



Valoración económica de los activos ambientales de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua

Mercedes Borja-Bravo^{1*} (<https://orcid.org/0000-0001-7743-6003>)

José Alberto García-Salazar² (<https://orcid.org/0000-0002-9892-7618>)

Blanca Isabel Sánchez-Toledano³ (<https://orcid.org/0000-0002-3460-334X>)

Omar Cástor Ponce-García⁴ (<https://orcid.org/0000-0003-3931-9003>)

Florencia Alejandro-Allende⁵ (<http://orcid.org/0000-0003-1519-5923>)

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, C. P. 20670, México.

²Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56264, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, C. P. 98500, México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Delicias-Rosales km 2, Sector Poniente, Delicias, Chihuahua, C. P. 33000, México.

⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tamaulipas, C. P. 88900, México.

*Autor para correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx



Resumen

El objetivo de este estudio fue estimar el valor económico de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos, ubicada en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, mediante la aplicación del método analítico de valoración multicriterio (AMUVAM). La metodología se estructuró en dos etapas: 1) la ponderación de los servicios ecosistémicos mediante el proceso analítico jerárquico, y 2) la estimación de su valor monetario a partir del método de actualización de la renta, tomando como referencia la contribución económica de aquellos servicios con valor de mercado. Se identificaron 13 servicios ecosistémicos, de los cuales los servicios de regulación resultaron los más importantes (principalmente la regulación climática, hídrica, biológica y el control de la erosión del suelo), seguidos de los de aprovisionamiento y culturales. Los servicios de apoyo se consideraron dentro de estas categorías. El valor económico total estimado de los servicios ecosistémicos de la cuenca fue de 468 554.77 millones de pesos (MXN). Los resultados obtenidos son clave para el diseño e implementación de estrategias de manejo integral, conservación y restauración de los recursos naturales, así como para la formulación de políticas públicas que promuevan la participación de los distintos actores sociales involucrados en la gestión de la cuenca.

Palabras clave: valor monetario, servicios ecosistémicos, método analítico de valoración multicriterio, proceso analítico jerárquico.

Recibido: 05/08/2025

Aceptado: 11/11/2025

Introducción



Los ecosistemas son proveedores de materiales y energía necesarios para realizar las actividades productivas y, al mismo tiempo, son receptores de los residuos generados en dichas actividades (desde la producción hasta el consumo) (Gómez-Baggethun & de Groot, 2007). No obstante, el valor que la sociedad asigna a los activos ambientales es reducido, ya que no todos son capturados por los mecanismos de mercado (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019; Martín-Pardo & Estruch-Guitart, 2018). Por lo tanto, estimar su valor económico constituye un elemento clave para incentivar su protección y efficientar la intervención pública orientada a su conservación y manejo sostenible (Aznar & Estruch, 2015).

El análisis de los ecosistemas desde una perspectiva económico-ecológica ha adquirido relevancia, principalmente desde el concepto de capital natural, entendido como las existencias que generan un flujo de bienes y servicios, o renta natural, a lo largo del tiempo (Constanza & Daly, 1992). Este capital, integrado por recursos renovables y no renovables, es esencial para mantener la vida en la Tierra (Rugani et al., 2023). En consecuencia, el capital natural es la base de las funciones ecosistémicas, definidas como la capacidad de los procesos ecológicos y de los componentes naturales para producir bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas de manera directa o indirecta (de Groot et al., 2002). Dichas funciones se materializan en los servicios ecosistémicos, a los cuales se les asigna un valor ecológico, económico y social (de la Rosa-Velázquez & Ruíz-Luna, 2020).

La valoración económica de los servicios ecosistémicos resulta particularmente compleja cuando estos carecen de un precio de mercado. Para abordar esta limitación, se han desarrollado diversos métodos indirectos, como los enfoques de preferencia declarada, la valoración contingente, los precios hedónicos y los costos de viaje. Aznar y Estruch (2015) propusieron el método analítico de valoración multicriterio (AMUVAM, por sus siglas en inglés), el cual integra el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) y el método de actualización de la renta.

El AMUVAM incorpora criterios ecológicos, económicos y sociales, así como la participación de expertos, para ponderar los componentes del valor económico total (VET) y obtener un valor monetario que los represente (Muñoz-Márquez, 2024). Entre sus principales ventajas se encuentran su potencial metodológico para integrar información cualitativa y cuantitativa, su relativa accesibilidad y su adaptabilidad a distintos entornos económicos y territoriales. Asimismo, este enfoque permite abordar la dificultad inherente a la valoración de atributos ambientales intangibles,



al apoyarse en juicios expertos y en la consideración simultánea de múltiples servicios ecosistémicos (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019).

La aplicación del AMUVAM se ha documentado en diversos contextos, incluyendo ecosistemas marinos (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019), parques naturales (Martín-Pardo & Estruch-Guitart, 2018), ecosistemas lagunares (Barrial-Lujan et al., 2022) y paisajes (Muñoz-Márquez, 2024), en los cuales se ha determinado el VET y ha servido como referencia para planificar y gestionar los recursos naturales.

La cuenca Laguna de Bustillos, localizada en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México, corresponde a un sistema endorreico de morfología irregular, cuya principal fuente de recarga hídrica es la precipitación pluvial (Alatorre et al., 2014). En 2023, el uso del suelo estuvo dominado por actividades agrícolas (54.45 %), seguido por bosque de encino (25.54 %), pastizales (8.23 %), bosque de pino (6.46 %), zonas urbanas (4.94 %) y cuerpos de agua (3.37 %) (Velázquez-Olivas et al., 2024). Esta cuenca ha sido reconocida como área de importancia para la conservación de las aves (AICA) por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2025), al albergar anualmente cerca de 266 000 aves migratorias pertenecientes a 39 especies.

A pesar de la diversidad de servicios ecosistémicos que provee la cuenca Laguna de Bustillos, estos se encuentran amenazados por el crecimiento urbano, la industrialización, la intensificación de las actividades agrícolas y el cambio climático (Amado-Álvarez et al., 2016). En este contexto, resulta indispensable generar información que sustente el diseño de estrategias de manejo integral y la planeación de políticas públicas orientadas a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. En consecuencia, el objetivo de este estudio fue estimar el valor económico de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos mediante la aplicación del AMUVAM.

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca Laguna de Bustillos se localiza en la parte central del estado de Chihuahua, en el municipio de Cuauhtémoc, entre los paralelos $28^{\circ} 16' 14.32''$ y $29^{\circ} 1' 9.18''$ de latitud N y los meridianos $106^{\circ} 31' 59.99''$ y $107^{\circ} 9' 9.36''$ longitud O (Figura 1) (Velázquez-Olivas et al., 2024). La cuenca presenta una elevación media aproximada de 2 000 m s. n. m. y se encuentra rodeada por elevaciones que alcanzan, en promedio, los 2 400 m s. n. m., con picos máximos de hasta 2 887 m s. n. m. (Alatorre et al., 2014). El clima de la región es semiseco templado con lluvias en verano, con precipitación media anual de 415.7 mm, temperatura media mínima de 14.6°C y máxima de 38°C (Comisión Nacional de Agua [CONAGUA], 2024; Leal-Ponce et al., 2019).

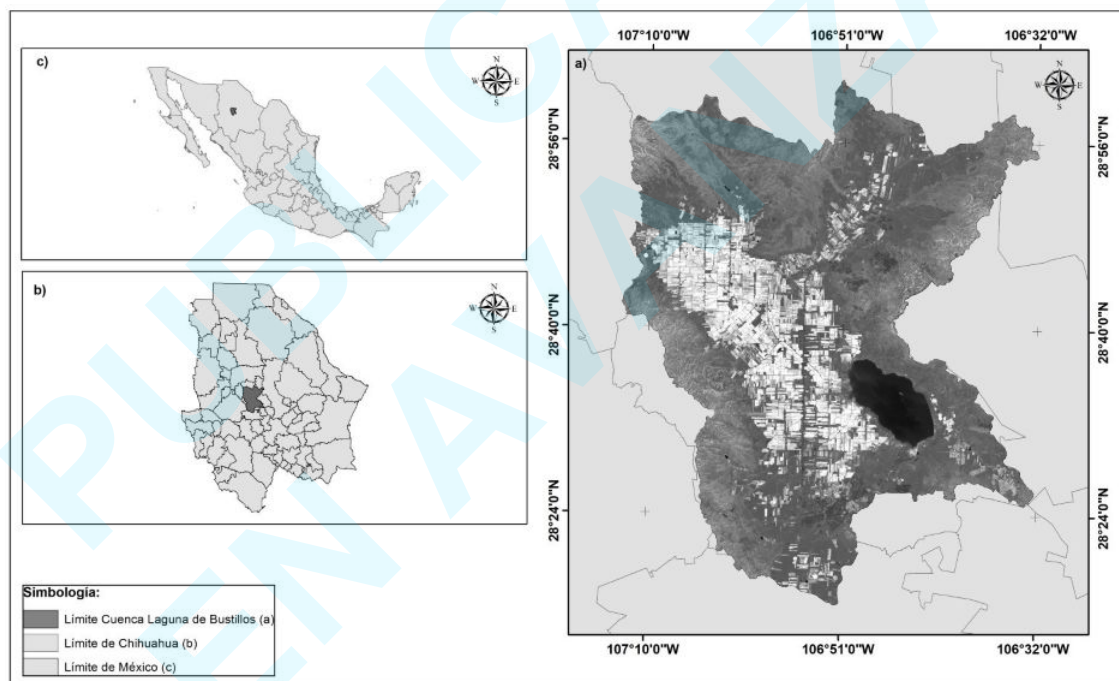


Figura 1. Ubicación de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Fuente: elaboración propia.



Diseño metodológico

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, donde se integraron técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa (Acosta-Faneite, 2023). Para la valoración económica de los servicios ecosistémicos se empleó el AMUVAM, el cual se estructuró en dos fases: 1) aplicación del AHP para la priorización y ponderación de los componentes del VET mediante la consulta a expertos, y 2) actualización de la renta aplicada a los servicios ecosistémicos con valor de uso directo y precio de mercado, a partir de la estimación de los valores de renta asociados al bien ambiental (Muñoz-Márquez, 2024).

Selección de expertos

En el estudio participaron 11 expertos, integrados por cinco académicos e investigadores especializados en ambiente, recursos naturales y agronomía; cuatro servidores públicos de dependencias estatales y federales, y dos técnicos profesionales de organizaciones no gubernamentales.

La selección de los participantes se basó en su disposición para realizar las distintas actividades de la investigación. Inicialmente, se identificó un grupo de 25 posibles participantes radicados en el área de estudio, que tuvieran conocimientos y experiencia en temas sobre ambiente y recursos naturales, y se invitaron a un taller informativo. De este grupo, asistieron 18 expertos, a quienes se les explicaron los objetivos, alcances y actividades del estudio; finalmente, once aceptaron participar.



Identificación de los servicios ecosistémicos

La identificación de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos se realizó mediante un taller participativo con los expertos. Para esta actividad, se utilizó la clasificación propuesta por la evaluación de los ecosistemas del milenio (EM, 2005) y se identificaron 13 servicios ecosistémicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos identificados en la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

	Servicio ecosistémico	Descripción
Aprovisionamiento	Producción de alimentos	Producción de granos, vegetales, frutas y productos de la ganadería
	Almacenamiento y retención de agua	Retención de agua de lluvia en el acuífero 08 Cuauhtémoc, tajos, represas, pozos, bordos de contención y agua para consumo humano
	Producción de materias primas	Producción de forrajes
Regulación	Regulación del clima	Laguna de Bustillos como regulador de temperatura
	Regulación de flujos de agua	Recarga superficial y subterránea de agua
	Control de erosión	Retención de suelos mediante vegetación
	Regulación biológica	Apicultura, aves migratorias y control biológico de plagas
Culturales	Actividades recreativas	Turismo de aventura, ciclismo, observación de aves migratorias y miradores
	Valor educativo	Participación de diversas instituciones de educación e investigación, inspiración e innovación provenientes de los paisajes
	Patrimonio e identidad cultural	Cuauhtémoc alberga mestizos, menonitas y tarahumaras



Apoyo	Hábitat y lugar de cría	Hábitat de aves residentes y migratorias
	Ciclado de nutrientes	Almacenamiento, reciclado, procesamiento y adquisición de nutrientes
	Productividad primaria	Producción de oxígeno por plantas y fitoplancton

Para la valoración económica, Chiabai *et al.* (2011) y Gómez-Aguayo y Estruch-Guitart (2019) mencionan que se deben descartar los servicios de apoyo para evitar una doble contabilidad, ya que se encuentran considerados en los otros tres grupos. En consecuencia, los servicios de apoyo se excluyeron del análisis económico.

Jerarquización

Para la jerarquización de los servicios ecosistémicos mediante el AHP se realizaron comparaciones pareadas de los criterios (servicios ecosistémicos). La información se obtuvo a partir de un cuestionario aplicado a los expertos en enero y febrero de 2025. El cuestionario incluía información explicativa sobre cada servicio ecosistémico, un ejemplo guía para la asignación de valores y el formato correspondiente para expresar cuantitativamente la importancia relativa entre pares de servicios. Para este propósito, se utilizó la escala fundamental de comparaciones por pares (Saaty, 1990), la cual asigna valores del 1 al 9 para expresar la intensidad de preferencia entre dos elementos: 1 = importancia igualitaria, 3 = preferencia leve, 5 = preferencia moderada, 7 = preferencia fuerte, 9 = preferencia muy fuerte.

A partir de las matrices de comparación se obtuvieron las ponderaciones relativas de cada servicio ecosistémico, denominadas valores propios. Asimismo, se evaluó la consistencia de las matrices para verificar la coherencia de los juicios emitidos, aceptándose un nivel de inconsistencia de 5 % (ratio de consistencia [RC]) para matrices con $n = 3$ criterios (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019; Barrial-Lujan *et al.*, 2022).



Valoración monetaria mediante actualización de la renta

Para aplicar el método de actualización de la renta, se identificaron los servicios que tuvieran un valor de mercado, los cuales correspondieron a servicios de aprovisionamiento: a) productos agrícolas, b) productos de la ganadería y c) consumo de agua potable.

El valor de los productos agrícolas se estimó a partir del margen bruto por cultivo. Para ello, se calculó el ingreso bruto por hectárea como el cociente entre el valor de la producción y la superficie cosechada de cada cultivo en el municipio de Cuauhtémoc en 2023. Los datos se obtuvieron del portal del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023a). A dichos ingresos se les restó el costo de producción por cultivo, obtenido de la plataforma Agrocostos interactivos de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2025). Finalmente, el margen bruto por hectárea se multiplicó por la superficie cosechada, lo que resultó en el valor agregado de los productos agrícolas.

Para las actividades ganaderas, se consideró únicamente el valor del ganado bovino en pie y carne, ya que es el más importante en la región de estudio. El costo variable total se obtuvo al multiplicar el valor de la producción (SIAP, 2023b) por el porcentaje de los costos variables (64.5 % de acuerdo con Callejas-Juárez et al. [2014]). El margen bruto se calculó como la resta del valor total de la producción menos el costo variable total.

El valor del agua potable se determinó a partir del consumo anual de agua por los hogares del municipio de Cuauhtémoc en 2023 (CONAGUA, 2012). Se consideró un consumo mensual promedio de 21 m³ por hogar en México, el cual se multiplicó por el número de hogares (56 914) reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020). El consumo anual total se multiplicó por la tarifa de agua potable vigente en 2023, equivalente a 13.20 MXN por m³ (Junta Municipal de Aguas y Saneamiento [JMAS], 2023); el resultado correspondió al valor del agua potable.



Los ingresos derivados de la agricultura, la ganadería y el suministro de agua se sumaron y se actualizaron con la tasa de descuento social de 2.81 %, estimada para México por Aznar y Estruch (2015) y empleada por Muñoz-Márquez (2024).

Cálculo del valor económico total

El valor actualizado de los servicios de aprovisionamiento se utilizó como valor pivote, el cual, junto con las ponderaciones obtenidas en el AHP, permitió estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos que no contaban con un valor de mercado. Finalmente, el VET fue el resultado de la suma de los valores monetarios de todos los servicios ecosistémicos evaluados.

La información obtenida a partir de los cuestionarios del AHP y de la actualización de la renta fue capturada, procesada y analizada en hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Resultados y discusión

La aplicación del AHP permitió establecer el orden de prioridad de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos. Las matrices de comparación pareada obtenidas de los expertos generaron los valores presentados en el Cuadro 2, correspondientes a los vectores propios, una vez verificado su nivel de consistencia ($RC < 5 \%$). Dos de las encuestas superaron el umbral de inconsistencia establecido, por lo que se excluyeron del análisis. El vector propio agregado fue normalizado y se utilizó para estimar el valor de los servicios ecosistémicos que no tienen un precio de mercado.



Cuadro 2. Vectores propios y ratio de consistencia (RC) de los servicios ecosistémicos por cada experto.

Experto	Servicios ecosistémicos			RC (< 5 %)
	Aprovisionamiento	Regulación	Culturales	
E1	0.672	0.265	0.063	3.9
E2	0.17	0.774	0.056	2.4
E3	0.178	0.751	0.07	4.5
E4	0.265	0.672	0.063	3.9
E5	0.178	0.751	0.07	4.5
E6	0.353	0.586	0.061	4.2
E7	0.405	0.481	0.114	3.1
E8	0.258	0.637	0.105	4.8
E9	0.672	0.265	0.063	3.9
Vector propio normalizado	0.35	0.576	0.074	

De acuerdo con Aznar y Guijarro (2012), las ponderaciones obtenidas mediante el AHP reflejan la contribución relativa de cada servicio ecosistémico sobre la explicación del valor monetario total. En este sentido, los resultados muestran que los servicios de regulación —como el control de la erosión, la regulación del clima, los flujos de agua y la regulación biológica— fueron los más importantes para los expertos, al representar el 54.1 % del valor monetario total estimado para la cuenca Laguna de Bustillos, seguidos de los servicios de aprovisionamiento (38.3 %) y los culturales (7.6 %).

La elevada ponderación asignada a los servicios de regulación es consistente con lo reportado por Gómez-Aguayo y Estruch-Guitart (2019), quienes mencionan que la priorización realizada por expertos está influenciada por su actividad profesional. En el presente estudio, la participación predominante de académicos, investigadores y servidores públicos vinculados a la gestión ambiental probablemente favoreció la valoración de los servicios de regulación.



El valor monetario agregado de los servicios de aprovisionamiento se presenta en el Cuadro 3. En el componente agrícola, se identificaron 19 cultivos, dentro de los cuales destacaron el manzano y el maíz grano, con 50.4 y 42 % del valor de la producción agrícola de la cuenca, respectivamente (SIAP, 2023a). Otros cultivos relevantes fueron frijol, cebada, avena, alfalfa, sorgo, trigo, pastos y praderas, así como frutales (durazno, uva y nuez pecana) y hortalizas (tomate rojo, elote y cebolla). En cuanto a la actividad ganadera, se estimó un beneficio económico de 865.76 millones de pesos (MXN), mientras que el valor monetario asociado al suministro de agua potable para consumo humano fue de 189.31 millones de pesos (MXN).

Cuadro 3. Valor monetario de los servicios de aprovisionamiento con valor de mercado de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Servicio	Valor monetario (millones de pesos [MXN])
Actividad agrícola	2 226.67
Actividad ganadera	865.76
Consumo de agua potable	189.32
Valor monetario total	3 991.67
Valor monetario actualizado	164 087.44

Una vez estimado el valor pivote de los servicios con precio de mercado, se obtuvo el valor monetario de los servicios de regulación y culturales (Cuadro 4). El VET de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos se estimó en 468 554.76 millones de pesos anuales (MXN). Este resultado permite dimensionar la importancia económica de este ecosistema para la población del municipio de Cuauhtémoc.

Cuadro 4. Valor económico por componente de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Componente	Priorización de los servicios ecosistémicos (%)	Valor económico por componentes (millones de pesos [MXN])
------------	---	---



Aprovisionamiento	35.02	164 087.44
Regulación	57.59	269 838.89
Culturales	7.39	34 628.43
Valor económico total	100	468 554.77

El VET obtenido en los servicios de regulación se debe, en gran medida, a la importancia del sistema hídrico para el abastecimiento de la cuenca. Mengist et al. (2020) señalan que los servicios ecosistémicos de regulación son fundamentales para mitigar los efectos adversos del cambio climático y sostener las condiciones que hacen posible la vida humana, al influir en procesos como la purificación del agua, el control de la erosión, la regulación del clima, la protección contra inundaciones, la polinización, y el control de plagas y enfermedades. Además, estos servicios desempeñan un papel clave en la generación de otros servicios ecosistémicos.

Los servicios de regulación están asociados a las funciones de los ecosistemas, por lo que se obtienen directamente, sin pasar por procesos de transformación ni por intermediación de mercados. Balasubramanian (2019) menciona que las regulaciones climáticas e hídricas son las que más contribuyen al VET de los servicios de regulación; sin embargo, su valoración económica resulta compleja debido a los cambios en los procesos físicos, ecológicos y bioquímicos provocados por el cambio climático y la intervención humana. En este contexto, el uso de enfoques multicriterio como el AMUVAM resulta pertinente, al integrar beneficios tangibles e intangibles en la estimación del valor económico (Barrial-Lujan et al., 2023).

En relación con los servicios de aprovisionamiento, la producción de alimentos constituye un componente central del VET, ya que el municipio de Cuauhtémoc se caracteriza por ser uno de los principales productores nacionales de manzana y maíz grano amarillo. En 2023, Cuauhtémoc produjo 225 944 t de manzana y 443 384 t de maíz, lo que representó el 27.7 y 13.8 % de la producción nacional, respectivamente (SIAP, 2023a). Velázquez-Olivas et al. (2024) reportaron una expansión sostenida de la superficie agrícola en la cuenca Laguna de Bustillos durante los últimos 50 años (de 142 mil ha en 1973 a 176 mil ha en 2023). No obstante, durante el mismo periodo, se observó una disminución de 80 % de los bosques de pino y una pérdida de 642 ha de cuerpos de agua.



La presión sobre el recurso hídrico constituye uno de los principales retos para la sostenibilidad de la cuenca. Al tratarse de un sistema endorreico, la recarga del acuífero depende exclusivamente de la precipitación y de los retornos de riego. Adicionalmente, la agricultura demanda el 92.7 % del agua subterránea, lo cual genera un déficit estimado de $149 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ (Alatorre et al., 2019). Esta situación subraya la necesidad de implementar medidas de eficiencia hídrica en el sector agrícola y promover estrategias de desarrollo sustentable que permitan mantener la vocación productiva de la región (Alatorre et al., 2019; Velázquez-Olivas et al., 2024).

Los servicios ecosistémicos culturales de la cuenca incluyen actividades de avistamiento de aves migratorias, ecoturismo y recreación, así como la generación de conocimiento y capital humano asociada a la presencia de universidades y centros de investigación. Estos beneficios intangibles están estrechamente vinculados a la riqueza sociocultural del territorio, caracterizado por la presencia de comunidades menonitas, mestizas y rarámuris, por lo que el municipio ha adquirido el nombre de “Cuauhtémoc, la ciudad de las Tres Culturas” (Pedroza-García, 2018).

La interacción entre estas comunidades configura una dinámica social, cultural y económica particular que influye en el uso y la valoración del territorio. Mientras la comunidad menonita ha consolidado una identidad basada en la familia, la pertenencia territorial y las prácticas culturales específicas (la lengua, el fenotipo, el matrimonio endogámico y la religiosidad) (Pedroza-García, 2020), los grupos rarámuris migrantes de la Sierra Tarahumara a Cuauhtémoc se han integrado progresivamente al entorno urbano en búsqueda de mejores condiciones de vida (Allouette, 2019). De acuerdo con Oseguera-Montiel y Schiebeck (2022), esta diversidad contribuye a la forma en que se organizan las actividades productivas y se perciben los beneficios derivados del ecosistema.

Finalmente, la aplicación del método AMUVAM permitió identificar la importancia de las funciones de los ecosistemas y estimar su contribución económica, especialmente en contextos donde no existen datos o estudios de valoración ambiental (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019). Si bien una limitación del estudio fue el número de expertos participantes, los resultados obtenidos representan una primera aproximación del valor económico de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos y constituyen un parámetro importante para la planificación territorial y el diseño de políticas públicas orientadas a la conservación y al manejo sostenible de los recursos naturales.



Conclusiones

En la cuenca Laguna de Bustillos se identificaron 13 servicios ecosistémicos, de los cuales destacaron los servicios de regulación, seguidos de los de aprovisionamiento y culturales. La estimación del valor económico total integró beneficios tangibles e intangibles del ecosistema, donde los servicios de regulación representaron el 54.1 %, los de aprovisionamiento el 38.3 % y los culturales el 7.6 %

Los resultados indican que la sostenibilidad de la vocación agrícola de la cuenca depende, en gran medida, de la conservación de los servicios ecosistémicos asociados a la regulación de los flujos de agua y al control de la erosión del suelo. En este sentido, la valoración económica obtenida constituye un insumo relevante para la toma de decisiones, la planificación territorial y el diseño de políticas públicas orientadas al manejo y conservación de los recursos naturales.

Referencias

- Acosta-Faneite, S. F. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82-95. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.084>
- Alatorre, L. C., García, A. K., Rodríguez, A. J., Erives, V., & González, E. (2014). Estimación de la erosión potencial en la cuenca de la Laguna Bustillos, Chihuahua, México. In: J. Arnaez, P. González-Sampériz, T. Lasanta, & B. L. Valero-Garcés (Eds.), *Geoecología, cambio ambiental y paisaje: homenaje al profesor José María García Ruiz* (pp. 249-258). Instituto Pirenaico de Ecología.
- Alatorre, L. C., Granados, A., Bravo, L. C., Torres, M. E., Wiebe, L. C., Uc, M. I., González, M. O., Sánchez, E., Rojas, H. L., & Salas, V. (2019). Agricultural furrow irrigation inefficiency in the basin of Bustillos Lagoon, Chihuahua, Mexico: geometric characteristics of agricultural plots and aquifer depletion. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(5), 241-281. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-05-10>



- Allouette, M. P. (2019). Los indios rarámuris (tarahumaras de México) y las libertades. *Debates por la Historia*, 7(1), 159-196. <https://www.redalyc.org/journal/6557/655768421007/655768421007.pdf>
- Amado-Álvarez, J. P., Pérez-Cutillas, P., Ramírez-Valle, O., & Alarcón-Cabañero, J. J. (2016). Análisis de la calidad del agua en las lagunas Bustillos y de los mexicanos (Chihuahua, México). *Papeles de Geografía*, 62, 107-118. <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2016/255811>
- Aznar, B. J., & Estruch, G. A. (2015). *Valoración de activos ambientales. Teoría y casos*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Aznar, B. J., & Guijarro, M. F. (2012). *Nuevos métodos de valoración*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Balasubramanian, M. (2019). Economic value of regulating ecosystem services: a comprehensive at the global level review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7758-8>
- Barrial-Lujan, A. I., Delgado-Laime, M. C., Huamán-Carrión, M. L., Tapia-Tadeo, F., Ponce-Atencio, Y., & Rodrigo-Cabezas, Y. (2022). Amuvam model for the economic valuation of environmental assets of the Pacucha lagoon ecosystem. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 762-774. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2925>
- Barrial-Lujan, A. I., Rodríguez, G., Huamán-Carrión, M. L., Espinoza-Montes, F., Barrial-Acosta, D., Delgado, M. C., & Reynoso-Canicani, D. D. (2023). Economic valuation of the ecosystem of the high Andean hydrographic basin tributary of the Chumbao River, through multicriteria analysis. *Brazilian Journal of Biology*, 83, 1-11. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277697>
- Callejas-Juárez, N., Aranda-Gutiérrez, H., Rebollar-Rebollar, S., & de la Fuente-Martínez, M. L. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 133-139. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43730495013>



- Chiabai, A., Travisi, C. M., Markandya, A., Ding, H., & Nunes, P. A. (2011). Economic assessment of forest ecosystem services losses: cost of policy inaction. *Environmental and Resource Economics*, 50(3), 405-445. <https://doi.org/10.1007/s10640-011-9478-6>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012). *Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México*. CONAGUA. <https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/24861/mir/48251/anexo/6310573>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). *Actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuauhtémoc (0805), estado de Chihuahua*. CONAGUA. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/chihuahua/DR_0805.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2025). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)*. CONABIO. <https://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>
- Constanza, R., & Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6(1), 37-46. <https://www.jstor.org/stable/2385849>
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- de la Rosa-Velázquez, M. I., & Ruíz-Luna, A. (2020). Valoración social de los servicios ecosistémicos de humedales costeros: estado actual y perspectivas. *Acta Biológica Colombiana*, 25(3), 403-413. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n3.80387>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2025). *Agrocostos*. FIRA. <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp>
- Gómez-Aguayo, A. M., & Estruch-Guitart, V. (2019). Economic valuation of marine ecosystem services: A case study of La Safor, Gulf of Valencia, Spain. *Ecosistemas*, 28(2), 100-108. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1644>
- Gómez-Baggethun, E., & de Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, 16(3), 4-14. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54016302.pdf>



- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Panorama sociodemográfico de México*. 2020. INEGI.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197810.pdf
- Junta Municipal de Aguas y Saneamiento (JMAS). (2023). *Tarifa para el cobro del servicio público para el año 2023 de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cuauhtémoc*. JMAS. <https://chihuahua.gob.mx/sites/default/attach2/periodico-oficial/anexos/2022-12/ANEXO%20104-2022%20TA%20CUAUHTÉMOC%20EF%202023.pdf>
- Leal-Ponce, M., Salas-Aguilar, V. M., Rojas-Villalobos, H., Torres-Olave, M. E., Alatorre-Cejudo, L., & Bravo-Mena, L. (2019). Análisis espacial de la concentración de nutrientes en la red fluvial de la cuenca Laguna de Bustillos, Chihuahua. *Elementos para Políticas Públicas*, 3(2), 71-82. <https://www.elementospolibub.org/ojs/index.php/epp/article/view/1>
- Martín-Pardo, J. M., & Estruch-Guitart, V. (2018). Estimación del valor de los servicios ecosistémicos mediante método cuantitativo: el caso del Parque de las Hoces del Caribe (Valencia). *Oleana*, 33, 361-384.
https://www.requena.es/sites/www.requena.es/files/Departamentos/cultura/publicaciones/oleana/Oleana33/33_14serviciosecosistemicospncabriel_jmmartinavestruch.pdf
- Mengist, W., Soromessa, T., & Feyisa, G. L. (2020). A global view of regulatory ecosystem services: Existing knowledge, trends, and research gaps. *Ecological Processes*, 9(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00241-w>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM). (2005). *Panorama general de los informes*. MA. <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- Muñoz-Márquez, T. R. (2024). Economic valuation of a gallery landscape of ahuehuetes in Ciudad Mendoza, Veracruz, using the AMUVAM method. *Agro Productividad*, 17(1), 77-85. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i10.2579>
- Oseguera-Montiel, A., & Schiebeck, R. (2022). Parentesco, movilidad y marginalidad rarámuri en Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 17, 1-31. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2022.v17.589>



- Pedroza-García, R. A. (2018). Cuauhtémoc, Chihuahua: ¿la ciudad de las tres culturas? Ejemplo de una comunidad imaginada en el norte de México. *Nueva Antropología*, 31(89), 24-42. https://nuevantropologia.org.mx/index.php/revista/article/view/Chihuahua_AbigailPedroza_vol_31_num_89_2018
- Pedroza-García, R. A. (2020). Los mismos pero diferentes: menonitas en Chihuahua. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(2), 255-279. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.2.58144>
- Rugani, B., Osset, P., Blanc, O., & Benetto, E. (2023). Environmental footprint neutrality using methods and tools for natural capital accounting in life cycle assessment. *Land*, 12(6), 1-30. <https://doi.org/10.3390/land12061171>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023a). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. SIAP. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023b). *Producción ganadera: cierre de la producción pecuaria (1980-2024)*. SIAP. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Velázquez-Olivas, I. A., Valenzuela-Holguín, S., & Pérez-Guzmán, G. M. (2024). Análisis del cambio de uso de suelo y vegetación del municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua ante posible sequía de la cuenca de la Laguna Bustillos. In: J. F. Sarmiento Franco (Ed.), *Sostenibilidad y desarrollo regional de cara a los desafíos socioambientales* (509-526). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. <https://ru.iiec.unam.mx/6449/1/29-106-Velázquez-Valenzuela-Pérez.pdf>