



Economic valuation of the environmental assets of the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua

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

Mercedes Borja-Bravo^{1*}; José Alberto García-Salazar²; Blanca Isabel Sánchez-Toledano³; Omar Cástor Ponce-García⁴; Florencia Alejandro-Allende⁵

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

Abstract

The objective of this study was to estimate the economic value of ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin, located in the municipality of Cuauhtémoc, Chihuahua, using the Analytic Multicriteria Valuation Method (AMUVAM). The methodology was structured in two stages: 1) weighing of ecosystem services using the analytic hierarchy process, and 2) estimation of their monetary value using the income present value method, taking as a reference the economic contribution of those services with market value. Thirteen ecosystem services were identified, with regulating services being the most important (primarily climate, water, and biological regulation, and soil erosion control), followed by provisioning and cultural services. Supporting services were considered within these categories. The total estimated economic value of the basin's ecosystem services was 468 554.77 million pesos (MXN). The results obtained are key to the design and implementation of integrated management, conservation and restoration strategies for natural resources, as well as to the formulation of public policies that promote the participation of the various social actors involved in the management of the basin.

Keywords: monetary value, ecosystem services, Analytic Multicriteria Valuation Method, analytical hierarchical process.

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.

Please cite this article as follows (APA 7): Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A., Sánchez-Toledano, B. I., Ponce-García, O. C., & Alejandro-Allende, F. (2026). Economic valuation of the environmental assets of the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 25, e2507. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2025.08.07>



Revista Chapingo
Serie Zonas Áridas

Introduction

Ecosystems provide the materials and energy necessary for productive activities and, at the same time, receive the waste generated by these activities (from production to consumption) (Gómez-Baggethun & de Groot, 2007). However, society assigns a low value to environmental assets, as not all of them are captured by market mechanisms (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019; Martín-Pardo & Estruch-Guitart, 2018). Therefore, estimating their economic value is a key element in incentivizing their protection and improving the efficiency of public intervention aimed at their conservation and sustainable management (Aznar & Estruch, 2015).

The analysis of ecosystems from an economic-ecological perspective has gained relevance, primarily due to the concept of natural capital, understood as the stocks that generate a flow of goods and services, or natural rent, over time (Constanza & Daly, 1992). This capital, comprised of renewable and non-renewable resources, is essential for sustaining life on Earth (Rugani et al., 2023). Consequently, natural capital is the basis of ecosystem functions, defined as the capacity of ecological processes and natural components to produce goods and services that directly or indirectly satisfy human needs (de Groot et al., 2002). These functions materialize in ecosystem services, to which an ecological, economic, and social value is assigned (de la Rosa-Velázquez & Ruíz-Luna, 2020).

The economic valuation of ecosystem services is particularly complex when they lack a market price. To address this limitation, various indirect methods have been developed, such as stated preference approaches, contingent valuation, hedonic pricing, and travel costs. Aznar and Estruch (2015) proposed the Analytic Multicriteria Valuation Method (AMUVAM), which integrates the analytic hierarchical process (AHP) and the income updating method.

The AMUVAM incorporates ecological, economic, and social criteria, as well as expert participation, to weigh the components of total economic value (TEV) and obtain a monetary value that represents them (Muñoz-Márquez, 2024). Its main advantages include its methodological potential for integrating qualitative and quantitative information, its relative accessibility, and its adaptability to different economic and territorial environments. Furthermore, this approach allows addressing the inherent difficulty in valuing intangible environmental attributes, by relying on expert judgments and the simultaneous consideration of multiple ecosystem services (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019).

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 eficientar 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

The application of the AMUVAM has been documented in various contexts, including marine ecosystems (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019), natural parks (Martín-Pardo & Estruch-Guitart, 2018), lagoon ecosystems (Barrial-Lujan et al., 2022) and landscapes (Muñoz-Márquez, 2024), in which the TEV has been determined and has served as a reference for planning and managing natural resources.

The Laguna de Bustillos basin, located in the municipality of Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico, corresponds to an endorheic system of irregular morphology, whose main source of water recharge is rainfall (Alatorre et al., 2014). In 2023, land use was dominated by agricultural activities (54.45 %), followed by oak forest (25.54 %), grasslands (8.23 %), pine forest (6.46 %), urban areas (4.94 %), and water bodies (3.37 %) (Velázquez-Olivas et al., 2024). This basin has been recognized as an Important Bird Area (IBA) by the *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* (CONABIO, 2025), as it annually hosts approximately 266 000 migratory birds belonging to 39 species.

Despite the diversity of ecosystem services provided by the Laguna de Bustillos basin, these are threatened by urban growth, industrialization, the intensification of agricultural activities and climate change (Amado-Álvarez et al., 2016). In this context, it is essential to generate information to support the design of integrated management strategies and the planning of public policies aimed at the conservation and sustainable use of natural resources. Consequently, the objective of this study was to estimate the economic value of ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin using the AMUVAM.

Materials and methods

Study area

The Laguna de Bustillos basin is located in the central part of the state of Chihuahua, in the municipality of Cuauhtémoc, between the parallels 28° 16' 14.32" and 29° 1' 9.18" of N latitude and the meridians 106° 31' 59.99" and 107° 9' 9.36" W longitude (Figure 1) (Velázquez-Olivas et al., 2024). The basin has an approximate average elevation of 2 000 m a. s. l., and it is surrounded by elevations that reach, on average, 2 400 m a. s. l., with maximum peaks of up to 2 887 m a. s. l. (Alatorre et al., 2014). The climate of the region is semi-arid temperate with summer rains, with an average annual precipitation of 415.7 mm, an average minimum temperature of 14.6 °C and a maximum of 38 °C (Comisión Nacional de Agua [CONAGUA], 2024; Leal-Ponce et al., 2019).

de atributos ambientales intangibles, al apoyarse en juicios de 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° 16' 14.32" y 29° 1' 9.18" de latitud N y los meridianos 106° 31' 59.99" y 107° 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.

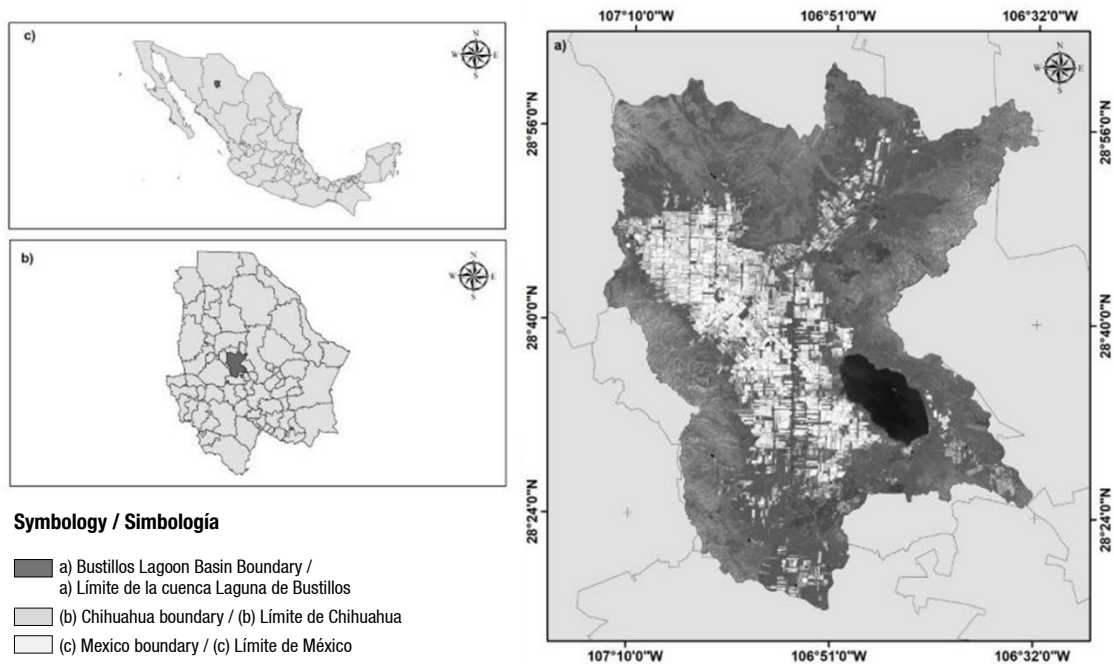


Figure 1. Location of the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. Source: author's own elaboration.

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

Methodological design

The study was developed under a mixed approach, integrating qualitative and quantitative research techniques (Acosta-Faneite, 2023). For the economic valuation of ecosystem services, the AMUVAM was used, which was structured in two phases: 1) application of the AHP for the prioritization and weighting of the components of the TEV through consultation with experts, and 2) income updating applied to ecosystem services with direct use value and market price, based on the estimation of the rent values associated with the environmental asset (Muñoz-Márquez, 2024).

Selection of experts

Eleven experts participated in the study, consisting of five academics and researchers specialized in environment, natural resources, and agronomy; four public servants from state and federal agencies, and two professional technicians from non-governmental organizations.

Participant selection was based on their willingness to undertake the various research activities. Initially, a group of 25 potential participants residing in the study area, with knowledge and experience in environmental and natural resource issues, were identified and invited to an informational workshop. Of this group, 18 experts attended, and the objectives, scope, and activities of the study were explained to them; ultimately, 11 agreed to participate.

(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).

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

Identification of ecosystem services

The identification of ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin was carried out through a participatory workshop with experts. For this activity, the classification proposed by the Millennium Ecosystem Assessment (EM, 2005) was used, and 13 ecosystem services were identified (Table 1).

For the economic valuation, Chiabai et al. (2011) and Gómez-Aguayo and Estruch-Guitart (2019) mention that support services should be excluded to avoid double-counting, since they are already included in the other three groups. Consequently, support services were excluded from the economic analysis.

Hierarchy

To rank ecosystem services using AHP, pairwise comparisons of the criteria (ecosystem services) were

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).

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

Table 1. Ecosystem services identified in the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

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

	Ecosystem service / Servicio ecosistémico	Description / Descripción
Provisioning/ Aprovisionamiento	Food production / Producción de alimentos	Production of grains, vegetables, fruits, and livestock products / Producción de granos, vegetales, frutas y productos de la ganadería
	Water storage and retention / Almacenamiento y retención de agua	Rainwater retention in the Cuauhtémoc 08 aquifer, cuts, dams, wells, containment embankments, and water for human consumption / Retención de agua de lluvia en el acuífero 08 Cuauhtémoc, tajos, represas, pozos, bordos de contención y agua para consumo humano
	Production of raw materials / Producción de materias primas	Forage production / Producción de forrajes
Regulation/ Regulación	Climate regulation / Regulación del clima	Bustillos Lagoon as a temperature regulator / Laguna de Bustillos como regulador de temperatura
	Regulation of water flows / Regulación de flujos de agua	Surface and groundwater recharge / Recarga superficial y subterránea de agua
	Erosion control / Control de erosión	Soil retention through vegetation / Retención de suelos mediante vegetación
Cultural/ Culturales	Biological regulation / Regulación biológica	Beekeeping, migratory birds, and biological pest control / Apicultura, aves migratorias y control biológico de plagas
	Recreational activities / Actividades recreativas	Adventure tourism, cycling, migratory bird watching, and viewpoints / Turismo de aventura, ciclismo, observación de aves migratorias y miradores
	Educational value / Valor educativo	Participation of various educational and research institutions, inspiration, and innovation stemming from the landscapes / Participación de diversas instituciones de educación e investigación, inspiración e innovación provenientes de los paisajes
Support / Apoyo	Heritage and cultural identity / Patrimonio e identidad cultural	Cuauhtémoc is home to mestizos, Mennonites, and Tarahumaras / Cuauhtémoc alberga mestizos, menonitas y tarahumaras
	Habitat and breeding site / Hábitat y lugar de cría	Habitat of resident and migratory birds / Hábitat de aves residentes y migratorias
	Nutrient cycling / Ciclado de nutrientes	Storage, recycling, processing, and acquisition of nutrients / Almacenamiento, reciclado, procesamiento y adquisición de nutrientes
	Primary productivity / Productividad primaria	Oxygen production by plants and phytoplankton / Producción de oxígeno por plantas y fitoplancton

performed. The information was obtained from a questionnaire administered to experts in January and February 2025. The questionnaire included explanatory information about each ecosystem service, a sample guide for assigning values, and the corresponding format for quantitatively expressing the relative importance between pairs of services. For this purpose, the fundamental pairwise comparison scale (Saaty, 1990) was used, which assigns values from 1 to 9 to express the intensity of preference between two items: 1 = equal importance, 3 = slight preference, 5 = moderate preference, 7 = strong preference, 9 = very strong preference.

From the comparison matrices, the relative weightings for each ecosystem service were obtained. The consistency of the matrices was also evaluated to verify the coherence of the judgments made, accepting a level of inconsistency of 5 % (consistency ratio [CR]) for matrices with $n = 3$ criteria (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019; Barrial-Lujan et al., 2022).

Monetary valuation through income updating

To apply the income updating method, the services that had a market value were identified, which corresponded to provisioning services: a) agricultural products, b) livestock products and c) drinking water consumption.

The value of agricultural products was estimated based on the gross margin per crop. To do this, the gross income per hectare was calculated as the ratio between the value of production and the harvested area of each crop in the municipality of Cuauhtémoc in 2023. The data were obtained from the portal of the *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera* (SIAP, 2023a). The production cost per crop, obtained from the interactive *Agrocostos* platform of the *Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura* (FIRA, 2025), was subtracted from these revenues. Finally, the gross margin per hectare was multiplied by the harvested area, resulting in the added value of the agricultural products.

For livestock activities, only the value of live cattle and beef cattle was considered, as this is the most important commodity in the study region. The total variable cost was obtained by multiplying the value of production (SIAP, 2023b) by the percentage of variable costs (64.5 % according to Callejas-Juárez et al. [2014]). The gross margin was calculated as the total value of production minus the total variable cost.

The value of drinking water was determined based on the annual water consumption of households in the municipality of Cuauhtémoc in 2023 (CONAGUA, 2012). An average monthly consumption of 21 m³ per household in Mexico was considered, which was

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

multiplied by the number of households (56914) reported by the *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* (INEGI, 2020). The total annual consumption was multiplied by the drinking water tariff in force in 2023, equivalent to 13.20 MXN per m³ (Junta Municipal de Aguas y Saneamiento [JMAS], 2023); the result corresponded to the value of potable water.

Income from agriculture, livestock, and water supply was added together and updated with the social discount rate of 2.81 %, estimated for Mexico by Aznar and Estruch (2015) and used by Muñoz-Márquez (2024).

Calculation of the total economic value

The updated value of provisioning services was used as a pivotal value, which, together with the weights obtained in the AHP, allowed for the estimation of the monetary value of ecosystem services that did not have a market value. Finally, the TEV was the sum of the monetary values of all the ecosystem services evaluated.

The information obtained from the AHP questionnaires and the income update was captured, processed, and analyzed in Microsoft Excel spreadsheets.

Results and discussion

The application of AHP allowed for the establishment of a priority order for ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin. Pairwise comparison matrices obtained from experts generated the values presented in Table 2, corresponding to the eigenvectors, after verifying their consistency level ($CR < 5\%$). Two of the surveys exceeded the established inconsistency threshold and were therefore excluded from the analysis. The aggregated eigenvector was normalized and used to estimate the value of ecosystem services that do not have a market price.

According to Aznar and Guijarro (2012), the weights obtained using AHP reflect the relative contribution of each ecosystem service to explaining the total monetary value. In this sense, the results show that regulating services – such as erosion control, climate regulation, water flows, and biological regulation – were the most important for the experts, representing 54.1 % of the total monetary value estimated for the Laguna de Bustillos basin, followed by provisioning services (38.3 %) and cultural services (7.6 %).

The high weighting assigned to regulatory services is consistent with the findings of Gómez-Aguayo and Estruch-Guitart (2019), who note that expert prioritization is influenced by their professional activity. In the present study, the predominant participation of academics, researchers, and public

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 (56914) 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.

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

Table 2. Own vectors and consistency ratio (CR) of ecosystem services by each expert.**Cuadro 2. Vectores propios y ratio de consistencia (RC) de los servicios ecosistémicos por cada experto.**

Expert/ Experto	Ecosystem services/ Servicios ecosistémicos			CR (< 5 %)/ RC (< 5 %)
	Provisioning/ Aprovisionamiento	Regulation/ Regulación	Cultural/ 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
Normalized eigenvector/ Vector propio normalizado	0.35	0.576	0.074	

servants involved in environmental management likely influenced the valuation of regulatory services.

The added monetary value of provisioning services is presented in Table 3. In the agricultural component, 19 crops were identified, among which apple and corn grain stood out, with 50.4 and 42 % of the value of the agricultural production of the basin, respectively (SIAP, 2023a). Other important crops included beans, barley, oats, alfalfa, sorghum, wheat, pastures and meadows, as well as fruit trees (peach, grapes, and pecans) and vegetables (tomatoes, corn, and onions). Livestock farming was estimated to generate an economic benefit of 865.76 million pesos (MXN), while the monetary value associated with the provisioning of potable water for human consumption was 189.31 million pesos (MXN).

Once the pivotal value of services with market prices was estimated, the monetary value of regulatory and cultural services was obtained (Table 4). The total economic value (TEV) of ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin was estimated at 468 554.76 million pesos annually (MXN). This result allows us to understand the economic importance of this ecosystem for the population of the municipality of Cuauhtémoc.

The total value of ecosystem services (TEV) obtained from regulating services is largely due to the importance of the water system for provisioning the basin. Mengist et al. (2020) point out that regulating ecosystem services are fundamental for mitigating the adverse effects of climate change and sustaining the conditions that make human life possible, by influencing processes such as water purification, erosion control, climate regulation, flood protection, pollination, and pest and disease control.

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).

Una vez estimado el valor pivote de los servicios con precio de mercado, se obtuvo el valor monetario de

Table 3. Monetary value of provisioning services with market value in the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.**Cuadro 3. Valor monetario de los servicios de aprovisionamiento con valor de mercado de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.**

Service/ Servicio	Monetary value (millions of pesos [MXN])/ Valor monetario (millones de pesos [MXN])
Agricultural activity/Actividad agrícola	2226.67
Livestock farming/Actividad ganadera	865.76
Drinking water consumption/Consumo de agua potable	189.32
Total monetary value/Valor monetario total	3991.67
Updated monetary value/Valor monetario actualizado	164087.44

Table 4. Economic value by component of ecosystem services of the Laguna de Bustillos basin, Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.**Cuadro 4. Valor económico por componente de los servicios ecosistémicos de la cuenca Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.**

Component/ Componente	Prioritization of ecosystem services (%) / Priorización de los servicios ecosistémicos (%)	Economic value per component (millions of pesos [MXN]) / Valor económico por componentes (millones de pesos [MXN])
Provisioning/Aprovisionamiento	35.02	164087.44
Regulation/Regulación	57.59	269838.89
Cultural/Culturales	7.39	34628.43
Total economic value/ Valor económico total	100	468554.77

Furthermore, these services play a key role in generating other ecosystem services.

Regulating services are associated with ecosystem functions, and are therefore obtained directly, without undergoing transformation processes or market intermediation. Balasubramanian (2019) mentions that climate and water regulation contribute the most to the TEV of regulating services; however, their economic valuation is complex due to changes in physical, ecological, and biochemical processes caused by climate change and human intervention. In this context, the use of multi-criteria approaches such as AMUVAM is relevant, as it integrates tangible and intangible benefits in the estimation of economic value (Barrial-Lujan et al., 2023).

Regarding provisioning services, food production is a central component of the TEV, as the municipality of Cuauhtémoc is characterized as one of the main national producers of apples and yellow corn. In 2023, Cuauhtémoc produced 225 944 t of apples and 443 384 t of corn, representing 27.7 and 13.8 % of national production, respectively (SIAP, 2023a). Velázquez-Olivas et al. (2024) reported a sustained expansion of agricultural land in the Laguna de Bustillos basin over the last 50 years (from 142 000 ha in 1973 to 176 000 ha

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.

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

in 2023). However, during the same period, an 80 % decrease in pine forests and a loss of 642 ha of water bodies were observed.

Water resources are one of the main challenges to the sustainability of the basin, since it is an endorheic system; the recharge of the aquifer depends exclusively on precipitation and irrigation return flows. Additionally, agriculture demands 92.7 % of the groundwater, generating an estimated deficit of 149 hm³·year⁻¹ (Alatorre et al., 2019). This situation underscores the need to implement water efficiency measures in the agricultural sector and promote sustainable development strategies that allow the region's productive capacity to be maintained (Alatorre et al., 2019; Velázquez-Olivas et al., 2024).

The cultural ecosystem services of the basin include migratory bird watching, ecotourism and recreation, as well as the generation of knowledge and human capital associated with the presence of universities and research centers. These intangible benefits are closely linked to the sociocultural richness of the territory, characterized by the presence of Mennonite, Mestizo, and Rarámuri communities, which is why the municipality has acquired the name of "Cuauhtémoc, the city of the Three Cultures" (Pedroza-García, 2018).

The interaction between these communities shapes a particular social, cultural, and economic dynamic that influences the use and valuation of the territory. While the Mennonite community has consolidated an identity based on family, territorial belonging, and specific cultural practices (language, phenotype, endogamous marriage, and religiosity) (Pedroza-García, 2020), the Rarámuri migrant groups from the Sierra Tarahumara to Cuauhtémoc have progressively integrated into the urban environment in search of better living conditions (Allouette, 2019). According to Oseguera-Montiel and Schiebeck (2022), this diversity contributes to how productive activities are organized and how the benefits derived from the ecosystem are perceived.

Finally, the application of the AMUVAM method made it possible to identify the importance of ecosystem functions and estimate their economic contribution, especially in contexts where environmental valuation data or studies do not exist (Gómez-Aguayo & Estruch-Guitart, 2019). Although a limitation of the study was the number of participating experts, the results obtained represent a first approximation of the economic value of ecosystem services in the Laguna de Bustillos basin and constitute an important parameter for territorial planning and the design of public policies aimed at the conservation and sustainable management of natural resources.

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.

El recurso hídrico constituye uno de los principales retos para la sostenibilidad de la cuenca, ya que, 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 hm³·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,

Conclusions

Thirteen ecosystem services were identified in the Laguna de Bustillos basin, with regulating services being the most prominent, followed by provisioning and cultural services. The total economic value estimate integrated tangible and intangible ecosystem benefits, with regulating services representing 54.1 %, provisioning services 38.3 %, and cultural services 7.6 %.

The results indicate that the sustainability of the basin's agricultural vocation depends largely on the conservation of ecosystem services associated with regulating water flows and controlling soil erosion. In this regard, the economic valuation obtained constitutes a relevant input for decision-making, land-use planning, and the design of public policies aimed at the management and conservation of natural resources.

Enf of English version

References / 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-Sampérez, 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>

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.

Fin de la versión en español

- 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>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM). (2005). *Panorama general de los informes*. MA. <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- 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/atach2/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.elementospolipub.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/Oleana33/3_14serviciosecosistemicospncabriell_jmmartinavestru.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>
- 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>