientras que bajo una distribución geométrica, consistente con una transferencia trófica del 10%, la magnitud potencial supera los 1.3 billones de organismos.

Tabla 2. Indicadores estadísticos de las capturas totales estimadas bajo escenarios de pesca reportada (L) y pesca reportada con ajuste por captura no declarada (L+I), y estimación del número potencial de organismos afectados.

gambinos afectadas.

Indicadores de las capturas totales						
Puntos de referencia		promedio	Mediana	minimo	Maximo	
Legal (L)		1.69394294	1.634203086	1.366513092	2.007732299	
Legal+Ilegal (L-L+I)		1.84490641	1.784148671	1.502224719	2.16938379	
Diferencias L+I-L		0.15096347	0.149945585	0.135721624	0.161651461	
Escala t		1,000,000				
Escala kg		1,000				
Indicadores de efectos ambientales						
Peso en toneladas		150,963				
Peso en kilogramos		150,963,468				
Magnitudes			Biomasa	Número	Biomasa	Número
Categoría	Gramos	Kg	Uniforme	Uniforme	Geométrica	Geométrica
Chico	100	0.1	37,740,867	377,408,670	135,874,276	1,358,742,757
Medianos	1,000	1	37,740,867	37,740,867	13,587,428	13,587,428
Grandes	10,000	10	37,740,867	3,774,087	1,358,743	135,874
Extra	100,000	100	37,740,867	377,409	143,020	1,430
Sumas			150.963.468	419.301.038	150.963.469	1.372.467.490

Nota: L corresponde a los datos de captura reportados oficialmente, mientras que L+I incorpora una corrección aleatoria del 15% atribuible a pesca ilegal, no declarada o no reglamentada. Las estimaciones del número de organismos afectados se realizaron considerando distribuciones de talla uniformes y geométricas, bajo supuestos de transferencia trófica del 10% entre niveles.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten una primera aproximación cuantitativa a la capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas de México desde una perspectiva probabilística e integradora. A diferencia de enfoques tradicionales centrados en especies o pesquerías específicas, el modelo propuesto incorpora de manera conjunta la pesca industrial, la pesca ribereña y la acuicultura, lo que posibilita una

evaluación sistémica de la presión total ejercida sobre los ecosistemas acuáticos a escala nacional.

Las estimaciones derivadas de los datos oficiales muestran una producción promedio cercana a 1.69 millones de toneladas, valor que se mantiene dentro de los rangos reportados históricamente por las autoridades nacionales. Sin embargo, al incorporar un ajuste conservador del 15% asociado a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, la producción total estimada se incrementa hasta aproximadamente 1.84 millones de toneladas. Esta diferencia, cercana a 150 mil toneladas, pone de manifiesto la magnitud potencial del subreporte y su relevancia para la evaluación real de la capacidad de carga.

Desde una perspectiva ecológica, esta biomasa adicional no reportada representa impactos que trascienden la extracción directa. La estimación del número de organismos potencialmente afectados, bajo supuestos de distribución uniforme y geométrica de tallas, sugiere que los efectos pueden escalar desde cientos de millones hasta más de un billón de reclutas y reproductores. Estos resultados son consistentes con la literatura que documenta efectos tróficos acumulativos derivados de la sobreexplotación, los cuales afectan procesos clave como el reclutamiento, la estructura poblacional y la resiliencia de los ecosistemas.

La matriz heurística empleada en este estudio refuerza esta interpretación al evidenciar que, bajo escenarios de pesca ilegal, los indicadores asociados a reproducción, asentamiento y reclutamiento tienden a concentrarse en rangos de mayor impacto. Si bien este enfoque no sustituye evaluaciones poblacionales específicas, proporciona un marco conceptual útil para clasificar escenarios de riesgo y orientar análisis más detallados.

Es importante señalar que el modelo propuesto se basa en supuestos simplificados y en la mejor información disponible, lo cual implica limitaciones inherentes. Entre ellas destacan la heterogeneidad regional de las pesquerías, la variabilidad ambiental no incorporada explícitamente y la dificultad para estimar con precisión la magnitud real de la pesca ilegal. No obstante, el uso de inferencia bayesiana y simulaciones Monte Carlo permite integrar esta incertidumbre de manera explícita, generando rangos probabilísticos más informativos que estimaciones puntuales.

Desde el punto de vista de la gestión, los resultados subrayan la necesidad de considerar la pesca ilegal como un componente estructural en los análisis de sostenibilidad, y no como un fenómeno marginal.

Ignorar este componente conduce a subestimar la presión real sobre los ecosistemas y puede derivar en decisiones de manejo que comprometan la viabilidad a largo plazo de las pesquerías y la acuacultura.

En este sentido, el presente estudio no pretende ofrecer valores definitivos de capacidad de carga, sino aportar un marco metodológico replicable y escalable que permita avanzar hacia evaluaciones nacionales más integrales. La incorporación futura de información espacialmente explícita, indicadores ambientales y datos socioeconómicos podría fortalecer este enfoque y contribuir al diseño de estrategias de manejo más robustas y adaptativas.

CONCLUSIONES

El presente estudio propone una aproximación probabilística para estimar la capacidad de carga de los ecosistemas pesqueros y acuícolas de México, integrando en un solo marco analítico la pesca industrial, la pesca ribereña y la acuacultura. Este enfoque aporta una lectura sistémica útil para la gestión, al incorporar explícitamente la incertidumbre y generar rangos plausibles de producción compatible con sostenibilidad.

Las estimaciones derivadas del modelo muestran que, al considerar únicamente los datos oficiales, la producción total anual se ubica alrededor de 1.69 millones de toneladas, mientras que al incorporar un ajuste conservador del 15% asociado a pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, la producción total estimada se incrementa a aproximadamente 1.84 millones de toneladas. La diferencia entre escenarios sugiere un volumen adicional cercano a 150 mil toneladas que no quedaría reflejado en registros oficiales, con implicaciones relevantes para cualquier diagnóstico de presión real sobre los ecosistemas. Bajo supuestos razonables de distribución de tallas y niveles tróficos, la biomasa adicional estimada puede traducirse en impactos potenciales sobre reclutas y reproductores que van desde cientos de millones hasta magnitudes del orden de billones de organismos, evidenciando que el efecto ecológico de la captura no reportada trasciende la extracción directa e implica efectos tróficos acumulativos.

En términos operativos, los resultados respaldan que la pesca INDNR debe tratarse como una variable estructural en los esquemas de evaluación y manejo, debido a su capacidad para sesgar estimaciones y reducir la eficacia de medidas de ordenamiento basadas únicamente en la producción reportada. En consecuencia, los modelos de capacidad de carga y los indicadores de sostenibilidad deben incorporar escenarios de riesgo y subreporte como parte de su arquitectura analítica.

Finalmente, este trabajo debe entenderse como un primer paso hacia un modelo nacional de capacidad de carga. La siguiente fase recomendable consiste en fortalecer el enfoque mediante la incorporación de información espacialmente explícita, covariables ambientales y evidencia regional diferenciada, con el fin de aumentar la precisión de los rangos estimados y su utilidad para políticas públicas orientadas a sostenibilidad, resiliencia ecosistémica y seguridad alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cisneros-Montemayor, A., Cisneros-Mata, M. A., Harper, S., & Pauly, D. (2013). Extent and implications of IUU catch in Mexico's marine fisheries. *Marine Policy*, 39, 283–288.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020: La sostenibilidad en acción. FAO.
- García, S. M., Ye, Y., Rice, J., & Charles, A. (Eds.). (2018). Rebuilding of marine fisheries. Part 1: Global review (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 630/1). FAO.
- Restrepo, V. R., Thompson, G. G., Mace, P. M., Gabriel, W. L., Low, L. L., MacCall, A. D., Methot, R. D., Powers, J. E., Taylor, B. L., Wade, P. R., & Witzig, J. F. (1998). Technical guidance on the use of precautionary approaches to implementing National Standard 1 of the Magnuson–Stevens Fishery Conservation and Management Act (NOAA Tech. Memo NMFS-F/SPO-31). NOAA.
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall.
- Quinn, T. J., & Deriso, R. B. (1999). Quantitative fish dynamics. Oxford University Press.
- Haddon, M. (2011). Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC.
- Punt, A. E., & Hilborn, R. (1996). Biomass dynamic models: User's manual (FAO Computerized Information Series [Fisheries] No. 10). FAO.
- Qing-qiang, R., & Liu, M. (2020). Assessing Northwest Pacific fishery stocks using two new methods: The Monte Carlo Catch-MSY (CMSY) and the Bayesian Schaefer Model (BSM). *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00430>
- Schaefer, M. B. (1954). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the IATTC*, 1(2), 27–56.
- Froese, R. (2004). Keep it simple: Three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5, 86–



- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., Fogarty, M. J., et al. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science*, 325(5940), 578–585. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>
- Rosenberg, A. A., Fogarty, M. J., Cooper, A. B., Dickey-Collas, M., Fulton, E. A., Gutiérrez, N. L., Hyde, K. J. W., et al. (2014). Developing new approaches to global stock status assessment and fishery production potential of the seas (FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1086). FAO.
- Arkema, K. K., Abramson, S. C., & Dewsbury, M. B. (2006). Marine ecosystem-based management: From characterization to implementation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(10), 525–532.
- Margalef, R. (1977). *Ecología* (2.^a ed.). Ediciones Omega.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Producción acuícola nacional 2018. SAGARPA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2024. SIAP–SADER.
- Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. (2024). Producción pesquera y acuícola nacional 1946–2024. CONAPESCA–SIAP.