



NOTAS TÉCNICAS

N.º 01 | 2025

Contabilidad de servicios ecosistémicos de Costa Rica: Regulación, provisión y culturales

Johnny Aguilar-Madrigal

Luis Rivera

Mauricio Vega-Araya

Este trabajo fue posible gracias al valioso apoyo del Área de Estadísticas Ambientales, particularmente Mónica Rodríguez, Sylvia Arguedas, María José Molina, y Luis Fernando Sánchez. Se agradece al SINAC y al ICT por facilitar los datos e información necesarias para elaborar las cuentas de turismo basado en naturaleza y almacenamiento de carbono. El documento es resultado de un proceso de mejora continua para el desarrollo de las Cuentas Ambientales y de los Ecosistemas. Por tanto, no debe considerarse una versión final ni definitiva. Las sugerencias, retroalimentación e información adicional que puedan contribuir con mejoras de las futuras versiones de estas cuentas, serán apreciadas.

Fotografía de portada: “Presentes”, conjunto escultórico en bronce, año 1983, del artista costarricense Fernando Calvo Sánchez. Colección del Banco Central de Costa Rica.



Contabilidad de servicios ecosistémicos de Costa Rica: Regulación, provisión y culturales

Johnny Aguilar-Madrigal[‡]

Luis Rivera[†]

Mauricio Vega-Araya[§]

Las ideas expresadas en este documento son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

Resumen

Costa Rica produce una amplia variedad de servicios ecosistémicos. Con relación a su contribución con la mitigación del cambio climático, los bosques del país desempeñan un papel vital en el almacenamiento de carbono. Los bosques del país contribuyen no solo con la regulación climática, sino también con la estabilidad económica a largo plazo. El turismo basado en la naturaleza es un motor clave de la economía, especialmente en áreas protegidas que atraen visitantes internacionales. El turismo tiene un efecto multiplicador en la economía local, impulsando otros sectores productivos y contribuyendo con el crecimiento económico sostenible. Los cultivos como la piña y el café desempeñan un papel importante en la economía costarricense al agregar valor y generar empleo. Estos sectores construyen una cadena de valor, desde la producción primaria hasta la exportación de productos procesados, impulsando el crecimiento de la economía.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, contabilidad de ecosistemas, almacenamiento de carbono, turismo basado en naturaleza, valoración económica ambiental, cultivos agrícolas, sistema de contabilidad ambiental y económica (seea ea), políticas públicas sostenibles, cambio climático.

Clasificación JEL: Q01, Q57, Q56

[‡]Departamento de Análisis de Datos Organizacionales, División de Análisis de Datos y Estadísticas, BCCR. aguilarmj@bccr.fi.cr

[†] LEAD University y Academia de Centroamérica. luiscarlos.rivera@ulead.ac.cr

[§] Universidad Nacional de Costa Rica. mauricio.vega.araya@una.cr

Ecosystem Services Accounting in Costa Rica: Regulation, Provision, and Cultural Services

Johnny Aguilar-Madrigal[‡]

Luis Rivera[†]

Mauricio Vega-Araya[§]

The ideas expressed in this paper are those of the authors and not necessarily represent the view of the Central Bank of Costa Rica.

Abstract

Costa Rica produces a wide variety of ecosystem services. In terms of its contribution to climate change mitigation, the country's forests play a vital role in carbon storage. These forests contribute not only to climate regulation but also to long-term economic stability. Nature-based tourism is a key driver of the economy, especially in protected areas that attract international visitors. Tourism has a multiplier effect on the local economy, boosting other productive sectors and contributing to sustainable economic growth. Crops such as pineapple and coffee play an important role in Costa Rica's economy by adding value and generating employment. These sectors build a value chain, from primary production to the export of processed products, driving economic growth.

Key words: Ecosystem Services, Ecosystem Accounting, Carbon Storage, Nature-based Tourism, Environmental Economic Valuation, Agricultural Crops, System of Environmental-Economic Accounting (SEEA EA), Sustainable Public Policies, Climate Change.

JEL codes: Q01, Q26, Q57, Q56

[‡]Departamento de Análisis de Datos Organizacionales, División de Análisis de Datos y Estadísticas, BCCR. aguilarmj@bccr.fi.cr

[†] LEAD University y Academia de Centroamérica. luiscarlos.rivera@ulead.ac.cr

[§] Universidad Nacional de Costa Rica. mauricio.vega.araya@una.cr

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Cuenta de Almacenamiento de Carbono.....	5
2.1 <i>Enfoque Metodológico: Análisis Biofísico</i>	5
2.2 <i>Enfoque metodológico: Valoración económica</i>	9
2.3 <i>Resultados</i>	10
3. Cuenta de Cultivos	16
3.1 <i>Enfoque Metodológico: Análisis biofísico</i>	16
3.2 <i>Enfoque Metodológico: valoración económica</i>	17
3.3 <i>Resultados</i>	19
4. Cuenta de Turismo basado en Naturaleza	23
4.1 <i>Enfoque Metodológico: Análisis biofísico</i>	23
4.2 <i>Enfoque Metodológico: Valoración económica</i>	26
4.3 <i>Resultados</i>	29
5. Conclusión y Recomendaciones	32
6. Referencias.....	35

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Costa Rica: Capacidad de secuestro de CO2 y almacenamiento de carbono por Tipo de Bosque	7
Cuadro 2 Costa Rica: Tipos y Extensión de Bosques (2021 y 2023)	11
Cuadro 3 Costa Rica: Secuestro de Carbono y su Valor económico por Tipo de Bosque (2021 y 2023).....	14
Cuadro 4 Costa Rica: Valor económico de la Piña por Cantón (2019).....	20
Cuadro 5 Costa Rica: Valor económico del Café por Cantón (2018)	22
Cuadro 6 costa Rica: Contribución económica de las ASP por Cantón (2018).....	29

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema de Selección de un Servicio Ecosistémico para su Contabilidad	4
Figura 2 Esquema del SE Almacenamiento de Carbono	7
Figura 3 Esquema del Cálculo del Valor Económico del SE de Almacenamiento de Carbono	10
Figura 4 Costa Rica: Extensión forestal por Tipo de Bosque	12
Figura 5 Costa Rica: Intensidad del Secuestro de Carbono por Tipo de Bosque (toneladas de C por hectárea)	13
Figura 6 Costa Rica: Valor promedio del Carbono por ha (2021-2023)	15
Figura 7 Esquema de Estimación de las Cuentas de Servicios de Provisión de Cultivos	16
Figura 7 Costa Rica: Valor agregado de la Piña (2019)	19
Figura 8 Costa Rica: Valor agregado del Café (2018)	21
Figura 10 Esquema de ADA respecto a las ASP	25
Figura 11 Esquema para la Valoración Económica del SE de Turismo por Naturaleza	28
Figura 12 Costa Rica: Pernoctaciones del Turismo relacionado con las ASP (2018)	30
Figura 13 Costa Rica: Valor económico del Turismo relacionado con las ASP (USD/ha, 2018).....	31

1. Introducción¹

La Junta Directiva del Banco Central de Costa Rica (BCCR), mediante el artículo 6 de la sesión 5700-2015 celebrada el 16 de setiembre del 2015, aprobó la creación del Área de Estadísticas Ambientales, con el fin de: a) disponer en el mediano plazo de un sistema de Cuentas Ambientales (CA), b) estimar la presión que la economía ejerce sobre los recursos naturales y sus efectos sobre el crecimiento económico de largo plazo y la inflación, c) proveer a la sociedad de un sistema de indicadores de crecimiento económico sostenible, y d) dar insumos para la formulación de políticas en las que se definan estrategias que coadyuven al logro de un balance entre crecimiento económico sostenible y su impacto en el ambiente en el largo plazo.

El Área de Estadísticas Ambientales tiene como objetivo el fortalecimiento y la actualización de las CA existentes, así como el estudio de la viabilidad del desarrollo de otras cuentas de utilidad para el análisis macroeconómico del país. En junio del 2016, el BCCR publicó las primeras CA del país para los recursos naturales de agua, bosque y energía, siguiendo la metodología establecida en el marco central del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (United Nations et al., 2014a).²

Aunado al esfuerzo de actualización de las cuentas ya existentes, desde el 2017, el BCCR ha trabajado en el procesamiento de información para generar cuentas de servicios ecosistémicos, que utilizan el manual de contabilidad ecosistémica del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica. Para consolidar la construcción de las cuentas de servicios ecosistémicos, es necesario el procesamiento de información geoespacial mediante la generación de modelos y análisis geoestadísticos que complementen la información monetaria asociada a los servicios.

En este sentido, el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica, mediante sus manuales, propone dos caminos para la inclusión del capital natural dentro del sistema de cuentas nacionales (SCN). El primero es a través Marco Central del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE-MC) el cual aplica los conceptos contables, estructuras, normas y principios del SCN a la información ambiental. El SCAE-MC es un marco conceptual con propósitos múltiples destinado a comprender los efectos recíprocos entre la economía y el medio ambiente, y describir las existencias de activos ambientales y sus variaciones (United Nations, 2014a) Además, se basa en el enfoque de activos naturales y no utiliza técnicas de valoración ya que este enfoque se basa en precios de mercado.

El segundo camino es el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Contabilidad de Ecosistemas (SCAE-CE) es un marco estadístico integrado y de base espacial para organizar la información biofísica sobre los ecosistemas, medir los servicios ecosistémicos, rastrear los cambios en la extensión y la condición de los ecosistemas, valorar los servicios y los activos ecosistémicos, y vincular esta información a las mediciones de las actividades económica y humana. La Contabilidad de los Ecosistemas, complementa la medición de la relación entre el medio ambiente y la economía descrita en el marco central (United Nations, 2021)

¹ El procesamiento de datos e información requerido para generar los resultados que se presentan en este documento fueron realizados por el Banco Central de Costa Rica (BCCR), bajo las condiciones de seguridad y la confidencialidad de la información establecidos.

² Los cuadros estadísticos y documentos de trabajo con los resultados de las Cuentas Ambientales están disponibles en el sitio del BCCR: <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/cuentas-ambientales>

Diversos países han implementado el SCAE con el objetivo de integrar información ambiental en sus sistemas estadísticos nacionales, suministrando una herramienta sólida para la toma de decisiones en materia de sostenibilidad. Entre los casos más destacados se encuentran:

- Los Países Bajos, a través de su Oficina Central de Estadística (CBS por sus siglas en inglés), han desarrollado cuentas sobre el uso de la energía, emisiones de gases de efecto invernadero y reservas de recursos naturales, entre otros. La información procedente de estas cuentas ha sido utilizada para respaldar la formulación de políticas sostenibles y evaluar los impactos ambientales de la actividad económica.
- La Oficina Australiana de Estadísticas (ABS, por sus siglas en inglés) ha integrado el SCAE dentro de su gestión, consolidando registros detallados sobre agua, energía y biodiversidad. Su implementación ha permitido una evaluación del impacto económico de la degradación ambiental.
- Statistics Canada ha desarrollado cuentas sobre recursos naturales, incluyendo bosques, agua y energía, con el fin de incorporar estos factores en la medición de la sostenibilidad del crecimiento económico.
- En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha desarrollado cuentas ambientales centradas en agua, energía y residuos, utilizándolas para analizar la relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental.
- El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia lidera la implementación del SCAE, habiendo elaborado cuentas ambientales y económicas, como la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Bosque.

Estos ejemplos evidencian la creciente adopción del SCAE a nivel global y su relevancia para la integración de consideraciones ambientales en el análisis económico y la formulación de políticas públicas.

El empleo del SCAE para el cálculo del capital natural, brinda una herramienta fundamental para asegurar el avance de la sociedad y la economía hacia un desarrollo sostenible. Al integrar los límites ambientales como factor clave para la disponibilidad de insumos naturales para la producción, proporcionando una valoración más precisa y tangible del valor de la naturaleza.

Las cuentas ambientales, fundamentales para la toma de decisiones de política pública ya que aportan una visión integral del crecimiento económico, facilitan la incorporación del capital natural en los indicadores económicos tradicionales y promueven una gestión equilibrada entre economía y medio ambiente.

El BCCR elabora las cuentas de servicios ecosistémicos con base en el Sistema de Contabilidad Ambiental Económica – Cuentas Ecosistémicas (SEEA EA), establecido como estándar estadístico internacional por Naciones Unidas (United Nations, 2021). El uso de este marco asegura la credibilidad, robustez y comparabilidad de los datos generados. Cabe destacar que el manual vigente fue aprobado en marzo del 2021, anteriormente se disponía de un manual reconocido como experimental.

El SEEA EA es un marco estadístico integrado y basado en el espacio que organiza la información biofísica sobre los ecosistemas, mide los servicios de los ecosistemas, da seguimiento de los cambios en la extensión y el estado de los ecosistemas, así como valorar los servicios y activos de los ecosistemas. Esta información se vincula a medidas de la actividad económica y humana para comprender la importancia económica de los servicios ecosistémicos.

La estimación del beneficio que genera un SE, en términos monetarios, puede utilizarse para (United Nations, 2021):

- Comprender la importancia económica relativa de los diferentes servicios de los ecosistemas.
- Agregar los servicios de los ecosistemas para comparar el papel de los diferentes activos de los ecosistemas.
- Comprender los cambios en el valor monetario a lo largo del tiempo.
- Comparar los insumos de los diferentes servicios de los ecosistemas para diferentes usuarios.
- Comprender el papel de los servicios de los ecosistemas en diferentes lugares.

Para este trabajo se ha realizado una selección de servicios ecosistémicos para su valoración, según la información disponible en el país.³ En la Figura 1, se destaca el proceso de escogencia de los servicios ecosistémicos y las partes que conforman el proceso de contabilidad ecosistémica.

El proceso de contabilidad de los ecosistemas es complejo y requiere la participación de múltiples organizaciones y disciplinas (geografía, ingeniería forestal, biología, economía, estadística, entre otras). Es de especial importancia el uso de herramientas y soluciones geoespaciales, en el marco de lo establecido en el SEEA EA y en las disposiciones internas del BCCR, ya que permiten identificar y cuantificar los SE en un contexto espacial (EEA, 2019). Esto es importante porque los SE se producen en un espacio geográfico específico, y su valor económico depende de factores como la ubicación, la extensión y la calidad del ecosistema. Como parte de las aplicaciones geográficas en el marco de la contabilidad de ecosistemas se puede mencionar:

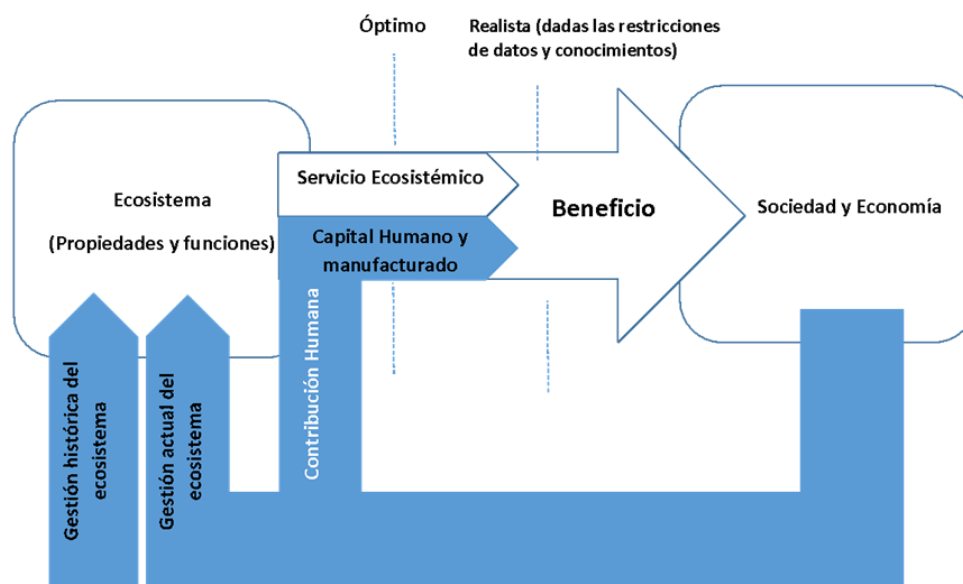
1. La identificación de las áreas donde se producen los SE. La información geográfica se puede utilizar para identificar las áreas donde se producen los servicios ecosistémicos, como la producción agrícola, la regulación del clima o la provisión de agua potable, la distribución de los recursos forestales, entre otras.
2. Cuantificación de los beneficios económicos de los SE.

³ Uno de los principales retos de las CA es que, a diferencia de las cuentas nacionales, que se construyen con información estandarizada y centralizada, las cuentas ambientales requieren integrar diversos datos de múltiples instituciones con metodologías implícitas diferentes. Ante esto, se creó el consejo nacional de cuentas ambientales, como un órgano asesor y de apoyo para recomendar, definir y aprobar los lineamientos y enfoques para la implementación de las cuentas ambientales. Conformado por el Ministerio de Ambiente, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Planificación, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y el Banco Central de Costa Rica, el consejo busca generar información que informe las decisiones de política pública.

3. Monitoreo y seguimiento de los cambios en los SE. Se pueden utilizar para seguir los cambios en los SE, como la pérdida de bosques, la ampliación o reducción de zonas de cultivos, etc.

La escogencia de los Servicios Ecosistémicos (SE) candidatos para desarrollar cuentas específicas debe de pasar por una serie de requisitos metodológicos dentro de los cuales se encuentran: i) la identificación de un beneficio para la sociedad; ii) el desarrollo y análisis de sistemas de información geográfica (SIG) que se emplean para localizar las zonas donde se obtiene este beneficio. El aprovechamiento del beneficio ingresa en la economía ya sea como un insumo para la producción, consumo directo de la sociedad, acumulación o pertenencia de activos, etc. (United Nations, 2021)

Figura 1 Esquema de Selección de un Servicio Ecosistémico para su Contabilidad



Fuente: Remme et al. (2015)

2. Cuenta de Almacenamiento de Carbono

El almacenamiento de carbono se identifica como un servicio ecosistémico (SE) de regulación vital para la mitigación y adaptación al cambio climático. Este proceso consiste en la captura y retención de dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera por los ecosistemas terrestres, este se lleva a cabo a través del proceso de fotosíntesis, que permite convertir este en oxígeno y almacenarlo en la biomasa en como carbono. Este SE es fundamental para la mitigación y adaptación al cambio climático, dado que permiten reducir los gases de efecto invernadero. El resultado de la disminución de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera producto de este SE, genera beneficios económicos producto de los daños evitados, que a su vez benefician a toda la sociedad. Si bien, múltiples ecosistemas contribuyen al almacenamiento de carbono, los principales sumideros de carbono terrestres son los bosques (Horlings et al., 2020b).

El carbono es un elemento que existe en diversas fuentes y en especial en la biomasa de los bosques que dicho sea de paso está presente en muchos compuestos, incluido el dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 es un compuesto químico formado por un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno (CO_2) que es además un gas de efecto invernadero que desempeña un papel importante en el sistema climático de la Tierra.

En el contexto de los tipos de bosque y como vegetación que son, el componente principal que se almacena en la biomasa, es el carbono. Las plantas y árboles en los diferentes tipos de bosques absorben dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera durante la fotosíntesis y lo almacenan en sus tejidos como carbono orgánico. Este carbono almacenado es parte del ciclo general del carbono y contribuye al secuestro de carbono, que se refiere al proceso de capturar y almacenar carbono de la atmósfera en sistemas naturales (United Nations et al., 2021).

2.1 Enfoque metodológico: Análisis Biofísico

Para la contabilidad del almacenamiento de carbono, se utilizan datos geoespaciales de los mapas de tipos de bosques publicados por Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Los mapas se pueden acceder desde el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).⁴ Este proceso se realiza en Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de cuantificar la distribución espacial y la valoración económica del carbono. La metodología sigue el marco de contabilidad ambiental nacionales e internacionales, así como el Sistema de Contabilidad Económica Ambiental - Contabilidad de Ecosistemas (SEEA EA). La cuenta de carbono se construye con información de los ecosistemas de bosque del país, cuyas categorías están definidas en el Inventario Nacional Forestal 2013-2014.⁵

Posteriormente, el SINAC, actualizó los mapas de tipos de bosques para los años 2021 y 2023, que incorporan clasificaciones mejoradas de la cobertura del suelo. Por ejemplo, los

⁴ Véase <https://www.snitcr.go.cr/> (consultado el 12 de diciembre del 2024).

⁵ Programa REDD/CCAD-GIZ & SINAC (2015). Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015: Resultados y caracterización de los recursos forestales (P. Emanuelli, F. Milla, E. Duarte, J. Emanuelli, A. Jiménez, & M. I. Chavarría, Eds.). Programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD-GIZ) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

mapas de 2021 y 2023 no reportan clases de nubes o sombras. Las clases definidas en el INF son:

- Bosque deciduo
- Bosque maduro
- Bosque secundario
- Manglar
- Plantación forestal

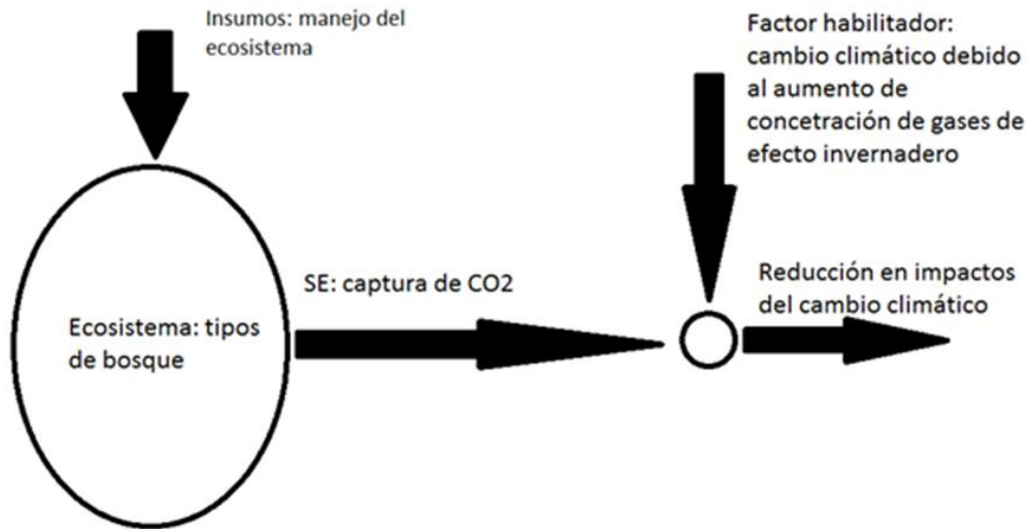
Cada categoría tiene una tasa de secuestro de CO₂ correspondiente por hectárea, tomada del Inventario Forestal Nacional (INF), lo que permite diferenciar las capacidades de secuestro de carbono. Estos datos presentan las siguientes características, que los hacen adecuados para su aplicación en la compilación de las cuentas de los ecosistemas:

- Continuidad espacial en todo el país, sin vacíos de información (por ejemplo, por nubosidad).
- Información disponible sobre la precisión de los productos, lo que permite evaluar su confiabilidad.
- Son la fuente oficial sobre la cobertura boscosa para Costa Rica.
- Continuidad temporal, ya que el mapa de cobertura boscosa se actualiza cada 2 años, lo que asegura una fuente de datos actualizada en el mediano y largo plazo.

Para el cálculo del almacenaje de carbono se emplea un método directo, debido a que se cuenta con la información proveniente del Inventario Nacional Forestal (INF), La Figura 2 esquematiza la contabilización de las existencias de carbono. Se muestra como la gestión del ecosistema generalmente afectan el secuestro neto y/o el almacenamiento de carbono, el factor que habilita este SE es la ocurrencia de cambio climático, que mediante el almacenamiento de carbono ocasiona un beneficio económico que consiste en evitar los daños presentes y futuros por el cambio climático (UN et al, 2014a). El almacenamiento de carbono fue calculado de forma biofísica a partir de los datos del INF.

Específicamente, los cálculos se realizan con la calculadora de mapas del Sistema de Información Geográfica (QGIS) o bien en programas que se ejecutan con R o Python, con lo que se obtienen las estimaciones geoespaciales del secuestro de CO₂ a nivel nacional. Los valores de la intensidad de secuestro de carbono por tipos de bosque provienen de la Memoria de Cálculo y Principales Resultados del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, s.f.). El Cuadro 1 muestra las intensidades de carbono por tipo de bosque utilizadas en el cálculo.

Figura 2 Esquema del SE Almacenamiento de Carbono



Fuente: (UN et al., 2014b)

Cuadro 1 Costa Rica: Capacidad de secuestro de CO₂ y almacenamiento de carbono por *Tipo de Bosque*

Tipo de bosque	TonCO ₂ /ha	Carbono/ha
Bosque deciduo	917	250
Bosque maduro	1039	283
Bosque de palmas	709	193
Bosque secundario	917	250
Manglar	778	212
Plantación forestal	519	142

Fuente: datos del INF del 2013-2014 (REDD/CCAD-GIZ & SINAC, 2015)

En el Cuadro 1 se observa la capacidad de cada tipo de bosque para el secuestro de CO₂. A su vez, con estos datos se realiza la conversión de toneladas de CO₂ secuestradas a carbono acumulado (C), esto bajo el supuesto de que el carbono de la biomasa es igual al cociente del CO₂ fijado entre una constante (Sud-Austral Consulting SpA; Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014). Lo anterior, se expone en la siguiente expresión:

$$(1) \quad \text{CO}_2 \text{ fijado} = C * (44/12)$$

$$(2) \quad C = (\text{CO}_2 \text{ fijado}) / (44/12)$$

Una vez obtenidos los factores de toneladas de CO₂ y carbono acumulado, el siguiente paso es integrar los datos geoespaciales. Esto permite conocer no solo los valores absolutos en área de cada tipo de bosque en Costa Rica, sino también su distribución espacial. En primera instancia, se verificó la pertinencia de los datos de tipos de bosque en términos de formato de datos, topología y otros posibles errores asociados. Posteriormente, se integran los datos de distribución de un tipo de bosque (por ejemplo: bosque secundario), con sus respectivos factores de captura de Toneladas de CO₂ y de acumulación de carbono. Esto mediante la siguiente expresión:

$$(3) \quad \text{TonCO}_2 = f_{\text{TonCO}_2\text{ha}} * \text{area}_{\text{tipodebosque}}$$

$$(4) \quad C_{\text{acumulado}} = f_{\text{cha}} * \text{area}_{\text{tipodebosque}}$$

donde:

TonCO₂: Toneladas de CO₂ secuestradas por el tipo de bosque

f_{TonCO₂ha}: factor de Toneladas de CO₂ por hectárea por tipo de bosque

C_{acumulado}: factor de Carbono acumulado por hectárea por tipo de bosque

area_{tipodebosque}: área en hectárea de tipo de bosque.

De esta forma, se obtienen los mapas de stock de Toneladas de CO₂ y de Carbono acumulado para los diferentes tipos de bosque. Estos datos geoespaciales proveen información valiosa, como puede ser:

- Comprender mejor la dinámica geoespacial del almacenamiento de carbono en los bosques. Por ejemplo, identificar las áreas con mayor potencial de almacenamiento de carbono, así como su dinámica espaciotemporal, esto al tratarse de una evaluación en diversos momentos.
- Favorece el desarrollo de políticas asociadas a conservación de bosques, mitigación de cambio climático, ordenamiento territorial, entre otras.

Los productos generados cumplen con los estándares solicitados para publicación en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Los resultados permiten realizar análisis estadísticos o geoestadísticos a diversas escalas espaciales y político administrativas. Por ejemplo, el análisis del almacenamiento de carbono para todo el bosque del país, o en su defecto para un solo tipo de bosque. De igual manera, se pueden ejecutar análisis a una escala cantonal, distrital o provincial, o cualquier otra como las Áreas Silvestres Protegidas (ASP).⁶

⁶ La estandarización del proceso, así como la obtención de nuevos datos de tipos de bosques en el futuro, permitirían replicar este proceso. Sobre esto, se debe recordar que el Mapa de Tipos de Bosque y Otras Tierras de SINAC se ha establecido como un Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, con un periodo de remediación de 2 años.

2.2 Enfoque metodológico: Valoración económica

El SEEA EA sugiere la utilización del método basado en costos para la valoración del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. Este método incluye el enfoque de daños evitados, que se basa en la premisa de que los servicios ecosistémicos pueden valorarse basándose en transacciones de mercado, como en el uso de datos de sistemas de pagos por servicios ecosistémicos o sistemas de comercio de emisiones.⁷

Para este trabajo, no se utiliza un enfoque de costos, sino un precio de referencia establecido oficialmente para el Pago por Servicios Ambientales (PSA) por parte de FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). Específicamente, FONAFIFO utiliza un precio de referencia de USD7,5 por tonelada de carbono.⁸ El precio estimado presenta dos características: i) es un valor nacional oficial; y ii) permite la simulación de un mercado interno bajo el supuesto de transacciones por PSA.

La valoración del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en términos de CO₂ sigue la ecuación:

$$(5) Val_{CO_2} = A_{ha} * n_{CO_2/ha} * Precio_{ref}$$

Donde:

Val_{CO_2} es la valoración del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en términos de CO₂.

A_{ha} es el área en hectáreas para los tipos de bosques según en año de referencia o de análisis.

$Ton_{CO_2/ha}$ son las toneladas en CO₂ acumuladas por hectárea por tipo de bosque, según el cuadro 2 en la columna 2.

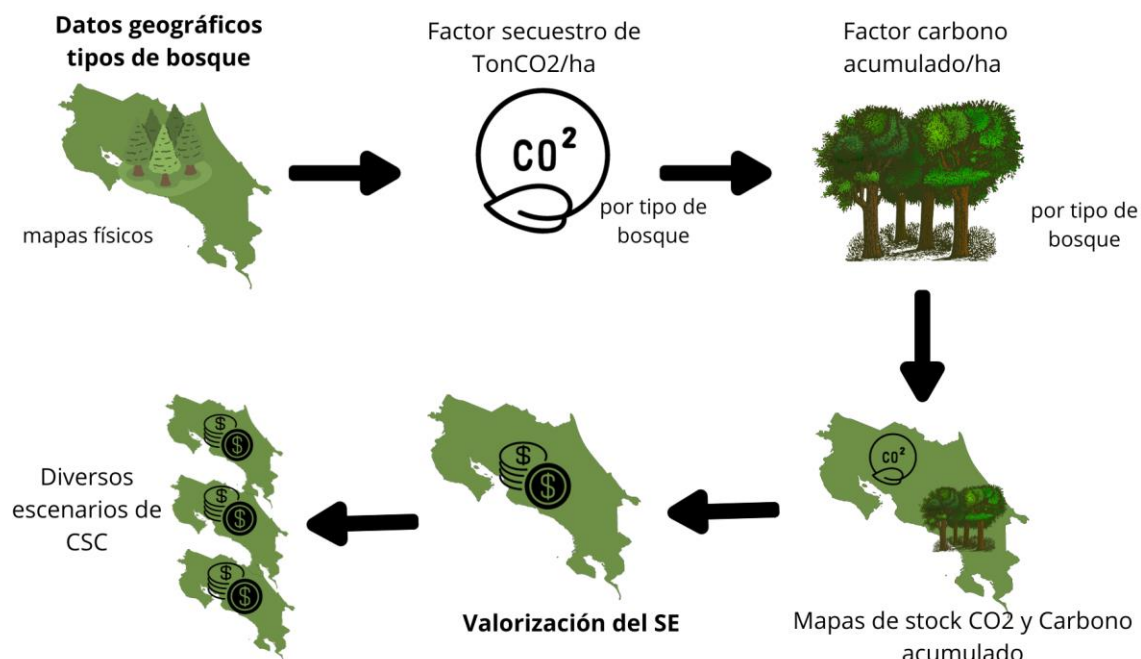
$Precio_{ref}$ es el precio utilizado para la valoración.

La Figura 3 permite sintetizar el proceso para el cálculo del Valor Económico del Carbono (VEC) con una perspectiva geoespacial. Con los datos de almacenamiento de carbono y de secuestro de CO₂ con continuidad espacial para cada tipo de bosque, se puede llevar a cabo la valoración del SE.

⁷ En paralelo, la experiencia ejecutada en Países Bajos por la Universidad de Wageningen destaca dos métodos para la valoración del SE de almacenamiento de carbono asociados a los daños evitados: Costo Social del Carbono (CSC) y el del Precio del Carbono. Para más detalles técnicos consultar Horlings et al., (2020a). El CSC es un método que calcula el valor presente de los daños futuros que se producen por una tonelada adicional de emisiones de carbono. Este método refleja el precio actual de la tonelada de CO₂ en los mercados de emisiones. Además, este método asigna un valor monetario actual a los daños futuros que se evitarían al secuestrar una tonelada de carbono en un año determinado.

⁸ Las unidades costarricenses de compensación para el mercado doméstico tienen un precio de US \$ 7.5 por crédito de carbono, que corresponde a una tonelada equivalente de CO₂ (<https://www.fonafifo.go.cr/es/informacion-general/preguntas-frecuentes/#:~:text=En%20FONAFIFO%2C%20las%20unidades%20costarricenses,una%20tonelada%20equivalente%20de%20CO2>., consultado el 12 de abril del 2024).

Figura 3 Esquema del Cálculo del Valor Económico del SE de Almacenamiento de Carbono



Fuente: elaboración de los autores

2.3 Resultados

La cobertura forestal se expandió en 2,6 puntos porcentuales entre el 2021 y 2023, principalmente por el crecimiento de los bosques secundarios (Cuadro 2). En la Figura 4 se despliega la información especialmente.⁹ En el 2021, los bosques del país almacenaron 742 millones de toneladas de carbono (tonC), con un valor estimado de USD 20,4 millones, equivalente al 31,4 % del Producto Interno Bruto (PIB). Por otro lado, en el 2023 los bosques nacionales almacenaron 775 millones de toneladas de carbono (tonC), valoradas en USD 21,3 millones, lo que equivale al 24,6 % del PIB (Cuadro 3).

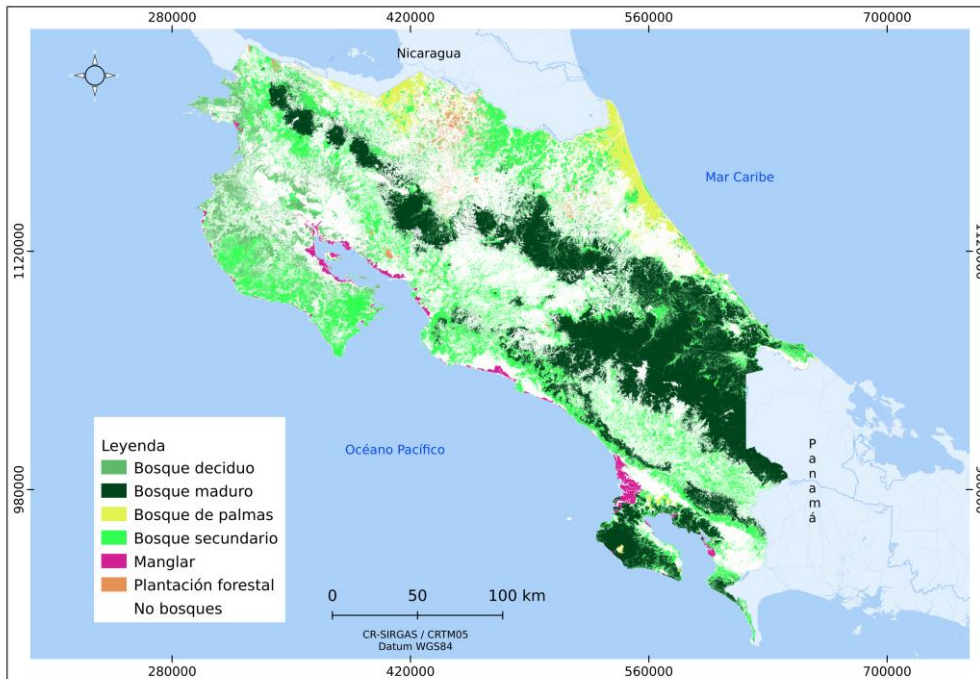
Cuadro 2 Costa Rica: Tipos y Extensión de Bosques (2021 y 2023)

Tipo de Bosque	2021 Hectáreas	% del País	2023 Hectáreas	% del País
Bosque deciduo	188,053	3.7%	216,326	4.23%
Bosque maduro	1,257,737	24.6%	1,257,046	24.60%
Bosque secundario	1,165,467	22.8%	1,279,548	25.04%
Manglar	51,863	1.0%	56,255	1.10%
Plantaciones forestales	56,376	1.1%	61,369	1.20%
Bosque de palmas	143,433	2.8%	121,716	2.38%
Total	2,862,928	56.0%	2,992,260	58.56%

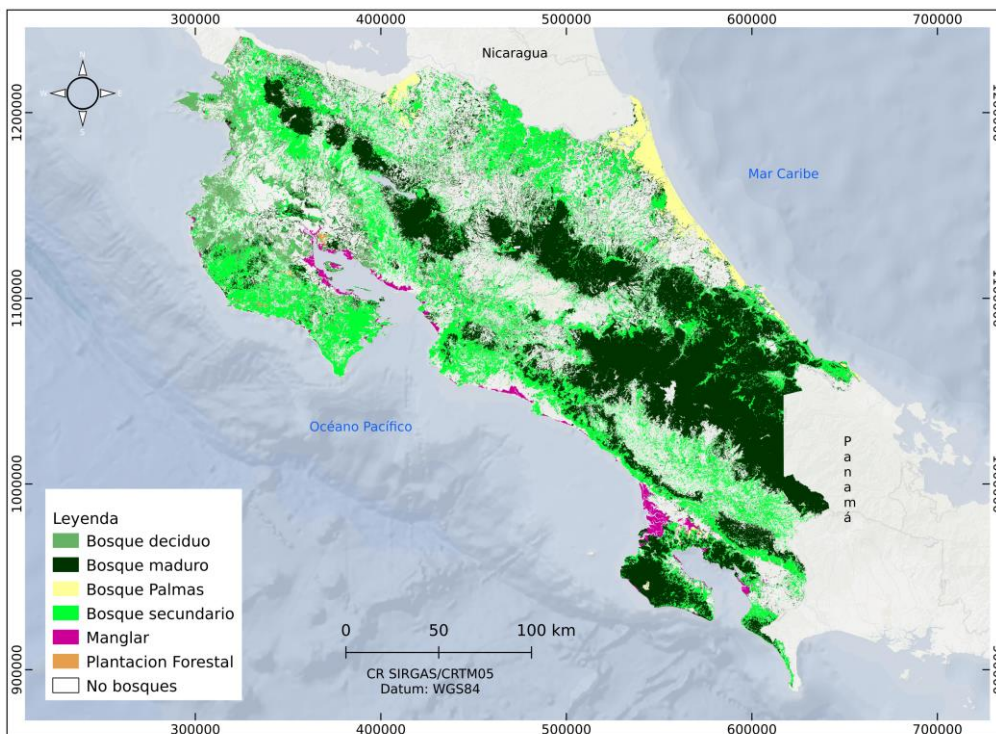
Fuente: elaboración propia con datos del SINAC

Figura 4 Costa Rica: Extensión forestal por Tipo de Bosque

2021



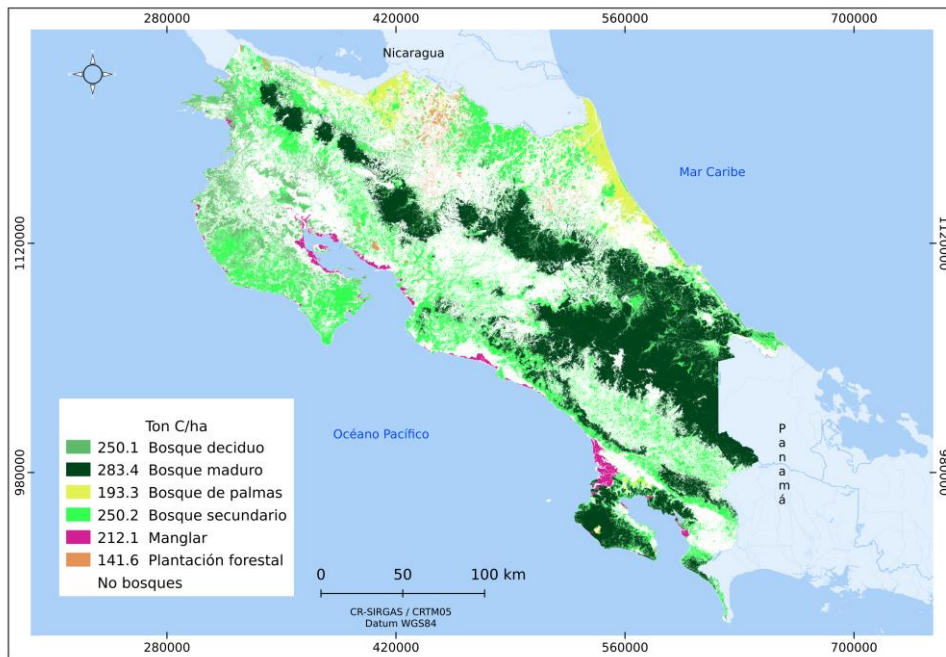
2023



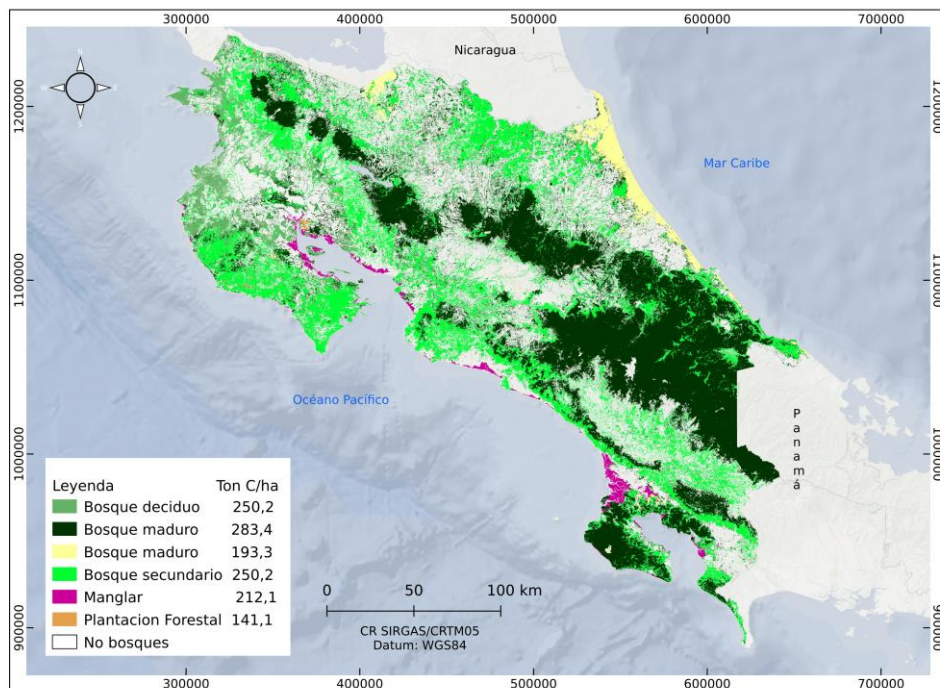
Fuente: elaboración propia con datos del SINAC

Figura 5 Costa Rica: Intensidad del Secuestro de Carbono por Tipo de Bosque (toneladas de C por hectárea)

2021



2023



Fuente: elaboración propia con datos del SINAC y FONAFIFO

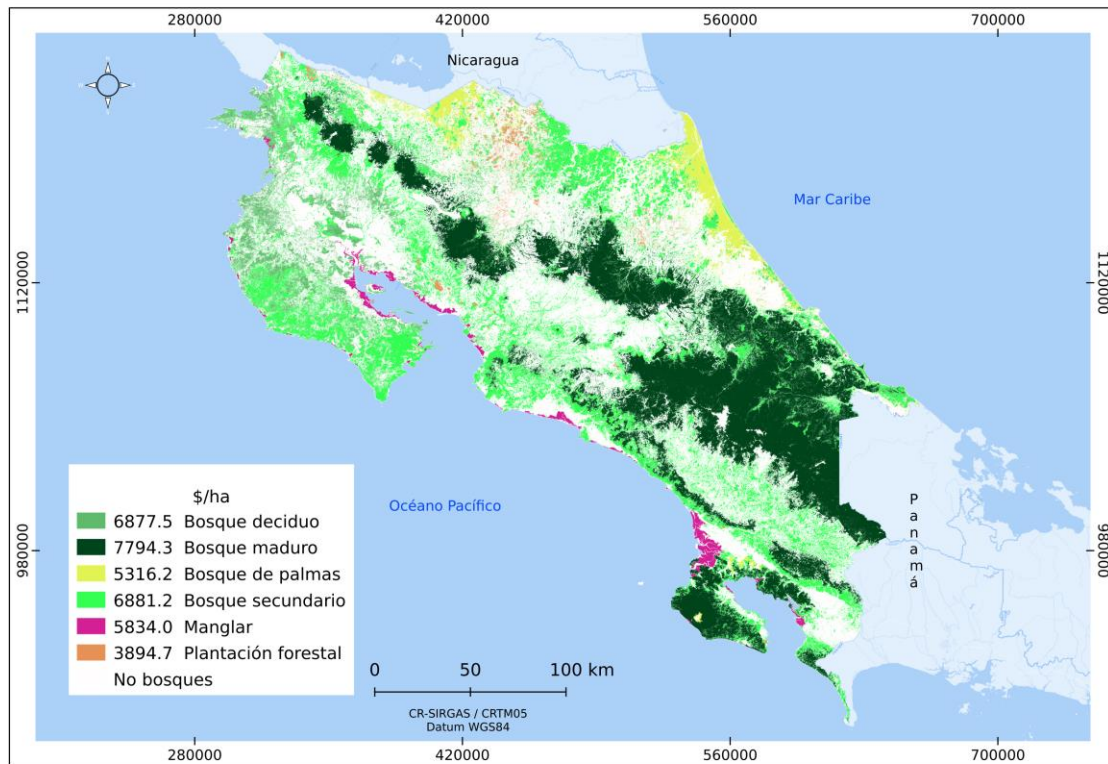
Cuadro 3 Costa Rica: Secuestro de Carbono y su Valor económico por Tipo de Bosque (2021 y 2023)

2023					
Tipo de Bosque	Ton C	Ton C/ha	Valor USD (@7.5 \$/tonCO2)	% del PIB	USD/ha
Bosque deciduo	54,130,573	250.2	1,488,590,902	1.7%	6,881.2
Bosque maduro	356,281,694	283.4	9,797,747,478	11.3%	7,794.3
Bosque secundario	320,176,583	250.2	8,804,856,825	10.2%	6,881.2
Manglar	11,934,314	212.1	328,193,661	0.4%	5,834.0
Plantaciones forestales	8,691,493	141.6	239,016,082	0.3%	3,894.7
Bosque de palmas	23,529,766	193.3	647,068,617	0.7%	5,316.2
Totales	774,744,423	258.9	21,305,473,566	24.6%	7,120.2
2021					
Tipo de Bosque	Ton C	Ton C/ha	Valor USD (@7.5 \$/tonCO2)	% del PIB	US\$/ha
Bosque deciduo	47,055,786	250.2	1,294,034,235	2.0%	6,881.2
Bosque maduro	356,477,625	283.4	9,803,135,576	15.1%	7,794.3
Bosque secundario	291,630,468	250.2	8,019,838,592	12.3%	6,881.2
Manglar	11,002,542	212.1	302,569,923	0.5%	5,834.0
Plantaciones forestales	7,984,366	141.6	219,570,077	0.3%	3,894.7
Bosque de palmas	27,728,046	193.3	762,521,344	1.2%	5,316.2
Totales	741,878,832	259.1	20,401,669,747	31.4%	7,126.2

Fuente: elaboración propia con datos del SINAC y FONAFIFO

El almacenamiento promedio de carbono fue cercano a las 259 tonC/ha en ambos años (con variabilidad según el tipo de bosque). A modo de comparación, se estima que la industria forestal representó el 0,13 % del PIB entre el 2017 y el 2021. El valor promedio del carbono estimado varía entre USD 7 794 y 3 895 por hectárea, según el tipo de bosque (Figura 6).

Figura 6 Costa Rica: Valor promedio del Carbono por ha (2021-2023)



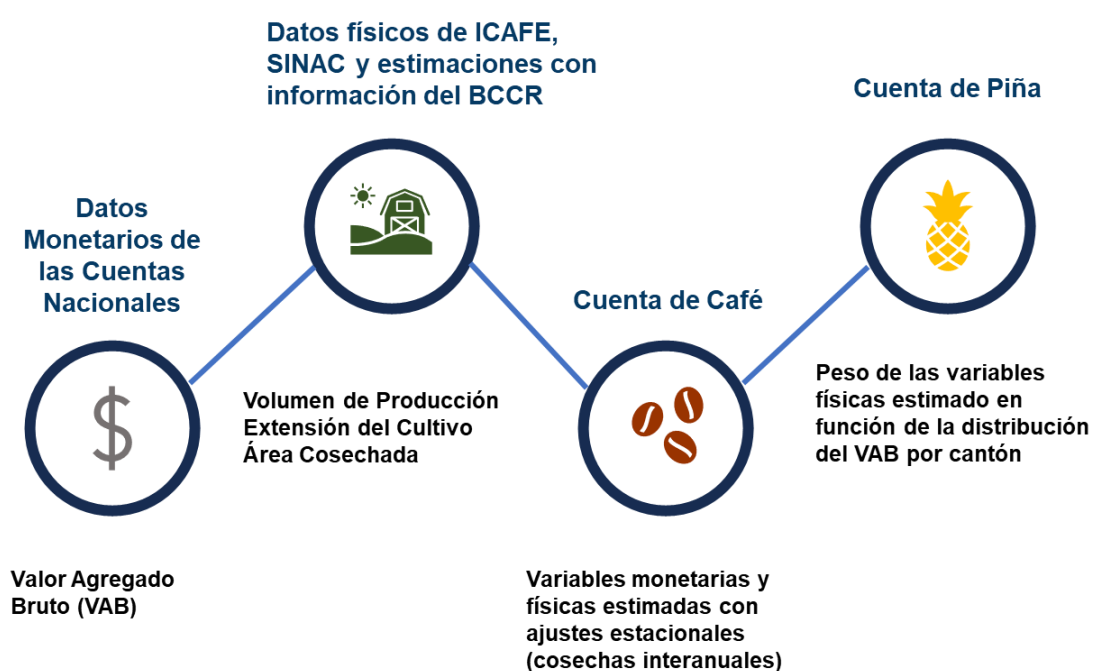
Fuente: elaboración propia con datos del SINAC

3. Cuenta de Cultivos

El enfoque metodológico emplea variables físicas y económicas para analizar el servicio ecosistémico de provisión, asociado con los cultivos de café y piña a nivel cantonal en 2018 y 2019, respectivamente. Entre las variables físicas consideradas se incluyen la producción (expresada en toneladas métricas), y el área en producción (medidas en hectáreas). Desde una perspectiva económica, se incorpora el valor agregado, expresado en millones de colones.

El análisis se desarrolla dentro de las divisiones cantonales, permitiendo evaluar diferencias territoriales en términos de rendimiento. Esta metodología no solo facilita la comparación entre cantones, sino que también permite identificar patrones de desempeño económico y factores que influyen en los beneficios derivados del servicio ecosistémico de provisión. Su principal objetivo es detallar el proceso de estimación de estas variables y las fuentes de información utilizadas para garantizar la coherencia y precisión en la medición de la actividad agrícola a nivel subnacional.

Figura 7 Esquema de Estimación de las Cuentas de Servicios de Provisión de Cultivos



Fuente: elaboración propia

3.1 Enfoque Metodológico: Análisis biofísico

Para el desarrollo de los procesos geospaciales para la producción de café se utilizan los datos de distribución del cultivo desarrollado por el Instituto Costarricense de Café (ICAFFE).¹⁰ El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) publicó el mapa del parque cafetalero 2017-2018, utilizando una metodología detallada en su informe (ICAFFE, 2019). Dicha información

¹⁰ Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) (2019). Actualización área cafetalera 2017-2018. Disponible en: <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/Actualizacion-Area-Cafetalera-2017-2018.pdf> (consultado el 14 de agosto del 2024).

espacial se encuentra disponible en el SNIT.¹¹ A la capa vectorial descargada del SNIT se aplican herramientas de corrección topológica para depuración y posterior utilización.

Partiendo del área sembrada reportada por el ICAFE, se estima el área cosechada. Tomando en consideración la relación fanegas cosechadas entre hectáreas (fanegas/ha) para las cosechas 2017-2018 y 2018-2019, se aplicó dicha relación a la cantidad de fanegas cosechadas por mes para cada cosecha y se obtuvo para el año calendario 2018, el área cosechada por cantón. A diferencia de otros cultivos, la cosecha del café abarca meses de dos diferentes años. Su cosecha suele comenzar en mayo en la región de Turrialba y acaba en abril del siguiente año para todas las regiones. Conocer la estacionalidad de la cosecha del cultivo de café es necesario para realizar las estimaciones anuales de valor agregado y de valor anual de las variables de área y producción.

Se estiman la cantidad de fanegas cosechadas por cantón para el año calendario mediante información publicada por el Instituto Costarricense de Café (ICAFE) en su compendio estadístico para cada una de las regiones productivas y a nivel nacional. A nivel nacional se cuenta con información de la cantidad de fanegas cosechadas por cantón y cantidad de fanegas cosechadas a nivel nacional por mes, sin distinguir por cantón.¹² A nivel regional se cuenta con información de cantidad de fanegas cosechadas por mes, sin hacer la distinción por cantón. Con base en la estructura mensual de la cosecha por región productora y los cantones que conforman cada región, se distribuye la cantidad de fanegas cosechadas por cantón por mes, para estimar por año calendario la cantidad de fanegas cosechas por cantón.¹³

Los datos de distribución del cultivo de piña son publicados por el proyecto Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP), para el año 2019.¹⁴ Para elaborar el análisis espacial del cultivo de piña, se utiliza la información sobre la cobertura del cultivo de piña en Costa Rica. Dicho mapa se puede acceder en el SNIT.¹⁵ Al igual que para otras capas, se aplican procedimientos de verificación de topología e integridad de los archivos.

Para la estimación de variables cantonales relacionadas con el área sembrada y toneladas por hectárea, se utiliza información nacional y anual estimada por el Banco Central de Costa Rica (BCCR). La distribución cantonal de área sembrada y toneladas por hectárea se realiza utilizando la misma estructura porcentual que presenta el VAB por cantón.

3.2 Enfoque Metodológico: valoración económica

La comprensión y cuantificación de los SE en producción agrícola es una tarea compleja, debido a aspectos como la interdependencia de los SE, en el que un SE depende de otros. De igual forma, es difícil la comprensión de cuanto es el peso de un SE, por ejemplo sobre la

¹¹

https://dservices5.arcgis.com/LF48CxpifRE4aglv/arcgis/services/Cobertura_Cafe_Costa_Rica/WFSServer?service=wfs&request=getcapabilities&VERSION=1.1.0. (consultado el 12 de agosto del 2024).

¹² Los datos de fanegas se convierten a su equivalente en toneladas métricas.

¹³ La estimación del Valor Agregado Bruto (VAB) por cantón para el año 2018 del cultivo de café, requiere cálculos adicionales dadas las características estacionales del cultivo.

¹⁴ MOCUPP (2022). Cobertura del cultivo de piña en Costa Rica. Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos. Disponible en <https://mocupp.org/cultivo-pina/> (consultado el 2 de octubre del 2024).

¹⁵ <https://monitoreo.prias.cenat.ac.cr/geoserver/MonitoreoPina/wfs?> (consultado el 20 de octubre del 2024).

producción (Horlings et al., 2020b). En lo que respecta a la espacialización (sentido geográfico) de la estimación de valores monetarios de SE, el SEEA EA destaca dos técnicas o enfoques principales: costo de uso de la tierra y costo social de carbono.

El cálculo de los valores monetarios de los SE de producción de piña y café requiere conocer la distribución espacial (mapas físicos) detallada de estos cultivos a lo largo del país. Para ello, se emplearon datos oficiales del país para cada uno de estos cultivos, como se detalló anteriormente. La integración de los datos se llevó a cabo mediante una expresión algebraica simple, que consiste en el producto del área del cultivo con su valor monetario:

$$(6) \text{ValorSE} = \text{Valormonetario}_{HA} * \text{Área}_{cultivo_{ha}}$$

Donde:

Valor SE: valor monetario del servicio ecosistémico.

Valormonetario_{HA}: valor por hectárea en colones definido por cuentas nacionales.

Área_{cultivo-ha}: área en hectáreas del cultivo de referencia (piña o café).

El resultado de la integración de los datos de cuentas nacionales y cultivos genera una nueva capa geoespacial en formato vectorial con los datos de valoración económica del valor de la producción de los cultivos (piña y café). Es importante destacar que todo el procesamiento se realizó con programas SIG de libre acceso, como QGIS e interfaces de programación en Python.

El proceso de valoración de los SE de cultivo de café y piña se realiza para el 2018 y 2019 respectivamente. Esto es posible dada la disponibilidad de datos oficiales de distribución espacial de estos cultivos para diferentes años. Lo anterior, implica una serie de ventajas en términos del análisis espacial o geográfico de la valoración de cualquier SE:

En el caso del café, para obtener el valor agregado bruto cantonal para el año 2018, primero se estima el valor de la producción (VP) para el año en cuestión, el cual se estima multiplicando la cantidad de fanegas cosechadas por cantón y por mes para las cosechas 2017-2018 y 2018-2019 por su respectivo precio de liquidación final al productor. Con base en el valor de la producción para cada una de las cosechas por mes, se procede a sumar los meses respectivos al año 2018, de esta manera se obtiene el VP para el año 2018 por cantón. Con base en el VP por cantón para el año 2018, se calcula una estructura porcentual por cantón la cual se aplica al VAB del año 2018 publicado por el BCCR.

Para el análisis de la valoración del SE de producción de café se generó un archivo geoespacial independientes que, en sus tablas de atributos, permiten visualizar la valoración del SE para cada polígono asociado a café.¹⁶

En el caso del cultivo de piña, la distribución cantonal de área sembrada y toneladas por hectárea se realizó utilizando la misma estructura porcentual del VAB por cantón. Al tratarse de un servicio ecosistémico de provisión, el proceso con los datos geoespaciales es similar al caso del café. El cálculo de los valores monetarios genera un archivo geoespacial

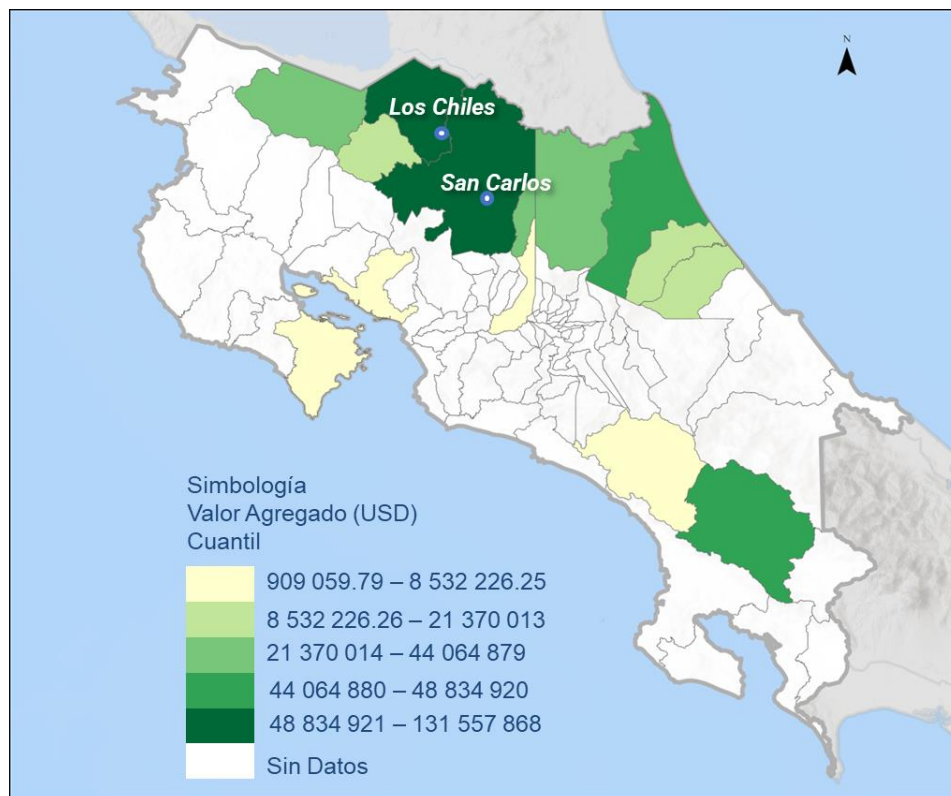
¹⁶ Si bien los resultados generados son para la totalidad del cultivo de café, es posible realizar análisis posteriores a otras escalas territoriales, como puede ser a escala distrital, cantonal, o provincial. Esto es posible gracias a la segregación del cálculo para objeto o polígono que compone cada capa geoespacial de valor del SE.

independientes para cada año del análisis. En sus tablas de atributos, estos archivos permiten visualizar la valoración del SE para cada polígono asociado al cultivo de piña.¹⁷

3.3 Resultados

En el 2019, las plantaciones de piña abarcaron 65,5 mil hectáreas (1,3 % de la superficie total del país) y produjeron 2,95 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de USD 45,1 toneladas/ha (Figura 7). El valor agregado bruto de la producción de piña se estima en USD 465,1 millones (equivalente al 0,72 % del PIB). Dos cantones del país aportaron el 42 % del valor agregado de la piña en el 2019. Por otra parte, el valor agregado por hectárea según la extensión del cantón varía entre USD 23 y USD 1,580, consistente con un rendimiento entre 0,1 y 10 toneladas por hectárea de extensión (Cuadro 4).

Figura 8 Costa Rica: Valor agregado de la Piña (2019)



Fuente: elaboración propia con datos de SINAC y BCCR

¹⁷ Si bien los resultados generados son para la totalidad del cultivo de piña, es posible realizar análisis posteriores a otras escalas territoriales, como puede ser a escala distrital, cantonal, o provincial.

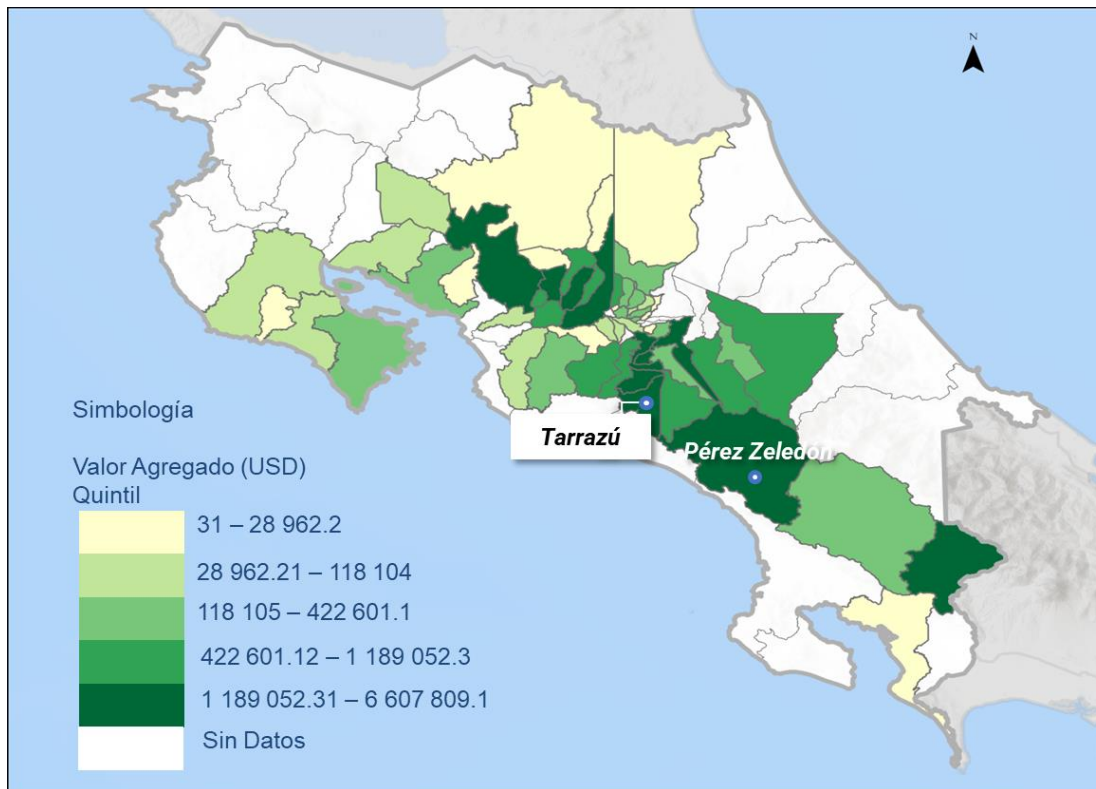
Cuadro 4 Costa Rica: Valor económico de la Piña por Cantón (2019)

Cantón	Valor Agregado (miles USD)	Valor Agregado por Ha del Cantón (USD)	Toneladas por Ha del Cantón
San Carlos	131,557.9	392	2.5
Los Chiles	62,139.7	466	3.0
Buenos Aires	48,834.9	205	1.3
Pococí	47,481.4	217	1.4
Sarapiquí	44,064.9	206	1.3
Río Cuarto	40,266.4	1,580	10.0
Upala	24,046.1	151	1.0
Guácimo	21,370.0	267	1.7
Siquirres	19,013.6	222	1.4
Guatuso	10,738.9	143	0.9
Pérez Zeledón	8,532.2	45	0.3
Puntarenas	6,184.0	34	0.2
Alajuela	909.1	23	0.1
TOTAL	465,139.0		

Fuente: elaboración propia con datos de SINAC y BCCR

En el 2018, las plantaciones de café abarcaron 69,7 mil hectáreas (1,4 % de la superficie total del país) y produjeron 449,2 mil toneladas, con un valor agregado estimado de USD 99,5 millones, equivalente al 0,16 % del PIB (Figura 8). El valor promedio por hectárea cosechada se estima en USD 1 410/ha. Quince de los 52 cantones productores concentran el 85 % de la superficie cosechada, mientras que dos cantones lideran la producción de café con el mayor volumen en toneladas en el 2018. Por otro lado, el valor agregado por hectárea según la extensión de los cantones varía entre USD 58 y USD 879, consistente con un rendimiento entre 0,26 y 4,02 toneladas por hectárea de extensión (Cuadro 5).

Figura 9 Costa Rica: Valor agregado del Café (2018)



Fuente: elaboración propia con datos de ICAFE, SINAC y BCCR

Cuadro 5 Costa Rica: Valor económico del Café por Cantón (2018)

Cantón	Valor Agregado (miles USD)	Valor Agregado por ha del Cantón (USD/ha)	Toneladas por ha del Cantón (ton/ha)
Tarrazú	14,139.1	485.4	2.21
Pérez Zeledón	11,030.5	58.0	0.26
León Cortés Cas- tro	10,713.5	878.9	4.02
Coto Brus	6,559.6	69.5	0.31
Naranjo	6,670.2	525.1	2.37
San Ramón	5,957.0	58.3	0.26
Desamparados	5,367.0	451.4	2.06
Alajuela	4,903.4	125.2	0.57
Cartago	3,849.8	138.2	0.63
Grecia	3,051.6	214.2	0.96
Acosta	2,544.3	74.3	0.34
Dota	2,433.1	60.2	0.27
Aserri	2,454.8	145.9	0.67
Poás	2,373.0	318.6	1.44
Otros Cantones	17,438.0	116.5	0.53
TOTAL	99,484.81		

Fuente: elaboración propia con datos de ICAFE, SINAC y BCCR

4. Cuenta de Turismo basado en Naturaleza

El propósito general de la cuenta de SETBN es mostrar la relevancia que tienen los ecosistemas asociados a la visitación turística dentro de la generación de valor dentro de la economía. Para la elaboración de la cuenta SETBN se siguen los lineamientos del SCAE-CEE. Tal como se indicó en una sección anterior, el SCAE-CEE complementa al SCAE-MC en cuatro características: i) uso de los mismo principios, estructuras contables y clasificaciones relevantes que permiten la medición de la condición de los ecosistemas y los servicios de los ecosistemas en conjunto con mediciones estándar de actividades económicas; ii) adopción de una visión de sistema centrada en las relaciones entre los activos ambientales definidos en el SCAE-MC; iii) evaluación de impactos ambientales de la actividad económica y humana para completar las mediciones de presiones ambientales; iv) utilización de un enfoque de medición espacial riguroso que complementa el enfoque nacional del SCAE-MC (United Nations, 2014a, 2014b, 2021).

Respecto a este último punto del enfoque espacial, una de las fuentes de información crucial para la realización de la cuenta de SETBN fueron las encuestas realizadas a turistas por parte del Instituto Costarricense de Turismo (ICT). Siguiendo la metodología del SCAE-CEE, se construyeron los componentes físicos y monetarios para el desarrollo de la cuenta. Cada componente se detalla seguidamente.

4.1 Enfoque Metodológico: Análisis biofísico

Primeramente, se establece una línea de trabajo basada en la información recopilada por el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), con las encuestas realizadas a los turistas que ingresan al país por vía aérea en los dos principales aeropuertos del país (Juan Santamaría y Daniel Oduber). La base de datos de la encuesta analizada fue la correspondiente al año 2018. Con base en los datos, se realiza un trabajo adicional en el contexto geográfico con el fin de sumar la mayor cantidad de observaciones para desarrollar los análisis espaciales.¹⁸

Para esto se utilizaron los siguientes criterios de decisión:

1. Por medio de la extensión Fuzzy lookup¹⁹ del programa Microsoft Excel, se determinaron coincidencias mayores al 97% para aquellos hoteles en donde existía un faltante de letras en el nombre, por lo que se le asignó el nombre del hotel con la información completa con el que presentase mayor coincidencia.
2. Para los casos en los que se encontraba el nombre del hotel completo, pero sin coordenada geográfica asignada, se procedió a realizar una búsqueda con el nombre completo en la plataforma Google Earth Pro, así como en Google Maps. Una vez encontrado el hotel se le asignó una coordenada en el sistema WGS84 para la posterior conversión al sistema de coordenadas oficial de Costa Rica (CR05).

¹⁸ Además de este trabajo, se estandariza de la información, debido a que los datos fueron digitados por diferentes encuestadores y algunos de los nombres de los hoteles no se encontraban escritos de la misma manera. Por ejemplo, había faltantes de letras en el nombre o había vacíos de información del hotel, por lo que el componente geográfico se dificultaba.

¹⁹ Para una explicación detallada del funcionamiento de este complemento de Excel, se puede consultar Microsoft support: <https://support.microsoft.com/en-us/office/create-a-fuzzy-match-power-query-fdd5082-c0c8-4c8e-a794-bd3962b90649> (consultado el 20 de enero del 2024).

3. Además de los casos anteriores se encontraron algunos en donde no existía nombre del hotel, pero en la encuesta se había asignado la provincia, cantón y distrito, por lo que se procedió a establecer un punto central en el poblado más cercano, con el fin de no perder del todo la información recopilada.
4. En los casos en donde no se encontraba el nombre, ni la información sobre la zona en donde se ubicaba, se procedió a eliminar dicha observación.

Dadas las condiciones de las observaciones dentro de la encuesta y el tratamiento aplicado para maximizar la muestra, se construye una base de datos con más observaciones, y se determina las oportunidades de mejora que posee la encuesta con el fin de que sea una base de datos aún más robusta. La base de datos incluye 1347 hoteles, distribuidos espacialmente en el territorio continental de Costa Rica, con un total de 6 380 observaciones sobre pernoctaciones realizadas por los turistas. Para los análisis de este trabajo se utilizan como observaciones independientes los hoteles visitados por 8 702 turistas a los cuales se realizó la encuesta. Para los 1 347 hoteles fue posible asociar la ubicación geográfica con datos como: país de procedencia, motivo de la visita, cantidad de noches que estuvo en el país, cantidad de personas que lo acompañaron, actividades turísticas desarrolladas.

Una vez con esos datos se procedió a realizar una serie de análisis que permitiera la caracterización de la actividad turística dentro del país. Se emplearon herramientas como análisis de densidad, puntos calientes, análisis del entorno y análisis de conglomerados, todos estos disponibles en el software QGIS, además de emplear la geoestadística asociada a dichas herramientas. Esta herramienta funciona mediante la búsqueda de cada entidad dentro del contexto de entidades vecinas. Para ser un “punto caliente” estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto según la variable de análisis y también estar rodeada por otras entidades con valores similares. La suma local para una entidad y sus vecinos se compara proporcionalmente con la suma de todas las entidades; cuando la suma local es muy diferente de la esperada, y esa diferencia es demasiado grande como para ser el resultado de una opción aleatoria, se obtiene como consecuencia una puntuación z (en este caso pernoctaciones), estadísticamente significativa (ESRI, ArcGIS Pro, 2022).

Los resultados de los análisis se extrapolaron a unidades mínimas de muestreo que, para este caso, se definieron como distrito y cantón. Esto permite realizar inferencias de los datos en una división política administrativa del comportamiento del turista.

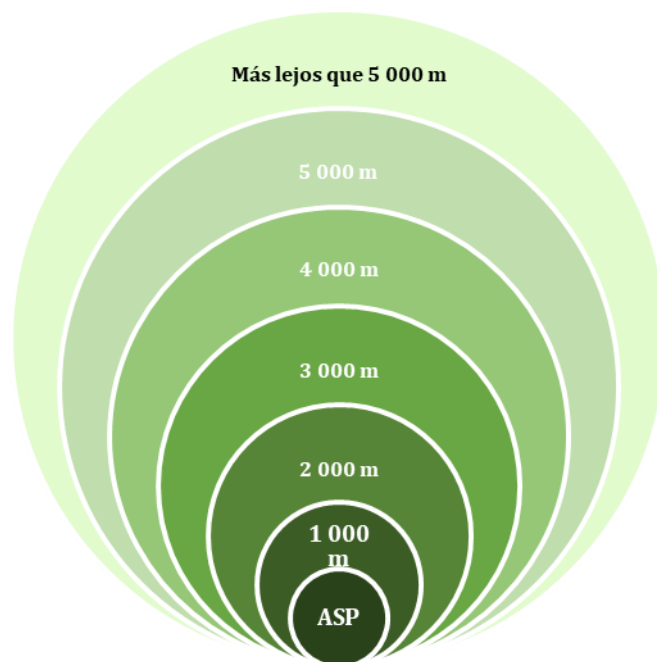
Un aspecto importante que se consideró en este estudio fue centrar la unidad geográfica en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP), las cuales son administradas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y comprenden un 26,4% del área continental de Costa Rica.²⁰ Estas áreas se encuentran protegidas bajo alguna categoría de manejo, y representan un gran atractivo para el turista (por ejemplo los parques nacionales o reservas, esto según las estadísticas de visitación generadas por el SINAC). Para el análisis espacial, se emplearon herramientas del software QGIS. Entre ellas, se utilizó el análisis de densidad de puntos de hospedaje, la identificación de clústeres de alta actividad turística mediante estadística espacial (como el índice G_i^*) y el cálculo de la distancia media entre hospedajes y ASP. Estas técnicas permitieron estimar con mayor precisión el nivel de influencia de las ASP sobre los patrones de pernoctación.

²⁰ Este componente espacial fue clave para determinar la distribución geográfica del Turismo Basado en Naturaleza (TBN), utilizando múltiples técnicas de análisis geoespacial. La capa de ASP está disponible desde el SNIT en: <https://geos1pne.sirefor.go.cr/wfs?> (consultado el 10 de abril del 2024).

Este análisis se llevó a cabo aplicando diferentes áreas de amortiguamiento (ADA) a cada ASP, definidas en 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 5 000, 6 000, 7 000, 8 000, 9 000, y 10 000 metros. Luego se cuantifica la cantidad de pernoctaciones dentro de cada *buffer*, permitiendo identificar en cuál de ellos se presentaba la mayor cantidad. Esto a su vez se correlaciona con la variable geográfica de cantones y distritos, permitiendo un análisis geográfico más detallado del comportamiento del turista. Cabe destacar que el ADA es construida alrededor del perímetro del ASP, por tanto, ese perímetro será la forma para cada una de las ADA pero con diferente extensión. La Figura 10 muestra de forma ilustrativa el razonamiento subyacente en la construcción del ADA alrededor de las ASP. Finalmente, los resultados se validaron utilizando la herramienta de cálculo de la distancia media al vecino más cercano, en este caso enfocado a determinar la distancia mínima que debía recorrer un turista para disfrutar de los diferentes servicios ecosistémicos de las ASP. El análisis se complementó al calcular la distancia media que debe recorrer un turista desde cualquier hotel registrado por el ICT, para poder llegar a un área silvestre protegida. El resultado reflejó la distancia media en donde pernoctan la mayoría de los turistas al visitar Costa Rica, ya que para el ADA de **3 681 metros** se concentra en promedio el 63% de las pernoctaciones, lo que hace inferir que es una zona influenciada directamente por las ASP.

Para el componente físico se estiman los resultados por cantón a partir de la influencia de las ASP dentro de las ADA y considerando la densidad de pernoctaciones de turismo receptor. El análisis de densidad basado en ubicación de los hoteles y cantidad de pernoctaciones identifica las zonas con mayor cantidad de pernoctaciones, mediante una escala calórica donde la variación de los colores muestra geográficamente los lugares con una mayor o menor densidad de acuerdo con las variables analizadas. Adicionalmente, se realizó un análisis de puntos calientes, el cual permitió la inferencia de las zonas con mayor visitación.

Figura 10 Esquema de ADA respecto a las ASP



Fuente: elaboración propia

4.2 Enfoque Metodológico: Valoración económica

Las estimaciones monetarias son necesarias para incrementar el alcance del SCN con la información de la contabilidad de los ecosistemas como por ejemplo con medidas de riqueza extendida, además, pueden ser útiles en la evaluación de escenarios de política y estimación de los beneficios sociales generados por los SE (United Nations, 2014a). Como se mencionó previamente, los insumos para la construcción de la Cuenta de SETBN son de distintas fuentes. Primeramente, los datos de la encuesta de turismo en Costa Rica para el 2018 del ICT. Esto se complementa con los datos de cuentas nacionales, específicamente de la Cuenta Satélite de Turismo (CST) para obtener el gasto total del turismo receptor y establecer esta cifra como una cota máxima del valor del turismo basado en naturaleza.

Para estimar el valor monetario de las pernoctaciones dentro de cada unidad geográfica establecida (provincia, cantón y distrito) se recurre a la consulta de 645 hoteles de las páginas web www.booking.com y www.hoteles.com mediante *web scraping*.²¹ Una vez obtenida la muestra, la cual identifica la tarifa por persona por noche y que contiene provincia, cantón y distrito, se procede a calcular el promedio para cada una de esas unidades geográficas, siendo el cantón la unidad escogida para este análisis. De esta manera se obtiene un promedio para la noche por persona por cantón, diferenciada para cada uno de los distritos del país.

La valoración económica implica una extrapolación de los resultados de la parte física sobre la encuesta de turismo para obtener resultados a nivel nacional. Con este objetivo se aplican estructuras porcentuales por área de amortiguamiento y por cantón de la siguiente manera:²²

Paso 1: consiste en tomar la cantidad de pernoctaciones de cada ADA y dividir las por el total de pernoctaciones de la encuesta, esto arroja la cantidad porcentual que representa cada ADA del total de pernoctaciones de la encuesta. Si se le aplica esta estructura (el porcentaje de cada ADA) al total de pernoctaciones a nivel nacional (dato de las Cuentas Nacionales) se obtiene el total de pernoctaciones por zona de amortiguamiento a nivel nacional.

Paso 2: por otra parte, con la cantidad de pernoctaciones para cada cantón en cada ADA (este dato se obtiene del trabajo realizado anteriormente). Este dato se divide entre el total de pernoctaciones para cada ADA, se obtiene la estructura porcentual por cantón para cada zona de amortiguamiento.

Paso 3: se toma el cálculo de total de pernoctaciones por ADA a nivel nacional y se multiplica por el cálculo de estructura porcentual por cantón para cada ADA. De esta manera se obtiene la desagregación por cantón del total de pernoctaciones por ADA a nivel nacional.

Paso 4: por último, para monetizar el valor se cuenta con información obtenida de hoteles consultados. Se toma en cuenta solamente el turismo que registra pernoctaciones; este dato está expresado en dólares. Mediante el total de pernoctaciones, se logra calcular el dato en dólares gastados en promedio por pernoctación por cantón, el cual complementa el cálculo

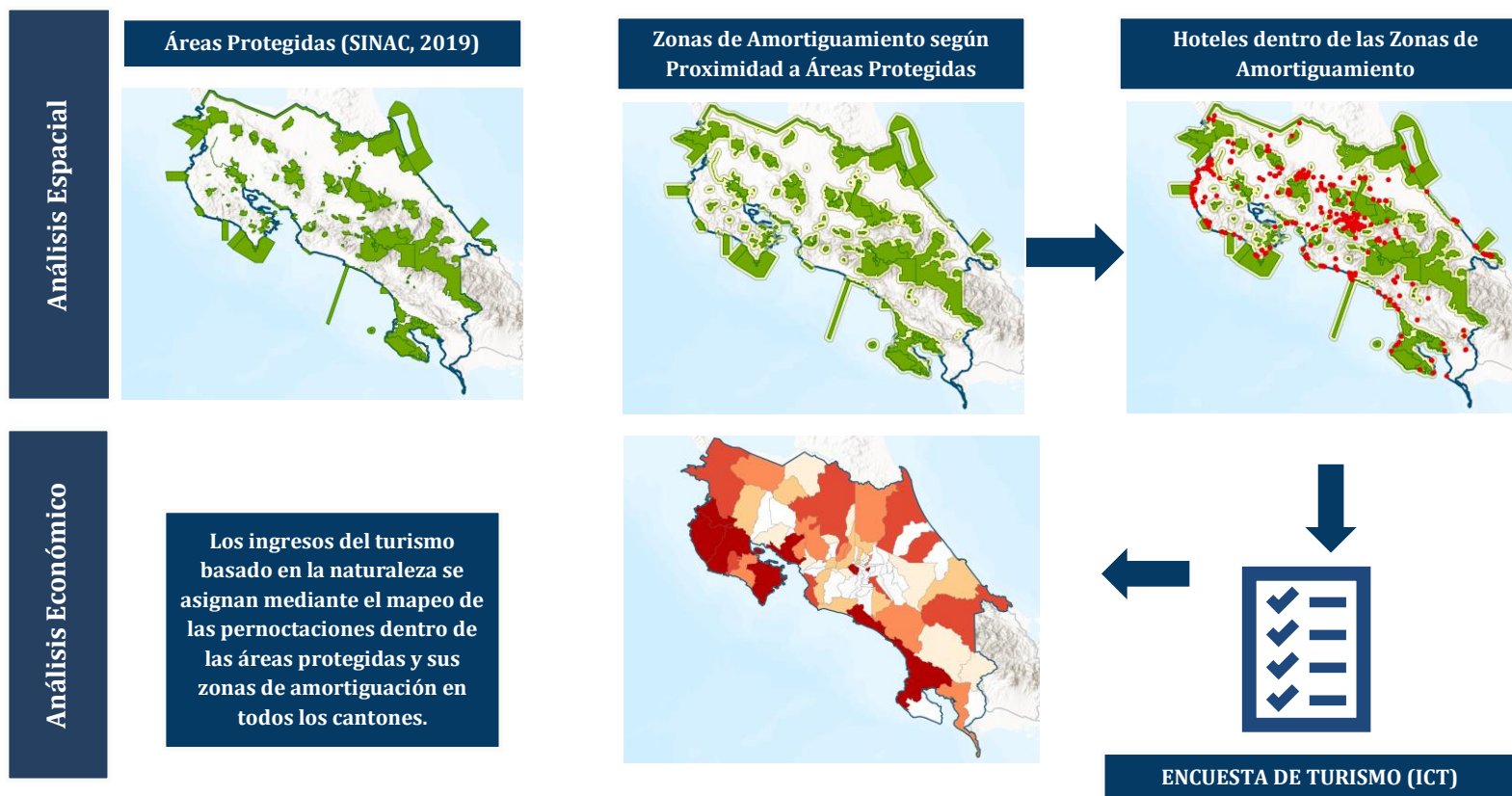
²¹ El web scraping es una técnica que se utiliza para obtener información de páginas web de forma automática a través de algoritmos de búsqueda que rastrean mucha información, para extraer solo la necesaria.

²² La información de los cantones se obtiene del SNIT en el siguiente nodo: https://geos.snitcr.go.cr/be/IGN_5_CO/wfs? (consultado el 10 de marzo del 2024). Es posible realizar el análisis a nivel distrital, sin embargo, se prefirió mantenerlo a nivel de cantón como mejor unidad para utilizar la información para la toma de decisiones de política por gobierno local.

realizado en el paso 3. El producto del total de pernoctaciones por cada una de las ADA por el gasto promedio por pernoctación por cantón brinda el valor del turismo basado en naturaleza a nivel nacional para cada una de las áreas de amortiguamiento desagregado por cantón. La Figura 11 muestra el proceso descrito en los pasos del 1 al 4 de manera esquemática.

Los resultados monetarios se muestran a nivel cantonal debido a que se considera que es la unidad ideal para el manejo y comprensión del impacto de las ASP sobre la economía local, circunscribiendo la valoración al ADA de 3 681 metros. Luego del análisis sobre todas las ADA se observa cómo después de los 3 681 metros la composición de cantones en nivel de importancia monetaria no cambia, lo que confirma el resultado del componente físico, el cual mostró la optimización de la distancia recorrida por un turista.

Figura 11 Esquema para la Valoración Económica del SE de Turismo por Naturaleza



Fuente: elaboración propia con datos de SINAC, ICT y BCCR

4.3 Resultados

En Costa Rica existen 169 Áreas Silvestres Protegidas (ASP), que cubren 1,3 millones de hectáreas, correspondientes al 25,5 % de la superficie total del país. En 2018, tres cantones concentraron el mayor número de pernoctaciones en Costa Rica. Cerca del 46 % del total de pernoctaciones se concentró en los cantones líderes: Puntarenas, San Carlos y Santa Cruz. En el 2018 las ASP generaron más de 26 millones de pernoctaciones relacionadas con el turismo (Figura 12). El turismo relacionado con las ASP (Turismo basado en la Naturaleza, TBN) aportó USD 1641 millones a la economía en el 2018, equivalente al 2,6 % del Producto Interno Bruto (PIB). Este monto equivale al 56,4 % del valor agregado de la industria turística (Cuadro 6). Diez cantones del país concentran el 90 % del valor del TBN en el 2018. En promedio, valor del TBN de las AP fue de USD 1260/ha. El rango de este valor promedio por cantón fue entre USD 1/ha a USD 4954/ha.

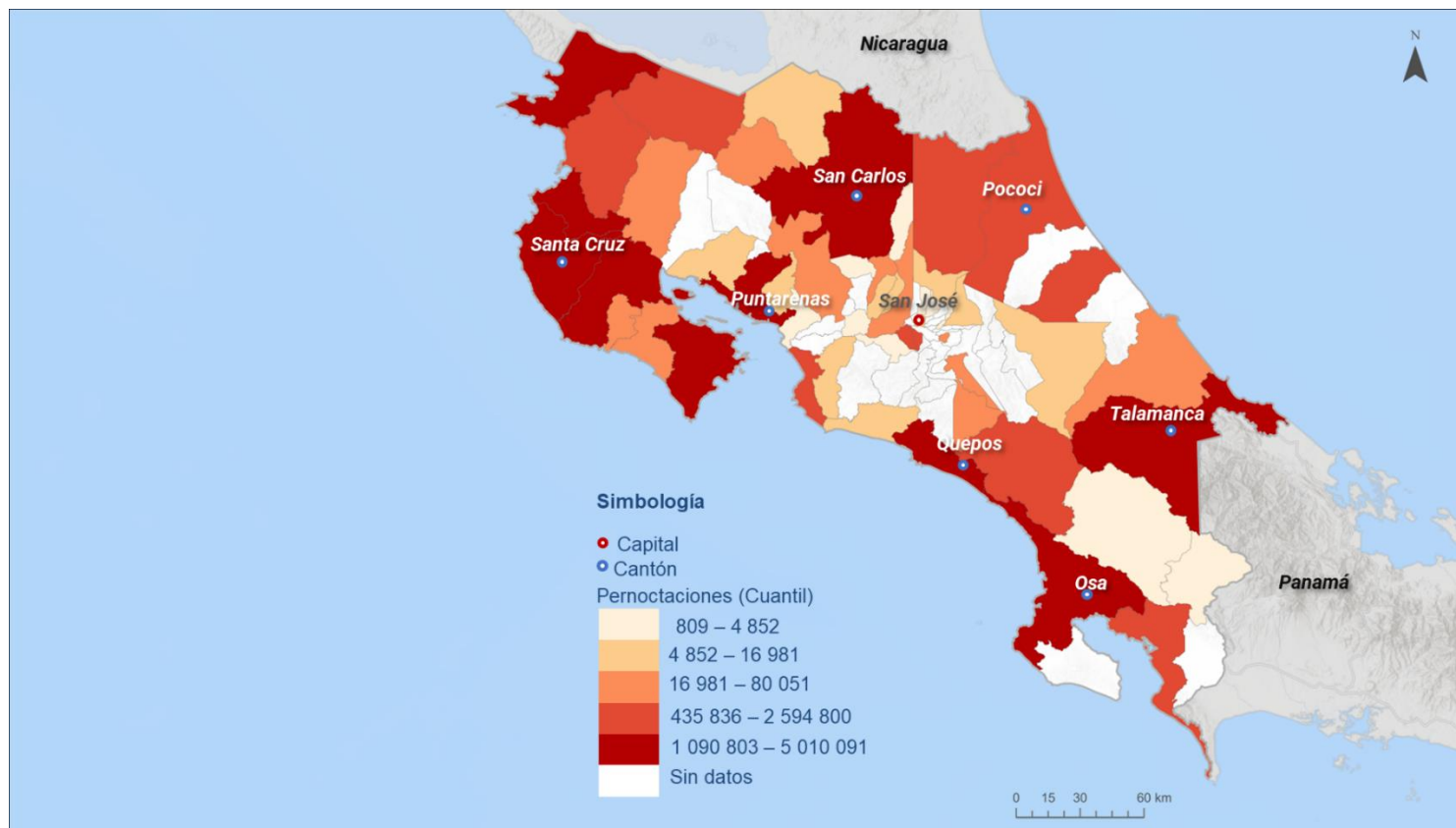
En 2018, el 90 % de los ingresos por turismo de naturaleza se concentró en 12 % de los cantones. Los tres cantones principales (Puntarenas, San Carlos y Santa Cruz) representaron el 45 % de los ingresos por turismo basado en naturaleza, equivalente a USD 751 millones (Figura 13).

Cuadro 6 costa Rica: Contribución económica de las ASP por Cantón (2018)

Cantón	Pernoctaciones	USD Total	Extensión Cantón (ha)	USD/ha Cantón
Puntarenas	5,010,091	316,370,130	181686	1741.3
San Carlos	3,619,297	241,902,016	335214	721.6
Santa Cruz	3,537,629	192,722,496	132080	1459.1
Quepos	2,594,800	167,956,752	55785	3010.8
Talamanca	2,407,205	154,801,153	279223	554.4
Nicoya	1,827,438	98,481,770	133756	736.3
La Cruz	1,354,406	86,614,289	138540	625.2
Carrillo	1,330,148	86,573,657	59901	1445.3
Osa	1,176,514	71,893,603	14511	4954.4
Pococí	1,090,803	62,701,896	218817	286.5
Otros Cantones	2,628,761	161,346,718	2736178	252.4
TOTAL	26,577,092	1,641,364,480		

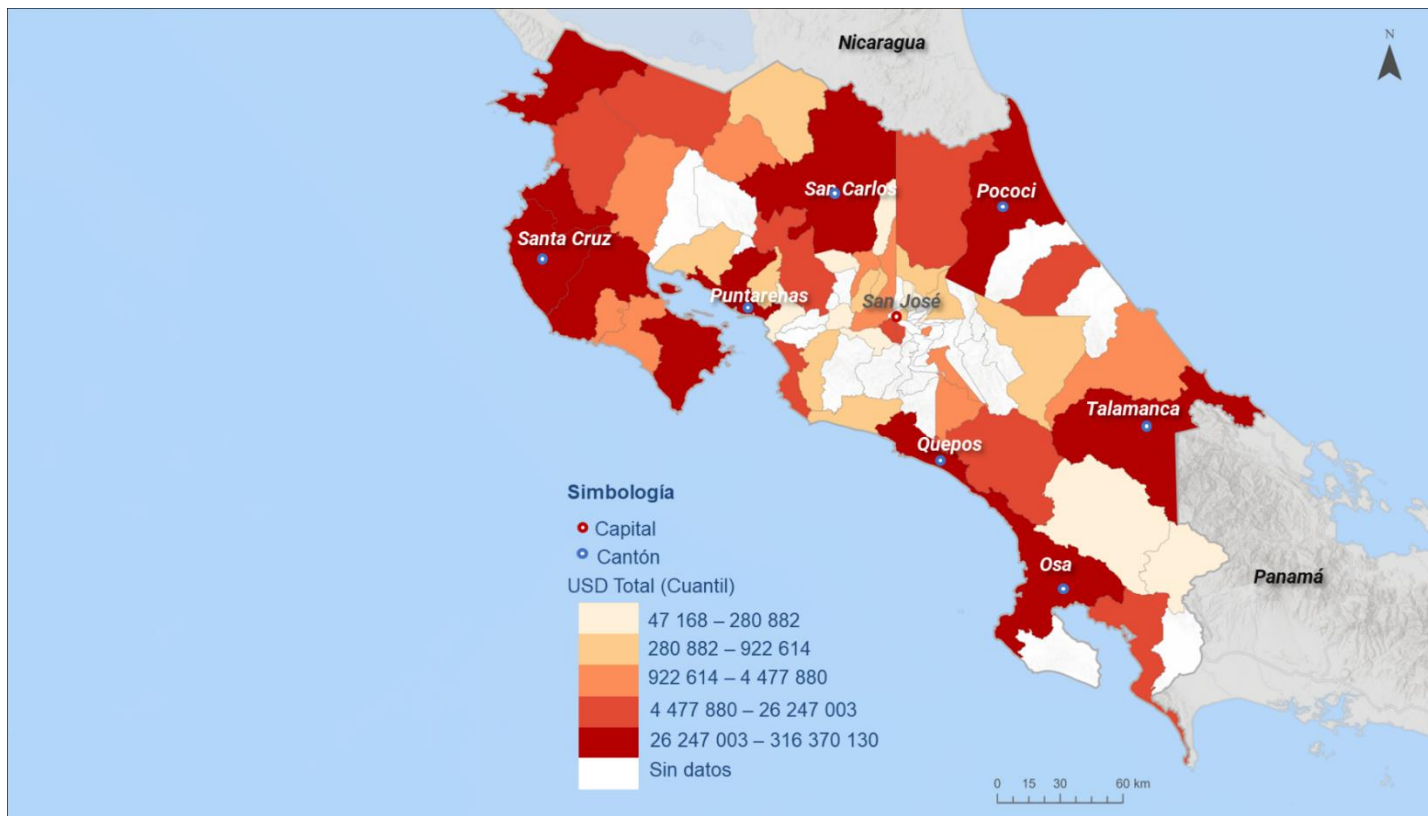
Fuente: elaboración propia con datos de SINAC, ICT y BCCR

Figura 12 Costa Rica: Pernoctaciones del Turismo relacionado con las ASP (2018)



Fuente: elaboración propia con datos de SINAC, ICT y BCCR

Figura 13 Costa Rica: Valor económico del Turismo relacionado con las ASP (USD/ha, 2018)



Fuente: elaboración propia con datos de SINAC, ICT y BCCR

5. Conclusión y Recomendaciones

Los resultados mostrados resaltan la relevancia de la contabilidad de los ecosistemas para el diseño de políticas públicas que fomenten un desarrollo económico sostenible. En relación con su contribución con la mitigación del cambio climático, los bosques de Costa Rica desempeñan un papel vital en el almacenamiento de carbono. Los bosques del país contribuyen no solo con la regulación climática, sino también con la estabilidad económica a largo plazo. El turismo basado en la naturaleza es un motor clave de la economía, especialmente en áreas protegidas que atraen visitantes internacionales. El turismo tiene un efecto multiplicador en la economía local, impulsando otros sectores productivos y contribuyendo con el crecimiento económico sostenible. Los cultivos como la piña y el café desempeñan un papel importante en la economía costarricense al agregar valor y generar empleo. Estos sectores construyen una cadena de valor, desde la producción primaria hasta la exportación de productos procesados, impulsando el crecimiento de la economía.

Costa Rica presenta una amplia variedad de servicios ecosistémicos. Esto abre la posibilidad de crear nuevas cuentas de ecosistemas, los cuales según el SCAE-CE, se deben agrupar en tres grandes categorías: provisión, regulación y servicios culturales. En el futuro, esto representa un desafío metodológico significativo, ya que requiere el desarrollo de cuentas de extensión y condición de los ecosistemas para garantizar una representación más completa de los beneficios que la naturaleza provee a la sociedad.

Un aspecto clave para el avance en esta materia es el desarrollo de una clasificación precisa y oficial de los ecosistemas en Costa Rica y el continuo monitoreo de sus posibles cambios a lo largo del tiempo. En términos de cuentas ecosistémicas, implica la construcción de series de tiempo que permitan analizar la evolución de estos ecosistemas y su impacto en la provisión de servicios.

Para el caso específico del carbono, está pendiente la tarea de analizar los flujos de carbono, lo cual requiere mayor profundidad en la evaluación de las adiciones y reducciones de los stocks. Aunque actualmente se cuenta con dos observaciones en el tiempo, es fundamental mejorar la comprensión de las dinámicas de acumulación y pérdida de carbono en los ecosistemas.

Uno de los retos metodológicos más notables en este aspecto, es el cálculo de una tasa de deforestación nacional oficial, que permita calcular en las cuentas la pérdida de carbono derivada de este proceso y que haga que los resultados obtenidos sean vinculantes. Además, es fundamental mejorar la estimación de la tasa de pérdidas naturales por caída de árboles y follaje, factores que afectan la dinámica del carbono almacenado en los ecosistemas en términos de apertura y cierres de stocks.

En cuanto a los flujos de adiciones, resulta fundamental establecer las edades por categorías de cobertura boscosa para determinar el período en el que estas áreas pueden continuar fijando carbono de manera efectiva a una tasa dada. La capacidad de los bosques para capturar carbono varía en función de su edad y estado de desarrollo, por lo que incorporar este componente en los cálculos permitirá una estimación más precisa.

Con relación al turismo, en el marco de la contabilización del capital natural en Costa Rica, la cuenta de SETBN se convierte en la primera cuenta que hace un cálculo del valor del

beneficio percibido por parte de la sociedad a partir de un servicio ecosistémico. Este tipo de contabilización plantea nuevos retos y aspectos de mejora, dentro los cuales se encuentran:

1. *Validación de resultados:* mediante el procesamiento de futuras encuestas que ratifiquen los hallazgos y permitan hacer análisis de tendencias del beneficio recibido por la economía. Cabe resaltar que los datos de pernoctaciones se procesaron de forma tal que se pudiera extraer mucha más información de la que presentaba en su formato inicial, esto puede sugerir que se implementen mejoras desde el momento de entrevistar al turista para poseer información más consistente, hasta la inclusión de preguntas específicas para la cuenta SETBN.
2. *Depurar el cálculo del componente monetario y físico:* este punto se relaciona con el anterior debido a que en la medida que se desarrollen preguntas específicas para la cuenta de SETBN, se puede recurrir menos a técnicas para aproximar variable como lugar de hospedaje o relación directa entre cercanía a ASP y el gasto. De esta manera, se podría alcanzar mejores estimaciones del componente físico y monetario.
3. *Inclusión turismo interno:* los datos procesados toman en cuenta la información declarada por el turismo receptor, es decir, el turismo que ingresa al país por los aeropuertos. Aunque este turismo representa el 71,5% del total del turismo interior, hay un 28,4% de turismo interno que es importante y que se espera incluir en futuras actualizaciones de la cuenta en TBN.
4. *Continuidad y mantenimiento de futuras cuentas de SETBN:* esto estará en función de la información que se tenga disponible de cuentas nacionales, específicamente la cuenta de turismo y la encuesta de turismo realizada por el ICT, para actualizar tanto el componente físico como el monetario.
5. *Utilización del cálculo monetario:* podría utilizarse para analizar aspectos tarifarios de ingreso a parques nacionales, eventuales impuestos sobre los beneficiarios del SE para el mantenimiento de las ASP y decisiones de corte territorial administrativo como declaratorias de nuevos cantones.

Finalmente, en el caso de los servicios de provisión relacionados con cultivos, se presenta un desafío interesante: integrar al enfoque agrícola con una perspectiva ecosistémica, donde el suelo juega un papel fundamental. La riqueza generada por la actividad agrícola está estrechamente vinculada al valor que el servicio ecosistémico brinda mediante los nutrientes que suministra desde el suelo hacia los cultivos. En el caso específico de la piña y el café, este servicio representa el 0,72 % y el 0,16 % del PIB, respectivamente, según los años de estudio.

Para mejorar el análisis y la planificación en este ámbito, es fundamental desarrollar mapas oficiales de cultivos bajo un enfoque unificado, garantizando la actualización y estandarización de las coberturas agrícolas de forma continua. Esto no solo permitirá un seguimiento preciso de la evolución de la cobertura agrícola, sino que también facilitará la generación de información confiable y oficial para la toma de decisiones.

En cuanto a la valoración de los servicios ecosistémicos, se recomienda que futuros estudios exploren métodos alternativos de valoración, como la renta del recurso, que permitan estimar el valor del servicio ecosistémico aislando el aporte del ambiente dentro del valor agregado. Esto proporcionará una visión más precisa del impacto de los ecosistemas en la producción agropecuaria y su contribución a la economía nacional.

6. Referencias

- Banco Central de Costa Rica (2022). Banco Central de Costa Rica, Presentación de la Cuenta Satélite de Turismo. Disponible en: [https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/CuentaSatelliteTurismo/Presentacion CST.pdf](https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/CuentaSatelliteTurismo/Presentacion_CST.pdf)
- ESRI, ArcGIS Pro (2022). Conceptos del conjunto de herramientas Asignación de clusters. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot-spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm#:~:text=La%20herramienta%20An%C3%A1lisis%20de%20puntos,con%20valores%20altos%20o%20bajos>
- Fallas, J. (2020). Inventario Forestal Nacional Costa Rica: Clases de Cobertura Uso de la Tierra. Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
- Horlings, E., Hein, L., Jongh, L. De, & Polder, M. (2020b). Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands. Technical background (Issue January). <https://www.cbs.nl/en-gb/background/2020/04/monetary-valuation-of-ecosystem-services-for-the-netherlands>
- Instituto del Café de Costa Rica. (2018). *Actualización del área cafetalera 2017-2018*. Departamento de Investigación y Desarrollo. Disponible en: <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/Actualizacion-Area-Cafetalera-2017-2018.pdf>
- Martí, Marq (29 de octubre). ¿Qué es el Web scraping? Introducción y herramientas. Disponible en: <https://sitelabs.es/web-scraping-introduccion-y-herramientas/>
- Microsoft, support. (29 de octubre de 2021). Create a fuzzy match (Power Query). Disponible en: <https://support.microsoft.com/en-us/office/create-a-fuzzy-match-power-query-ffdd5082-c0c8-4c8e-a794-bd3962b90649>
- MOCUPP (2022). Cobertura del cultivo de piña en Costa Rica. Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos. Disponible en <https://mocupp.org/cultivo-pina/>
- Programa REDD/CCAD-GIZ - SINAC. 2015. Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015. Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales. Preparado por: Emanuelli, P., Milla, F., Duarte, E., Emanuelli, J., Jiménez, A. y Chavarría, M.I. Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Costa Rica. San José, Costa Rica. 380 p
- Registro Nacional & Instituto Geográfico Nacional. (2016). *Norma Técnica de Información Geográfica* NTIG_CR05_01.2016. https://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR05_01_2016%20ESTANDARES%20PARA%20LA%20PUBLICACION%20WEB.pdf

Remme, R.P., Edens, B., Schröter, M., Hein, L. (2015). Monetary accounting of ecosystem services: A test case for Limburg province, the Netherlands. *Ecological Economics* 112, 116-128. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.015>.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (Sin fecha). *Mapa de Bosques y Otras Coberturas 2021*. SNIT. <https://geos1pne.sirefor.go.cr/wms?>

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (Sin fecha). *Memoria de Cálculo y Principales Resultados del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica*.

Sud-Austral Consulting SpA; Programa REDD-CCAD-GIZ. (2014). *Memoria de cálculo y principales resultados del inventario nacional forestal de Costa Rica*. San José, Costa Rica: SINAC.

United Nations et al (2014a). *System of Environmental-Economic Accounting 2012—Central Framework*. United Nations, Document symbol: ST/ESA/STAT/Ser.F/109.

United Nations et al. (2014b). *System of Environmental-Economic Accounting 2012—Experimental Ecosystem Accounting*. United Nations, Document symbol: ST/ESA/STAT/Ser.F/112.

United Nations (2021). *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. United Nations.