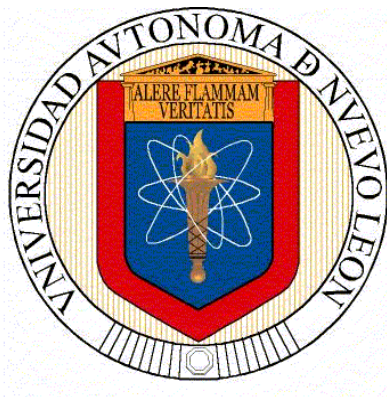


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



TESIS

**EVALUACIÓN VISUAL DE UN PAISAJE DE MANGLAR
DESPUÉS DE 18 AÑOS DE SU RESTAURACIÓN, EN EL
PARQUE ECOLÓGICO PUNTA SUR, COZUMEL, MÉXICO.**

PRESENTADA POR

ING. FRANCISCO ANTONIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

JUNIO 2024



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Forestales
Maestría en Restauración Ecológica

Evaluación visual de un paisaje de manglar después de 18 años de su restauración, en el Parque Ecológico Punta Sur, Cozumel, México.

Trabajo final de maestría
Ing. Francisco Antonio González Rodríguez

Universidad Autónoma de Nuevo León

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Forestales

“Evaluación visual de un paisaje de manglar después de 18 años de su restauración, en el Parque Ecológico Punta Sur, Cozumel, México”.

Proyecto final de maestría

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

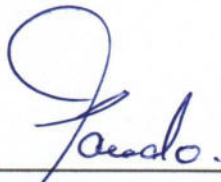
Presenta:

Francisco Antonio González Rodríguez



Dra. María Inés Yáñez Díaz

Directora



Dra. Marisela Pando Moreno

Asesora



Dra. Maritza Gutiérrez Gutiérrez

Asesora



Dr. Alejandro Collantes Chávez-Costa

Director externo



Dra. Cruz López Contreras

Asesora externa

Agradecimientos

Agradezco enormemente el apoyo constante de mi familia a lo largo de estos años dedicado al estudio, así como a mi novio y su familia, que es ahora también mi familia, por acompañarme en este proceso.

Agradezco al Dr. Alejandro Collantes y a la Dra. Cruz López por hacer posible que se llevara a cabo este proyecto que significa la culminación de un proceso muy importante para mí.

Agradezco a la Dra. Inés Yáñez y la Dra. Maritza Gutiérrez por guiarme en la elaboración de este documento con consejos y puntos de vista siempre muy certeros y oportunos.

Agradezco a la Dra. Marisela Pando por orientarme no solamente en el proceso de este trabajo, sino en el periodo que duró esta maestría, por ser un excelente ejemplo tanto en el aspecto académico como en el personal, y gracias también por la amistad.

Agradezco al Mtro. Jesús Benavides por su colaboración en este proyecto, así como al CONAHCYT por el apoyo para poder estudiar esta maestría.

Índice

Resumen.....	5
Abstract	6
Introducción	7
Restauración ecológica y los servicios ecosistémicos	7
Importancia de los manglares	10
Evaluación de los servicios ecosistémicos.....	11
Descripción del impacto.....	12
Objetivos	13
Principal:.....	13
Secundarios:	13
Justificación	13
Resultados esperados.....	14
Metodología	14
Área de estudio	14
Clima.....	16
Uso de Suelo y Vegetación	17
Actividades de restauración ecológica en el sitio.....	21
Método.....	22
Características de los encuestados.....	23
Formulario	23
Análisis de los datos	25
Resultados	26
Datos generales de la población encuestada	26
Análisis de los datos	28
Análisis de datos por grupos según la visita previa.....	30
Discusión	33
Conclusiones	35
Literatura citada	36
Anexo fotográfico	39

Resumen

Cada año aumenta la superficie del planeta que presenta algún grado de degradación; si bien el agente causante de esa degradación esta directa o indirectamente relacionado con actividades antropogénicas, un porcentaje bajo ha sido degradado por agentes relacionados con fenómenos meteorológicos. México es un país en el que la incidencia de huracanes no es algo poco usual, de hecho, algunos de los huracanes más destructivos de los que hay registro han impactado en México total o parcialmente, como es el caso del huracán Wilma, que impactó en las costas de la Península de Yucatán en octubre del 2005. El huracán Wilma no solo ocasionó daños económicos y sociales, si no también ambientales. Uno de los ecosistemas más afectados fue el manglar, específicamente de las costas de Quintana Roo y Yucatán; el presente proyecto se busca evaluar, mediante la valoración visual, si el ecosistema de manglar del Parque Ecológico Punta Sur, en la isla de Cozumel, en Quintana Roo, ha sido restaurado después de 18 años de haber sido impactado por el huracán Wilma. Mediante una selección de fotografías de tres escenarios dentro del parque (1. Margen del manglar, 2. Los canales que conectan las lagunas y 3. Los mogotes formados en el interior de la laguna), en tres diferentes lapsos (1. Antes del impacto del huracán, 2. Justamente después del impacto y 3. 18 años después de las actividades de restauración) y mediante la escala de Likert se estimó el valor que le dio una población a los distintos escenarios de acuerdo con sus atributos visuales en cada uno de los espacios temporales y, con base en los resultados de una población de 64 personas no relacionadas con el área de estudio de las ciencias naturales, se obtuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el valor que le otorgado entre los distintos escenarios y lapsos.

Abstract

The surface of the planet that presents some degree of degradation increases every year; Although the agent causing this degradation is directly or indirectly related to anthropogenic activities, a low percentage has been degraded by agents related to meteorological phenomena. The incidence of hurricanes in Mexico is not unusual, in fact, some of the most destructive hurricanes have impacted Mexico totally or partially, as is the case of Hurricane Wilma, which impacted the coasts of the Yucatan Peninsula in October 2005. Hurricane Wilma not only caused economic and social damage, but also environmental damage. One of the most affected ecosystems was the mangrove, specifically on the coasts of Quintana Roo and Yucatan; The objective of this project is to evaluate, through visual assessment, whether the mangrove ecosystem of the Parque Ecológico Punta Sur, on Cozumel, in Quintana Roo, has been restored after 18 years of being impacted by Hurricane Wilma. Through a selection of photographs of three scenarios within the park (1. Edge of the mangrove, 2. The channels that connect the lagoons and 3. The mogotes formed inside the lagoon), in three different lapses (1. Before the impact of the hurricane, 2. Just after the impact and 3. 18 years after the restoration activities) and using the Likert scale, the value that a population gave to the different scenarios was estimated according to their visual attributes in each one of the lapses and, based on the results of a population of 64 people not related to the area of study of natural sciences, it was obtained that there are no statistically significant differences between the value given between the different scenarios and lapses.

Introducción

Restauración ecológica y los servicios ecosistémicos

El aprovechamiento desmesurado de los recursos naturales alrededor del mundo está ocasionando la rápida pérdida de la biodiversidad al deteriorar la salud de los ecosistemas y, por consiguiente, reduciendo su capacidad de proveer servicios ecosistémicos como los de soporte, regulación, aprovisionamiento y cultural (CEPAL, Naciones Unidas, 2013). En respuesta al crecimiento acelerado de esta problemática, la política ambiental global ve cada vez más como base de la solución a la restauración ecológica, cuya principal meta es el restablecimiento de las características originales de un ecosistema, como lo pueden ser el estado de la biodiversidad y la función ecológica previas al impacto que dio lugar a la degradación; aunque parezca sencillo, puesto a que existen manuales y metodologías establecidas, muchas veces los factores socioculturales significan un mayor obstáculo que los biofísicos (Rey-Benayas et al., 2009).

Si bien podría parecer evidente que la diversidad biológica está relacionada de manera positiva con los servicios ecosistémicos, en casos muy específicos está relacionado, de hecho, de forma negativa. Estudios recientes han demostrado que, al ser una relación tan compleja, no se puede decir que es siempre positiva. Si se toma la primera afirmación como cierta, si se incrementa la diversidad de especies, tendrían que incrementarse los servicios ecosistémicos, y la situación contraria, si disminuye (Bullock et al., 2011). A pesar de que existen registros de una correlación entre el aumento de la biodiversidad

y de los servicios ecosistémicos en sitios que han sido restaurados, con respecto a sitios que presentan degradación, esto puede simplemente ser una respuesta a las actividades de restauración y no necesariamente una vinculación causal entre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Así podemos encontrar que, aunque existen múltiples ejemplos de proyectos de restauración en los que coincide que el aumento de la biodiversidad significó, además, un aumento en los servicios ecosistémicos, también existen otros en los que no necesariamente ocurre de esa forma (Bullock et al., 2011).

Se han realizado estudios para determinar la relación entre la restauración de ecosistemas y el aumento de los servicios ecosistémicos, pero, aunque hay resultados que indican que no existe una relación causal, hace falta realizar más estudios sobre el tema, ya que aún no está bien definida la compleja relación entre estas variables. Por ejemplo, Rey-Benayas et al. (2009) analizaron mediante un meta análisis 89 artículos científicos enfocados en la restauración de ecosistemas, en los que se relacionaba la restauración ecológica con respecto a los servicios ambientales, se realizó una base de datos que contenía las variables medidas en esos artículos y se agruparon por servicio ecosistémico en el que se enfocaban, a pesar de que se incluyó el servicio ecosistémico cultural, no se contempló al hacer el análisis porque en ninguno de los artículos revisados se determinaba una forma concisa de valorarlo.

Para que pueda tener lugar la restauración ecológica, primero tiene que haber una alteración en el ecosistema, un agente que modifique las dinámicas naturales e impacte de manera negativa en el ambiente; este

agente en la mayoría de los casos está directamente relacionado con actividades antropogénicas, como pueden ser actividades extractivas, desmontes para construcción, introducción de especies invasoras, entre otras, sin embargo los fenómenos naturales también suponen un impacto ambiental, que no es causado directamente por los humanos (aunque en algunos casos sí de manera indirecta) Sin embargo, afectan múltiples ecosistemas y, aunque pudiera ser menor que el impacto antropogénico, el resultado sigue siendo un ecosistema degradado. Es necesario no confundir los términos de fenómeno y desastre natural, usarlos como sinónimos es un error importante que puede alterar el entendimiento de este tema. Por una parte, un fenómeno natural son todos aquellos elementos que forman parte de la dinámica del planeta, como pueden ser lluvias, tornados, terremotos, entre otros, que varían indeterminadamente en frecuencia e intensidad; cuando se hace referencia a un desastre natural simplemente es la convergencia de un fenómeno natural en una zona vulnerable en el que pueda tener un impacto socioeconómico negativo (Romero & Maskrey, 1993).

Que un fenómeno natural tenga lugar en un ecosistema es algo totalmente normal, sucede todos los días, cada ecosistema está adaptado a la ocurrencia de estos fenómenos, incluso muchos de ellos son necesarios para las dinámicas ecológicas (Hernández Fernández, 2006). Sin embargo, existen factores que pueden vulnerar un ecosistema y pueden imponer condiciones que dificulten su capacidad para recuperarse, y que, en condiciones distintas, no supondrían un problema significativo (Monteiro de Lima, 2013). Un buen ejemplo puede ser que el acumulamiento anormal de combustible forestal, en

confluencia con las condiciones necesarias para que ocurra un incendio, ocasionen que este incendio sea de mayor intensidad con respecto a los que el ecosistema está adaptado, teniendo como resultado árboles severamente dañados y susceptibles a plagas como insectos descortezadores o barrenadores (Fonseca-González, 2007; Fonseca-González et al., 2008); en este caso es probable que el ecosistema necesite intervención para que pueda recuperarse. Por otro lado, existen registros de fenómenos naturales extraordinarios, cuyo impacto es mayor al que los ecosistemas están adaptados y pueden tener impactos importantes en ecosistemas poco resilientes (Romero & Maskrey, 1993); un ejemplo son los huracanes de alta categoría cuyos vientos alcanzan velocidades capaces de derribar árboles. Si bien la mayoría de los huracanes disminuyen de categoría antes de tener contacto con la tierra, se han registrado algunos, alrededor del mundo, que ocasionado un gran impacto (Salazar-Vallejo, 2002). En México existen registros de algunos huracanes que han causado graves daños a los ecosistemas terrestres, si bien la mayoría fue en el siglo pasado, después del año 2000 han ocurrido huracanes de alta categoría, como el huracán Isidoro en 2002 (Zizumbo-Villarreal, 2003) o el Wilma en el 2005 (Oswald-Spring, 2012).

Importancia de los manglares

Los manglares son la comunidad vegetal más común a lo largo de las costas tropicales y, en menor medida, las subtropicales. Este tipo de vegetación crece en una zona de convergencia entre el mar y la tierra, lo que hace que sean ambientes mayormente salinos y frecuentemente inundados, por ende, y para poder desarrollarse, se han adaptado

fisiológicamente al medio (Díaz Gaxiola, 2011). A pesar de las condiciones que podrían considerarse adversas en cualquier otro ecosistema, los manglares constituyen uno de los sistemas más productivos del planeta (Mitsch & Gosselink, 1986), por lo que es sumamente valorado por el ser humano, lo que a su vez lo ha llevado a ser uno de los más impactados (Hollis et al., 1988).

Dentro de los servicios ecosistémicos más importantes que prestan los manglares podemos mencionar la protección y estabilización de la línea de costa, ya que fungen como filtros naturales de sedimentos y materia orgánica, sin dejar de lado la fijación de carbono y su aporte en la regulación del ciclo hidrológico y la producción de oxígeno (Díaz Gaxiola, 2011). Asimismo, el servicio de aprovisionamiento está muy presente ya que sirve de criadero para múltiples especies de importancia cinegética y piscícola, aunado a la abundancia de productos maderables y no maderables (Yáñez et al., 1994)

Evaluación de los servicios ecosistémicos

Posterior a una restauración ecológica es necesario monitorear sus resultados. Una forma eficaz para medir su éxito es a través de los indicadores ecológicos, tales como la composición de especies, las funciones ecológicas, la estabilidad del entorno físico, entre otras. Por medio de estas variables, se puede determinar el progreso que han tenido las actividades de restauración con respecto al tiempo. Sin embargo, el restablecimiento de los servicios ecosistémicos, que son

parte esencial de la restauración, es más difícil de evaluar y, particularmente, el servicio cultural (Rey-Benayas et al., 2009).

Descripción del impacto

Los manglares son uno de los ecosistemas sometidos a más impactos, no solamente de origen antropogénico, como el cambio de uso de suelo por infraestructura turística, deforestación o explotación intensiva (Moreno et al., 2002), sino también de origen natural como incendios, sequías y en mayor medida huracanes (Sánchez & Escalante, 2000).

En 2005, durante la temporada de huracanes en México (entre junio y noviembre), tuvo lugar el huracán que más impacto ha causado en los ecosistemas en los últimos años, el Huracán Wilma; azotó las costas del Norte de Quintana Roo, incluyendo el municipio de Cozumel. Fue un huracán catalogado como de categoría 4, que impactó con vientos que superaban los 250 km/h (Carrillo et al., 2008).

Los fenómenos meteorológicos no solo tienen impacto en la vegetación, en muchos casos, la fauna resulta afectada (CEPAL, 2017), como es el caso de las poblaciones de flamencos y otras aves en el sistema lagunar de la Reserva Estatal Laguna Colombia tras el paso del huracán Wilma, donde tuvieron que pasar varios años para poder ver nuevamente poblaciones de estas aves en la isla.

Objetivos

Principal:

- Evaluar la recuperación del servicio ecosistémico cultural de contemplación, a través de la valoración visual del paisaje, en un sistema de manglar restaurado a 18 años del paso del huracán Wilma.

Secundarios:

- Comparar por zona de manglar de un sistema lagunar costero, tres momentos distintos respecto al efecto de un disturbio natural, y a las actividades de restauración general.
- Comparar por zona de manglar de un sistema lagunar costero, tres momentos distintos respecto al efecto de un disturbio natural, y a las actividades de restauración según la visita previa al área natural protegida.
- Generar recomendaciones respecto a la recuperación del servicio ecosistémico de contemplación.

Justificación

Si bien todos los servicios ecosistémicos son importantes para el ser humano, algunos son más fáciles de comprender y, por consiguiente, de medir o estimar, como los servicios de aprovisionamiento y de regulación, mientras que otros como el cultural, siguen siendo motivo de estudio debido a la escasez de información con respecto a su valoración (FAO, 2023). Debido a las dificultades existentes para medir

y evaluar estos últimos, es necesario desarrollar nuevas técnicas que permitan valorizar los distintos servicios ambientales que proveen los ecosistemas, principalmente en aquellas regiones que dependen en gran medida de sus recursos naturales. No solo en México el servicio ecosistémico cultural es el menos estudiado, sino en todo el mundo, por esa razón medirlo o estimarlo de manera eficaz y confiable es aún un objetivo científico sin alcanzar (Rey-Benayas et al., 2009).

Resultados esperados

Como resultado se espera que, el valor de preferencia de las fotografías, asignado por la población encuestada, sea mayor para las fotografías de antes del impacto (AI) y las de después de las actividades de restauración (DAR) con respecto a las de después del impacto (DI). Queda implícito que para las personas en general, que son el usuario de los servicios ecosistémicos, incluyendo el cultural de contemplación, el ecosistema está en las mismas condiciones o mejores que antes del impacto, en este caso el Huracán Wilma.

Metodología

Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el Área Natural Protegida (ANP) estatal Laguna Colombia, también conocida como Parque ecológico Punta Sur o Faro Celarain, declarada como ANP en 1996 bajo la categoría de zona sujeta a conservación, refugio estatal de flora y fauna, aunque es un parque nacional desde el año 1980 (Gobierno de Quintana Roo, 2011). Se encuentra ubicada enteramente en el

municipio de Cozumel, Quintana Roo, en la punta yuxtapuesta con respecto a Punta Mola; la totalidad de sus costas se encuentran comprendidas en el Parque Nacional Arrecifes de Cozumel. El complejo lagunar está compuesto por tres lagunas: Chunchacab, Xtacun y la laguna Colombia, siendo esta última la más grande (SEMAR, 2010).

Laguna Colombia es una de las tres áreas protegidas estatales ubicadas en el municipio de Cozumel, siendo la segunda más grande en extensión con 674 hectáreas, superada por Selvas y Humedales de Cozumel (Figura 1), y se encuentra aproximadamente a 9 km de la cabecera municipal, San Miguel de Cozumel. Actualmente es posible visitar el lugar ya que es un destino ecoturístico popular con el nombre Reserva Ecológica Parque Punta Sur, considerado como un ejemplo ya que promueve el uso sustentable de los recursos naturales.

Áreas Naturales Protegidas Estatales de Cozumel

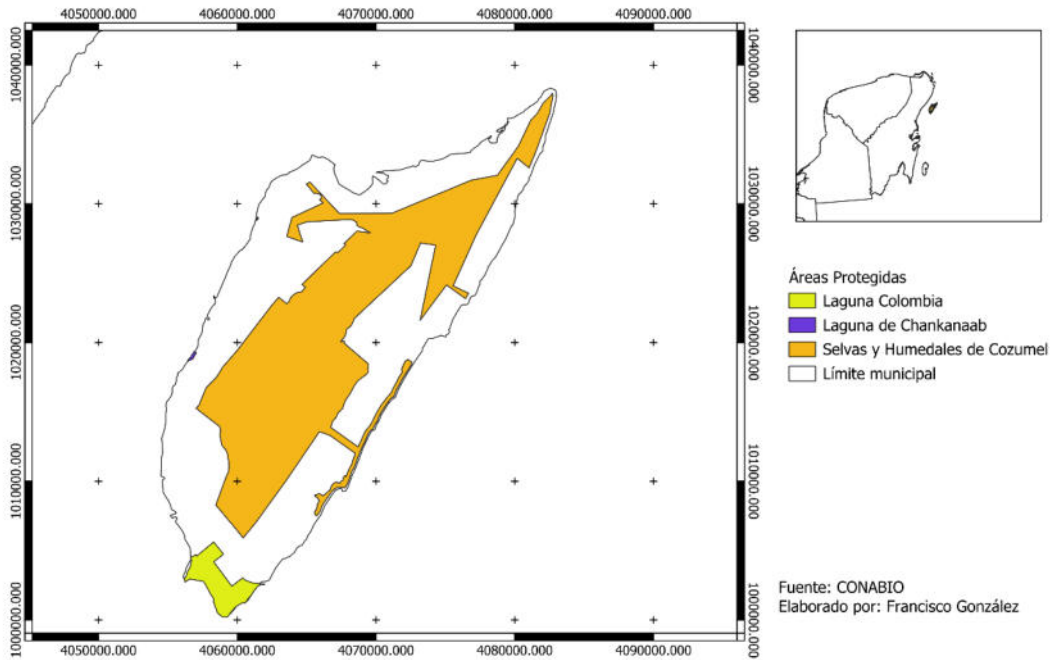


Figura 1. Áreas Naturales Protegidas Estatales de Cozumel, Q. Roo.

Clima

En la isla de Cozumel el clima está catalogado como de tipo Am (f), siendo su temperatura media anual de 22 a 26° C, cálido húmedo y con abundantes lluvias en verano, especialmente en agosto y septiembre. La temperatura media registrada es de 26.9°C, con oscilaciones ligeras durante el día. El registro de temperatura máxima en los años recientes fue en agosto del año 2011 con 39° C, mientras que no hay temperatura mínima extrema registrada ya que en invierno las temperaturas varían en torno a los 20°C (SEMAR, 2010).

Uso de Suelo y Vegetación

Gran parte del sitio que comprende 674 ha está ocupado por las lagunas Chunchacab, Xtacun y la laguna Colombia, que además cuentan con salida al mar Caribe; además de las lagunas se encuentran solo dos tipos de vegetación bien diferenciados: el manglar y la duna costera (Figura 2), siendo esta última poco abundante en comparación al manglar, ya que solo se encuentra en la costa oriental (INEGI, 2019).

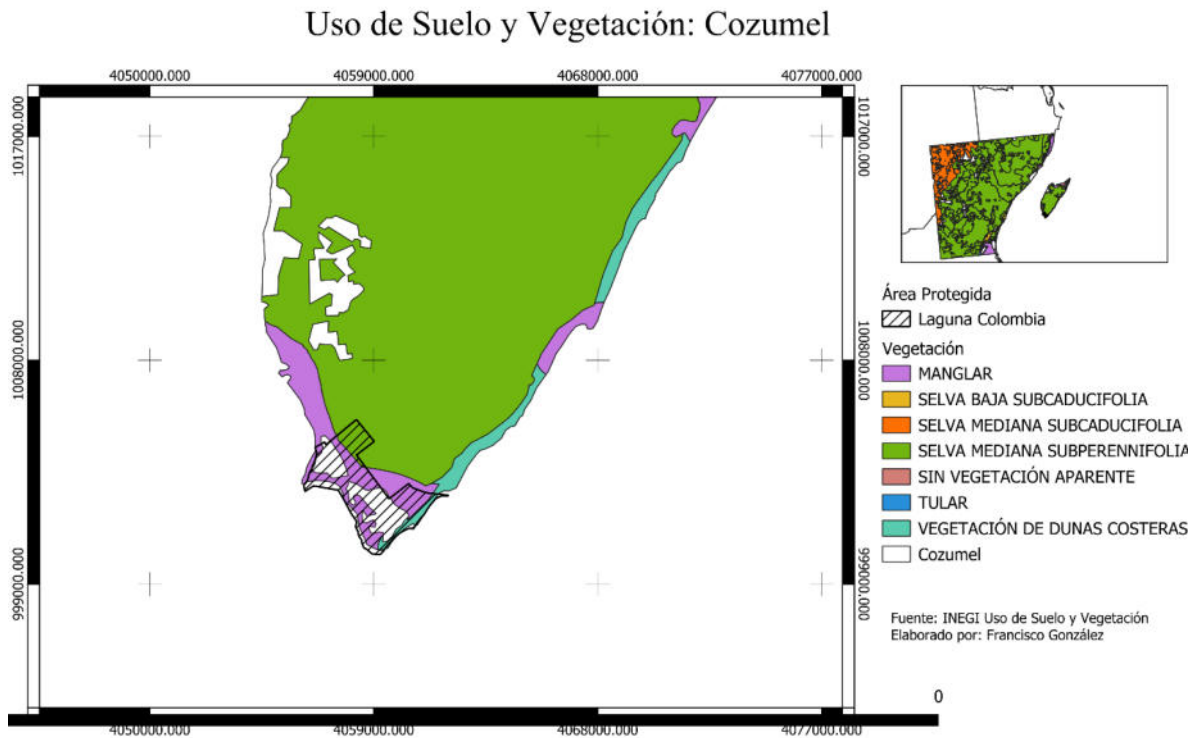


Figura 2. Uso de suelo y vegetación de Cozumel, Q. Roo.

Como ecosistema, las especies de manglar forman complejos vegetales que constituyen sistemas abiertos, cuya característica principal es su alta productividad; además están involucrados en múltiples procesos

como la retención de material edáfico, un factor muy importante para la formación del suelo. También es importante señalar su papel como sumideros de carbono y productores de oxígeno, así como su rol como protectores de la línea de costa previniendo la erosión por el impacto de las olas (Kathiresan & Bingham, 2001).

En el Parque Ecológico Punta Sur, el manglar está constituido en gran medida por cuatro especies de mangle: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Se distribuyen de manera distinta en el sitio, siendo el mangle rojo el que tiene una mayor distribución, ya que tiene la capacidad de crecer en el centro de la laguna, así como en las orillas, a diferencia del mangle blanco y botoncillo que se limitan a crecer en los bordes de la laguna. Por otro lado, el mangle negro, aunque puede crecer en zonas intermareales, no está tan presente como el rojo.

Mangle rojo (*Rhizophora mangle* L. C.DC.)

El mangle rojo es el más abundante en el área, capaz de crecer tanto en los bordes como en zonas intermareales formando, en la mayoría de los casos, masas monoespecíficas; también es el más sencillo de identificar, gracias a sus características raíces aéreas modificadas en forma de arco que le ayudan a mantenerse sujeto



Figura 3. Mangle rojo. Fotografía de mi autoría

incluso a superficies sumergidas o parcialmente sumergidas, dicha forma peculiar de sus raíces también le ha hecho ganar el nombre de “mangle zancudo”, haciendo referencia a la similitud de sus raíces con los zancos. Esta especie también posee la semilla más grande de las cuatro especies presentes en el área, además de tener forma de vaina. El mangle rojo tiende a crecer en aguas desde salobres a hipersalinas, por lo que se encuentra en cuerpos de agua conectados al mar con constante flujo de agua, como estuarios o lagunas costeras (Vázquez-Yanes et al., 1999).

Mangle negro (*Avicennia germinans* L.)

Esta especie de mangle es menos común en el área que el mangle rojo, su distribución incluye áreas menos inundadas y con valores menores de salinidad (aunque son bastante tolerantes a esta), está casi ausente en las zonas



Figura 4. Mangle negro. Fotografía de mi autoría

intermareales, y tienden a ubicarse más cerca del borde. Tiene la peculiaridad de que sus raíces parecen crecer hacia arriba, por lo que las puntas salen a la superficie del agua. Sus raíces sirven especialmente como protección para los alevines. Es una de las ocho especies que conforman el género *Avicennia*, y es fácilmente distinguible de otras especies debido a su corteza fragmentada en placas que parecen escamas. Es el género de

mangles que toleran un mayor grado de salinidad, encontrándose en sitios con una salinidad hasta 2.5 veces mayor que el promedio del océano (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1999).

Mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn)

El mangle blanco se puede encontrar únicamente en los bordes de la laguna, sus hojas son de un verde más claro en comparación con las demás especies, posee flores blancas y muy pequeñas, es la única especie incluida en su género y tiene la peculiaridad de ser el único mangle descrito hasta la fecha que posee glándulas excretoras especializadas en sus hojas. Existen debates al respecto, ya que aún no han sido comprobadas las funciones específicas de esas glándulas, aunque diversos autores han señalado que las utiliza para excretar sales (Francisco et al., 2009).



Figura 5. Mangle Blanco, Fotografía de mi autoría.

Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.)

Esta especie de mangle se puede encontrar únicamente en los bordes de las lagunas, no tiene la capacidad de crecer en el interior; al igual que el mangle blanco sus hojas son de un tono verde más claro que las del mangle rojo o negro, sus frutos son esféricos, lo que le da el nombre “mangle botoncillo” y de color amarillo muy llamativo, pero cafés rojizos al madurar, dichos frutos están compuestos por entre 30 y 40 frutos simples, es menos tolerante a ambientes permanentemente inundados, por lo que crece en zonas arenosas principalmente, incluso se ha conseguido cultivarlos hasta 50 msnm, relativamente distante de la línea costera (Yáñez, Aldaz, & Bermeo, 2002).

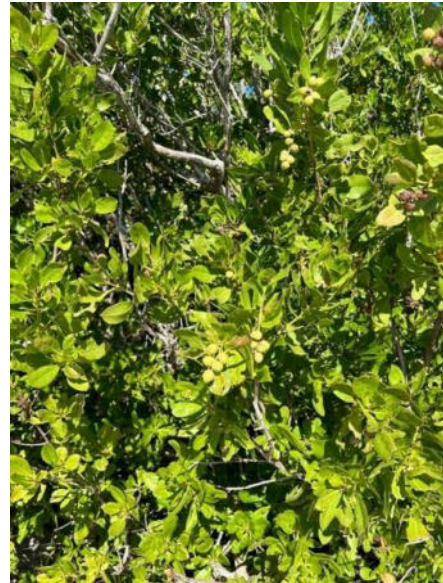


Figura 6. Mangle amarillo. Fotografía de mi autoría.

Actividades de restauración ecológica en el sitio

Posterior al huracán Gilberto, en 1988, catalogado como e categoría tres según el índice Saffir-Simpson y cuyos vientos alcanzaron velocidades hasta de 298 km/h durante los tres días que duró su paso por la Península de Yucatán; los ecosistemas de Cozumel quedaron fuertemente impactados por los fuertes vientos y las mareas, siendo el Parque Ecológico Punta Sur uno de los más afectados; a pesar de ser conscientes del daño ocasionado y el impacto que tuvo en los ecosistemas, las actividades de restauración fueron casi nulas, dejando que el ecosistema se recuperara por su propia cuenta. En el año 2005,

otro huracán vuelve a impactar de manera considerable los ecosistemas de la isla; el huracán Wilma, el cual tuvo un impacto a gran escala en la vegetación de manglar en el Parque Ecológico Punta Sur, ya considerado como un área natural protegida estatal para esa fecha, por lo que, posterior a este evento, se comenzó, paulatinamente, con actividades de restauración ecológica, sin embargo, con muy poco personal y presupuesto. Debido a esto, para el 2007 se ideó un programa enfocado en niños y adolescentes, en el que todos los ciudadanos de Cozumel podrían involucrarse, llamado “Jóvenes por la conservación” en el cual, cada sábado, personal capacitado se dedicada a instruir a los jóvenes en las actividades de restauración. En el año 2015, la CONAFOR mostró interés en involucrarse en este programa, colaborando activamente durante algunos meses para la restauración de los ecosistemas del Parque Ecológico Punta Sur. En la actualidad, el programa “Jóvenes por la conservación” sigue vigente y las actividades de restauración en el parque se siguen llevando a cabo, involucrando cada vez más a los jóvenes de Cozumel, isla que depende en gran medida del turismo que existe gracias a los ecosistemas (Comunicación personal con el Mtro. Jesús Benavides, director del parque).

Método

Para lograr el objetivo, se evaluó el paisaje mediante fotografías. Aunque al usar las fotos como sustituto del paisaje real se presenta un sesgo, este se elimina al realizar toda la evaluación por medio de fotografías (Tveit, 2009). En este contexto se seleccionaron 27 fotografías, correspondientes a las zonas de mogote (asociación de

Rhizophora mangle al interior de las lagunas que se constituyen como islas); margen (asociación de *R. mangle* ubicada en los márgenes de las lagunas costeras); y canales (comunicación física hídrica entre cuerpos de agua), en tres momentos: Antes del impacto (AI); inmediatamente después del impacto (IDI); y 20 años después de la actividad de restauración del sitio (DAR).

Con las fotos elegidas, se desarrolló una evaluación visual por medio de la valoración de la preferencia de la población encuestada, por medio de un formulario en el que se pidió valorar cada imagen mediante una escala de Likert de 5 puntos. La encuesta elaborada constó de dos apartados; el primero recabó datos sociodemográficos, y el segundo de una prueba de fotos que se hizo con las imágenes seleccionadas. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia basado en el criterio de oportunidad.

Características de los encuestados

Para este estudio se encuestó a dos grupos de personas en iguales proporciones; la mitad del total de encuestas fue aplicada a personas que hayan visitado el sitio, mientras que la otra mitad no, sin embargo, en ambos casos el objetivo fueron personas que tiendan a hacer uso del servicio ecosistémico cultural. Dentro del formulario se agregaron un par de fotografías que sirvan de filtro (Test de Ishihara) para reconocer posibles alteraciones en la visión, principalmente el daltonismo.

Formulario

El formulario utilizado para recabar la información consiste en cuatro secciones; la primera está conformada por ocho cuestiones cuyo

objetivo es recabar la información general de quienes responden, dichas cuestiones se enlistan a continuación:

1. Género
2. Rango de edad
3. ¿Ha visitado el Parque Ecológico Punta Sur en Cozumel?
4. ¿Estudió una carrera universitaria?
5. ¿Qué carrera estudió?
6. ¿Disfruta las actividades que incluyan la apreciación de paisajes naturales?
7. y 8. ¿Qué observa en las siguientes figuras (Figura 7 y 8)?

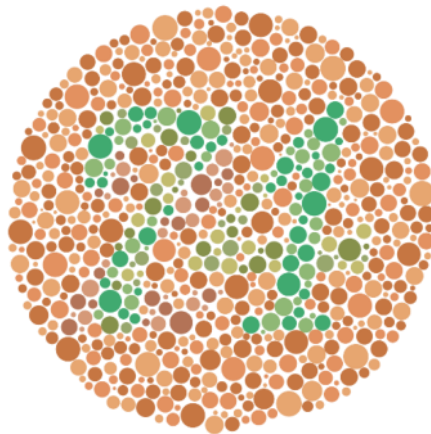


Figura 7

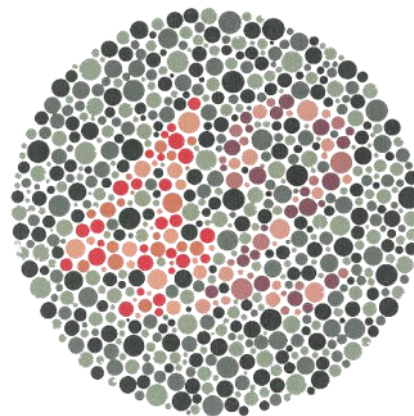


Figura 8

Las siguientes tres secciones del formulario consisten en nueve cuestiones cada una, dando un total de 27 cuestiones; cada sección corresponde a un espacio temporal del mismo ecosistema: Antes del impacto (AI), Inmediatamente después del impacto (IDI) y Después de las actividades de restauración (DAR). En cada sección se colocaron tres fotografías de tres tipos de espacios dentro del Parque Ecológico Punta Sur: el margen del manglar, llamado “Margen” en este estudio, los canales que conectan las lagunas entre sí y con el mar, llamado

“Canales” en este estudio y las islas de vegetación formadas en el interior de las lagunas, llamadas “Mogote”. Las fotografías de un mismo tipo de espacio dentro una sección y entre secciones no corresponden exactamente al mismo punto geográfico.

Análisis de los datos

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el programa R mediante la interfase RStudio; se siguió un procedimiento establecido para cada una de las tres secciones. Como parte de los estadísticos descriptivos se calculó el promedio de la preferencia por zona (Canales Margen y Mogote) y para cada condición (AI, DI y AR), a través de la media de los valores otorgados por los observadores durante la encuesta. El análisis se realizó para el grupo en general, y segregando los grupos de personas que habían visitado el parque y los que no lo habían hecho. Para corroborar que los datos eran aptos para ser analizados de esta forma, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas; posteriormente se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para saber si había una diferencia estadísticamente significativa entre los datos, en caso de que la hubiera se llevó a cabo una prueba Post-Hoc para encontrar qué grupos eran diferentes.

Resultados

Datos generales de la población encuestada

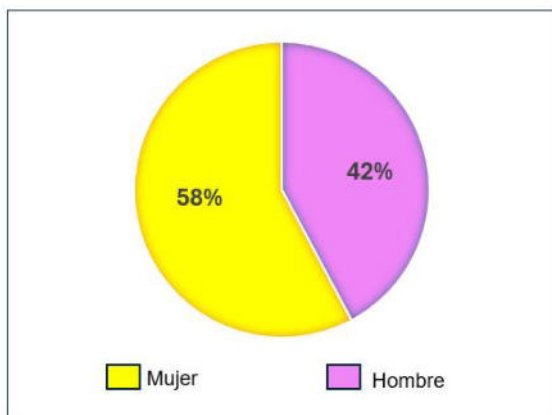


Figura 9. Proporción de hombres y mujeres que respondieron el formulario

El formulario ha sido respondido por un total de 64 personas de las cuales se recabó una serie de datos presentados en las siguientes gráficas: Del total de la población encuestada el 58 % correspondía a personas de género femenino mientras que el 42 % al género masculino (Figura

9)

Asimismo, los encuestados se encontraban en distintos rangos de edades, siendo el rango de 19 a 25 años el más repetido, como se muestra en el siguiente gráfico (Figura 10).

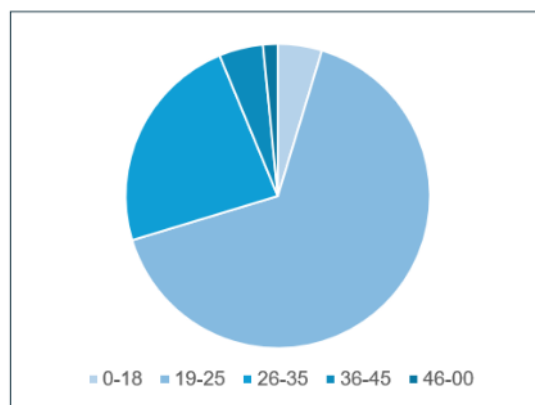


Figura 10. Rangos de edad de las personas que respondieron el formulario

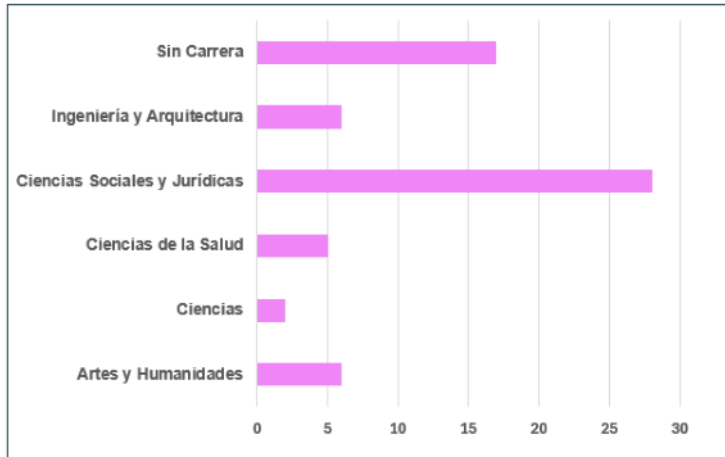


Figura 11. Área de estudios de las personas que respondieron el formulario.

De las 64 personas que respondieron la encuesta 47 dijeron haber estudiado una carrera universitaria, y 17 manifestaron no haber estudiado una carrera (Figura 11).

Del total de la población encuestada, únicamente tres personas presentaron una percepción alterada de los colores (posiblemente daltonismo), mientras que los 61 restantes (94 %) aparentemente tenían una percepción normal del color, como se muestra en el siguiente gráfico (Figura 12).

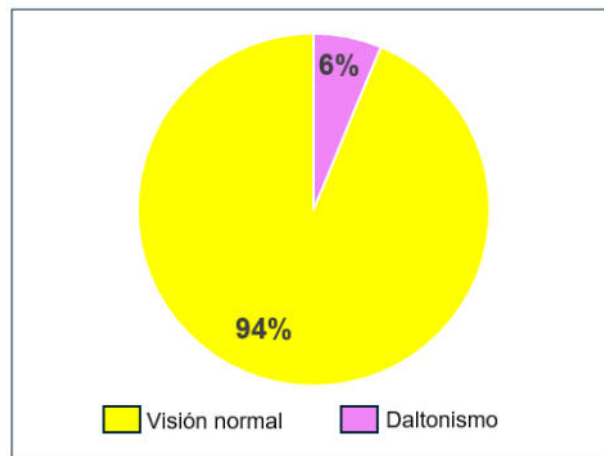


Figura 12. Proporción de personas con daltonismo que respondieron el formulario.

Análisis de los datos

Primeramente, se analizó los datos, de la información recabada por los 64 formularios respondidos, sin segregar según alguna característica de los encuestados. Para este análisis se obtuvo un valor de preferencia promedio (Tabla 1) de 3.5538 para las fotografías de después de las actividades de restauración (DAR), 3.4149 para las fotografías de Antes del Impacto (AI) y finalmente un valor de 2.4895 para las fotografías de Después del Impacto. A continuación, se presentan los gráficos correspondientes a las medianas obtenidas de los resultados divididos por espacio (Canales, Margen y Mogote) y por época (AI, DAR y DI).

Tabla 1. Valores de preferencia promedio por cada tratamiento.

Población que visitó el Parque E. Punta Sur			Población que no visitó el Parque E. Punta Sur		
Sección	Tratamiento	Mediana	Sección	Tratamiento	Mediana
I	AI	3.03125	I	AI	2.84375
I	DI	2.4375	I	DI	2.40625
I	DAR	3.3125	I	DAR	3
II	AI	4.0625	II	AI	3.53125
II	DI	2.90625	II	DI	2.40625
II	DAR	3.84375	II	DAR	4.03125
III	AI	3.8125	III	AI	4.03125
III	DI	2.375	III	DI	2.03125
III	DAR	3.375	III	DAR	3.28125

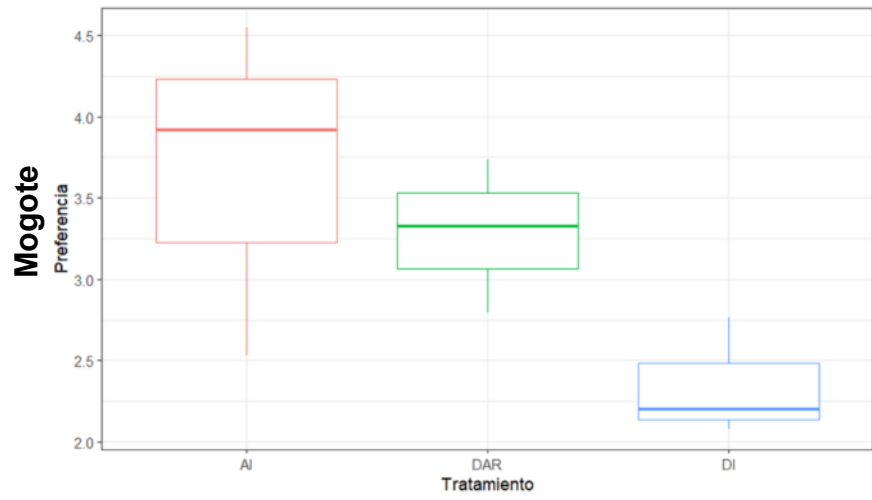
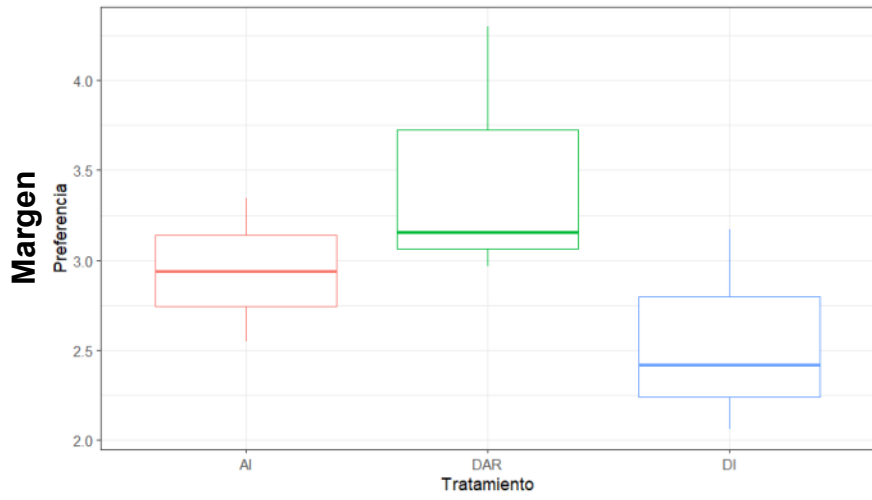
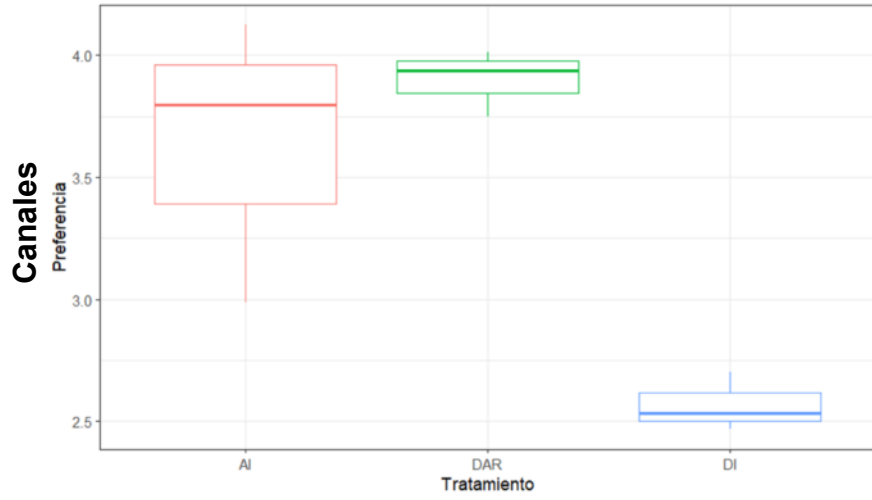


Figura 13. Gráfico de las medianas de los resultados obtenidos por cada tratamiento en cada uno de los tres sitios.

Si bien se puede apreciar una diferencia notoria entre el valor de preferencia (tabla 2) de las fotografías antes del impacto (AI) y después de las actividades de restauración (DAR) correspondientes a todas las épocas y espacios con respecto a las fotografías de después del impacto (DI), el análisis estadístico realizado determina que no hay evidencia estadística para decir que son diferentes.

Tabla 2. Valor de P de la prueba Kruskal-Wallis para cada tratamiento.

Población que visitó el Parque E. Punta Sur			Población que no visitó el Parque E. Punta Sur		
Sección	Tratamiento	Kr-Wa (P)	Sección	Tratamiento	Kr-Wa (P)
I	AI	0.3292	I	AI	0.2883
I	DI		I	DI	
I	DAR		I	DAR	
II	AI	0.06081	II	AI	0.04594
II	DI		II	DI	
II	DAR		II	DAR	
III	AI	0.1133	III	AI	0.1767
III	DI		III	DI	
III	DAR		III	DAR	

Análisis de datos por grupos según la visita previa.

Además del análisis general de los datos, se hizo un análisis haciendo una segregación de los datos de acuerdo con una característica en particular de los encuestados, se separó la población que ha visitado el Parque Ecológico Punta Sur de los que no lo habían hecho, teniendo como resultado el 50 % de la población, es decir, 32 personas sí lo habían visitado y 32 no. Con respecto a la población que sí ha visitado el parque se obtuvo un valor de preferencia promedio de 3.5347 para las fotografías de Antes del Impacto (AI), 3.621 para las de después de

las actividades de restauración (DAR) y 2.6736 para las de después del impacto (DI), coincidiendo con las de la población que no ha visitado el sitio, cuyos resultados fueron 3.2951 para las fotografías de antes del impacto (AI), 3.1375 para las de después de las actividades de restauración (DAR) y 2.3055 para las de después del impacto (DI). A continuación, se muestran los gráficos correspondientes a las medianas obtenidas de los resultados divididos por espacio (Canales, Margen y Mogote) y por época (AI, DAR y DI).

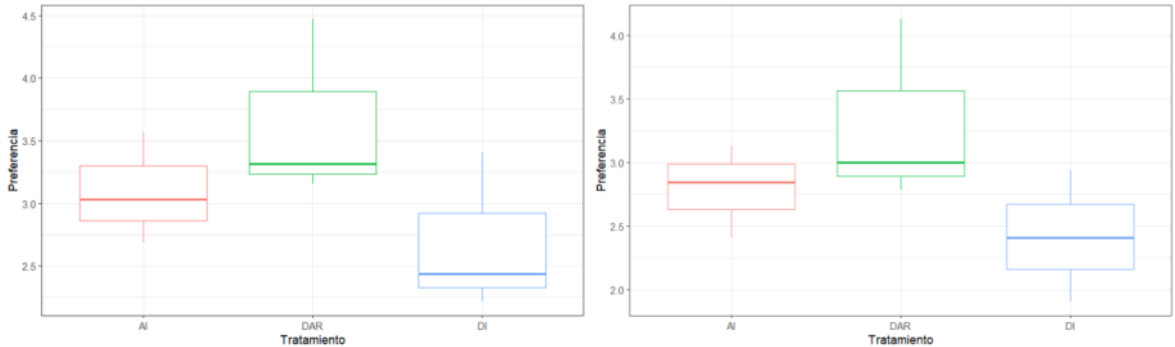


Figura 14. Medianas del valor de preferencia para las fotografías de Canales de las personas que han visitado el sitio (lado izquierdo) en comparación de las que no (lado derecho).

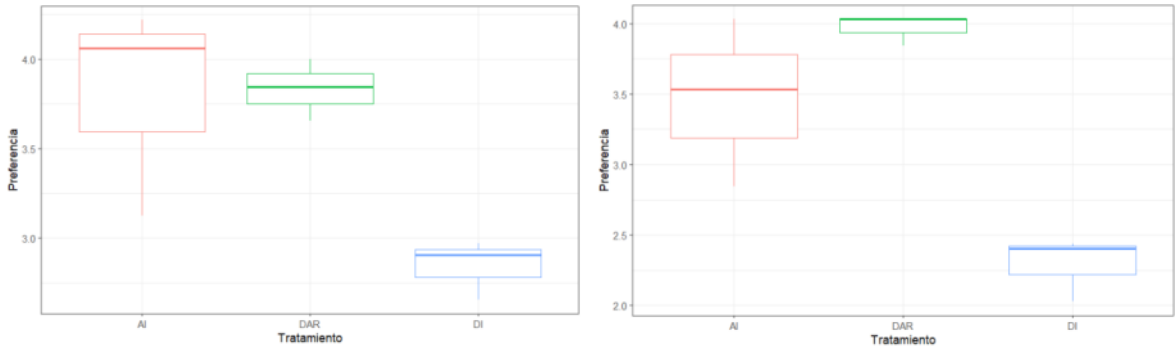


Figura 15. Medianas del valor de preferencia para las fotografías de Margen de las personas que han visitado el sitio (lado izquierdo) en comparación de las que no (lado derecho).

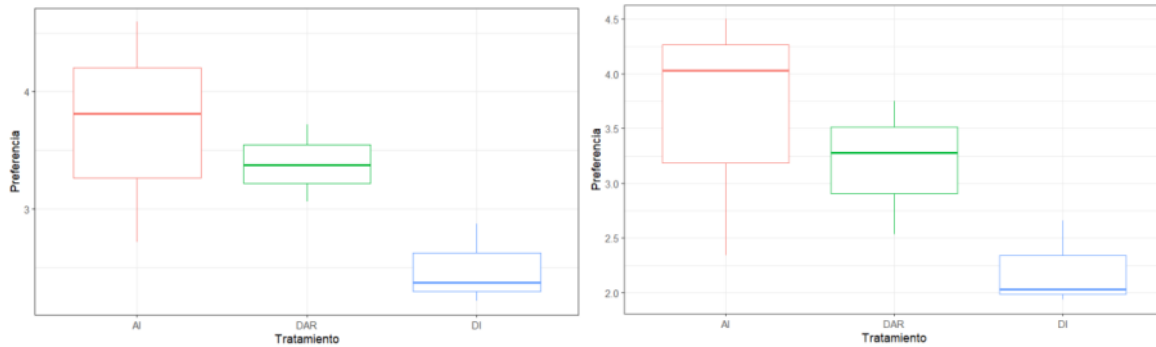


Figura 16. Medianas del valor de preferencia para las fotografías de Mogote de las personas que han visitado el sitio (lado izquierdo) en comparación de las que no (lado derecho).

Como en el análisis general de los datos, haciendo la segregación de estos entre personas que han visitado el sitio y personas que no, se nota una diferencia entre el valor de preferencia de las personas entre fotografías de antes del impacto (AI) y después de las actividades de restauración (DAR) y las de después del impacto (DI) siendo esta última menor en todas las condiciones, pero, según el análisis estadístico, no hay evidencia de que sean estadísticamente significativas, salvo por el valor de preferencia de las fotografías de antes del impacto (AI) 3.53125 y después de las actividades de restauración (DI).

Discusión

Debido a la subjetividad que supone la percepción del ser humano, no existe a la fecha un método de valoración visual que sea certero en su totalidad, sin embargo, se han realizado estudios que intentan minimizar la incidencia de sesgos en el análisis de los métodos de valoración visual que utilizan fotografías, un ejemplo es un estudio que se llevó a cabo en Andalucía, España que pretendía conocer el valor visual que le daban las personas al paisaje mediterráneo; en este estudio se dividió a los encuestados en cuatro grupos de acuerdo con su punto de vista con respecto a lo que hacía atractivo a un paisaje. Al primero se caracterizaba por su valoración meramente estética. El segundo tenía una perspectiva del paisaje orientada a su uso potencial con respecto a lo productivo; el tercero mostró una preferencia guiada por criterios ecológicos, mientras que el último mostró una preferencia marcada por los cultivos de olivos marcado por la identidad regional y la producción económica. El resultado del estudio fue que la población mostró particular preferencia por los paisajes moderadamente afectados con respecto a los muy alterados y los paisajes sin alteración. No obstante, si se analizan los resultados considerando la segregación hecha, es notorio como el grupo con una preferencia basada en criterios ecológicos valoró de mejor manera los paisajes con poca alteración, asimismo el grupo con criterios estéticos principalmente, tendió a valorar de una mejor manera los paisajes menos alterados, a diferencia del grupo cuyo criterio estaba basado en el uso potencial del ecosistema y el grupo cuya preferencia se orientaba hacia el paisaje olivero por una cuestión cultural (Bidegain et al., 2020).

En el presente estudio debido a la complejidad de conseguir fotos útiles del pasado del sitio, se usaron fotografías que presentaban elementos que podrían haber alterado la valoración de las personas que respondieron el formulario. La presencia de fauna (Aves llamativas y altamente carismáticas) en algunas de las fotografías tomadas después del impacto supuso un valor notoriamente más alto que las fotografías de esa misma condición que no contaban con la presencia de fauna, por lo que se puede asumir que una serie de fotografías tomadas en condiciones idénticas podrían ayudar a que el resultado fuera más certero. La idea de segregar a la población que respondió la encuesta, en grupos de acuerdo con su preferencia en cuanto a qué aspectos valoran más en el paisaje, puede ayudar a conocer la valoración visual desde diferentes puntos de vista, tal como en el estudio mencionado que se realizó en España.

Conclusiones

Con la metodología aplicada, no se encontraron diferencias entre el valor de preferencia de las fotografías de antes del impacto (AI) y después de las actividades de restauración (DAR) con respecto a las fotografías de después del impacto (DI), excepto en el caso de la población encuestada que no ha visitado el sitio, donde las fotografías que representan el margen sí obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa entre el valor de preferencia de las fotografías de antes del impacto (AI) y después de las actividades de restauración (DAR) con respecto a las fotografías de después del impacto (DI).

Aunque no se encontraron las diferencias estadísticamente significativas esperadas entre el valor de preferencia de las fotografías de antes del impacto (AI) y después de las actividades de restauración (DAR) con respecto a las fotografías de después del impacto (DI), se puede decir que los valores de preferencia entre las fotografías de antes del impacto (AI) y las de después de las actividades de restauración (DAR) son bastante similares en todos los escenarios, y, a su vez, siempre fueron mayores que las fotografías de después de la restauración ecológica.

Literatura citada

- Bidegain, Í., López-Santiago, C. A., González, J. A., Martínez-Sastre, R., Ravera, F., & Cerda, C. (2020). Social Valuation of Mediterranean Cultural Landscapes: Exploring Landscape Preferences and Ecosystem Services Perceptions through a Visual Approach. *Land*, 9(10). doi:<https://doi.org/10.3390/land9100390>
- Bullock, J. M., Aronson, J., Newton, A. C., Pywell, R. F., & Rey-Benayas, J. M. (21 de 7 de 2011). Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Cell Press*, 26(10). doi:<https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.011>
- Carrillo, A., Elizalde, E., Torrescano, N., & Flores, G. (2008). Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana*, 10(1), 31-38.
- CEPAL. (2013). *Naciones Unidas*. Obtenido de Daño y pérdida de biodiversidad: <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>
- CEPAL. (2017). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina*. Santiago, Chile: Naciones Unidas. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cc_y_sus_efectos_en_la_biodiversidad.pdf
- Díaz Gaxiola, J. M. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355-369. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46121063005.pdf>
- FAO. (2023). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Recuperado el 20 de 11 de 2023, de Evaluación y valoración: <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/valuation/es/>
- Fonseca González, J. (2007). *Ocurrencia de insectos descortezadores en bosques dañados por incendios*. Texcoco. Obtenido de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1645>
- Fonseca-González, J., De los Santos-Posada, H. M., Llanderal-Cázares, C., Cibrián-Tovar, D., Rodríguez-Trejo, D. A., & Vargas-Hernández, J. (2008). Ips e insectos barrenadores en árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios forestales. *Madera bosques*, 14(1), 69-80. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712008000100006
- Francisco, A., Díaz, M., Romano, M., & Sánchez, F. (2009). Descripción morfoanatómica de los tipos de glándulas foliares en el mangle blanco *Laguncularia racemosa* L. Gaertn (f.). *Acta Microscópica*, 18(3), 237-252. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ana-Marta-Francisco/publication/281452470_DESCRIPCION_MORFOANATOMICA_DE_LOS_TIPOS_DE

_GLANDULAS_FOLIARES_EN_EL_MANGLE_BLANCO_Laguncularia_racemosa_L_Gaertn_f/li
nks/5617dd0508ae88df90e03909/DESCRIPCION-MORFOANATOMICA-DE-

- Gobierno de Quintana Roo. (7 de Abril de 2011). *Conahcyt*. Obtenido de https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/QRoo/LAG-COLOMBIA.pdf
- Hernández Fernández, S. (2006). Fenómenos naturales y escala temporal. *I.T.(74)*, 14-21. Obtenido de http://catedraia.unex.es/wp-content/uploads/2021/02/2006-74-IyT_Fenomenos_Nat_y_Esc_Temporal-Sahf.pdf
- Hollis, G., Holland, M., Maltby, E., & Larson, J. (1988). Wise use of wetlands. *Nature and Resources (UNESCO)*, XXIV(1), 2-12. Obtenido de RAMSAR: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wise_use_of_wetlands_-_g._e._hollis_m._m._holland_e._maltby_and_j._s._larson.pdf
- INEGI. (2019). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación (Cozumel)*. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/mapas-de-uso-del-suelo-y-vegetacion-escala-1-250-000-serie-v-quintana-roo/resource/68e69e1e-4a55-4d8e-9f5c-6acd13ca48c1>
- Kathiresan, K., & Bingham, B. (2001). Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 81-251. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Mitsch, W., & Gosselink, J. (1986). *Wetlands*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.
- Monteiro de Lima, L. H. (2013). The Principle of Resilience. *Pace Environmental Law Review*, 30(2), 695-810. doi:<https://doi.org/10.58948/0738-6206.1726>
- Moreno, P., Rojas, J., Zarate, D., Ortiz, M., Lara, A., & Saavedra, T. (2002). Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pequeños y su problemática. *Madera y bosques*, 61-68.
- Oswald-Spring, Ú. (2012). Vulnerabilidad social en eventos hidrometeorológicos extremos: una comparación entre los huracanes Stan y Wilma en México. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 12(2), 125-146. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/654/65429255006.pdf>
- Rey-Benayas, J. M., Nweton, A. C., Diaz, A., & Bullock, J. M. (28 de 8 de 2009). Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. *Science*, 325(5994), 1121-1124. Obtenido de <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1172460>
- Romero, G., & Maskrey, A. (1993). Cómo entender los desastres naturales. En A. Maskrey, *Los desastres no son naturales* (pág. 137). Red de Estudios Sociales en Prevención en América Latina. Obtenido de http://201.130.16.43/bitstream/handle/20.500.11762/19762/LosDesastresNoSonNaturales%28Maskrey_1993%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Salazar-Vallejo, S. I. (2002). Huracanes y biodiversidad costera tropical. *Revista de Biología Tropical*, 50(2), 415-428. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442002000200004
- Sánchez, O., & Escalante, S. (2000). *El Jardín Botánico Doctor Alfredo Barrera Marín: fundamentos y estudios particulares*. San Cristobal de las Casas: CONABIO.
- SEMAR. (2010). *Secretaría de Marina*. Recuperado el 20 de 11 de 2023, de <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioCozumel.pdf>
- Vázquez-Yanes, C., Batis Muñoz, A. I., Alcocer Silva, M. I., Gual Díaz, M., & Sánchez Dirzo, C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084*. Ciudad de México: CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. Obtenido de *Rhizophora mangle*: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf
- Yáñez-Arancibia, A., & Lara-Domínguez, A. L. (1999). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Xalapa, México: Instituto de Ecología, A.C.
- Yáñez, A., Zarate, D., Rojas, J., & Villalobos, G. (1994). *El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación*. Nueva York.
- Yáñez, P., Aldaz, I., & Bermeo, D. (2002). Producción ex-situ de plántulas de mangle botón (*Conocarpus erectus* L.) en la isla Santa Cruz, Galápagos. *Funbotánica*, 10, 9-18. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Patricio-Yanez-2/publication/237089237_Produccion_ex-situ_de_plantas_de_mangle_boton_Conocarpus_erectus_L_en_la_Isla_Santa_Cruz_Galapagos/links/0046351b73c13aa80d000000/Produccion-ex-situ-de-plantas-de-mangle-boton-Con
- Zizumbo-Villarreal, D. (2003). Impacto ecológico del huracán Isidoro a su paso la porción norte de la península de Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*(224), 3-9. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Zizumbo-Villarreal-2/publication/282853527_Impacto_ecologico_del_Huracan_Isidoro_a_su_paso_por_la_orcion_norte_de_la_Peninsula_de_Yucatan/links/56269a7408ae4d9e5c4d41f9/Impacto-ecologico-del-Huracan-Isidoro-a-su

Anexo fotográfico



Grupo de “Jóvenes por la conservación” llevando a cabo una reforestación con mangle en una de las áreas que no ha sido restaurada.



Vista de las lagunas del Parque Ecológico Punta Sur desde el Faro Celarain



Método de fijación de sedimento en medio de la laguna para el establecimiento de mangles.