



CAMBIO CLIMÁTICO Y SU POSIBLE EFECTO SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN DOS PARQUES NACIONALES DE COSTA RICA

Mary L. Moreno

Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible,
Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica

mary.moreno.diaz@una.cr

Hugo G. Hidalgo

Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San Pedro

hugo.hidalgo@ucr.ac.cr

Eric J. Alfaro

Centro de Investigaciones Geofísicas, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología y
Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San Pedro

erick.alfaro@ucr.ac.cr

Resumen

En el presente artículo se realiza un análisis de los principales servicios ecosistémicos brindados por dos Parques Nacionales de Costa Rica, Palo Verde y Rincón de la Vieja, así como una aproximación al valor de su existencia para la sociedad, empleando las metodologías de Conglomerados-Cadena y Transferencia de Valor Unitario. Además, se usaron datos de modelos climáticos de circulación general que permiten analizar las variaciones en precipitación y temperatura en el período 1979 a 2099, con el fin de analizar la posible afectación de estos servicios ecosistémicos en el futuro. Se aproximó el valor de los servicios ecosistémicos para los diferentes conglomerados que se desarrollan alrededor de los dos parques y se obtuvo que en 2017 fue de US\$89.9 millones y US\$95.7 millones respectivamente. Los modelos climáticos arrojaron que, a nivel promedio, en ambas regiones la temperatura presenta una tendencia hacia el calentamiento mientras que la precipitación hacia un déficit, y que, aunque las tendencias de temperatura tienden a ser más monótonas, las tendencias en precipitación son agravadas en la segunda mitad del siglo. Lo anterior significa que los valores de los servicios ecosistémicos podrían verse disminuidos por los efectos del cambio climático a futuro, debido a un incremento en la condición de aridez.

Palabras Clave: servicios ecosistémicos, cambio climático, valoración económica, parques nacionales, modelos climáticos, América Central.

Abstract

In this article we present a valuation of the main ecosystem services of the Palo Verde and Rincón de la Vieja National Parks, Costa Rica. The analysis consisted of an approximate valuation of their existence for society, employing a method called Chain Cluster and Unit Value Transference. Also, data from General Circulation Climate Models were used to analyze precipitation and temperature variations from 1979 to 2099, and to explore a possible impact in these ecosystem services in the future. Results showed that for 2017, the activities around Palo Verde and Rincón de la Vieja generated US\$89.9 million and US\$95.7 million respectively. Analysis of the climate model output for both regions showed that on average, temperature would present future warming trends and drier precipitation conditions. Temperature trends are monotonic, while precipitation trends tend to be aggravated in the second half of the century. This means that the ecosystem services could be reduced in the future, as a result of an increase in the aridity.

Key Words: ecosystem services, climate change, economic valuation, National Parks, climate models, Central America.

JEL Codes: A13, H41, Q54, Q57



1. Introducción

La valoración económica es una herramienta metodológica que permite aproximar el valor para la sociedad de la existencia de los ecosistemas y de sus servicios. Con lo anterior, se le asigna un valor a estos activos y sus servicios, para los cuales no existe directamente un mercado donde se pueda observar los precios, posibilitando la toma de decisiones para su gestión y manejo (Moreno 2009). En la literatura económico-ecológica se han evidenciado diversos lenguajes de valoración (monetario, biofísico y cualitativo), no limitándose exclusivamente al lenguaje monetario, haciendo el análisis más integral (Martínez-Alier 2011; Barkin y Tagle 2012).

En Costa Rica se han generado gran cantidad de documentos relacionados con la aplicación de metodologías de valoración económica muchos de ellos empleando un enfoque desde la economía ecológica, donde se incluyen no solamente valores monetarios sino también biofísicos y cualitativos (Aguilar 2002; 2007; Ulate y Cisneros 2007; Moreno et al. 2010; Reyes et al. 2013; Aguilar y Segura 2016; Segura et al. 2017). También se han desarrollado estudios en donde se emplean sistemas de evaluación, en los que el concepto de valor de los recursos naturales (RENA's) y sus servicios ecosistémicos (SE) son muy importantes para sus usuarios y por lo tanto para su manejo y conservación (Hartley 2002; Camacho et al., 2003; Reyes et al., 2004^a; Reyes et al. 2004^b., Marozzi 2004; Hartley 2010).

Este gran esfuerzo en recursos humanos, así como financieros para la realización de los estudios de valoración ha generado a través de los años un importante conocimiento tanto sobre los costos sociales, así como económicos de la degradación, los beneficios del adecuado manejo de los ecosistemas, sus recursos naturales y servicios brindados a la sociedad (Moreno 2016). En este proceso se han generado algunas herramientas e instrumentos que han permitido la

elaboración de medidas de política tendientes a mejorar su uso y conservación (Barrantes y Castro 1998; 1999; Castro 1999, Castro et al. 2000). Además, estos estudios han contribuido en la concientización de la población de que los ecosistemas y sus servicios no son ilimitados y que su degradación puede traer serias consecuencias para la sostenibilidad de sus actividades económicas e incluso sociales (Alpizar et. al. 2005; Andrade et al. 2008).

Los procesos de valoración económica de los SE deben estar respaldados por análisis adecuados de las diferentes relaciones entre los servicios y los diferentes factores que los pueden vulnerar, como es el caso del cambio climático. Aunque a nivel mundial se han desarrollado algunos trabajos que relacionan estas tres áreas (Constanza et al. 1997; Cai et al. 2015), son pocos los trabajos que se han desarrollado en Costa Rica combinándolas (Moreno & Alfaro 2018; Valencia et al., 2017). Por esta razón, en el presente artículo se desarrolla un trabajo integrado en el que se realiza una aproximación al valor que tiene para la sociedad la existencia de los SE y se aproximan los posibles efectos que el cambio climático podría tener sobre ellos.

Los ecosistemas naturales proveen una serie de servicios vitales para la supervivencia del mismo ecosistema, pero también para las comunidades locales, regionales, nacionales e internacionales (Segura et al. 2017). Las funciones ecológicas que se desprenden de los ecosistemas, una vez que benefician personas directa o indirectamente se transforman en servicios. Es en este sentido que los servicios ecosistémicos pueden definirse como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas y pueden ser divididos en cuatro grandes grupos: servicios de soporte, de provisión, de regulación y culturales (WRI 2003). Cada uno de estos grupos genera efectos sobre el bienestar de las personas. La tipología de los diferentes grupos se presenta a continuación (WRI 2003; 2005):



- Los servicios de soporte:

Son productos obtenidos de los ecosistemas y son esenciales para el mantenimiento de cada uno de los otros tres servicios de los ecosistemas, además existen diversos vínculos entre ellos y los factores determinantes y componentes de bienestar humano. Las formas espaciales y temporales de estos enlaces, así como su complejidad, son muy variadas. Algunas relaciones son inmediatas; otras se materializan en el mediano y largo plazo. Ejemplos de este tipo de servicios son la formación de suelo, la fotosíntesis, la producción primaria, el ciclo de nutrientes y el ciclo del agua.

- Los servicios de provisión:

La biodiversidad proporciona la sostenibilidad y la capacidad para la recuperación de los recursos presentes en los diferentes tipos de ecosistemas y es de vital importancia para los medios de vida y estrategias de supervivencia de muchas personas, especialmente las comunidades pobres en zonas rurales. Ejemplos de estos servicios son alimentos, madera, agua, plantas medicinales entre otros.

- Los servicios de regulación:

Son aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos de los ecosistemas que permiten la purificación del aire y el agua, la reducción de las inundaciones o la sequía, la estabilización del clima local y regional e incluso aporta al control del rango y la transmisión de determinadas enfermedades, incluyendo algunos que son transmitidas por vectores.

- Los servicios culturales:

Estos servicios tienen un valor en algunas ocasiones inconmensurables y claves en la calidad de vida de las comunidades, a través por ejemplo de bosques sagrados, árboles, paisajes escénicos, formaciones geológicas o ríos y lagos. Estos atributos y funciones de los ecosistemas influyen en los aspectos estéticos, recreativos, educativos, culturales y espirituales de la experiencia humana.

Es importante resaltar que, los ecosistemas pueden prestar más de un SE y por lo tanto incluirse en más de un grupo a la vez. Algunos de estos servicios pueden ser, por ejemplo: el disfrute cultural de realizar turismo en los ecosistemas de manglar (servicios culturales) y además la protección contra inundaciones (servicios de regulación) que estos mismos ecosistemas prestan. Otro ejemplo es el de los bosques que ayudan a mantener ecosistemas acuáticos saludables (servicios de regulación) y proporcionan fuentes fiables de agua limpia (servicios de provisión).

Los SE y su generación de ingresos, se ven afectados por las externalidades ambientales, que se presentan cuando la actividad de una persona o empresa impacta el bienestar de otra, sin que se pueda cobrar un precio/compensación por ello (Izko y Burneo 2003). Una de estas externalidades ambientales causada por los procesos de producción y modelos de crecimiento económico ha sido el cambio climático.

En este sentido, los efectos del cambio climático sobre diferentes ecosistemas han sido estudiados por diferentes autores como Bergkamp et al. (2003); BID (2015); Pounds et al. (2005); Parry et al. (2007); Dudley (1998) y Fung et al. (2017), entre otros. BID (2015) menciona que los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad se relacionan con los cambios en los patrones de precipitación y temperatura, que llevan a variaciones en la humedad relativa del sistema. En el presente estudio, se está analizando los posibles impactos económicos asociados con cambio climático para parques nacionales costarricenses, haciendo un enfoque de valoración de servicios ecosistémicos. La aproximación metodológica empleada que integra la parte física y económica puede ser empleada por otros países de la región latinoamericana bajo la hipótesis de que cambios futuros en variables como precipitación, temperatura y aridez, repercutirán en



el valor que tienen para la sociedad los servicios ecosistémicos.

2. Materiales y Métodos

Se realiza una conceptualización general de los servicios ecosistémicos y la relación entre biodiversidad y cambio climático, posteriormente se elabora una caracterización y valoración de los servicios ecosistémicos de los Parques Nacionales (PN) Palo Verde (PNPV) y Rincón de la Vieja (PNRV), ubicados en la vertiente del Pacífico Norte de Costa Rica, basados en las metodologías empleadas por Moreno et al. (2010) y por Segura et al. (2017). En el primer estudio se empleó la metodología de Conglomerada-Cadena, que, aunque no es considerado como una metodología de valoración como tal, en su desarrollo emplea instrumentos propios de los procesos de valoración de servicios ecosistémicos como las preferencias reveladas y los precios de mercado, para aproximar el valor que tiene para la sociedad la existencia de los PN, a través de sus servicios ecosistémicos como belleza escénica y protección del recurso hídrico y en el segundo, la metodología de Transferencia de Valor Unitario (Aguilar y Segura 2016). Además, se utilizaron salidas de modelos de cambio climático de circulación general para analizar las variaciones mensuales de precipitación y temperatura, y finalmente se realiza un análisis de los posibles efectos futuros del cambio climático sobre los ecosistemas y sus servicios de estos dos parques nacionales, basado en lo propuesto por Hidalgo y Alfaro (2015).

2.1. Metodologías para la aproximación al Valor de los Servicios Ecosistémicos

El análisis metodológico se basa en que los Parques Nacionales (PN) son activos naturales que, en términos socioeconómicos, generan una serie de efectos externos que permiten que terceros se beneficien de su existencia, lo que se conoce en la literatura como *externalidades*. Los PN se constituyen en un conjunto territorialmente

conglomerado de servicios ecológicos, generadores de actividades económicas, de las cuales se benefician los habitantes locales, regionales, nacionales e internacionales.

El valor que tiene para la sociedad la disponibilidad de estos servicios puede analizarse desde diferentes puntos de vista. Moreno et al. (2010) analizó un grupo de actividades socioeconómicas (provisión de bienes y servicios de carácter productivo, recreativo, etc.) presentes en los alrededores de estos PN, asociadas a las cuales existe un grupo de actividades que aprovechan los servicios también por medio de una cadena de valor en escalas superiores. Es decir, se genera una externalidad socialmente positiva debido a la existencia de los PN, conduciendo potencialmente a un proceso de desarrollo vertical y horizontalmente vinculado.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se define que la herramienta apta para la identificación de las actividades productivas y sociales es el enfoque de *clúster* (o conglomerados de actividades interrelacionadas dentro de una cadena de generación de ingreso), que permite atribuir las contribuciones de los PN por la prestación de servicios ecosistémicos, a la emergencia y consolidación de dichas actividades de carácter socioeconómico y además permite por medio de cálculos numéricos y de indicaciones cualitativas, aproximar los beneficios en forma de empleo, remuneración, ingreso por visitación, valor agregado localmente y nacionalmente generado, pago de regalías por concepto de investigación científica y aplicada en los parques, etc (Moreno et al 2010).

Para este estudio en particular, el *clúster* debe entenderse metodológicamente como una concentración sectorial y territorial de actividades y empresas que interactúan cada vez más entre ellas en términos productivos y organizacionales y que dependen en última instancia de la conservación o no del PN. Debido a que el



beneficio no sólo se debe aproximar a nivel local, se combina el enfoque de clúster con el de cadena transversal, es decir, desde la localidad de origen hasta el destino final. Con esto, se pueden arrastrar los múltiples efectos de vinculación hacia delante, que tienen los PN sobre la vida socioeconómica, desde su fuente (localidad) hasta su repercusión a un nivel de escala espacial mayor (Furst et al. 2004; Moreno et al. 2010).

El *análisis de conglomerados* -en estrecha relación con la *evaluación de cadenas*- constituye la metodología más idónea para abordar la *externalidad social* que caracteriza las áreas protegidas desde la perspectiva del desarrollo dinamizado por innovaciones. En este caso, la innovación original (fuerza de impulso inicial) se interpreta como la decisión tomada (por la sociedad costarricense) de conservar los servicios ecológicos del parque, y la externalidad generada por tal innovación se concibe como el aprovechamiento de nuevas oportunidades en la esfera socioeconómica que son inducidas o por lo menos relacionadas con la existencia del parque o reserva (Furst et al 2004). La información obtenida en este tipo de análisis permite mostrar que los parques protegidos no son sólo un gasto para la sociedad, sino que generan beneficios a nivel local, regional y nacional y que lo que se invierte o se paga por la entrada es sólo una fracción de lo que realmente generan.

Adicional a la metodología presentada en los párrafos anteriores, Segura et al. (2017), emplea la de Transferencia de Valor Unitario, que permite aproximar el valor que tiene para la sociedad la existencia de los SE brindados por un ecosistema, basándose en información secundaria de estudios aplicados en otros lugares, pero con características similares.

A continuación, se enlistan los pasos que se definieron para aplicar la metodología de Transferencia de Valor Unitario (Segura et al. 2017):

1. Identificar los servicios ecosistémicos provistos por los humedales.
2. Priorizar los servicios ecosistémicos que se consideren relevantes para el proceso de valoración económica.
3. Validar los servicios ecosistémicos priorizados con los encargados de las áreas de conservación donde se encuentran ubicados los humedales.
4. Determinar el área y ubicación de los ecosistemas de humedales a evaluar utilizando técnicas de sistemas de información geográfica (SIG) generadas por el Proyecto Humedales.
5. Seleccionar los estudios originales apropiados de valoración de los servicios ecosistémicos seleccionados, que cumplen con los requerimientos de calidad para una transferencia de valor.
6. Evaluar el diseño de la investigación de los estudios originales seleccionados para evaluar comparabilidad entre ellos y determinar el tipo de ajustes que puedan ser necesarios para contabilizar las diferencias en el diseño.
7. Realizar la transferencia de valores de los servicios ecosistémicos priorizados, ajustados por el índice de precios al consumidor (IPC), la paridad del poder adquisitivo (PPA), calculando valores mínimos, máximos, promedios y mediana para cada ecosistema y luego para los servicios ecosistémicos de cada humedal en su totalidad.
8. Consultar a los beneficiarios los resultados de la valoración económica de los servicios ecosistémicos. Esto es clave para la transparencia del proceso y por lo tanto para la aceptación de los actores interesados (Segura et al. 2017; p:24).

Para el proceso metodológico desarrollado en Segura et al. (2017), es importante aclarar que:

Tomando como referencia los valores otorgados a los servicios ecosistémicos de más de 1.350 documentos publicados en revistas científicas indexadas de nivel internacional, se realizó una



selección considerando la ubicación geográfica. Únicamente los que estuvieran en el trópico, con descripción de los ecosistemas de manera similar, que no tuvieran cálculos generalizados a nivel “mundial”, sino para un país o región concreta y que se hubieran publicado después de 1990. La nueva base de datos se construyó con la información de los diferentes estudios seleccionados, ordenando la información y convirtiendo los valores de cada una de las referencias al año 2015 (p. 28).

En Segura et al. (2017) también aclara que:

En este trabajo se tomaron las previsiones correspondientes para contar con el respaldo lo más robusto posible y presentar los valores más cercanos al valor total de cada servicio ecosistémico y del total de servicios ecosistémicos de cada humedal. (p.139).

Por lo anterior y aunque Liu et al. (2010) y Pascal et al. (2010) llaman la atención sobre la baja transferibilidad de datos especialmente en los servicios de recreación y turísticos el estudio de Segura et. al (2017) selecciona los más idóneos entre los disponibles y además la metodología empleada no pretende calcular valores definitivos para los ecosistemas analizados, sino que representa una guía y primera aproximación del valor del capital natural analizado.

2.2. Generación de escenarios de Cambio Climático

La metodología empleada para la generación de escenarios de Cambio Climático empleó datos de los modelos climáticos del “Coupled Model Intercomparison Project 5” (CMIP5) (Taylor et al. 2012) correspondientes al escenario de forzamiento del Representative Concentration Pathway 8.5 o RCP8.5. Los diferentes RCPs corresponden a los forzamientos de los gases de efecto invernadero (GEI) equivalentes en watts por metro cuadrado al final de siglo. En otras palabras, el RCP8.5 corresponde a un forzamiento de CO₂ equivalente de 8.5 W/m² o ~1370 ppm CO₂

equivalente a final de siglo por efectos de GEI y por consiguiente los efectos antrópicos corresponden a un escenario pesimista. En el **Cuadro 1** se muestra una lista de los modelos usados. Otras indicaciones que se encuentran luego del nombre del modelo en el Cuadro 1 son el número de corrida (r), que corresponde a versiones del modelo con la misma física, pero estados iniciales (realizaciones) diferentes, método de inicialización (i) diferentes y diferentes físicas (p). Sólo se usaron los i1 y p1, pero en algunos casos se usaron diferentes realizaciones (r) del mismo modelo, lo cual se indica en el nombre del archivo y de la corrida.

Cuadro 1. Lista de modelos y corridas usadas.

Número	Nombre de modelo (y corrida)
1	ccsm4_r1i1p1
2	ccsm4_r2i1p1
3	cesm1_cam5_r1i1p1
4	cesm1_cam5_r2i1p1
5	cmcc_cms_r1i1p1
6	ec_earth_r2i1p1
7	giss_e2_r_r1i1p1
8	miroc5_r1i1p1
9	miroc5_r3i1p1
10	mpi_esm_lr_r1i1p1
11	mpi_esm_lr_r2i1p1
12	mpi_esm_lr_r3i1p1
13	ccsm4_r3i1p1
14	cesm1_cam5_r2i1p1

Fuente: Elaboración propia.

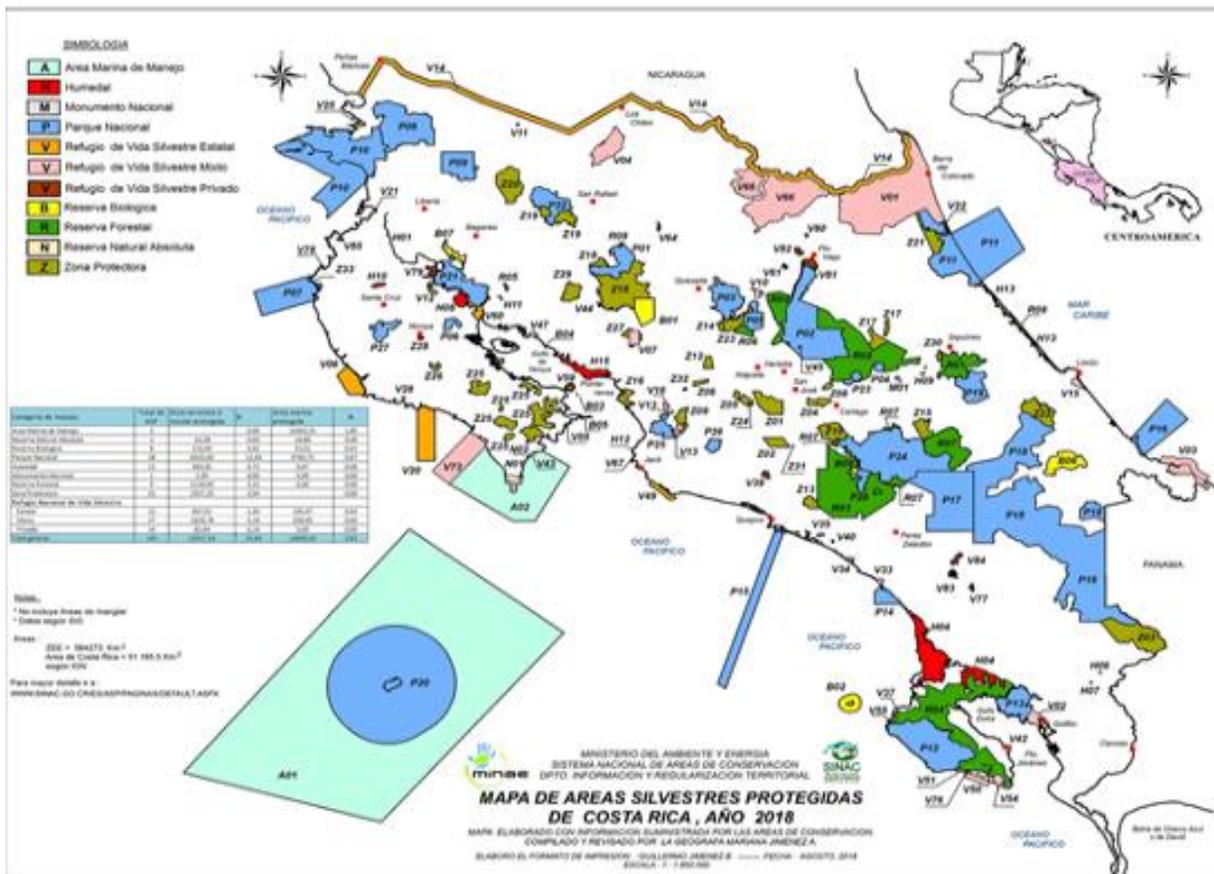
Estas 14 corridas de modelos climáticos globales de circulación general, que consisten en proyecciones climáticas mensuales de



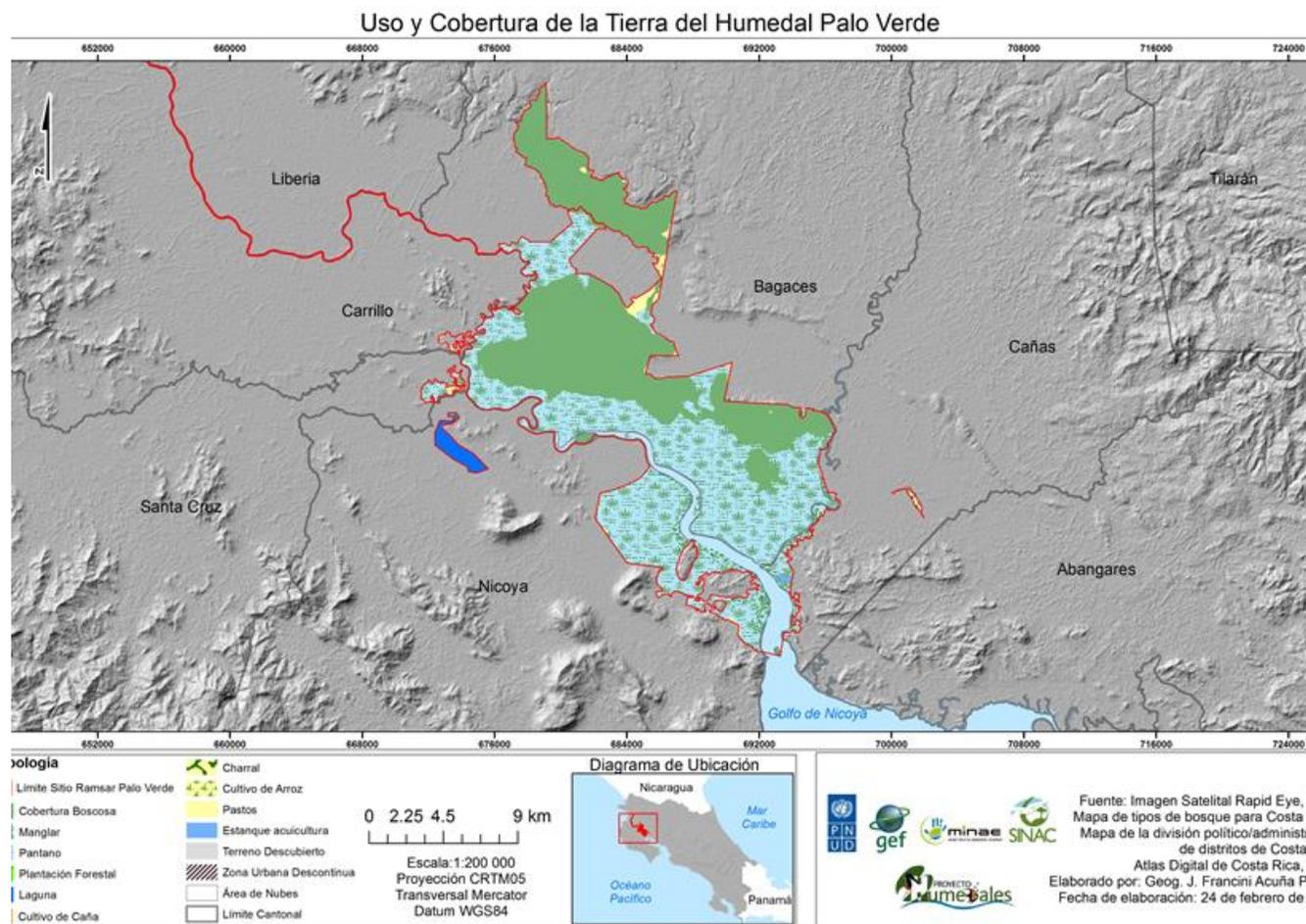
precipitación y temperatura, fueron seleccionados tomando en cuenta aquellos que mejor reproducen el clima histórico en América Central de acuerdo con Hidalgo y Alfaro (2015).

Estos modelos globales tienen una resolución muy gruesa, del orden de 250 km x 250 km o más, así que necesitan un procedimiento llamado “cambio de escala” (Amador y Alfaro 2009) para obtener los datos a una resolución más adecuada (en este caso 5 km x 5 km). Esto se hizo de forma estadística de acuerdo con Hidalgo et al. (2017). Se calcularon los cambios en precipitación y temperatura, con respecto al clima histórico 1979-

1999, como base. Adicionalmente, se dispone de las corridas del estudio de Hidalgo et al. (2013), en el cual se corrieron los datos en el modelo hidrológico de “Capacidad de Infiltración Variable” (VIC; Liang et al. 1994) y se generó la proyección de la escorrentía futura promedio en la región. Detalles del modelo se encuentran en Liang et al. (1994) y la aplicación en América Central en Hidalgo et al. (2013). Los resultados de estos escenarios de Cambio Climático se utilizaron posteriormente para analizar la posible afectación de los SE en los PN en el futuro.



Mapa 1. Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. 2018. Fuente: SINAC (2018)



Mapa 2. Ubicación Geográfica Parque Nacional Palo Verde 2018. Fuente: Proyecto Humedales SINAC-PNUD-GEF. 2016.

3. Resultados

3.1. Caracterización zona de Estudio y Valoración de los Servicios Ecosistémicos

Costa Rica cuenta con 166 Áreas Silvestres Protegidas (ASP), entre las cuales se cuentan 28 Parques Nacionales con una extensión total 629.394 ha (46% del total) y que cuentan con una alta generación de ingresos para la economía costarricense a nivel local, regional, nacional e internacional. En el **Mapa 1**, se presentan las 166 ASP de Costa Rica.

3.1.1. Parque Nacional Palo Verde

El Parque Nacional Palo Verde (PNPV) fue creado el 30 de abril de 1978 (Decreto Ejecutivo núm. 8492-A). Este Parque tiene una extensión de 19.800 ha (SINAC 2013). De su extensión, aproximadamente un 56% (11.050 ha) corresponde a humedales (Castillo y Guzmán 2004). Su elevación máxima es de 268 m.s.n.m en el Cerro Pelón ubicado en el sector Catalina (Ver **Mapa 2**).

Cuenta con más de 12 tipos de hábitats, entre ellos se encuentran las lagunas y pantanos salobres y de agua dulce, zacatonales con mangle salado, los manglares, los pastizales con raspaguacal (*Ehretia*



latifolia), los bosques achaparrados de bajura, bosques mixtos deciduos de llanura, bosques mixtos sobre colinas calcáreas, bosques riberinos o de galería, sabanas arboladas, bosques anegados y bosques siempre verdes. Además, es un lugar de grandes concentraciones de aves acuáticas y vadeadores (Kappelle 2016). La principal zona de vida del PNPV es el Bosque Seco Tropical. Es uno de los últimos remanentes de bosque tropical seco que hay en Centroamérica (ICT 2007), que inicia en Chiapas (México) y abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región central premontana de Guatemala, el Salvador, Honduras, Nicaragua y parte de Costa Rica (FAO 2012). El área del parque está sujeta a inundaciones estacionales de gran magnitud. Durante la estación lluviosa y debido al poco drenaje natural que tiene la llanura, el área se anega por efecto de la acción combinada de la lluvia, las mareas y los desbordamientos de los ríos Tempisque y Bebedero. En algunas ocasiones, toda la zona se convierte en una inmensa laguna debido a las inundaciones provocadas por las fuertes lluvias (Chavarría, comunicación personal, 2009).

Desde 1991 el PNPV es un Sitio Ramsar de importancia internacional, lo que ha permitido la intervención de los humedales y la apertura de más de 500 ha de laguna, el conteo de la concentración de aves fue de 20.000 individuos (Moreno et al. 2009). Se encuentran especies en peligro de extinción como el Jabirú o Galán sin Ventura (*jabiru mycteria*) el ave acuática más grande del continente, y muchos árboles como el Guayacán Real (*Guayacun sanctum*), Cocobolo (*Dalbergia retusa*) y Ron Ron (*Astronium graveolens*) (Segura et al. 2017). La Organización de Estudios Tropicales (OET) cuenta con una Estación Biológica dentro del Parque, donde tienen lugar diversos proyectos de investigación y educación ambiental. Además, se identifican también fondos para investigación que en su mayoría son manejados por la OET ubicada dentro

del PNPV y que no están relacionadas directamente con la administración del Parque por parte del SINAC.

El PNPV es visitado anualmente por gran cantidad de científicos y estudiantes que analizan la rica biodiversidad de sus hábitats, y especialmente la riqueza de aves en el lugar. Entre 2000 y 2016 el número total de visitantes fue de 76.274 con un promedio anual de 2870 residentes y 2215 para no residentes. En el PNPV se desarrollan especialmente actividades de investigación, educación, agropecuarias y de turismo. Alrededor de estas actividades los hoteles, restaurantes, tour operadores, lancheros, agencias de viajes y aerolíneas generan recursos económicos.

En los alrededores se practican diferentes actividades agrícolas y ganaderas, además del turismo, el comercio y la industria. La agricultura se ha visto favorecida por el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, que beneficia la producción de arroz, caña de azúcar y melón. Existen tres grandes ingenios en el sector: Central Azucarera del Tempisque S.A. (CATSA), Ingenio Azucarera El Viejo y el Ingenio Taboga, además de grandes empresas de cultivo de arroz como el Pelón de la Bajura. Debido a lo anterior, la utilización de los recursos de algunos de los humedales del Bajo Tempisque, como el agua, constituye un insumo fundamental para estas empresas y para las comunidades. Sin embargo, la falta de gestión adecuada de los recursos naturales favorece varias prácticas ilegales, entre ellas la pesca y la extracción de moluscos. Esta situación desencadena conflictos sociales a lo interno y externo de las comunidades (Segura et al., 2017).

Moreno et al. (2010) obtuvo que los beneficios generados por la existencia del parque a diferentes actividades ubicadas a nivel local, regional y nacional fueron de US\$1.9 millones de dólares anuales. Segura et al. (2017), realiza una aproximación de US\$89.9 millones de dólares en la que incluye otros servicios ecosistémicos, en el



Cuadro 2 se presentan los datos del estudio. Es importante aclarar que estos montos hacen referencia a lo que representa la existencia de los

servicios ecosistémicos para la sociedad y no necesariamente que se está obteniendo actualmente.

Cuadro 2. Valoración económica de servicios ecosistémicos PNPV. Dólares. 2017

Ecosistema/Servicio Ecosistémico	Hectáreas	Provisión	Regulación	Culturales	Soporte	Total
Charral	31	0	11 949	0	0	11 980
Cobertura Boscosa	5654	26 808 487	9 302 442	530 436	284 796	36 931 814
Manglar	833	322 411	3 266 824	53 808	306 763	3 950 639
Pantano	12898	0	31 668 860	14 631 045	678 616	46 991 420
Pastos	384	2 055 168	0	0	0	2 055 552
TOTAL	19 800	29 186 066	44 250 075	15 215 290	1 270 175	89 941 406
%		32,45	49,20	16,92	1,41	

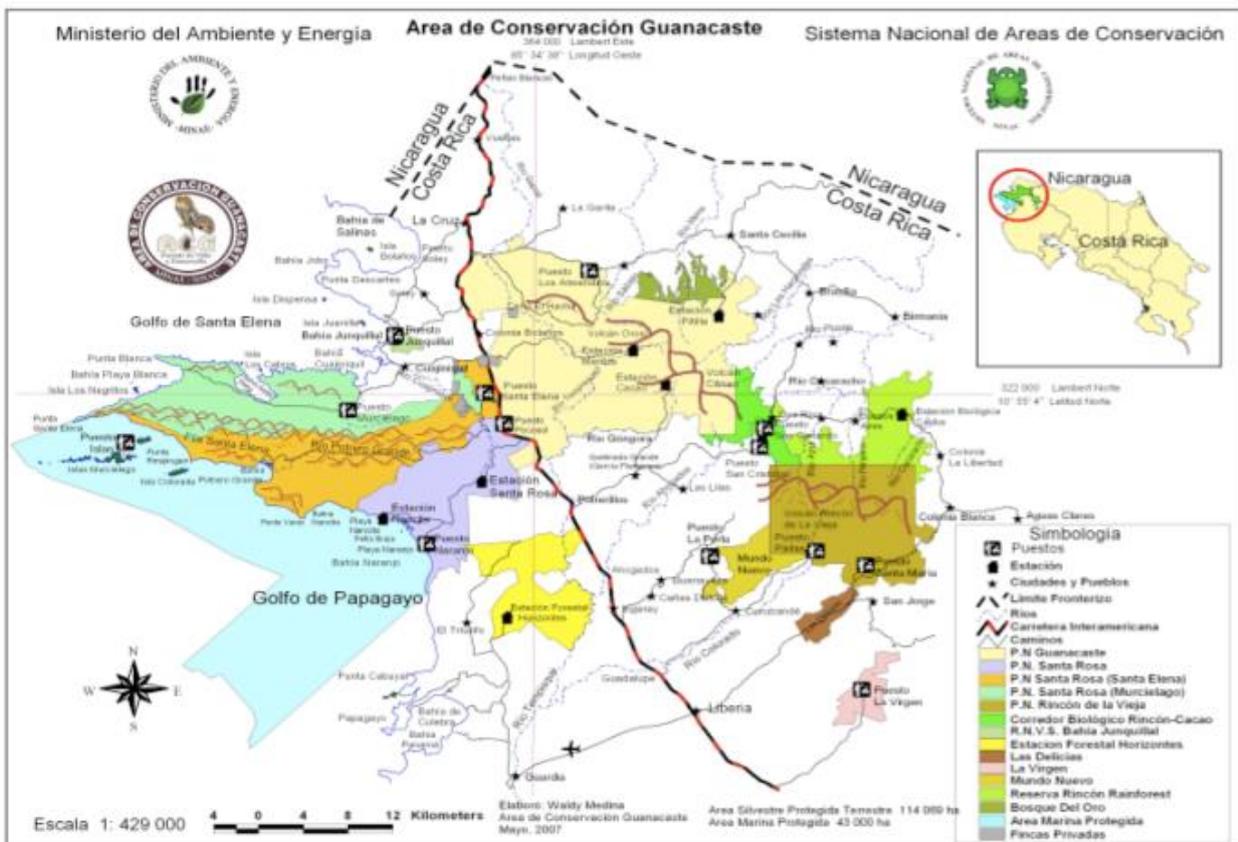
Fuente: Segura et al. 2017.

Como se aprecia en el Cuadro 2, los servicios ecosistémicos que más valor aportan a la sociedad son los de regulación (49,20%), entre ellos se tiene en cuenta la regulación del agua/flujo, la calidad del aire, control biológico, regulación del clima, prevención de la erosión, protección contra eventos extremos, polinización, purificación del agua y detoxificación del suelo. La segunda contribución más alta es la de los servicios de provisión (32.45%) donde se incluye la bioprospección y la protección del agua (almacenamiento y retención que sirven a la provisión para los usos humanos EEM (2005)); la tercera son los servicios culturales (16.92%) en donde se incluyen las actividades turísticas y de soporte (1.41%), aquí es importante aclarar que probablemente la valoración de estos servicios de soporte este subvalorada ya que hay muchas interacciones en los sistemas naturales que

permiten el desarrollo de los demás servicios pero son muy difíciles de valorar (TEEB, 2010).

3.1.2. Parque Nacional Rincón de la Vieja

El Parque Nacional Rincón de la Vieja (PNRV) comprende un total de 14.160,63 ha ubicadas tanto en los distritos Dos Ríos y Aguas Claras (ambos, parte del cantón de Upala, provincia Alajuela). Asimismo, parte del parque está comprendida en los distritos Mayorga, Cañas Dulces, Curubandé y Liberia (todos ubicados en el cantón de Liberia, provincia Guanacaste). Las comunidades aledañas incluyen Parcelas de Santa María, San Jorge, Santa María Colonia Libertad, Buenos Aires, Las Delicias, Mundo Nuevo y Colonia Blanca. (Ver **Mapa 3**).



Mapa 3. Ubicación Geográfica Parque Nacional Rincón de la Vieja. Fuente: Área de Conservación Guanacaste (s.f)

Según Chacón (2009), la vegetación del PNRV es mayormente bosques. De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982, citado en Quesada, 2007, p. 4), la vegetación de bosques dentro del Parque corresponde a cinco zonas de vida: (1) bosque muy húmedo tropical transición a premontano, (2) bosque pluvial premontano, (3) bosque pluvial montano bajo, (4) bosque húmedo tropical transición a premontano, y (5) bosque muy húmedo premontano.

Debido a la diversidad de ecosistemas representados en las cinco zonas de vida indicadas, la fauna es muy variada en el Parque (MINAET et al., 2009). Se encuentran mamíferos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), saíno (*Tajassu tajacu*), tepezcuintle (*Agouti paca*), danta (*Tapirus bairdii*), pizote

(*Nasua narica*), jaguar (*Panthera onca*), y guatusa (*Dasyprocta punctata*). Adicionalmente, un total de 282 especies de avifauna han sido reportadas en el Parque.

Este PN ofrece diversos atractivos para los turistas entre ellos las fumarolas, pailas de barro y cataratas, que constituyen la base fundamental para las actividades productivas del clúster turístico desarrollado en las comunidades aledañas al parque. Moreno et al. (2010) realizó una aproximación del valor que para la sociedad tiene la existencia del Parque y el monto obtenido fue de US\$23 millones de dólares para 2009.

Empleando datos de Segura et al. (2017) y de Salas et al. (2010), se realizó una aproximación de US\$95.7 millones de dólares en la que se incluye otros servicios ecosistémicos, en el Cuadro 3 se presentan los datos obtenidos.



Cuadro 3. Valoración económica de servicios ecosistémicos PNRV. Dólares. 2017

Ecosistema/ Servicio Ecosistémico	Hectáreas	Provisión	Regulación	Culturales	Soporte	Total
Charral						0
Cobertura Boscosa	11 045,29	52 371 332	18 172 651	19 845 735	556 358	90 957 122
Manglar						0
Pantano						0
Pastos	903,45	4 835 264				4 836 168
Otros	2 212,00					
TOTAL	11 949	57 206 596	18 172 651	19 845 735	556 358	95 793 290
%		63,60	20,20	22,07	0,62	

Fuente: Elaboración propia con base en Segura et al. 2017 y Salas et al. 2010.

Como se aprecia en el Cuadro 3, los servicios ecosistémicos que más valor aportan a la sociedad son los de provisión (63,60%), entre ellos se tiene en cuenta la bioprospección y la protección del agua. La segunda contribución más alta es la de los servicios culturales (22,07%) en donde se incluye el valor para las actividades turísticas. La tercera contribución más alta es por los servicios de regulación (20,20%), entre ellos se tiene en cuenta la regulación del agua/flujos, del clima y la prevención de la erosión y la última son los servicios de soporte (0,62%). Es importante aclarar que, aunque se obtuvo el menor porcentaje en los servicios de soporte probablemente este dato este subvalorado ya que los recursos naturales del parque como fumarolas, pailas de barro y cataratas son básicas para la generación de los servicios que genera el parque no sólo a turistas sino a las comunidades locales, regionales y nacionales

3.2. Resultados de los Escenarios Climáticos

Los resultados de los ensambles para rcp8.5 y mediados de siglo se muestran en las Figuras 2 y 3. En las **Figuras 4 y 5** se muestran las series de tiempo de precipitación y temperatura anual de 1979 a 2099. La **Figura 6** muestra la serie de tiempo de la escorrentía anual promedio para las dos regiones estudiadas.

En el caso de Palo Verde se proyectan reducciones medias de precipitación de alrededor de 0.8% para mediados de siglo y de 8.6% al final de siglo y en las regiones históricamente más secas es donde más se experimentarán reducciones hacia el futuro (**Figuras 2 y 4**). La temperatura aumentará más uniformemente con un máximo de 2.5°C y 4.5°C a mediados y finales de siglo respectivamente (**Figuras 2 y 4**).

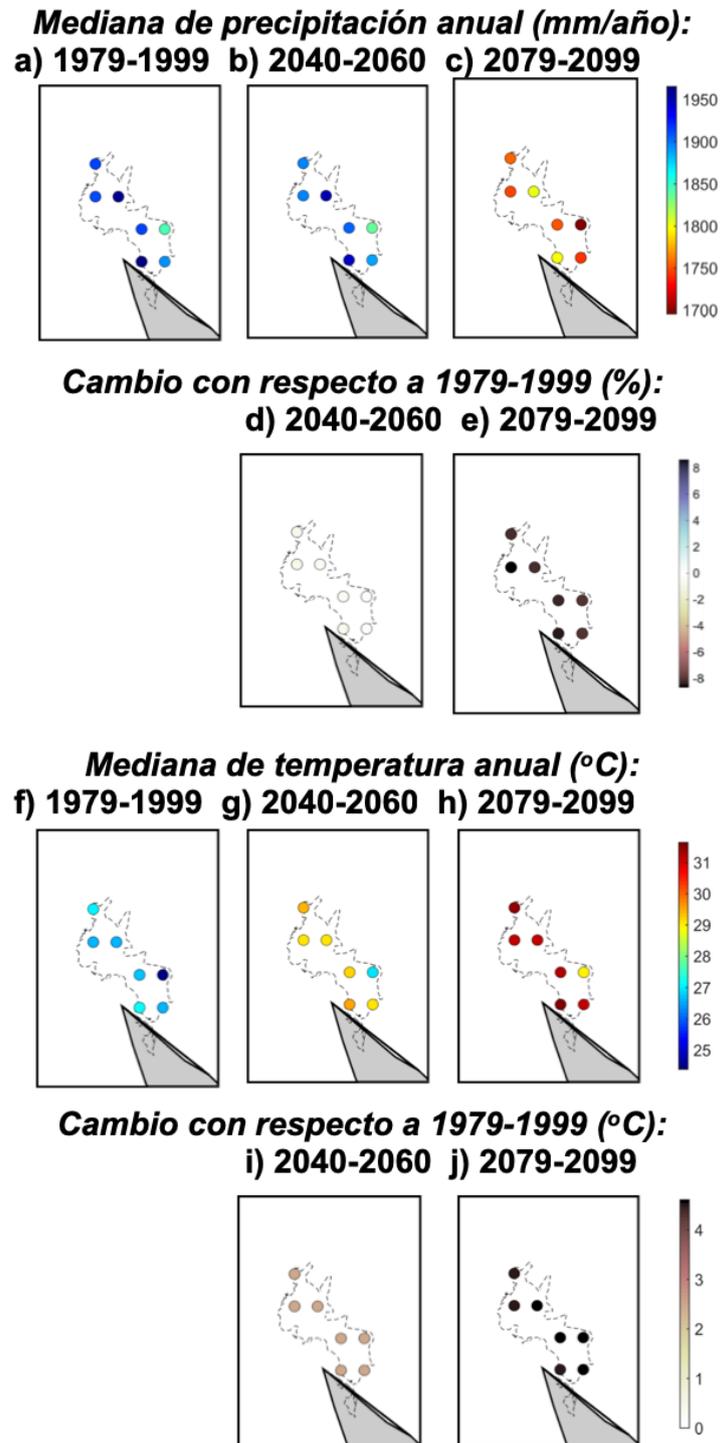
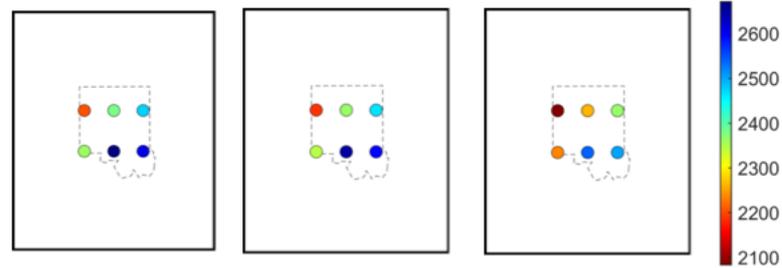


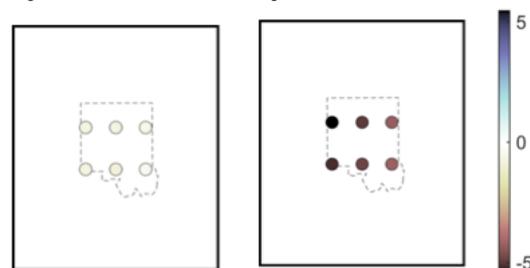
Figura 2. Mediana para todos los modelos del Cuadro 1 de precipitación (a-e) y temperatura (f-j) para diferentes periodos y los cambios proyectados hacia el futuro. Se muestra el borde del Parque Nacional Palo Verde como una línea de trazos. El Océano Pacífico se muestra sombreado en gris. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Hidalgo et al. (2017).



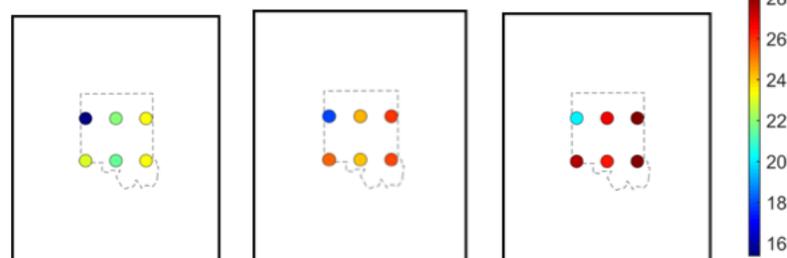
Mediana de precipitación anual (mm/año):
a) 1979-1999 b) 2040-2060 c) 2079-2099



Cambio con respecto a 1979-1999 (%):
d) 2040-2060 e) 2079-2099



Mediana de temperatura anual (°C):
f) 1979-1999 g) 2040-2060 h) 2079-2099



Cambio con respecto a 1979-1999 (°C):
i) 2040-2060 j) 2079-2099

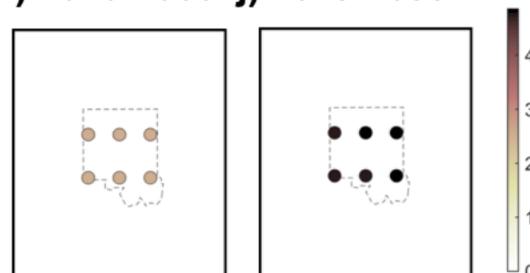


Figura 3. Igual que la Figura 2 pero para Rincón de la Vieja. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Hidalgo et al. (2017).

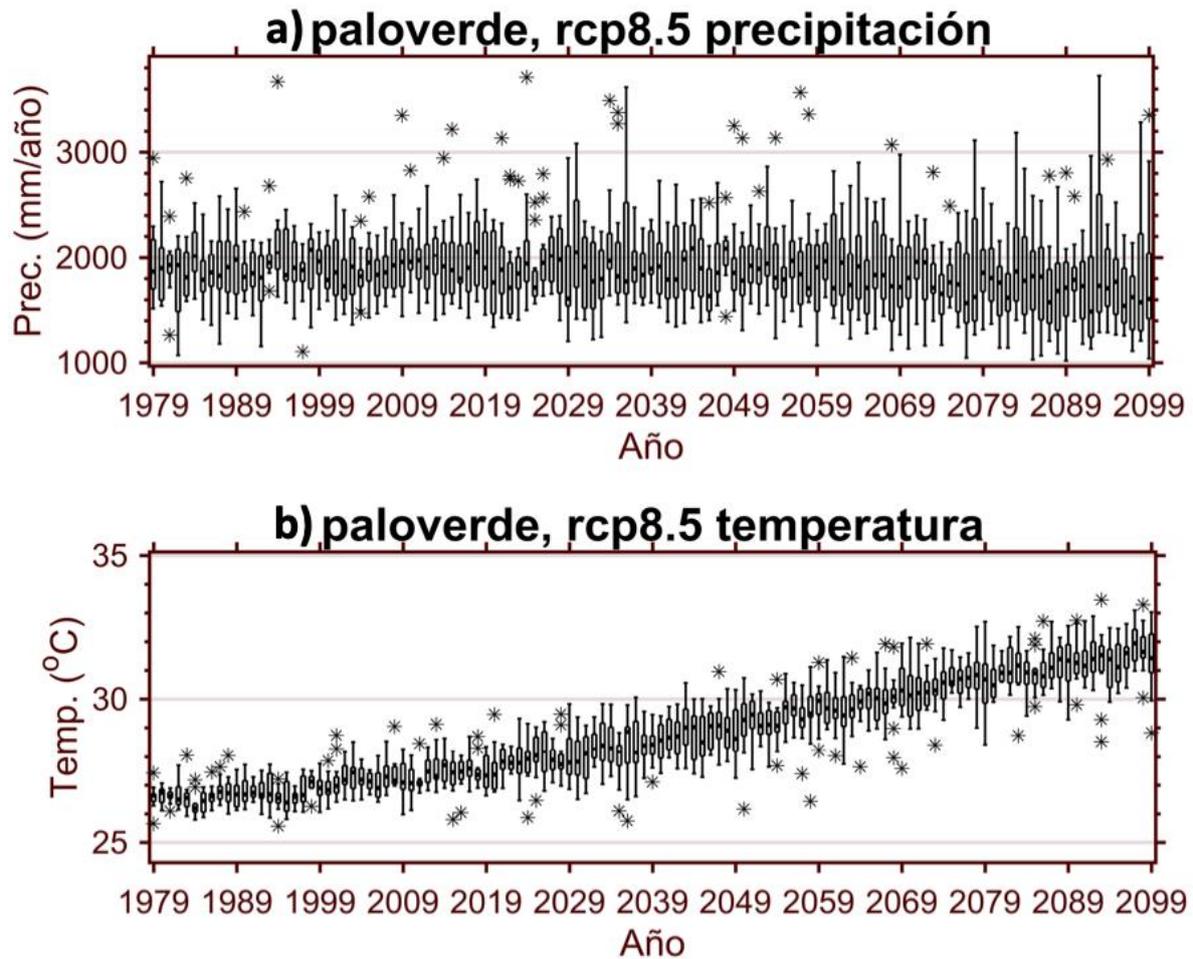


Figura 4. Valores anuales de la precipitación y temperatura de 1979 a 2099 promedio para toda el área de Palo Verde. Las cajas en el diagrama muestran la variabilidad de todos los modelos del Cuadro 1. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Hidalgo et al. (2017).

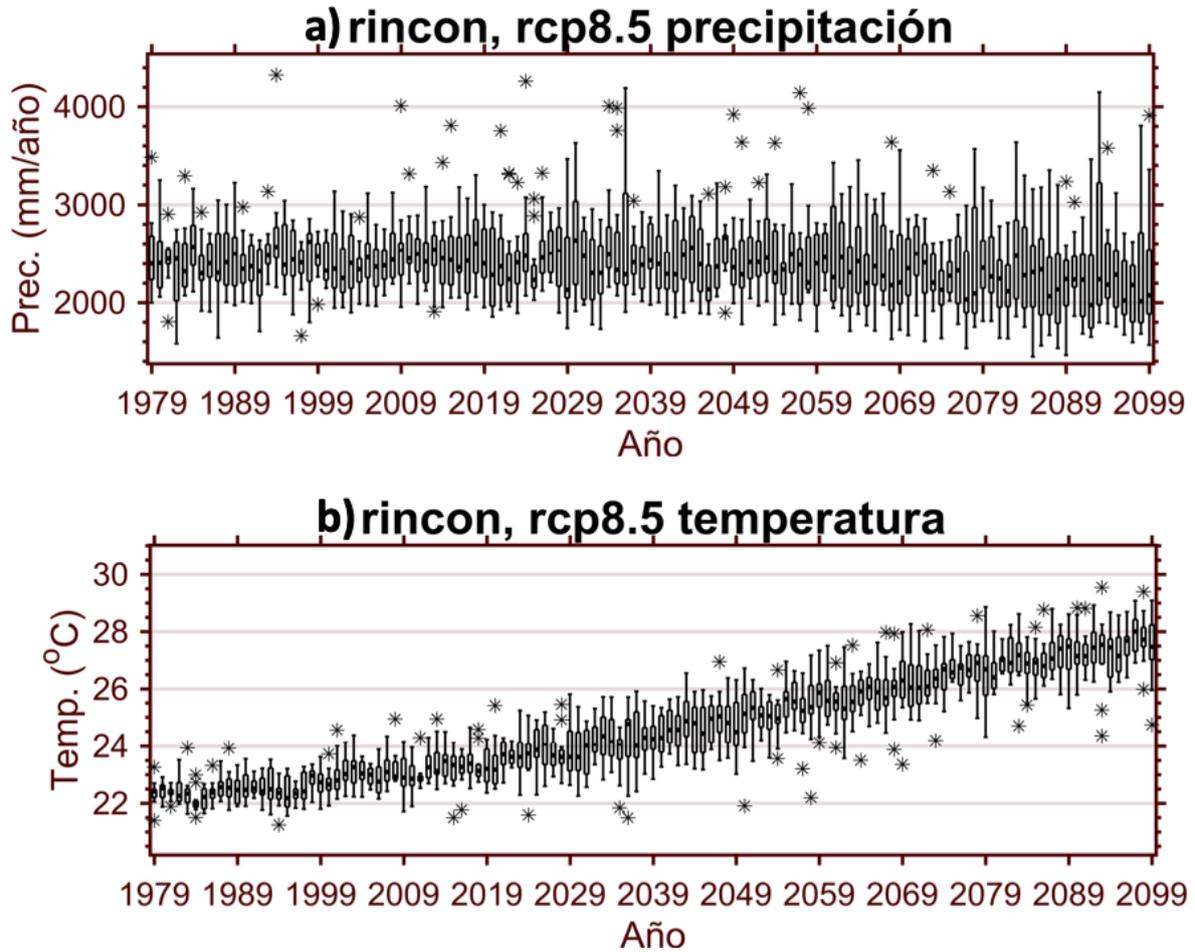


Figura 5. Igual a la Figura 4 pero para Rincón de la Vieja. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Hidalgo et al. (2017).

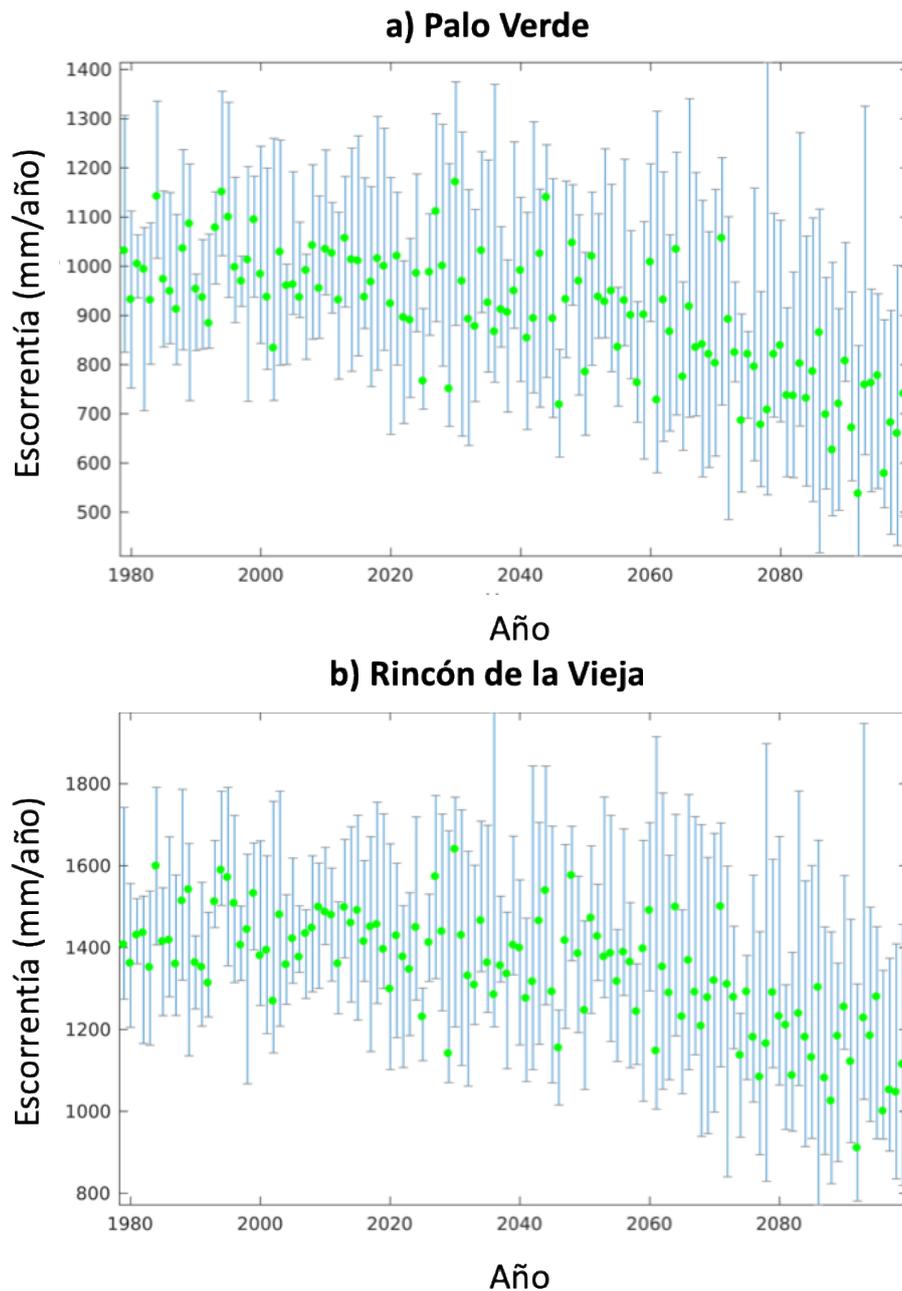


Figura 6. Valores anuales en la escorrentía de 1979 a 2099 promedio para las dos regiones estudiadas. Las barras de error muestran el rango intercuartil de la variabilidad de todos los modelos del cuadro 1. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Hidalgo et al. (2017).

Rincón de la Vieja experimentará las reducciones más severas en precipitación en la vertiente del Pacífico con valores de 0.9% y 5.5% para mediados y finales de siglo respectivamente (**Figuras 3 y 5**). Los aumentos en temperatura son más uniformes espacialmente con valores máximos de aumento de 2.5°C y 4.8°C para

mediados y finales de siglo respectivamente (**Figuras 3 y 5**).

A nivel promedio, de las Figuras 4 y 5 se observa que en ambas regiones la temperatura presenta una tendencia hacia el calentamiento mientras que la precipitación hacia una reducción, y que, aunque las tendencias de temperatura tienden a



ser más monotónicas, las tendencias en precipitación son agravadas en la segunda mitad del siglo.

Los cambios en precipitación y temperatura traen consigo una tendencia negativa muy marcada hacia condiciones más áridas hacia finales del siglo XXI en los datos de escorrentía generados con el modelo hidrológico (Figura 6).

4. Discusión y Conclusiones

Las tendencias del clima en Palo Verde y Rincón de la Vieja sugieren un futuro más seco y caliente a finales del siglo XXI. La combinación de ambos efectos produce una respuesta amplificada en las proyecciones de escorrentía de 1979 a 2099. Esto por cuanto la disminución en la precipitación y el aumento en la evapotranspiración, debido al aumento en la temperatura, traerá consigo suelos más secos y menos agua disponible para producir escorrentía superficial. Este aumento en temperatura también afectará la productividad del bosque tropical seco (Castro et al., 2018). Lo anterior puede traer consigo repercusiones importantes en el ámbito ecológico y de disponibilidad de agua futura. Además, debido a la presencia de bosques secos en la zona y la alta productividad de biomasa, aunado al aumento de la temperatura pueden crear una alta vulnerabilidad en la zona a la ocurrencia de incendios (Vargas et al. 2018)

Con estos resultados de los escenarios climáticos se puede concluir que se presentará un efecto sobre los servicios ecosistémicos prestados por los dos parques analizados, debido a la presencia en ellos de ecosistemas vulnerables al cambio climático como los humedales. Lo anterior puede agravarse porque el grado de incentivos para la conservación derivados de las políticas ambientales no son suficientes para asegurar que el bosque existente en Guanacaste pueda estar protegido en contra de los efectos potencialmente negativos de cambios socioeconómicos futuros (Calvo-Alvarado et al., 2009)

En el caso de Palo Verde los ecosistemas que más reportan aportes son la cobertura boscosa y los pantanos (93.3%). Debido a que se va a registrar menos agua disponible, estos ecosistemas se verán en peligro y tenderán a disminuir o desaparecer. Lo anterior, debido a la dependencia de los ecosistemas de humedal de los regímenes hídricos, cambios en el volumen de precipitación o en su distribución (Rojas et al. 2013).

Caso similar se presentaría para el PNRV, en el que el ecosistema que más aporta es la cobertura boscosa (94.9%). Las consecuencias del aumento de temperatura y la disminución de las lluvias llevarán a la disminución de esos servicios. Según Rojas et al. (2003), se considera que los incrementos en la temperatura hasta ahora proyectados para América Central serán un factor determinante en la composición y distribución de la vegetación, debido a que está adaptada a condiciones de sitio particulares. Esta afectación también podría darse sobre la fauna no sólo de manera directa por su sensibilidad sino también por ejemplo en la falta de disponibilidad de alimento (Rojas et al. 2003; Sepúlveda y Aguilar 2015; Cifuentes et al. 2018).

Si los servicios ecosistémicos se ven vulnerados por el cambio climático también se verán afectados los recursos que generan directa e indirectamente. En el caso de los PN analizados se podrían registrar pérdidas económicas, sociales y ambientales. Los valores obtenidos de US\$89.9 y US\$95.7 millones de dólares para el PNPV y el PNRV, se verán reducidos no sólo para las generaciones actuales sino las futuras también. Esto es significativo ya que los ingresos generados para el Parque son menores al 2% de este monto en cada caso y la mayor cantidad se distribuye entre los usuarios de los recursos y servicios ecosistémicos.

Este tipo de información debe emplearse como base para la generación de instrumentos económicos que permitan obtener recursos para la mejor gestión de los recursos contenidos en estas áreas, pero también para evidenciar la importancia de que se trabaje con eficiencia en la



aplicación de las políticas de cambio climático en el país.

Nótese que, en un escenario futuro más árido, se verían afectados los cuatro servicios ecosistémicos discutidos en este trabajo: 1. Soporte, que correspondería a producción primaria, formación del suelo, el ciclo del agua entre otros; 2. Provisión que correspondería a agua y plantas medicinales entre otros; 3. Regulación, que correspondería a estabilización del clima y protección contra desastres naturales entre otros y ; 4 Culturales, que corresponderían a recreación, educación, culturales y espirituales. Debido a que habría un cambio proyectado en el ciclo hidrológico e impactos asociados en estos Parques Nacionales.

El PN Palo Verde se encuentra en la parte baja una de las cuencas hidrográficas más importantes de Costa Rica y hoy día con más conflictividad por razón de la disponibilidad y uso del agua (Alfaro 2014; Alfaro e Hidalgo 2017). En septiembre del año 2018 se aprobó en segundo debate en la Asamblea de Costa Rica, el Proyecto de Abastecimiento de Agua de la Cuenca Media del Rio Tempisque y Comunidades Costeras (PAACUME), que pretende construir un embalse que recogería agua proveniente del embalse Arenal, para satisfacer necesidades de riego agrícola, riego en áreas verdes de hoteles y consumo humano, con una inversión cercana a los 429 millones de dólares y una zona afectada de unas 18.800 hectáreas cuenca arriba del PNPV. Asimismo, se busca desafectar Reserva Biológica Lomas de Barbudal, para inundar 113 hectáreas para llevar a cabo estas obras. Este tipo de políticas son independientes de los escenarios climáticos presentados y más bien actuarían como medidas de adaptación ante ellos. Consideraciones similares pueden hacerse sobre el contexto de Rincón de la Vieja. El sector Santa María se caracteriza por ubicar las nacientes de más de 30 ríos, que según Salas (2010) están relacionadas

con el 70% del agua suministrada a Liberia¹, principal centro de población de la provincia de Guanacaste.

Agradecimientos

- Se agradece a los siguientes proyectos inscritos en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica que suministraron tiempo y recursos: 805-B7-507 & B6-143 (apoyados por VI-UCR y CONICIT-MICITT), B7-286 (apoyado por UCREA), A4-906 (PESCTMA-CIGEFI), B8-766 (Fondo de apoyo a Redes Temáticas), B9-459 (Fondo de Grupos) y B0-810. Se agradece a Paula M. Pérez Briceño por asistencia con digitalización de datos geoespaciales.
- Los datos Socioeconómicos presentados en el presente artículo fueron generados en el marco del proyecto 0196-17 “Valoración Económica de Servicios Ecosistémicos: Análisis de la implementación de los lineamientos en Costa Rica” inscrito en el CINPE-UNA.

Referencias

- Aguilar, B. 2002. Paradigmas Económicos y Desarrollo Sostenible: La Economía al Servicio de la Conservación. UNED. Primera edición. San José, Costa Rica
- Aguilar, B. 2007. Valoración económica, ecológica y ambiental: Reflexiones y estudios de caso utilizando una Teoría Multidimensional del Valor: recomendaciones para Centroamérica. 35-77. Editorial Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Aguilar, B. y O. Bonilla. 2016. Estado del arte en metodologías de valoración de los servicios ecosistémicos y el daño ambiental. Cuadernos de Política Económica. Serie 003-2016: 46p.
- Alfaro, E. 2014. Caracterización del “veranillo” en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa

¹ Según la oficina regional del A y A este monto es menor y cercano al 25%.



Rica, América Central. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 62 (Supl. 4): 1-15.

Alfaro, E. y H. Hidalgo. 2017. Propuesta metodológica para la predicción climática estacional del veranillo en la cuenca del río Tempisque, Costa Rica, América Central. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. Vol. 16(1): 62-74.

Alpizar, F. y R. Madrigal. 2005. Valoración económica de beneficios ambientales hídricos en paisajes intervenidos, Cantón de Esparza, Costa Rica.

Amador, J. y E. Alfaro. 2009. Métodos de reducción de escala: Aplicaciones al clima, variabilidad y cambio climático. *Revista iberoamericana de economía ecológica*. Vol. 11: 39-52. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Revibec/article/view/140726>

Andrade, H., Segura, M., Somarriba, E. y M. Villalobos. 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 46: 45-50

Área de Conservación Guanacaste. s.f. Ubicación Geográfica Parque Nacional Rincón de la Vieja. Página Web. Recuperado de: <https://www.acguanacaste.ac.cr/biodesarrollo/sistemas-de-informacion-geografica/mapas-del-acg>

Barkin, D., Fuente, M. y D. Tagle. 2012. La significación de una Economía Ecológica radical. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 19: 1-14.

Barrantes G. y E. Castro. 1999. Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización del valor de variables ambientales. Heredia, Costa Rica, Empresa de Servicios Públicos de Heredia

Barrantes, G. y E. Castro. (1998) Valoración económico-ecológica del agua en Costa Rica: internalización de los servicios ambientales. MINAE. San José, Costa Rica.

Bergkamp, G., Orlando, B. y I. Burton. 2003. Change: adaptation of water resources management to climate change. IUCN, Gland, Switzerland.

<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2003.WANI.1.en>

BID. 2015. Estrategia y plan de acción para la adaptación del sector biodiversidad de Costa Rica al cambio climático (2015-2025). BID-MINAE-SINAC-DDC. San José, Costa Rica.

Cai, Y., Judd, K. L., Lenton, T. M., Lontzek, T. S., y Narita, D. 2015. Environmental tipping points significantly affect the cost-benefit assessment of climate policies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 112(15): 4606-4611.

Calvo, J., McLennan, B., Sánchez, A., y T. Garvin. 2009. Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: Putting conservation policies in context. *Forest Ecology and Management*. Vol. 258(6): 931-940.

Camacho, M., Reyes, V., Miranda, M. y O. Segura. 2003. Gestión local y participación en torno al pago por servicios ambientales: Estudios de caso en Costa Rica. CAMBIOS-UNA. CINPE-UNA. Documento preparado para PRISMA.

Castillo, M. y J.A. Guzmán. 2004. Cambios en cobertura vegetal en Palo Verde según SIG. *AMBIEN-TICO*. No. 129: 5-6.

Castro, R. 1999. Los servicios ambientales: el caso de cambio climático. México D.F., México: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo.

Castro, R., Cordero, S. y J. Gámez. 2000. The Potential Impact of the Emerging CO2 Market: Building on the Costa Rican Experience. Góez-Echeverri, L. *Climate Change and Development*. New Haven, Connecticut: Yale School of Forestry & Environmental Studies.

Castro, S., Sánchez, G. y H. Sato. 2018. Effect of drought on productivity in a Costa Rican tropical dry forest. *Environmental Research Letters*. Vol. 13(4) 045001.

Chacón, O. 2009. Datos de cobertura del suelo, 2006. Instituto Nacional de Biodiversidad.



Sistemas de Información Geográfica. Heredia. Costa Rica.

Cifuentes et al. 2018. Manual centroamericano para la medición de carbono azul en manglares. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... y Raskin, R. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Vol. 387(6630): 253.

Decreto núm. 8492-A Establece la creación del Parque Nacional Palo Verde. Presidencia de la República. Costa Rica, 30 de abril de 1978.

Dudley, N. 1998. Forest & climate change: A report for WWF International, Forest innovation, IUCN, GTZ, WWF, Gland, Switzerland. Pp. 19. Recuperado de: <http://www.equilibriumresearch.com/upload/document/climatechangeandforests.pdf>

EEM. 2005. Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de Síntesis. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM). World Resources Institute. Washington, DC. World Resources Institute

FAO. 2012. Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo_i_corredor_seco.pdf

Fung, E., Imbach, P., Corrales L., Vilchez S., Zamora N., Argotty F., Hannah L. y Z. Ramos. 2017. Mapping conservation priorities and connectivity pathways under climate change for tropical ecosystems. *Climatic Change*. Vol. 141:77-92. DOI 10.1007/s10584-016-1789-8. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1789-8>

Furst, E., Moreno M., García, D. y E., Zamora. 2004. Sistematización y análisis del aporte de los Parques Nacionales y Reservas Biológicas al desarrollo económico y social en Costa Rica: los casos del Parque Nacional Chirripó, Parque Nacional Cahuita y Parque Nacional Volcán Poás. Documento elaborado para el Instituto

Nacional de Biodiversidad por el CINPE (UNA). Costa Rica.

Hartley, R. 2002. Aplicación de un análisis de múltiples criterios en el Distrito La Guácima para una gestión integral de su recurso hídrico. Tesis de maestría. CINPE-UNA

Hartley, R. 2010. Aplicación de un análisis de múltiples criterios en gestión hídrica local. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 14: 13-32. Recuperado de: http://redibec.infointerativa.com/wp-content/uploads/2017/03/rev14_02.pdfzx

Hidalgo H., Amador, J., Alfaro, E. y B. Quesada. 2013. Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology* Vol. 495: 94-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.004>

Hidalgo, H. y E. Alfaro. 2015. Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in Central America. *International Journal of Climatology*. Vol. 35: 3397–3421. DOI: 10.1002/joc.42160.

Hidalgo, H., Alfaro, E. y B. Quesada. 2017. Observed (1970–1999) Climate variability in Central America using a high-resolution meteorological dataset with implication to climate change studies. *Climatic Change*. Vol. 141: 13-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1786-y>

ICT. 2007. Unidad de planeamiento Guanacaste Norte plan de uso del suelo y desarrollo turístico macroproceso de planeamiento y desarrollo. Recuperado de <http://www.ict.go.cr/es/documentosinstitucionales/plannacionalyplanesgenerales/planes-generales-por-unidad-de-planeamiento/guanacaste-norte/132-plan-4/file.html>

Izko, X. y D. Burneo. 2003. Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos. UICN-Sur.

Kappelle, M. 2016. Costa Rican ecosystems setting the stage. Pp. 3-16. In: M. Kappelle, ed. *Costa Rican Ecosystems*. The University of



Chicago Press. Chicago, 111. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/308777731_Costa_Rica's_Ecosystems_Setting_the_S_tage

Liang, X., Lettenmaier, E., Wood, F. y S. Burges. 1994. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for GSMs. *Journal of Geophysical Research* 99(D7). Vol. 14: 415; 428. DOI: <https://doi.org/10.1029/94JD00483>

Liu, S., Costanza, R., Farber, S., y A. Troy. 2010. Valuing ecosystem services. theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 1185. 54-78.

Marozzi, M. 2004. Valoración ordinal económica ecológica de escenarios de manejo de los recursos hídricos y naturales en la Sub-cuenca del Río Segundo y Río Ciruelas, Cantón de Santa Bárbara. Heredia, Costa Rica. ESEUNA. Universidad Nacional.

Martínez, J. 2011. El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración (5ta ampliada ed.). Barcelona, España: Icaria editorial.

MINAET, GEF, IMN, PNUD. 2009. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/natc/cornc2.pdf>

Moreno M., González S. y C. Mora. 2010. Análisis de las contribuciones socioeconómicas del Parque Nacional Palo Verde: "Un nido para la Investigación y la Educación". CINPE-UNA. Costa Rica.

Moreno, M. 2009. Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 13: 1-13.

Moreno, M. 2016. Valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad. La experiencia de Costa Rica 2006-2017. Documento Técnico. CINPE-UNA.

Moreno, M. y E. Alfaro. 2018. Valoración socioeconómica del impacto de la variabilidad climática sobre la pesca artesanal en Costa Rica. *Revista UNICIENCIA*. Vol. 32. No. 1: 18-31. DOI: <https://doi.org/10.15359/ru.32-1.2>

Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden P. y C. Hanson. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. NY, EE.UU. Pp. 507-540. Recuperado de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf

Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez, E., Martín, B. y M. Verma. 2010. The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. In P. Kumar (Ed.), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*. Pp. 182-156. Londres & Washington DC: Earthscan.

Pounds, J., Fogden, M. y K. Masters. 2005. Responses of natural communities to climate change in a highland tropical forest. In: *Climate change and biodiversity*. Lovejoy, T.E.; Hannah, L. (eds.). New Haven and London: Yale University Press. Pp. 70-74.

Proyecto Humedales SINAC-PNUD-GEF. 2016. Humedales de Costa Rica. Humedal Palo Verde. Proyecto Humedales PIMS 4966, ID 00088054. Recuperado de: <http://www.proyctohumedalescr.info/2016/01/humedales-de-cr.html>.

Quesada, R. 2007. Los Bosques de Costa Rica. IX Congreso Nacional de Ciencias. TEC. Cartago Costa Rica. Recuperado de: <http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RupertoQuesada.pdf>

Reyes, V., Miranda, M., Monge, C. y F. Salas 2004b. Valoración económica del ecosistema humedal nacional Térraba-Sierpe y Propuesta de Mecanismos para su Sostenibilidad. Informe Final. EN PROCESO. UICN.



- Reyes, V., Miranda, M., Monge, C., Salas, F. 2004a. Valoración económica de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Banano y Bananito. Estudio realizado para PROARCA-APM. The Nature Conservancy (TNC).
- Reyes, V., Sánchez R., Mora R., Castro R., Madrigal P., Ovares C., y S. Cascante. 2013. Mecanismos financieros para la adaptación al cambio climático del parque nacional marino las baulas y el posible corredor entre este parque y el parque nacional santa rosa. BIOMARCC. Recuperado de: <http://www.sinac.go.cr/ES/docu/ASP/Estudio%20Cient%C3%ADfico%20ST11%20Mecanismos%20Financieros%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20Baulas%20BIOMARCC%202013.pdf>
- Rojas, M., Campos, M., Alpízar, E., Bravo, J. y R. Córdoba. 2003. El Cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región. San José, C.R.: UICN. 40p.
- Salas F., Moreno M., González S. y C. Mora., 2010. Análisis de las contribuciones socioeconómicas del Parque Nacional Rincón de la Vieja "Conservación con Alma de Volcán". CINPE-UNA.
- Segura O., Moreno M., Hernández M., y E. Muñoz. 2017. Valoración de los servicios ecosistémicos que ofrecen siete de los humedales protegidos de importancia internacional de Costa Rica: Palo Verde, Caribe Noreste, Caño Negro, Gandoca-Manzanillo, Maquenque, Térraba-Sierpe y Las Baulas. SINAC-CINPE-PNUD. 144pp.
- Sepúlveda, M., y Aguilar, B. 2015. Significance of blue carbon in ecological aquaculture in the context of interrelated issues: A case study of Costa Rica. En S. Mustafa, & R. Shapawi (Edits.), *Aquaculture Ecosystems. Adaptability and Sustainability*. Pp. 182-242. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- SINAC. 2013. Plan general de manejo Parque Nacional Palo Verde 2014-2024. Área de Conservación Arenal Tempisque.
- SINAC. 2018. Mapa de áreas silvestres protegidas. Recuperado de <http://www.sinac.go.cr/ES/asp/Paginas/default.aspx>.
- Taylor, K., Stouffer, R. y G. Meehl. 2012. A summary of the CMIP5 experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 93: 485–498. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
- TEEB. 2010. La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB.
- Ulate, R. y J. Cisneros. 2007. Valoración económica, ecológica y ambiental. Heredia, Costa Rica: Editorial Universidad Nacional.
- Valencia, J., Rodríguez, J., Arias, J. y J. Castaño. 2017. Valoración de los servicios ecosistémicos de investigación y educación como insumo para la toma de decisiones desde la perspectiva de la gestión del riesgo y el cambio climático. *Revista Luna Azul*, Núm. 45, julio-diciembre. Pp. 11-41 Universidad de Caldas Manizales, Colombia
- Vargas, D., y A. Quesada. 2018. Influencia geomorfológica en la vulnerabilidad a incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*. Vol. 52(2): 1-15. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.52-2.1>
- WRI. 2003. *Ecosystems and human well-being*. World Resources Institute. Recuperado de http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
- WRI. 2005. *Ecosystems and human well-being. Synthesis*. World Resources Institute. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>