



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

TITULO:

Cambio de los sitios de anidación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) a lo largo del perfil costero del Ecuador continental bajo el escenario del cambio climático.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR:

Froven Andrés Reascos Castro

ASESOR:

Rubén Andrés Vinueza Chérrez

ESMERALDAS, FEBRERO – 2022

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE – Esmeraldas previo a la obtención del título de Licenciado en Gestión Ambiental.

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. PhD. Jon Molinero Ortiz

Lector 1

Mgt. Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 2

Mgt. Karla Solís Charcopa

Coordinadora de la carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Rubén Vinueza Cherres

Director de Tesis

Esmeraldas, de de 2022

AUTORÍA

Yo Froven Andrés Reascos Castro, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

Froven Andrés Reascos Castro

C.I. 080413788-3

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Jober Frober Reascos Solorzano y Betty Yolanda Castro Peña por haberme brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, ya que sin ellos el trayecto recorrido hasta ahora hubiese sido prácticamente imposible.

De igual forma quiero manifestar mis consideraciones hacia todos los docentes que he tenido a lo largo de mi carrera, los cuales han sabido transmitir su conocimiento y valores de la mejor manera, especialmente al docente investigador Mgt. Rubén Vinueza Chérrez quien me guió a través del desarrollo del presente proyecto y supo solventar todas mis dudas de manera oportuna.

DEDICATORIA

A mis padres por haber representado un pilar fundamental en mi desarrollo como persona.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación del tema de investigación	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	4
1.3.1. Afectaciones a los ecosistemas emergentes	5
1.3.2. Afectaciones a la proporción sexual entre machos y hembras	5
1.3.3. Cambio en la temporada de anidación	5
1.3.4. Cambios en zonas de anidación	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Bases teóricas y científicas	7
2.1.1. Características generales	7
2.1.2. Alimentación.....	7
2.1.3. Reproducción	8
2.1.4. Anidación.....	8
2.1.5. Importancia ecológica	8
2.1.6. Distribución y Hábitat.....	8
2.1.7. Área de Estudio.....	11
2.1.7.1. Provincia de Esmeraldas	11
2.1.7.1.1. Clima	11
2.1.7.1.2. Características, zona de anidación	12
2.1.7.2. Provincias de Manabí, Guayas y El Oro	12
2.1.7.2.1. Clima	12
2.1.7.2.2. Características, zona de anidación	12
2.1.7.3. Provincia de Santa Elena y zona sur de la Isla Puná.....	13
2.1.7.3.1. Clima	13
2.1.7.3.2. Características, zona de anidación	13
2.2. Antecedentes.....	13
2.3. Marco legal.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Método.....	16
3.1.1. Método de recolección de puntos de presencia para <i>L. olivacea</i> en coordenadas geográficas (longitud y latitud).....	16

3.1.2.	Método de discriminación para coordenadas geográficas (Longitud y Latitud)	17
3.1.3.	Descarga de capas ráster para la generación del MNE.....	19
3.1.4.	Descarga de información ambiental para la generación del Modelamiento de Nicho Ecológico	19
3.1.5.	Método de procesamiento de capas ráster a ASCII	21
3.1.6.	Generación de modelado de nicho ecológico (MNE) en escenario de cambio climático en Maxent	24
4.	RESULTADOS	25
4.1.	Presencia de <i>Lepidochelys olivacea</i> (Tortuga golfina) en la costa del Ecuador..	25
4.2.	MNE a futuro para <i>Lepidochelys olivacea</i>	26
4.2.1.	Periodo 2021-2040.....	26
4.2.2.	Periodo 2041-2060.....	27
4.2.3.	Periodo 2061-2080.....	28
4.2.4.	Periodo 2081-2100.....	29
4.3.	Curva ROC	29
4.4.	Análisis de contribución porcentual	30
4.4.1.	Análisis de contribución porcentual, periodo 2021-2040.....	30
4.4.2.	Análisis de contribución porcentual, periodo 2041-2060.....	31
4.4.3.	Análisis de contribución porcentual, periodo 2061-2080.....	32
4.4.4.	Análisis de contribución porcentual, periodo 2081-2100.....	32
4.5.	Análisis Jackknife.....	33
4.5.1.	Análisis Jackknife, periodo 2021-2040.....	33
4.5.2.	Análisis Jackknife, periodo 2041-2060.....	34
4.5.3.	Análisis Jackknife, periodo 2061-2080.....	34
4.5.4.	Análisis Jackknife, periodo 2081-2100.....	34
5.	DISCUSIÓN	36
6.	CONCLUSIONES	39
7.	RECOMENDACIONES	40
8.	BIBLIOGRAFÍA	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 “Mapa, área de estudio del proyecto”	11
Figura 2 “Extensión GBIF en QGIS, extrayendo puntos de presencia para <i>L. olivacea</i> Ecuador”	16
Figura 3 “Tabla de atributos obtenida en QGIS, con una muestra inicial de 2061 puntos de presencia para <i>L. olivacea</i> ”	17
Figura 4 “Puntos de presencia depurados para <i>L. olivacea</i> en archivo CSV delimitado por comas”	18
Figura 5 “Web DIVA-GIS”	19
Figura 6 “Web de WorldClim (Datos Climáticos Históricos)”	20
Figura 7 “Web de WorldClim (Datos Climáticos Futuros)”	20
Figura 8 “Mapa, Precipitación anual Periodo 2020”	22
Figura 9 “Mapa, Temperatura Máxima Periodo 2020”	23
Figura 10 “Mapa, Temperatura Mínima Periodo 2020”	24
Figura 11 “Generación MNE en Maxent, empleando variables futuras en escenario de cambio climático”	24
Figura 12 “Mapa con la distribución actual para <i>L. olivacea</i> en el perfil costero del Ecuador continental”	25
Figura 13 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2021-2040”	26
Figura 14 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2041-2060”	27
Figura 15 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2061-2080”	28
Figura 16 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2081-2100”	29
Figura 17 “Resultados, curva ROC para proyecciones de los MNE, periodos: 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100”	30
Figura 18 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2021-2040”	33
Figura 19 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2041-2060”	34
Figura 20 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2061-2080”	34
Figura 21 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2081-2100”	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent” .. 31

Tabla 2 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent” .. 31

Tabla 3 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent” .. 32

Tabla 4 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent” .. 33

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 “Tortuga golfina desovando en playa Portete – provincia de Esmeraldas” 1

ABREVIATURAS

MNE: Modelado de Nicho Ecológico.

ROC: Característica Operativa del Receptor.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

GBIF: Infraestructura Mundial de Información sobre Biodiversidad.

INP: Instituto Nacional de Pesca del Ecuador.

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

RESUMEN

La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es una especie de reptil anapsido, el cual se desarrolla en un medio marino, los procesos de anidación esta especie se caracteriza por la preferencia de anidar en playas cercana a desembocaduras de ríos. Según la UICN se encuentra en la categoría de vulnerable. En el Ecuador la zona de anidación de esta especie se extiende por todo el perfil costero ecuatoriano. desde la provincia de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena.

El presente trabajo de investigación se centra en modelar el impacto del cambio climático sobre las zonas de anidación para la especie de tortuga marina *Lepidochelys olivacea*, tomando en consideración las variables ambientales: precipitación (mm), temperatura máxima y mínima °C generando modelos predictivos que permitieron determinar cambios en las zonas de anidación para esta especie a futuro. Mediante la utilización del software Maxent. y la recolección de puntos geográficos de nidos de la especie a través de toda la costa ecuatoriana más información de anidación obtenida de bases de datos como GBIF, se generaron los modelos predictivos. Lo mismos demuestran una disminución progresiva en las zonas de anidación en la zona norte de la costa ecuatoriana (provincia de Esmeraldas y Manabí) y aumentando dicha frecuencia hacia el sur del país, en la provincia de el Oro, provincia que actualmente no registra eventos de anidación para esta especie en el Ecuador continental.

Palabras clave: *Lepidochelys olivacea*; modelado de nicho ecológico; variables ambientales; zonas de anidación.

ABSTRAC

The olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) is a species of anapsid reptile, which develops in a marine environment, the nesting processes of this species are characterized by the preference of nesting on beaches near river mouths. According to the IUCN it is in the category of vulnerable. In Ecuador, the nesting area of this species extends throughout the Ecuadorian coastal profile. from the province of Esmeraldas, Manabí and Santa Elena.

This research work focuses on modeling the impact of climate change on nesting areas for the sea turtle species *Lepidochelys olivacea*, taking into consideration the environmental variables: precipitation (mm), maximum and minimum temperature oC presenting predictive models that allowed determine changes in nesting areas for this species in the future. By using the Maxent software. and the collection of geographic points of nests of the species throughout the Ecuadorian coast plus nesting information models obtained from databases such as GBIF, the predictive ones were generated. They show a progressive decrease in the nesting areas in the north of the Ecuadorian coast (province of Esmeraldas and Manabí) and increasing said frequency towards the south of the country, in the province of El Oro, a province that currently does not register events of nesting for this species in continental Ecuador.

Keywords: *Lepidochelys olivacea*; ecological niche modelling; environmental variables nesting areas.

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas son un grupo de reptiles prehistóricos los cuales han existido desde hace más de 100 millones de años, en la actualidad existen siete especies las cuales son:

- Tortuga verde (*Chelonia mydas*)
- Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*)
- Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*)
- Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*)
- Tortuga caguama (*Caretta caretta*)
- Tortuga lora (*Lepidochelys kempii*)
- Tortuga de espalda plana (*Natator depressus*)

Teniendo en consideración que, del listado presentado las 5 primeras especies son las que cuentan con presencia en el Ecuador tanto continental como insular (1).

El presente proyecto se centra en la especie golfina (*Lepidochelys olivacea*) en relación con sus zonas actuales de anidación en el perfil costero del Ecuador continental y como estas zonas de anidación podrían cambiar debido a la influencia del cambio climático.



Imagen 1 “Tortuga golfina desovando en playa Portete – provincia de Esmeraldas”

El cambio climático actualmente es considerado uno de los mayores problemas que enfrenta la humanidad, asociado al incremento en las emisiones de gases de efecto

invernadero o (GEI) (2). Es debido a esta problemática que se prevé la temperatura del planeta aumente en aproximadamente 1,5 a 4,5 °C para el año 2100, motivo por el cual muchos de los hábitats intermareales como son las actuales playas de anidación para especies como tortugas marinas se verían alterados debido a un efecto de absorción de calor por parte de los océanos, otro factor importante a tener en consideración será la incurrencia de eventos climáticos extremos como en el caso de las precipitaciones. En el caso de las tortugas marinas, se puede afirmar que poseen una alta adaptabilidad a diversos factores ambientales en escenarios de cambios naturales, manifestados a lo largo de millones de años mediante la implementación de estrategias evolutivas; siendo que el actual escenario de cambio climático trae consigo cambios abruptos y acelerados ante los cuales existe incertidumbre sobre la capacidad de adaptación para estas especies, ya que sus poblaciones vienen en descenso desde hace más de un siglo (3).

Por ende y mediante la aplicación de herramientas informáticas como el software de modelamiento predictivo “Maxent” se estimará la influencia del escenario del cambio climático en las actuales zonas de anidación para determinar las posibles futuras zonas en las cuales la especie golfinia podría anidar.

1.1. Presentación del tema de investigación

Modelamiento predictivo sobre el cambio de los sitios de anidación de la tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*) a lo largo del perfil costero del Ecuador continental bajo el escenario del cambio climático.

1.2. Planteamiento del problema

¿Qué es el cambio climático?, es propicio hacer una introducción al concepto de cambio climático, refiriéndose a este fenómeno como: “La variación global del clima en la tierra, cuyo origen bien puede deberse a causas naturales o a acciones antrópicas, afectando parámetros climáticos como: Temperatura, precipitación, etc” (4).

Sumado a esto es preciso entender que las condiciones climáticas de un lugar no se expresan en términos estáticos, sino más bien en términos de media y variabilidad a una determinada escala de tiempo, ya que el clima al no ser estático se ve influenciado por

elementos del entorno los cuales con el pasar del tiempo pueden ir modificándose tales como la geografía, altitud, distancia del mar, dirección de los vientos, etc (5).

En lo que respecta a las causas que influyen en el escenario del cambio climático es posible afirmar que este fenómeno es el resultado de la suma de factores tanto naturales como antrópicos. En el escenario natural podemos encontrar eventos asociados directamente a la actividad solar (manchas solares), eventos volcánicos o incluso la misma órbita de la tierra, la cual incide de manera directa en la cantidad de radiación solar que recibe el planeta (6). Sin embargo, respecto a las afectaciones antrópicas la más destacable de estas es la que se encuentra asociada a los denominados (GEI) o gases de efecto invernadero, ya que dentro de su composición se evidencia la presencia de múltiples compuestos como “CO₂, vapor de agua, metano, óxidos de nitrógeno y productos halocarbonados los cuales aportan flúor, cloro y bromo, entre otros compuestos a la atmósfera”, siendo que la emisión de estos gases provoca afectaciones directas sobre la capa de ozono, disminuyendo de esta forma su forzamiento radiactivo e influyendo en gran medida en el clima de la tierra, provocando eventos climáticos anormales como periodos de sequía o de inundaciones prolongadas o fuera de estación, derretimiento de los polos, aumento en el nivel del mar, etc. (7).

La especie golfina (*Lepidochelys olivacea*) al ser un reptil, es susceptible a la temperatura ambiental, ya que son incapaces de regular su temperatura interna, por lo que dependen enteramente de la temperatura ambiental para la obtención de la energía necesaria para la realización de sus procesos biológicos vitales (alimentación, digestión y reproducción), siendo su principal fuente de obtención de energía el sol (8).

Es importante tener en cuenta que el nivel de afectación de las especies de reptiles está influenciado por su comportamiento estacional, por ejemplo, el modo en que se reproducen (ovíparo o vivíparo), de sus hábitos (diurnos o nocturnos), del ambiente el cual habita y de su nivel de tolerancia. Las especies de tortugas marinas poseen temporadas específicas para los procesos de anidación influenciados por factores ambientales, por lo que escenarios de cambio climático presentes en estas zonas podrían incurrir en cambios en sus hábitos de anidación. (9). En ese sentido la especie objetivo del presente trabajo de investigación es la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), ya que podría verse afectada por los efectos del cambio climático además de ser considerada como vulnerable por la UICN (10).

Según George Evelyn Hutchinson, nicho ecológico se define como: un espacio n dimensional donde cada dimensión representa la respuesta de una especie a la variación de una determinada variable (11). En otras palabras, el ambiente es quien determina la condición y existencia de las especies en una conjunción de factores los cuales pueden llegar a ser favorables o no. Tomando en consideración este concepto las zonas para anidación de la tortuga golfina, están correlacionadas con factores ambientales como la precipitación, temperatura “máxima y mínima”, entre otros, marcando así el inicio de la temporada de anidación para esta especie (12).

De igual manera es importante mencionar la presencia de filopatría en tortugas marinas, es decir “el comportamiento mediante el cual algunas especies tienden a regresar a sus sitios de eclosión en sus periodos de reproducción y anidación” traduciéndose en que este comportamiento se deriva en una demarcación demográfica en lo que respecta a poblaciones de tortugas marinas (13). Esto deriva en que, a consecuencia de los efectos del cambio climático sobre las actuales zonas de anidación para la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), esta especie verá reducida las zonas para la realización de sus procesos de nidificación, bien sea por alteraciones en las condiciones climáticas (temperatura o precipitación), como por un aumento en el nivel del mar, siendo que dichos eventos obligarían a esta especie a trasladarse a zonas con condiciones más favorables (14).

Por lo antes mencionado la presente investigación formula el siguiente cuestionamiento ¿Es posible que las actuales zonas de anidación de la especie *Lepidochelys olivacea* cambien en un escenario de cambio climático?

1.3. Justificación

Un escenario de cambio climático conlleva a afectaciones considerables para las especies de tortugas marinas. Siendo que, las variables ambientales se manifiestan de manera no convencional llegando a influenciar los nichos ecológicos presentes en las zonas del perfil costero del Ecuador continental (15). Por consecuente las afectaciones más considerables que podrían experimentarse son:

1.3.1. Afectaciones a los ecosistemas emergentes

Un ecosistema emergente representa la capacidad de conjunción de especies tanto de flora y fauna, así como microorganismos los cuales poseen la capacidad de modificar el funcionamiento ecosistémico de la zona en donde se encuentren y por tanto, una afectación derivada de los efectos del cambio climático mermaría esta capacidad de asociación y modificación ecosistémica al generarse cambios en el clima los cuales excedan el rango de tolerancia máximo para dichas especies (16).

1.3.2. Afectaciones a la proporción sexual entre machos y hembras

La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), durante su periodo de incubación el cual varía entre 45 y 60 días aproximadamente, es una especie muy dependiente de los factores ambientales, principalmente la temperatura ya que este factor es el que le confiere sus características sexuales, al estar expuestos a una temperatura media superior a 29 °C la totalidad de neonatos eclosionados serán hembras, en tanto una temperatura media por debajo de los 27 °C arrojará una totalidad de neonatos machos, mientras que una temperatura ubicada en un rango medio entre los antes expuestas, es decir unos 27,5 a 28,5 °C arrojará una proporción de 1 a 1 entre machos y hembras (17). Por consecuente una variación de los factores ambientales producto del cambio climático, como un aumento en la temperatura generaría un desbalance en la proporción de neonatos macho y hembra, derivándose en un aumento de la natalidad de individuos hembras y por consecuente afectando enormemente el potencial reproductivo de esta especie (18).

1.3.3. Cambio en la temporada de anidación

En este apartado es preciso abordar el concepto de fenología, consistente con el estudio de los ciclos biológicos tanto de fauna como de flora asociados con factores ambientales y temporales (19). Es así como, las afectaciones derivadas del cambio climático producto de la emanación de GEI de origen antrópico hacia la atmósfera estaría generando un aumento en la temperatura de los océanos, trasladando así enormes masas de aire caliente hacia tierra firme, modificando de esta forma la temporalidad de los ciclos estacionales adelantando su presencia y extendiendo su duración (20). Esto obviamente se traduce en consecuencias negativas para las especies de tortugas marinas, más específicamente la especie golfina (*Lepidochelys olivacea*) ya que al modificarse la temporalidad de su periodo de anidación esta especie podría experimentar una baja significativa del éxito de eclosión de sus nidos (21).

1.3.4. Cambios en zonas de anidación

El efecto más visible del cambio climático sobre las zonas de anidación para la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) se denota en la acelerada erosión experimentada, debido a un aumento en el nivel medio del mar, así como una mayor frecuencia de eventos hidrometeorológicos que alteran drásticamente las costas. Sumado a esto se encuentran los efectos erosivos originados por la modificación de la zona litoral mediante el levante de infraestructura lo cual genera escenarios de fuerte erosión costera, así como de extensas zonas de playas perdidas (22).

Por tanto, debido a lo ya mencionado, el presente proyecto se centrará en estudiar el ¿cómo? los factores ambientales climáticos influyen en las zonas de anidación de tortugas marinas, específicamente en la especie golfina (*Lepidochelys olivacea*) mediante la generación de modelos predictivos, por medio de la representación por mapas que permitan la visualización de los cambios en las zonas de anidación para esta especie.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Predecir sitios de anidación de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* en la costa continental ecuatoriana bajo escenario de cambio climático.

1.4.2. Objetivos específicos

- Registrar sitios de anidación de *Lepidochelys olivacea* en la costa continental ecuatoriana.
- Desarrollar un modelamiento que prediga los posibles cambios en los sitios de anidación en un escenario de cambio climático.
- Generar mapas que permitan la visualización de los cambios en las zonas de anidación en un escenario de cambio climático.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas y científicas

Según el IPCC, el concepto de cambio climático consiste en la variación del estado del clima identificable “por ejemplo: mediante pruebas estadísticas” en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos (23). En cambio, para Alan Gilpin, los efectos del cambio climático se manifiestan a través de factores ambientales los cuales pueden entenderse como cada uno de los elementos del medio tanto bióticos como abióticos que condicionan la existencia de un individuo (24).

Por tanto, una vez abordados los conceptos sobre cambio climático es importante el contemplar aspectos sobre la biología de *L. olivacea* que permitan establecer una línea base capaz de ayudar a comprender los efectos que este fenómeno ejerza sobre esta especie, así como su influencia en sus actuales sitios de anidación.

2.1.1. Características generales

En base a la descripción provista por Jack Frazier respecto a la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es posible entender aspectos más generales sobre la misma como el ser considerada la especie de tortuga marina con mayor abundancia del planeta, así como la especie más pequeña perteneciente a la familia Cheloniidae, caracterizándose por su caparazón el cual presenta una forma casi circular, el cual comprende una talla de entre 68 a 78 cm de longitud, así como un peso medio de 38 kg en su etapa adulta. Poseyendo más de 15 escudos principales, 5 escudos dorsales y generalmente cuenta con más de 5 pares laterales, aunque también puede presentar un número desigual de escudos en ambos lados. Los neonatos para esta especie son de color gris oscuro a negro, con una media de 5 cm de longitud (25).

2.1.2. Alimentación

Según lo manifestado por Bárbara Montenegro, su dieta cambia drásticamente según su localización, en aguas oceánicas se alimenta de organismos pelágicos como langostillas, huevos de peces, etc, mientras que en aguas costeras se alimentan de crustáceos, moluscos, peces y salpas (26).

2.1.3. Reproducción

En palabras de René Márquez, la edad en que esta especie alcanza la madurez sexual se encuentra entre los 7 y 9 años. El apareamiento se desarrolla en áreas cercanas a las playas de anidación, la cual abarca los meses entre junio a noviembre. Su ciclo reproductivo se asocia con las fases lunares, ya que la anidación se lleva a cabo alrededor del cuarto menguante, generalmente dos a tres días antes o después, cuando se producen las mareas bajas y menos intensas (27).

2.1.4. Anidación

Esta especie posee hábitos de anidación nocturna, sin embargo, ocasionalmente suele realizar este proceso durante el día, especialmente en días nublados y con una alta incidencia de vientos. Las hembras generalmente anidan varias veces durante una misma temporada variando su número de nidadas entre 2 a 6. Las tortugas golfinas pueden presentar eventos de anidaciones masivas, así como aisladas y en el caso de una anidación masiva, también conocida como "arribada" cientos de individuos se reúnen frente a la playa, empleando todo el espacio físico que la misma ofrezca en un lapso de 3 a 5 noches dejando en su haber miles de nidos (27).

2.1.5. Importancia ecológica

El papel que desempeña esta especie en la red trófica es importante, especialmente dados los números históricos de sus poblaciones, ya que al reducirse drásticamente las mismas podría generarse un aumento de las especies que se encuentran dentro su dieta generando así un desbalance a nivel trófico. En otro aspecto, durante sus periodos de arribada existen muchas especies que habitan las playas resultando así beneficiadas pues durante los eventos de eclosión hay abundancia de alimento para especies de cangrejos, aves, pequeños mamíferos, etc., que ayudan a regular las poblaciones, así como el comportamiento de otras especies en roles depredadores y de presa (27).

2.1.6. Distribución y Hábitat

Para H. Van Dissel y René Márquez, la tortuga golfinas (*Lepidochelys olivacea*) es una especie pantropical, es decir, se encuentra distribuida en las regiones tropicales de todos los continentes, la cual dentro de su circuito migratorio incluye áreas de alimentación en diversos ambientes costeros y marinos anidando en determinadas playas del Océano indico, Pacífico mexicano, Pacífico centroamericano y Pacífico sudamericano en países como Colombia, Ecuador y Perú (28).

Una vez contemplados los aspectos sobre la biología de *L. olivacea* en base a lo establecido por autores como Lucy A. Hawkes, entre las principales consecuencias de la influencia del cambio climático sobre los factores ambientales que inciden en las zonas de anidación de las tortugas marinas, está el aumento de la temperatura de los nidos, a más de 29 °C en promedio, aumentando así la proporción de hembras respecto a los machos, disminuyendo su potencial reproductivo. De esta manera la influencia del cambio climático sobre los factores ambientales presentes en las zonas de anidación de *L. olivacea* claramente deriva en aspectos perjudiciales para el desarrollo de esta especie (29).

De igual manera es importante el tener presente que las zonas de anidación para las especies de tortugas marinas que arriban en el Ecuador continental, se encuentran en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, registrando 5 de las 7 especies de tortugas marinas: Tortuga verde (*Chelonia mydas*); Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*); Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*); Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y Tortuga caguama (*Caretta caretta*), de las cuales solo 4 anidan en costas Ecuatoriana con focos importantes de anidación en las zonas centro y norte del Ecuador, comprendida por las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena, siendo la especie golfina la más abundante (30).

También es preciso resaltar que la temporada de anidación de las especies de tortugas marinas varían según la especie, locación geográfica y cambios ambientales. Las temporadas de anidación para cada especie que arriba en el Ecuador es la siguiente:

- Tortuga verde (*Chelonia mydas*): octubre hasta marzo.
- Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*): junio hasta noviembre
- Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*): septiembre hasta diciembre
- Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*): enero hasta febrero (31).

De igual manera es imprescindible el poseer una aproximación hacia un punto de vista que parta de la biodiversidad y permita apreciar como la presencia del cambio climático afecta tanto directa e indirectamente a individuos, poblaciones y especies, así como a ecosistemas tanto en sus componentes bióticos y abióticos, así como en su funcionalidad. Estos cambios de distribución de especies acarrear problemáticas como pérdida de hábitats, aumento de la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones

de migración de los organismos, así como el tamaño y distribución de las poblaciones entre otros aspectos. Siendo que a nivel poblacional las respuestas presentes ante la presencia de una variación perceptible de los factores ambientales varían dependiendo de la especie, así como de su capacidad de tolerancia y de respuesta hacia un cambio presente en su entorno (32).

Así mismo hay que tener en consideración las implicaciones del término “modelo predictivo” ya que, en palabras de Rubén Mateo, un modelo predictivo es una interpretación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades, siendo por tanto representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (33).

Por lo que, es importante tener presente que un modelo predictivo se encuentra sometido a parámetros como los “análisis de Contribución de Variables (%)” de cada variable ambiental, el cual permite determinar el grado de influencia de cada variable ambiental en cifras porcentuales. Por otro lado, la prueba Jackknife es ampliamente utilizada para la eliminación del sesgo en la generación de MNE, la misma se fundamenta en la correlación de las distintas variables ambientales que influyen en la generación del modelo con la finalidad de determinar la variable de mayor influencia, o en otras palabras la variable que aporta más información al modelo (34).

Por lo antes expuesto se abordará a Maxent, el cual es un software destinado al análisis predictivo de nichos ecológicos que emplea archivos cartográficos en un formato y características específicas (35). Y, mediante información climática propiciada al software, más las ubicaciones geográficas de las actuales zonas de anidación para *L. olivacea* permite obtener un modelado del nicho ecológico potencial para las futuras zonas de anidación de esta especie. Esto es importante ya que permitirá establecer una relación directa sobre la influencia que ejerce un escenario de cambio climático en las zonas de anidación de la tortuga golfina (*L. olivacea*), y visualizar sus posibles cambios, lo que es información vital para generar posibles propuestas que ayuden a mitigar los impactos del escenario del cambio climático para esta especie (36).

2.1.7. Área de Estudio

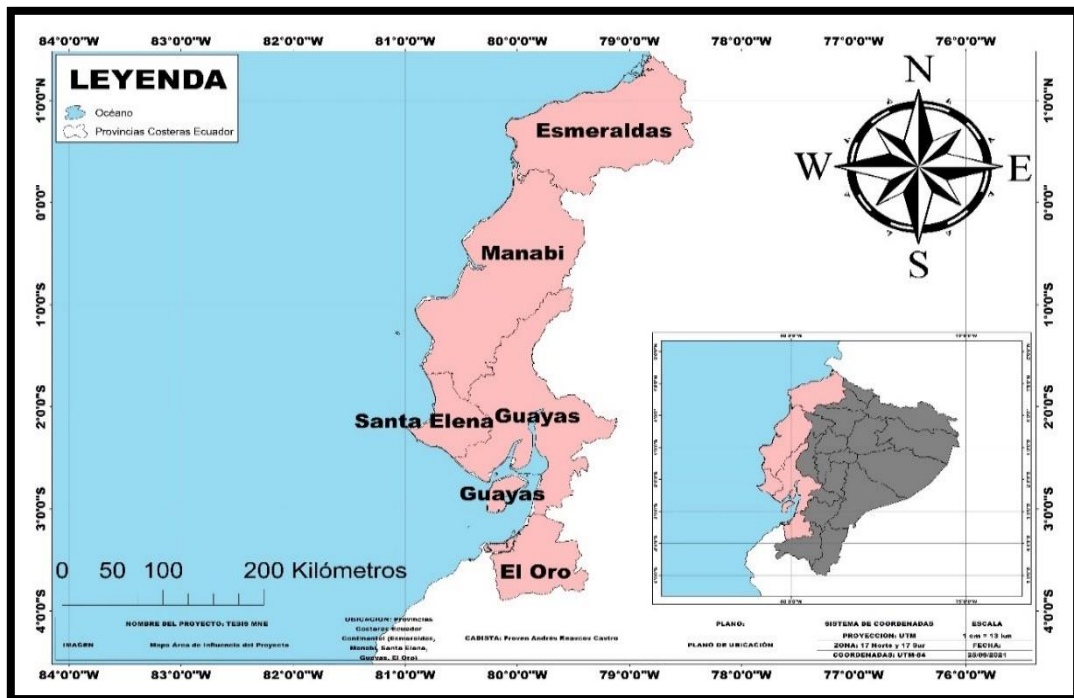


Figura 1 “Mapa, área de estudio del proyecto”

La zona de muestreo se extiende a lo largo del perfil costero del Ecuador continental, tomando en consideración las provincias de: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro las cuales cuentan con una extensión de 950 km de longitud, partiendo desde su extremo norte en la frontera con Colombia con el río Mataje hasta el sur con Perú con el río Tumbes (37), posee un clima tropical árido al suroeste, seco a húmedo hacia el centro-sur y muy húmedo al norte. (38).

A continuación, se abordarán aspectos tanto generales como específicos de las provincias comprendidas dentro del área de estudio para el presente proyecto de investigación:

2.1.7.1. Provincia de Esmeraldas

2.1.7.1.1. Clima

Se encuentra dentro de una zona “tropical húmeda” con temperaturas medias por encima de 25 °C, siendo sus meses más calurosos de febrero a mayo, así mismo presenta precipitaciones elevadas con fuertes lluvias en época invernal y lluvias moderadas en verano con acumulaciones medias anuales de 2500 mm y una humedad relativa del 85% (39).

2.1.7.1.2. Características, zona de anidación

En la zona norte de la provincia de Esmeraldas (San Lorenzo, Eloy Alfaro hasta la parroquia Tachina y Las Palmas) se pueden encontrar playas arenosas con un importante aporte de limo proveniente del río Esmeraldas, con presencia poco significativa de rocas grandes (40).

En contraste con ciertas playas al sur de la provincia como las que se encuentran dentro del área de influencia de la “Reserva Marina Galera San Francisco” las mismas, están conformadas principalmente por playas de arena, roca y laja, así como por zonas de acantilados y arrecifes rocosos (41). No obstante, en el sur de la provincia de Esmeraldas dentro del área de influencia del “Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne” se encuentran Isla Portete, así como Isla Muisne las cuales se caracterizan por sus playas de arena fina como por ser aledañas a zonas de manglar lo que las hace propicias como zonas de anidación para especies de tortugas marinas, especialmente *L. olivacea* (42).

2.1.7.2. Provincias de Manabí, Guayas y El Oro

2.1.7.2.1. Clima

Comprendido por una zona “tropical monzónica” caracterizada por veranos muy secos y en época invernal precipitaciones máximas de 900 mm, entre los meses de enero a mayo, con temperaturas medias de 26 °C y una humedad relativa entre 60 y 70% (39).

2.1.7.2.2. Características, zona de anidación

Dentro de la provincia de Manabí existen playas con características idóneas para los procesos de anidación de tortugas marinas, siendo las localizaciones al sur del cantón Manta, playas como San Lorenzo, Santa Marianita, El Murciélagos, entre otras, las que presentan condiciones de playa arenosa, playa rocosa y playas mixtas, así como acantilados, debido principalmente a que se encuentran cerca al área de influencia del “Refugio de vida silvestre Marino Costero Pacoche” (43). Lo que ciertamente las convierte en zonas con alta incidencia de nidos de especies de tortugas marinas (44).

Respecto a la provincia del Guayas, únicamente existen registros de anidación en Playa General Villamil, y en la provincia de El Oro se han logrado identificar tres zonas de playa, las cuales son Pongalillo, La Noble y Punta de la Gaviota, siendo importante el

resaltar que las zonas antes mencionadas se encuentran catalogadas como de “baja frecuencia de anidación” (45).

2.1.7.3. Provincia de Santa Elena y zona sur de la Isla Puná

2.1.7.3.1. Clima

Perteneciente a una zona “tropical seca” posee un territorio con características desérticas y semidesérticas. Presenta precipitaciones anuales inferiores a 200 mm, comprendido entre los meses lluviosos de enero a abril, siendo el resto del año un periodo enteramente seco con temperaturas medias anuales que superan los 25 °C, presentando así una humedad relativa entre un 75 y 85% (39).

2.1.7.3.2. Características, zona de anidación

Dentro de esta provincia es posible encontrar zonas idóneas para la anidación de (*L. olivacea*) como lo son playa Valdivia, Tres Cruces, Punta Brava y Mar Bravo, entre otras, las cuales se caracterizan por presentar condiciones mixtas entre playas de arena fina y rocosa, siendo consideradas como zonas de altos registros de varamientos más que de anidación (45).

2.2. Antecedentes

En 1978 el Instituto Nacional de Pesca (INP) registro rastros de nidos de las especies *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata* y *Dermochelys coriácea* con apariciones esporádicas, identificando las costas de la provincia de Manabí como el área más importante del país en relación con los eventos de anidación de las especies ya mencionadas. También se registraron algunos bajos y rocas a 50 km frente a las costas de Same y Atacames en la provincia de Esmeraldas como importantes hábitats de forrajeo y descanso (46).

Como dato histórico adicional en Ecuador, la comercialización de carne y pieles de tortuga marina tuvo un auge en las décadas de los 1960 y 1970. Siendo que en este periodo de tiempo al menos 6 empresas se encontraban involucradas en la explotación y exportación de productos derivados de tortugas marinas, principalmente carne congelada para alimentación y cueros para la elaboración de prendas de vestir. A principios de la década de 1970, se emitieron informes inquietantes respecto de capturas masivas de

tortugas por parte de flotas pesqueras extranjeras que operaban en aguas de la región de las Galápagos. Durante la década mencionada de los 60's y 70's en el Ecuador se capturaron entre 300.000 y 450.000 tortugas (siendo la especie más abundante la golfina). Con un número máximo de 150.000 especímenes capturados entre 1979 y 1980 y debido a la sobreexplotación de este recurso, las autoridades de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros de la mano con otras instituciones gubernamentales de la época decidieron cerrar las actividades de captura y exportación de derivados de tortugas marinas en Ecuador (47).

Los antecedentes expuestos reflejan que tanto en el Ecuador continental como Insular hace aproximadamente 60 años existían registros abundantes de tortugas marinas, especialmente sobre la especie golfina, tanto así que varias empresas radicadas en Ecuador lucraron con su captura y exportación de sus derivados, lo que indudablemente conllevó a una disminución en su población, por lo que autoridades gubernamentales se vieron en la obligación de cerrar todo tipo de actividad que conlleve una explotación directa para este recurso.

2.3. Marco legal

En base a lo establecido en la constitución de la República del Ecuador, en su Art., 14.- se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (48).

Según la “Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático” en su Art., 4.- literal d) Compromisos, hace mención de que: Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:

Promover la gestión sostenible y promover y apoyar con su cooperación la conservación y el reforzamiento, según proceda, de los sumideros y depósitos de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, inclusive la

biomasa, los bosques y los océanos, así como otros ecosistemas terrestres, costeros y marinos (49).

En lo que respecta a tratados internacionales, el acuerdo de París del 2015, establece un marco global para evitar un cambio climático peligroso, manteniendo el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1.5 °C, esto con un énfasis en la importancia de la colaboración internacional por parte de los países más desarrollados hacia los menos desarrollados, tal como se lo menciona en su Art., 11 (50).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Método

3.1.1. Método de recolección de puntos de presencia para *L. olivacea* en coordenadas geográficas (longitud y latitud)

Para el presente proyecto se emplearon datos procedentes de dos fuentes, la primera fuente fueron los puntos de presencia recolectados dentro del proyecto de investigación “Agenda de Investigación para Tortugas Marinas del Ecuador Continental” dicha data proporciono una muestra inicial de 290 puntos de presencia para *L. olivacea*.

La segunda fuente fue la obtenida por medio del software QGIS a través de su extensión “GBIF” la cual es una web especializada en información biológica de distintas especies alrededor del planeta, centrando el rango de descarga de puntos de presencia para *L. olivacea* al Ecuador, obteniendo así una muestra inicial de 2061 puntos de presencia para.

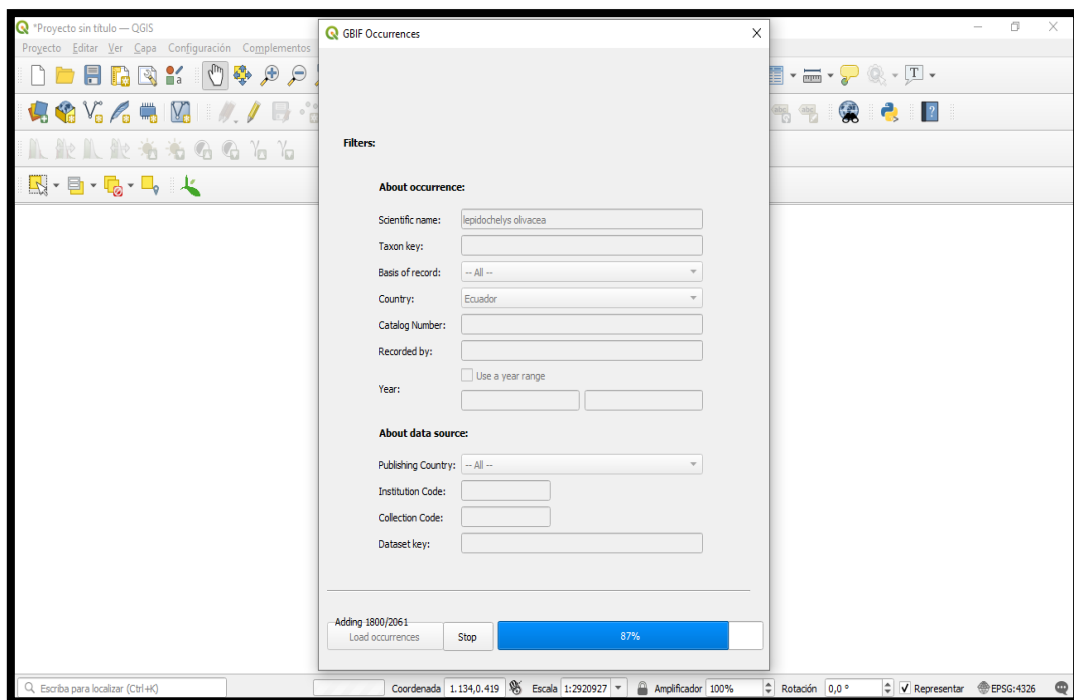


Figura 2 “Extensión GBIF en QGIS, extrayendo puntos de presencia para *L. olivacea* Ecuador”

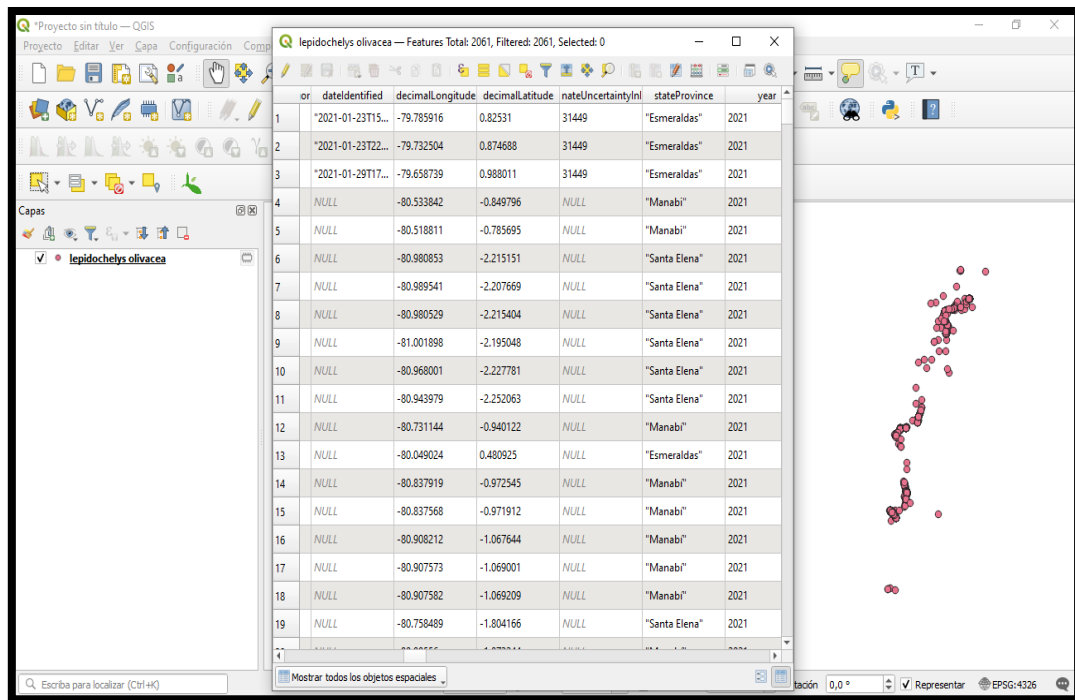


Figura 3 “Tabla de atributos obtenida en QGIS, con una muestra inicial de 2061 puntos de presencia para *L. olivacea*”

3.1.2. Método de discriminación para coordenadas geográficas (Longitud y Latitud)

Para la discriminación de la data procedente del GPS Garmin, la cual consistía en una muestra inicial de 290 puntos de presencia, se procedió a utilizar los software BaseCamp y MapSource, mediante los cuales se extrajo la data almacenada en el GPS Garmin en un archivo “.gpx” para posteriormente visualizar todas las coordenadas geográficas almacenadas en el mismo, y así transferir la data correspondiente a Longitud y Latitud a un archivo Excel en el cual se procedió a discriminar los datos duplicados, obteniendo de esta forma una muestra de 196 puntos de presencia para *L. olivacea*.

Para la discriminación de la data obtenida mediante la extensión GBIF de QGIS, se procedió a seleccionar datos específicos dentro de la tabla de atributos propiciada por esta extensión en la cual se contemplaron los siguientes parámetros:

- Anidación: los registros obtenidos debían ser concordantes con procesos de anidación y no con otros eventos como varamientos.

- Fecha: la fecha de los registros debía ser consecuente con el periodo de anidación para *L. olivacea* en el Ecuador, el cual comprendía los meses de junio a noviembre.
- Fuente: el origen de los registros debía provenir de una fuente oficial, en este caso se tomó en consideración a la información propiciada por el “Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica”.

Una vez aplicados los parámetros ya mencionados, la muestra inicial de 2061 puntos de presencia se redujo a 853 puntos de presencia para *L. olivacea*.

Finalmente se procedió a cargar de manera independiente la data base con los 196 puntos de presencia procedentes del GPS Garmin, así como los 853 puntos de presencia procedentes de la extensión GBIF de QGIS en el software ArcMap junto con un archivo “.shp” el cual contenía información con el mapa del Ecuador y mediante el cual se procedió a recortar las capas pertenecientes a las provincias de (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro) permitiendo la discriminación de puntos de presencia localizados fuera del perfil costero del Ecuador continental, obteniendo así una muestra final de 116 puntos de presencia procedentes del GPS Garmin y 661 puntos de presencia procedentes de la extensión GBIF de QGIS, lo cual arroja una data final, combinada de 777 puntos de presencia para *L. olivacea*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ESPECIE,	LONGITUD,	LATITUD							
2	L. olivacea,-	79.651623,	0.995433							
3	L. olivacea,-	79.653062,	0.993778							
4	L. olivacea,-	79.659778,	0.991250							
5	L. olivacea,-	79.6758,	0.982653							
6	L. olivacea,-	79.846583,	0.875806							
7	L. olivacea,-	79.847167,	0.875472							
8	L. olivacea,-	79.848639,	0.874583							
9	L. olivacea,-	79.848667,	0.874583							
10	L. olivacea,-	79.850222,	0.873611							
11	L. olivacea,-	79.851194,	0.873028							
12	L. olivacea,-	79.853167,	0.871833							

Figura 4 “Puntos de presencia depurados para *L. olivacea* en archivo CSV delimitado por comas”

3.1.3. Descarga de capas ráster para la generación del MNE



Figura 5 “Web DIVA-GIS”

Para la obtención de la capa correspondiente al espacio geográfico del Ecuador, se procedió a descargar dicha información de la web DIVA-GIS la cual contiene información geográfica de todos los países del mundo, presentada en distintos formatos incluido el (.shp) el cual es admisible para la generación de capas ráster en ArcMap.

3.1.4. Descarga de información ambiental para la generación del Modelamiento de Nicho Ecológico

Para la obtención de las capas correspondientes a las variables ambientales, se procedió a descargar dicha información en la web WorldClim, siendo estas variables: Precipitación (mm), Temperatura Máxima (°C) y Temperatura Mínima (°C) en una resolución espacial de “2,5 minutos”, en formato (.tif) el cual es admisible por ArcMap. El motivo por el cual se seleccionaron dichos parámetros es debido a la influencia de estos sobre la especie golfinia (*L. olivacea*) ya que desempeñan un rol fundamental en el éxito del proceso de anidación y desarrollo para esta especie, debido a que la misma es muy dependiente de estos factores ambientales, siendo el parámetro más importante la temperatura (°C), ya que permite un desarrollo óptimo de los nidos, así como confiere las características sexuales de los neonatos. Otro factor importante es la humedad ambiental, ya que, al momento de escoger sitios de anidación, esta especie prefiere zonas de playas con alta humedad cerca a desembocaduras de ríos caudalosos o zonas de humedales (51).

WorldClim Home

Historical climate data

This is WorldClim version 2.1 climate data for 1970-2000. This version was released in January 2020.

There are monthly climate data for minimum, mean, and maximum temperature, precipitation, solar radiation, wind speed, water vapor pressure, and for total precipitation. There are also 19 "bioclimatic" variables.

The data is available at the four spatial resolutions, between 30 seconds (~1 km²) to 10 minutes (~340 km²). Each download is a "zip" file containing 12 GeoTiff (.tif) files, one for each month of the year (January is 1; December is 12).

variable	10 minutes	5 minutes	2.5 minutes	30 seconds
minimum temperature (°C)	tmin 10m	tmin 5m	tmin 2.5m	tmin 30s
maximum temperature (°C)	tmax 10m	tmax 5m	tmax 2.5m	tmax 30s
average temperature (°C)	tavg 10m	tavg 5m	tavg 2.5m	tavg 30s
precipitation (mm)	prec 10m	prec 5m	prec 2.5m	prec 30s
solar radiation (kJ m ⁻² day ⁻¹)	srad 10m	srad 5m	srad 2.5m	srad 30s
wind speed (m s ⁻¹)	wind 10m	wind 5m	wind 2.5m	wind 30s

Historical climate data
Historical monthly weather data
Future climate data

Figura 6 “Web de WorldClim (Datos Climáticos Históricos)”

De igual manera para la obtención de las capas pertenecientes a las variables a futuro se procedió a descargar de la web WorldClim la información correspondiente a las variables Precipitación (mm), Temperatura Máxima (°C) y Temperatura Mínima (°C) para los periodos 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080 y 2081-2100, con una resolución espacial de “2,5 minutos”.

WorldClim Hogar

Clima futuro, resolución espacial de 2,5 minutos

Consulte la [página principal](#) para obtener información de fondo y otras resoluciones espaciales. Los datos climáticos futuros mensuales **reducidos** de CMIP6 están disponibles en archivos GeoTiff para nueve GCM y cuatro SSP para los siguientes periodos de tiempo: [2021-2040](#), [2041-2060](#), [2061-2080](#) y [2081-2100](#). Las variables climáticas disponibles son tn - temperatura mínima promedio mensual (°C), tx - temperatura máxima promedio mensual (°C), pr - precipitación total mensual (mm) y bc - variables [bioclimáticas](#).

Datos climáticos históricos
Datos meteorológicos históricos mensuales
Datos climáticos futuros

2021-2040

GCM	ssp126	ssp245	ssp370	ssp585
BCC-CSM2-MR	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc
CNRM-CM6-1	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc
CNRM-ESM2-1	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc
CanESM5	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc	tn, tx, pr, bc
GFDL-ESM4	tn, tx, pr, bc	- , - , -	tn, tx, pr, bc	- , - , pr , -

Figura 7 “Web de WorldClim (Datos Climáticos Futuros)”

3.1.5. Método de procesamiento de capas ráster a ASCII

Respecto al procesamiento de las capas geográficas y ambientales para la generación del MNE se procedió de la siguiente manera:

En la capa geográfica perteneciente al mapa del Ecuador se seleccionaron los territorios de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro para posteriormente crear una nueva capa vectorial en formato (.shp) con información perteneciente a las provincias antes mencionadas.

A continuación, se cargó las capas pertenecientes a las variables ambientales ya descritas, las cuales se componen de 12 archivos (.tif) cada una, para los periodos de tiempo comprendidos entre 2020; 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080 y 2081-2100, siendo el principal motivo de seleccionar dichos periodos temporales el conocer la influencia del cambio climático en las zonas actuales de anidación para *L. olivacea* a lo largo del tiempo. Una vez cargadas dichas capas se empleó la herramienta “calculadora ráster” en ArcMap la cual permite promediar cada una de las capas ambientales ya mencionadas.

Una vez promediadas cada una de las capas ambientales, se aplicó la herramienta “Extract by Mask” la cual permite recortar cada una de las capas ambientales promediadas para la capa geográfica comprendida para los espacios geográficos de las provincias de (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro).

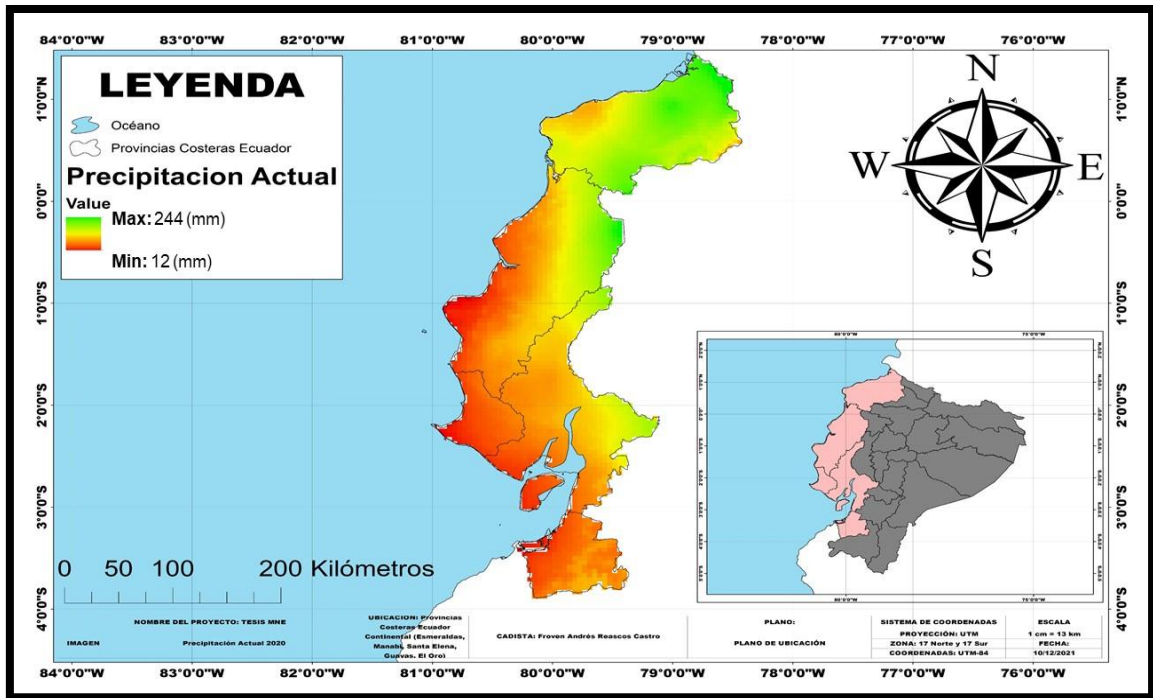


Figura 8 “Mapa, Precipitación anual Periodo 2020” (en el rango de la leyenda para la presente imagen la coloración azul se emplea para referirse a las zonas de alta precipitación, mientras que las zonas del mapa con coloración roja designa áreas con baja precipitación, mientras que las zonas con color blanco representan zonas con una precipitación media.)

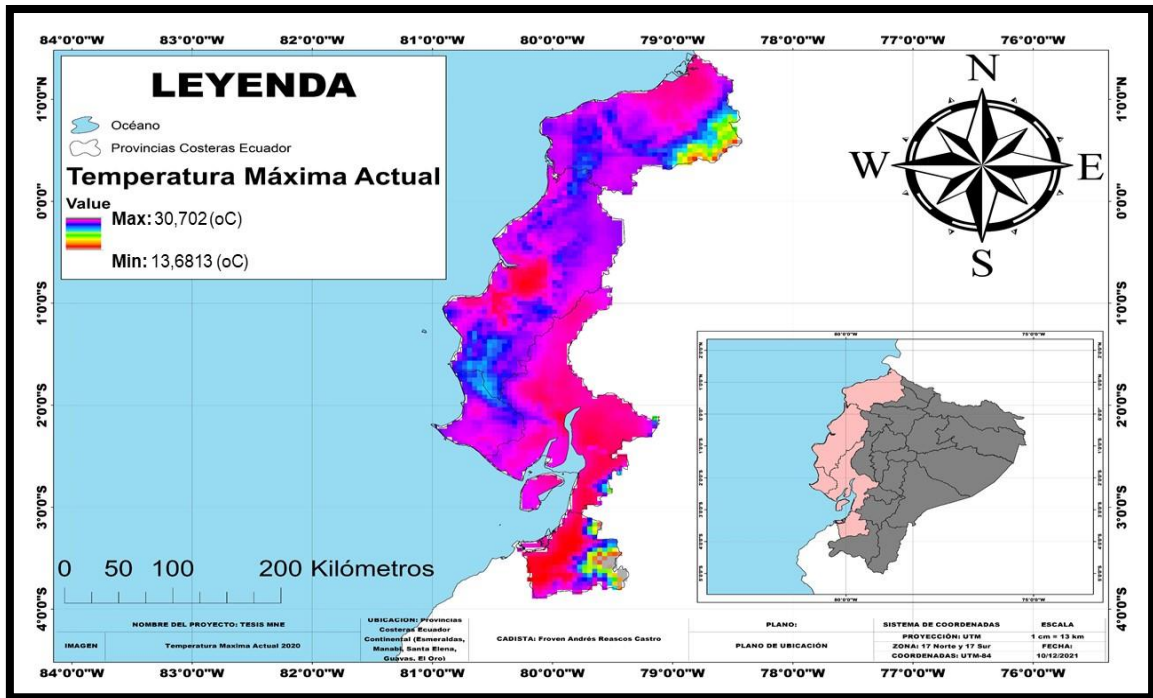


Figura 9 “Mapa, Temperatura Máxima Periodo 2020” (en el rango de la leyenda para la presente imagen las zonas con coloración rojo intenso son empleadas para referirse a áreas con altas temperaturas, mientras que las zonas color naranja hacen referencia a las zonas con bajas temperaturas, mientras que las zonas color azul o amarillo contemplan zonas con una temperatura media.)

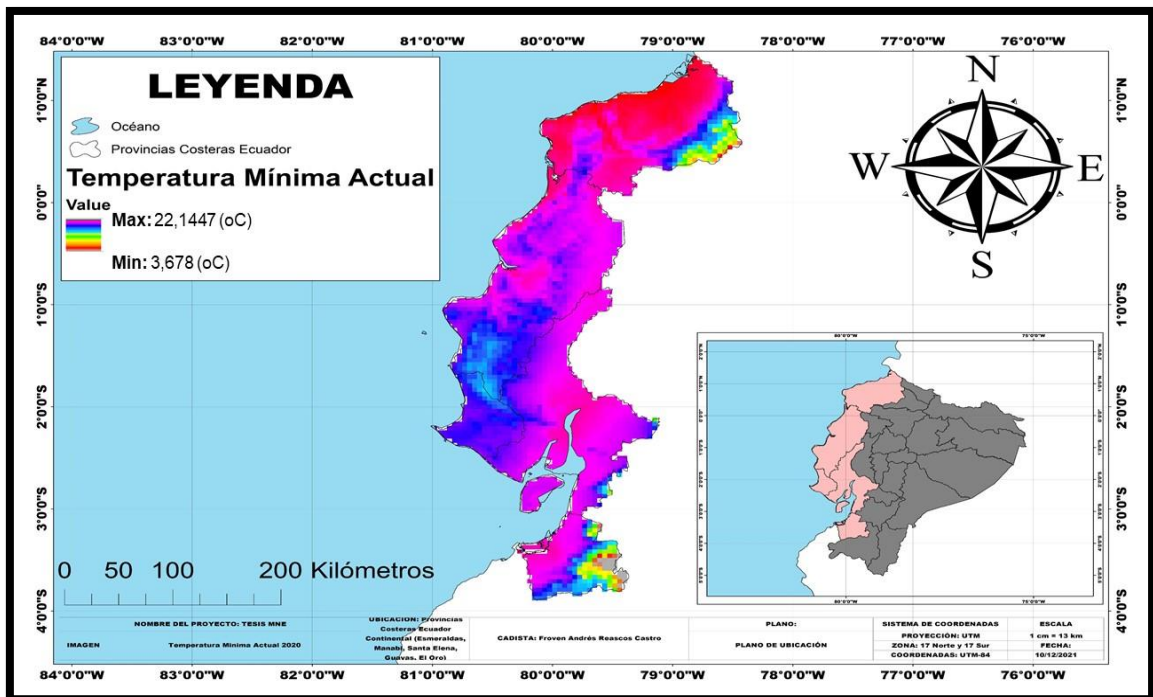


Figura 10 “Mapa, Temperatura Mínima Periodo 2020” (en el rango de la leyenda para la presente imagen las zonas con coloración rojo intenso son empleadas para referirse a áreas con altas temperaturas, mientras que las zonas color naranja hacen referencia a las zonas con bajas temperaturas, mientras que las zonas color azul o amarillo contemplan zonas con una temperatura media.)

Posteriormente y mediante la utilización de la herramienta “Conversión Tools” se convirtió cada uno de los archivos ráster pertenecientes a las variables ambientales ya descritas y recortadas para la capa de las provincias de (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro) a archivos en formato ASCII (.asc).

3.1.6. Generación de modelado de nicho ecológico (MNE) en escenario de cambio climático en Maxent

Para la generación del MNE empleando las variables ambientales a futuro, en escenario de cambio climático se seleccionaron dichas variables para cada uno de los periodos de tiempo descritos anteriormente, cargando dicha información en el ítem “Projection layers directory file” para finalmente correr el programa para la generación de los modelos a futuro.

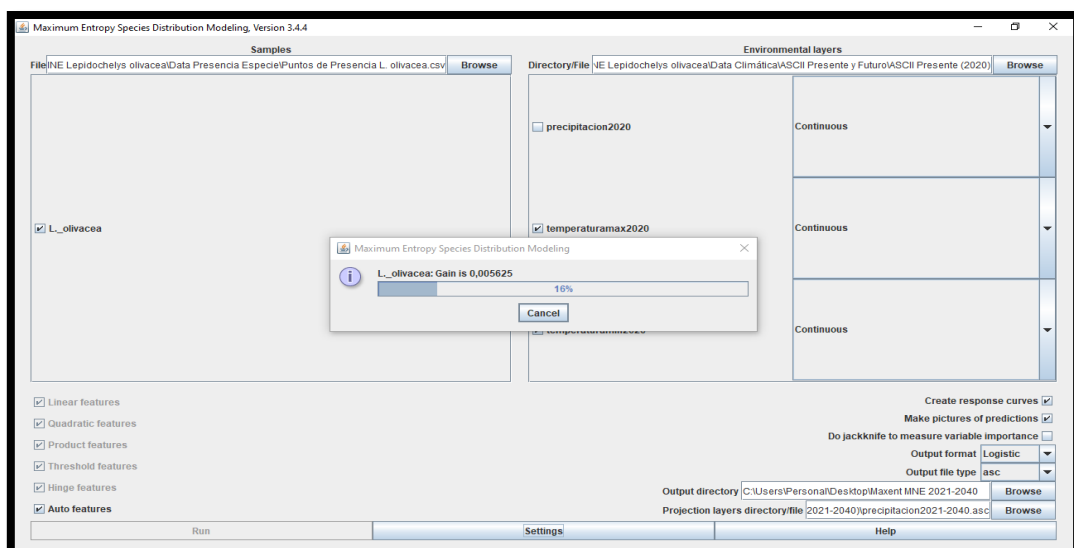


Figura 11 “Generación MNE en Maxent, empleando variables futuras en escenario de cambio climático”

4. RESULTADOS

4.1. Presencia de *Lepidochelys olivacea* (Tortuga golfina) en la costa del Ecuador

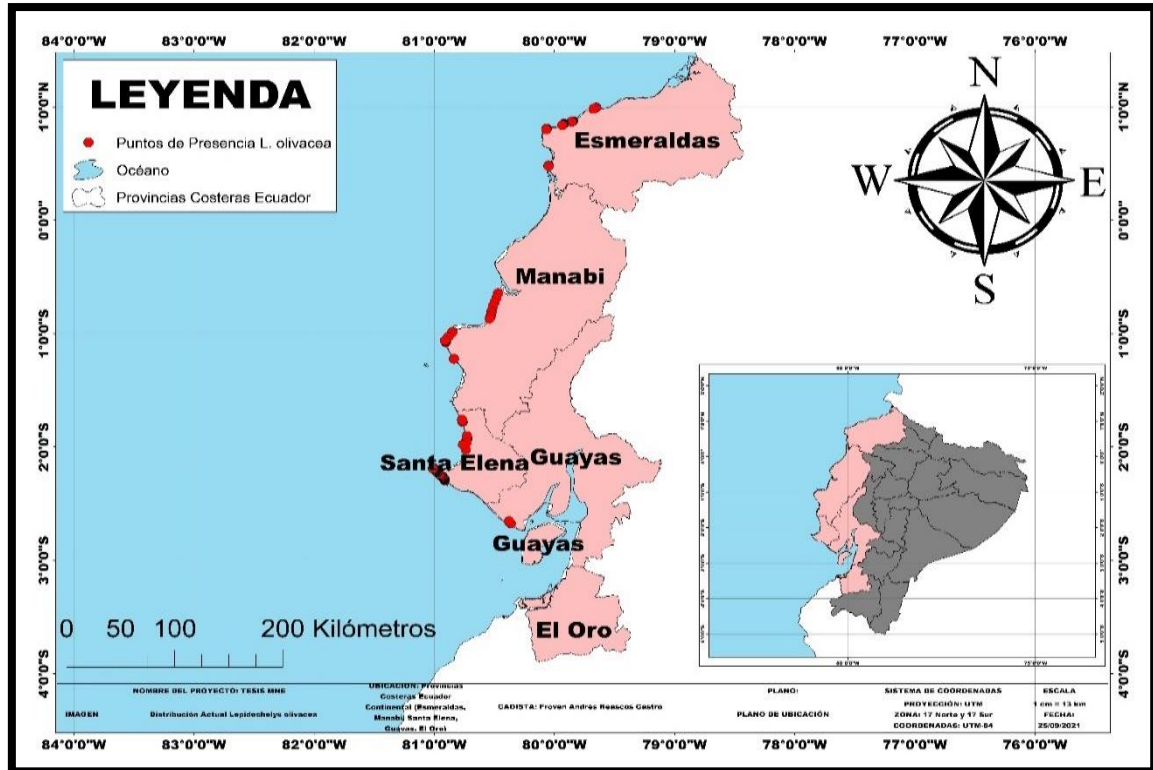


Figura 12 “Mapa con la distribución actual para *L. olivacea* en el perfil costero del Ecuador continental”

Mediante la representación de los 777 puntos de presencia para *L. olivacea* se puede apreciar que actualmente las provincias más importantes en cuando a registros de anidación son (Esmeraldas, Manabí y Santa Elena), las provincias de (Guayas y El Oro) no presentan sitios importantes de anidación para esta especie siendo prácticamente nulos los registros existentes.

4.2. MNE a futuro para *Lepidochelys olivacea*

4.2.1. Periodo 2021-2040

Respecto al periodo temporal 2021-2040 en base al modelamiento, se puede apreciar como la zona norte del Ecuador con la provincia de Esmeraldas, la zona centro comprendida por Manabí y Santa Elena representaran zonas con alta probabilidad de eventos de anidación para la especie golfinia (*L. olivacea*) para los próximos 20 años; en tanto la provincia del Guayas presenta una probabilidad media en eventos de anidación, mientras la provincia de El Oro empieza a vislumbrar una ligera probabilidad de anidación a futuro.

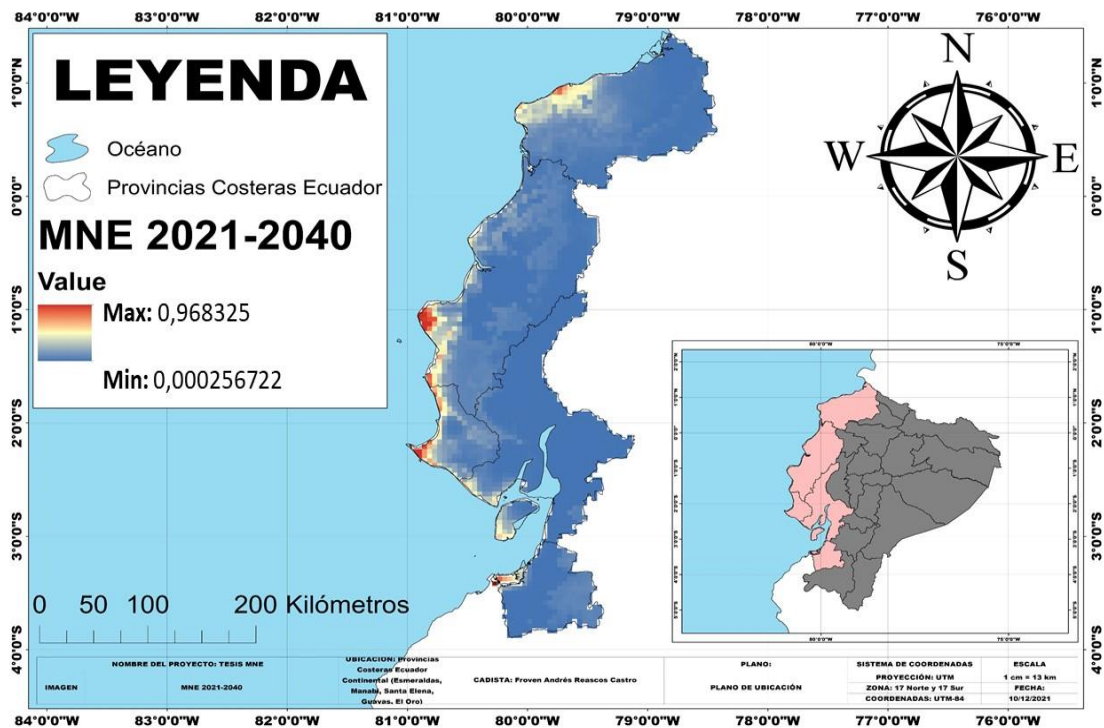


Figura 13 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2021-2040”

4.2.2. Periodo 2041-2060

Para el periodo temporal 2041-2060 se evidencia como la zona norte del Ecuador con la provincia de Esmeraldas, la zona centro con la provincia de Manabí y Santa Elena se mantienen como sitios de alta probabilidad en eventos de anidación, en tanto la provincia del Guayas se mantiene con una probabilidad de eventos medios en anidación, así como la isla Puná. Es importante mencionar que la provincia de El Oro presenta una tendencia a la alza en la probabilidad de actividad de anidación, mostrando que el sur de la costa del Ecuador aumentara la presencia de hembras anidadoras (nidos).

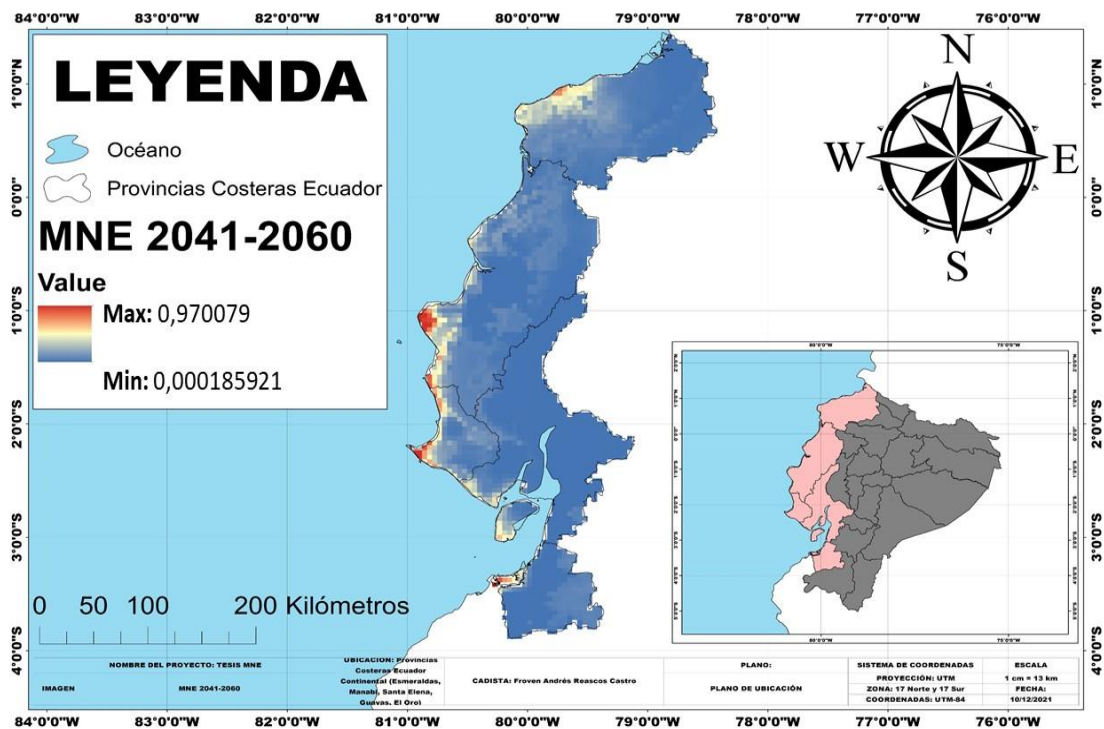


Figura 14 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2041-2060”

4.2.3. Periodo 2061-2080

Para el periodo 2061-2080 se evidencia como la provincia de Esmeraldas cambia a una probabilidad media en eventos de anidación, en las provincias de Manabí y Santa Elena se presentarán una alta frecuencia en eventos de anidación en zonas puntuales como lo son Puerto López y Salinas respectivamente. La provincia del Guayas en el territorio incluyendo la isla Puná presentará eventos de intensidad media a alta en eventos de anidación, en tanto la provincia de El oro presentará registros con intensidad alta en estos eventos.

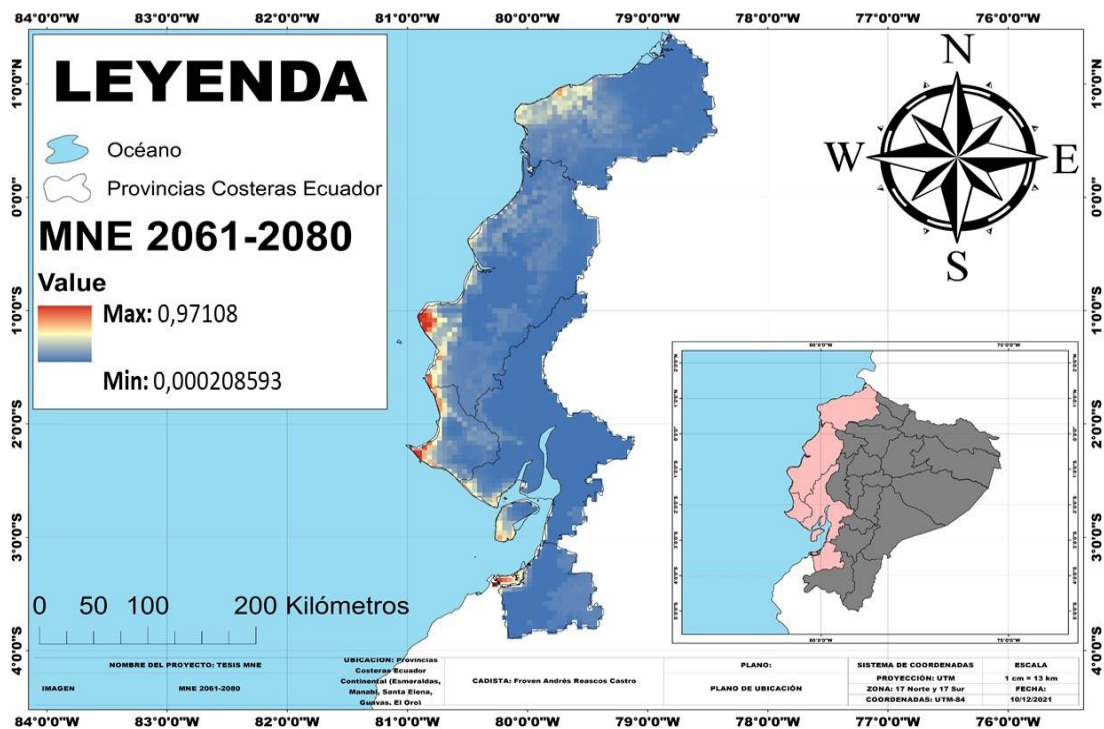


Figura 15 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2061-2080”

4.2.4. Periodo 2081-2100

Para el periodo temporal 2081-2100 se evidencia como en la provincia de Esmeraldas, en la zona correspondiente al cantón Esmeraldas se convierte en el último remanente de zona de anidación para (*L. olivacea*) con una intensidad media, en tanto las provincias de Manabí y Santa Elena, presentarán altas incidencias en eventos de anidación en la zona del parque nacional Machalilla/Puerto López Reserva de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena. En la provincia de El Guayas se aprecia una intensidad media-alta en el territorio comprendido por la Isla Puná, mientras la provincia de El Oro presentará eventos de alta intensidad correspondiente a los procesos de anidación de la tortuga golfina.

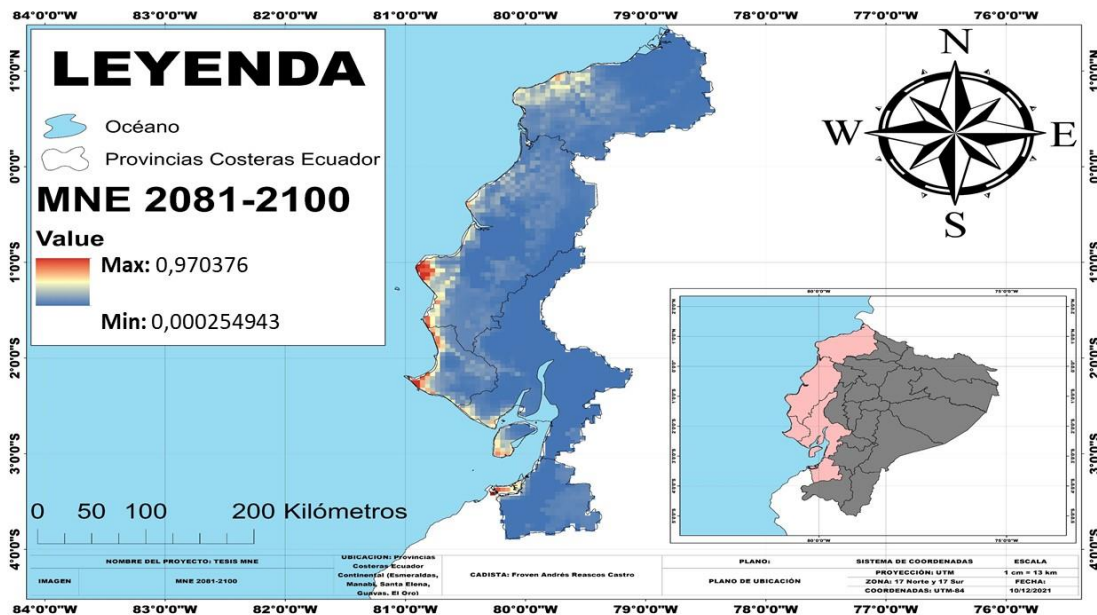
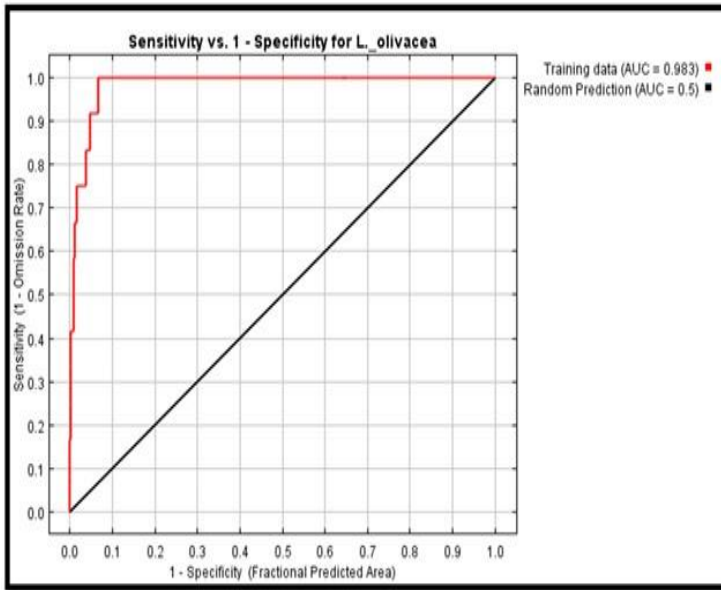


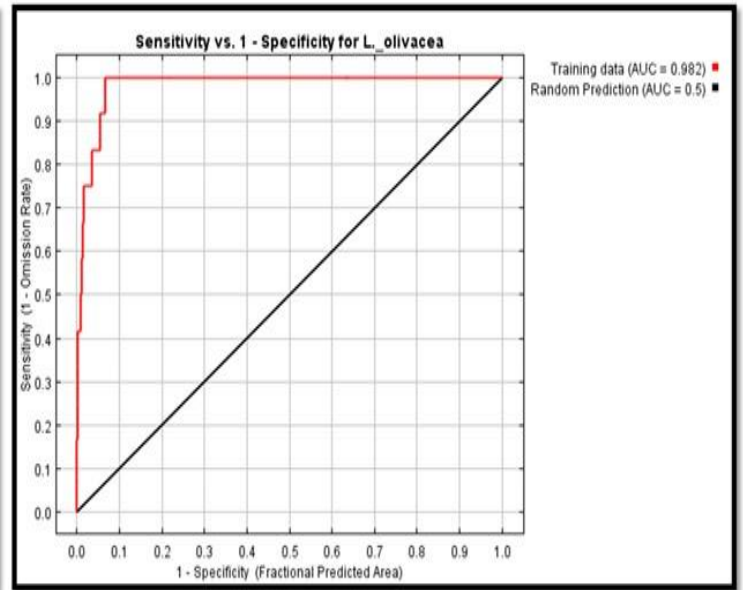
Figura 16 “Probabilidad de anidamiento MNE proyectado a futuro 2081-2100”

4.3. Curva ROC

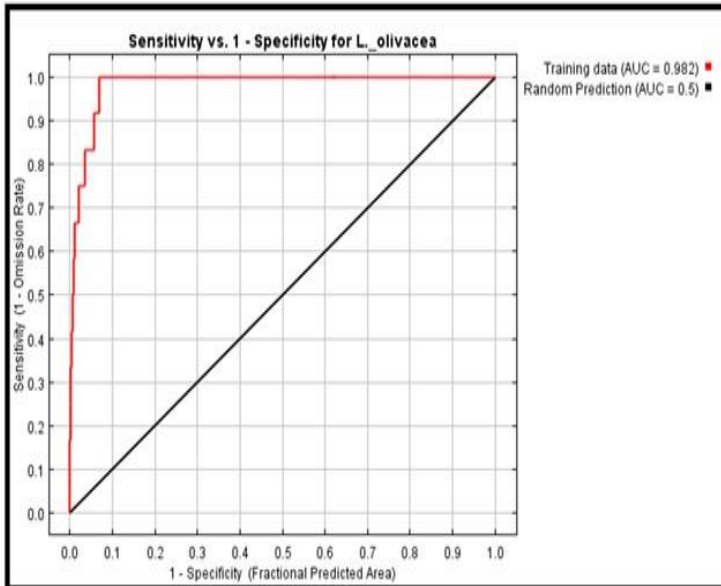
A modo general, se puede apreciar como las graficas de las curvas ROC correspondientes a los periodos temporales 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100 presentan un coeficiente alto que comprende valores entre 0,980 hasta 0,983, casi cercano al valor 1, siendo este valor el cual representa un modelo ideal el cual refleja la robustez estadística del MNE, por tanto se puede afirmar los modelamientos generados por medio de Maxent son modelos con un alto índice de fiabilidad.



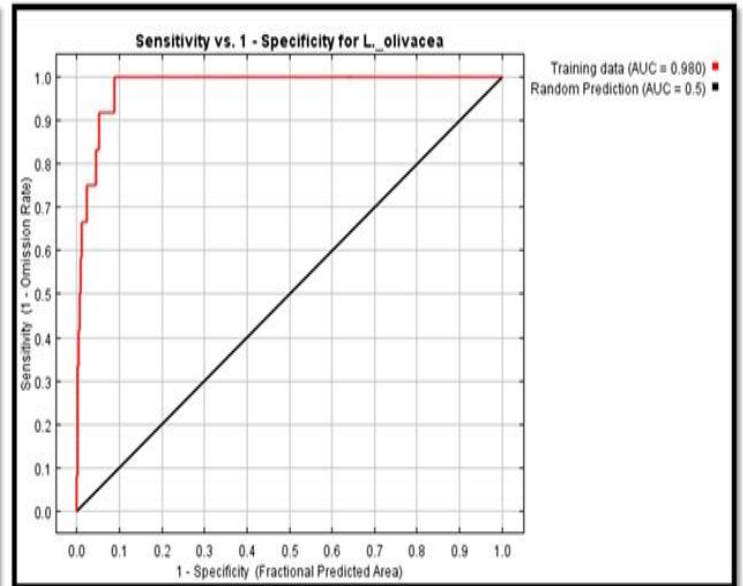
Curva ROC 2021-2040



Curva ROC 2041-2060



Curva ROC 2061-2080



Curva ROC 2081-2100

Figura 17 “Resultados, curva ROC para proyecciones de los MNE, periodos: 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100”

4.4. Análisis de contribución porcentual

4.4.1. Análisis de contribución porcentual, periodo 2021-2040

Como se puede observar en la presente imagen, la variable de mayor aporte porcentual para el periodo temporal 2021-2040 es la Precipitación (mm), la cual aporta un 79,2% de

la información para la generación del modelado, como segunda variable de mayor relevancia se encuentra la Temperatura Mínima (°C) la cual no contribuye con mucha información al modelado aportando así un 12,4% de la información en tanto la variable de menor peso es la Temperatura máxima, la cual contribuye con un 7,7%.

Variable	Contribución Porcentual	Importancia de la Permutación
precipitacion2021-2040	79.8	46.5
temperaturamin2021-2040	12.4	36.4
temperaturamax2021-2040	7.7	17.2

Tabla 1 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent”

4.4.2. Análisis de contribución porcentual, periodo 2041-2060

Para el periodo temporal 2041-2060 se puede apreciar una leve disminución del aporte de la variable Precipitación (mm) a la generación del modelado, la cual aporta con un 79,2% de la información, en tanto la variable Temperatura Mínima (°C) sigue siendo la segunda variable de mayor aporte con un 12,9% que a comparación con el periodo anterior presenta un leve aumento en su influencia en el modelado, mientras que la variable Temperatura Máxima (°C) es la variable que menos contribuye a la generación del modelado con un 7,9%.

Variable	Contribución Porcentual	Importancia de la Permutación
precipitacion2041-2060	79.2	45.8
temperaturamin2041-2060	12.9	36.5
temperaturamax2041-2060	7.9	17.7

Tabla 2 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent”

4.4.3. Análisis de contribución porcentual, periodo 2061-2080

Concerniente al periodo temporal 2061-2080 se puede apreciar un aumento considerable en el porcentaje de contribución respecto de la variable Precipitación (mm) en los periodos anteriores, representando así un 83,2% de la información para la generación del modelado, respecto a la variable Temperatura Mínima (°C) esta aporta un 9,5% de la información apreciándose así una notable disminución de su influencia porcentual respecto del periodo pasado, mientras la variable Temperatura Máxima se mantiene relativamente estable respecto de los periodos anteriores contribuyendo así con un 7,2% de la información al modelado.

Variable	Contribución Porcentual	Importancia de la Permutación
precipitacion2061-2080	83.2	48.6
temperaturamin2061-2080	9.5	35
temperaturamax2061-2080	7.2	16.5

Tabla 3 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent”

4.4.4. Análisis de contribución porcentual, periodo 2081-2100

Para el periodo temporal 2081-2100 se aprecia un leve aumento de la contribución porcentual en la variable Precipitación (mm) con un 85,5% de información aportada al MNE a comparación con los periodos temporales anteriores, en tanto la variable Temperatura Mínima (°C) se mantiene como la segunda variable de mayor influencia con una leve disminución de su contribución porcentual respecto al periodo temporal anterior, con un 8,2% y como variable con menor porcentaje de contribución está la Temperatura Máxima (°C) con tan solo un 6,3%.

Variable	Contribución Porcentual	Importancia de la Permutación
precipitacion2081-2100	85.5	51.2
temperaturamin2081-2100	8.2	33.1
temperaturamax2081-2100	6.3	15.7

Tabla 4 “Resultados, análisis de contribución porcentual de los MNE generados en Maxent”

4.5. Análisis Jackknife

4.5.1. Análisis Jackknife, periodo 2021-2040

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de navaja de importancia variable. La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es precipitación, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma, seguido de las variables temperatura máxima y mínima correspondientemente siendo las mismas no muy influyentes en la generación del modelado.

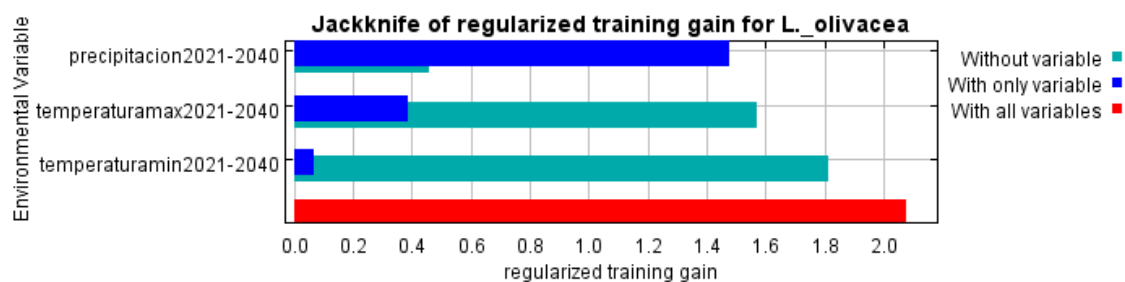


Figura 18 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2021-2040” (La barra color celeste corresponde al aporte del modelado en ausencia de variables, mientras la barra color negro corresponde al aporte de la variable en forma independiente dentro del modelado, en tanto la barra color roja representa el consenso de la influencia de todas las variables en la predicción del modelado para los sitios de anidación de *L. olivacea*.)

4.5.2. Análisis Jackknife, periodo 2041-2060

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de navaja de importancia variable. La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es precipitación, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma, seguido de las variables temperatura máxima y mínima correspondientemente siendo las mismas no muy influyentes en la generación del modelado.

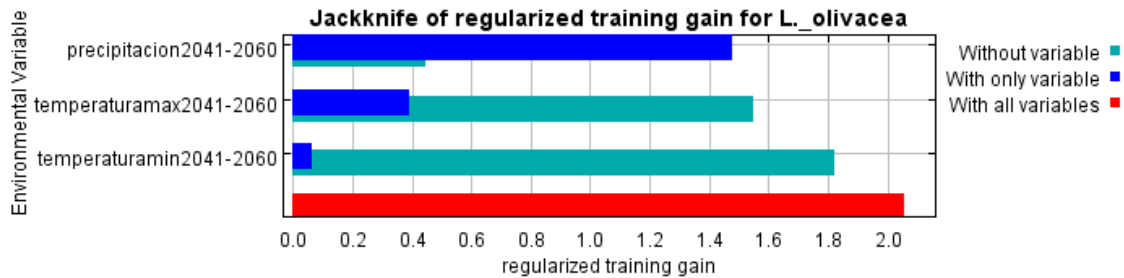


Figura 19 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2041-2060”

4.5.3. Análisis Jackknife, periodo 2061-2080

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de navaja de importancia variable. La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es precipitación, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma, seguido de las variables temperatura máxima y mínima correspondientemente siendo las mismas no muy influyentes en la generación del modelado.

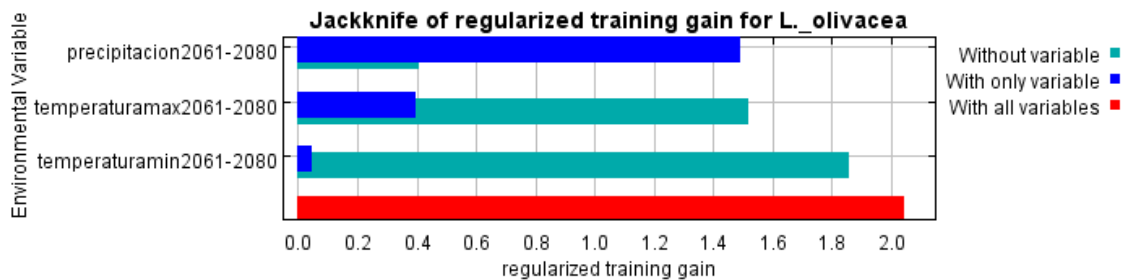


Figura 20 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2061-2080”

4.5.4. Analisis Jackknife, periodo 2081-2100

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de navaja de importancia variable. La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente es precipitación, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma, seguido

de las variables temperatura máxima y mínima correspondientemente siendo las mismas no muy influyentes en la generación del modelado.

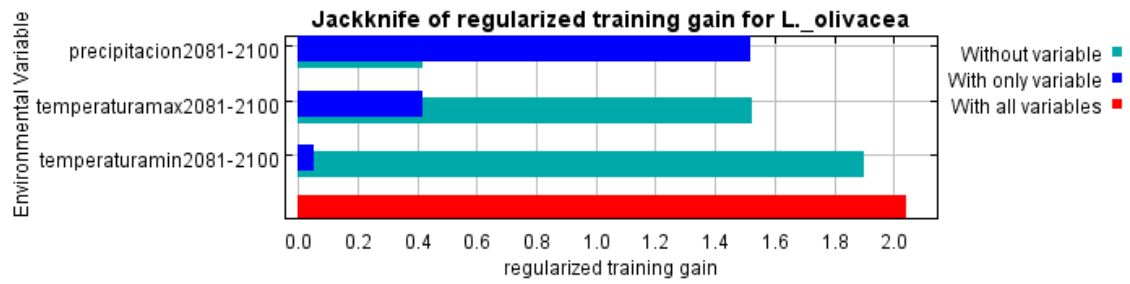


Figura 21 “Resultados, Jackknife de los MNE generados en Maxent 2081-2100”

5. DISCUSIÓN

Respecto a las zonas de playa en las cuales las diversas especies de tortugas marinas arriban para la realización de sus procesos de anidación, es importante tener presente que cada playa posee particularidades las cuales las hacen apreciablemente más atractivas para cada una de las especies de tortugas marinas que arriban a las costas ecuatorianas (52). Para el caso particular de la tortuga golfina, esta especie prefiere tanto las zonas de litoral continental como insular, ubicadas en los trópicos, las cuales presentan condiciones de humedad relativamente alta y preferentemente cerca a zonas de desembocadura de ríos. De igual forma es importante tener presente que los procesos de anidación para *L. olivacea* se realizan en los meses de junio a noviembre, los cuales corresponden a la temporada seca en Ecuador, en donde las precipitaciones son prácticamente nulas y la temperatura tiende a subir. (31).

Como ya se abordó, la especie golfina posee una predilección por zonas de playa las cuales estén influenciadas por desembocaduras de ríos. En el Ecuador continental dichas zonas de playa se encuentran fuertemente influenciadas por ecosistemas de humedal tal como lo son las zonas de manglar. Siendo en la actualidad las provincias de Guayas, Esmeraldas y El Oro las que poseen una mayor cobertura vegetal de manglar con 111368,49; 28229,16 y 19318,34 hectáreas respectivamente, mientras que las provincias que menos cobertura vegetal de manglar poseen son Manabí y Santa Elena con 2870,90 y 48,15 hectáreas respectivamente (53).

En el marco de las variables determinantes en la presencia de nidos de golfina en zonas de playas la variable precipitación es considerada como determinante en el éxito de los procesos de nidificación, así como de eclosión para las especies de tortugas marinas, tanto en zonas tropicales como subtropicales, especialmente en zonas de playa con climas áridos en donde se pudo evidenciar un aumento en los procesos de eclosión de neonatos de tortugas marinas (54).

Por tanto, una mayor incidencia en eventos futuros relacionados con el cambio climático, derivado en precipitaciones de mayor intensidad y temporalidad pueden incentivar los procesos de nidificación para las especies de tortugas marinas, en este caso golfina *Lepidochelys olivacea* (55)

De igual forma es importante tener presente la relación existente entre la profundidad de nidos y mortandad de estos, ya que a mayor profundidad existe una mayor mortalidad

debido al aumento del nivel freático, por lo que es preciso considerar las interacciones entre los factores biológicos y ambientales, con el fin de determinar el éxito reproductivo para esta especie (56).

Es importante el tener presente que las variables ambientales (Precipitación (mm), Temperatura Máxima (°C) y Temperatura Mínima (°C)) irán en aumento a través de los periodos temporales ya establecidos, por lo que la provincia de Esmeraldas la cual es la que presenta mayores niveles de precipitación tanto en la actualidad como en las proyecciones a futuro será la más afectada por los efectos del cambio climático, disminuyendo progresivamente la probabilidad de presencia para zonas de anidación de *L. olivacea* a finales de siglo.

Estimándose que la temperatura global media para finales de siglo aumentará entre 1,5 y 4,5 °C dicho incremento acarrearía graves consecuencias asociadas principalmente a una mayor intensidad en eventos climáticos extremos tales como el fenómeno del niño y la niña así como un aumento en el nivel del mar, el cual se estima será de aproximadamente 50 cm, motivo por el cual zonas de playa como Isla Portete que actualmente representan sitios importantes de anidación para la especie golfinia se verán afectadas a futuro, prácticamente desapareciendo (57).

Debido a que el área de playa disponible para anidar se reduce significativamente, las tortugas pueden excavar en áreas que no son adecuadas para los procesos de eclosión, como áreas con alto riesgo de intrusión salina. Además, el reducido espacio disponible para el desove aumenta las densidades de anidación, lo que conlleva a la destrucción de los nidos existentes aumentando así el riesgo de depredación (58).

En base a los resultados obtenidos de los MNE generados en Maxent se pudo evidenciar que en la provincia de Esmeraldas los registros para la especie golfinia irán en descenso constante, hasta dejar de representar una zona de importancia para los procesos de anidación de esta especie, de igual manera con el área correspondiente a la zona norte de la provincia de Manabí, siendo que dicha afectación se asociada principalmente a la influencia de la variable precipitación (mm) ya que niveles moderados de precipitación en zonas secas favorece al desarrollo de los nidos para la especie golfinia, en tanto un exceso de precipitación genera niveles altos de humedad ambiental lo cual perjudica en gran medida el desarrollo de los nidos, pudiendo incluso llegar a inundar los mismos. De igual manera, la variable temperatura es influyente en el desarrollo de los nidos de tortuga

golfinas, ya que dicha variable es la responsable en la determinación de las características sexuales para esta especie, ya que en temperaturas superiores a los 29 °C el 100% de neonatos serán hembras, en tanto a temperaturas inferiores a 27 °C el 100% de neonatos serán machos mientras que a una temperatura media de aproximadamente 28 °C la proporción entre machos y hembras es de 1–1. Por lo que, un incremento de la temperatura ambiental podría desencadenar un aumento en la proporción de hembras de golfinas y por ende a futuro generar mayores eventos de anidación para esta especie, sin embargo, dicha proyección solo es viable en caso de que el aumento de la temperatura ambiental se produzca en un rango de 0,1–0,5 °C, ya que sobrepasado dicho rango se produciría el efecto contrario, es decir, los eventos de anidación para la especie golfinas disminuirían (59).

Ya que en las proyecciones realizadas tomando en consideración las variables ambientales a futuro, en escenario de cambio climático, se apreció que de manera progresiva a partir del periodo temporal 2021-2040 la distribución espacial para *L. olivacea* tenderá a desplazarse hacia provincias al sur del Ecuador, en el caso de las provincias del Guayas y El Oro las cuales actualmente no son nada representativas en lo concerniente a zonas de anidación para la especie golfinas, a futuro serán provincias con una importancia significativa en este aspecto. Ya que, aunque dichas provincias tanto en la actualidad como a futuro presentan temperaturas altas con pocos niveles de precipitación, las mismas cuentan con importantes reservas de zonas de manglar lo cual es claramente favorable para las zonas de playa ubicadas cerca a los manglares, en vista de los beneficios ya abordados anteriormente de la presencia de dicho ecosistema.

6. CONCLUSIONES

- A medida que la temporalidad avance las proyecciones para las variables ambientales irán restringiéndose de forma paulatina para la provincia de Esmeraldas, ya que este fenómeno se encuentra estrechamente asociado con los niveles de precipitación derivándose en un aumento de la humedad ambiental para la provincia, el cual como ya se estableció en exceso es un factor limitante para el desarrollo de los nidos para *L. olivacea*.
- Los eventos de anidación de tortugas marinas se desplazarán más hacia el sur del Ecuador, conforme pase el tiempo, empezándose vislumbrar actividad en las provincias de Guayas y El oro, sin embargo, es preciso enfocar esfuerzos de conservación en el tramo comprendido desde la zona centro de la provincia de Manabí hasta la provincia de Santa Elena.
- En base a la información obtenida mediante el procesamiento de las capas vectoriales correspondientes a las variables ambientales ya descritas, se logró apreciar que dichas variables experimentarían un aumento en forma constante hasta finales de siglo, de 25 (mm) para la variable precipitación, 2,85 °C para temperatura máxima y de 3,11 °C en su temperatura mínima a partir del periodo temporal 2021-2040.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante el establecer una línea base sólida respecto a la situación actual del Ecuador en materia de cambio climático.
- Es preciso realizar mas estudios actualizados respecto a la situación de las tortugas marinas en Ecuador, en donde se enmarquen aspectos como la relación entre el cambio climático y especies de tortugas marinas, principales características de las zonas de anidación y tendencia de las especies de tortugas marinas hacia ciertos ecosistemas de anidación.
- Si bien actualmente tanto, instituciones gubernamentales como no gubernamentales llevan a cabo esfuerzos por preservar el recurso biológico tortuga marina, en particular para el presente proyecto la especie golfinia, es preciso el implementar nuevas estrategias de conservación que se adapten a los impactos derivados de los efectos del cambio climático como el aumento del nivel del mar o de las variables ambientales precipitación o temperaturas máxima y mínima, para que zonas de actual importancia para la anidación de esta especie como la provincia de Esmeraldas no se vea afectada a futuro en relación con las proyecciones realizadas para las zonas de anidación de esta especie.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1 Institut Océanographique Fondation Albert I Prince de Monaco. Las 7 tortugas marinas del mundo. [Online].; 2019. Available from: <https://www.oceano.org/es/recursos/7-especies-de-tortugas-marinas/>.
- 2 Estévez R. El cambio climático, esa gran Amenaza para nuestro futuro. [Online].; 2017. Available from: <https://www.ecointeligencia.com/2017/10/cambio-climatico-amenaza-futuro/>.
- 3 Fondo Mundial para la Naturaleza. Comprendiendo los impactos del cambio climático en las tortugas marinas y sus hábitats. [Online].; 2020. Available from: https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/comprendiendo_los_impactos.pdf.
- 4 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. ¿Qué es el cambio climático? [Online].; 2018. Available from: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico/#:~:text=Se%20llama%20cambio%20clim%C3%A1tico%20a,muy%20diversas%20escalas%20de%20tiempo>.
- 5 Useros J. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. [Online].; 2012. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817473.pdf>.
- 6 Healing Earth. Causas naturales. [Online].; 2020. Available from: <https://healingearth.ijep.net/es/climatico/causas-naturales>.
- 7 Diaz G. El cambio climático. [Online].; 2012 [cited 2012]. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>.
- 8 Especies Pro. La temperatura de los reptiles. [Online].; 2016. Available from: <https://especiespro.es/articulos/la-temperatura-de-los-reptiles/#:~:text=Los%20reptiles%20son%20animales%20ectot%C3%A9rmicos,ambiente%20y%20no%20del%20alimento.&text=La%20desventaja%20es%20que%20todas%20sus%20actividades%20dependen%20de%20la%20temperatura>.
- 9 Galina P, Lara R, Valdez J, Mendez F. Los reptiles ante el cambio climático. [Online].; 2017. Available from:

<https://www.researchgate.net/publication/319301307> Los reptiles ante el cambio climático.

1 Abreu A, Plotkin P. The IUCN red list of threatened species 2008. [Online].; 2008.
0 Available from: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T11534A3292503>.

1 Hutchinson G. Concluding remarks. [Online].; 1957. Available from:
1 <https://www2.unil.ch/biomapper/Download/Hutchinson-CSHSymQunBio-1957.pdf>.

1 Rafferty A, Reina R. The influence of temperature on embryonic developmental
2 arrest in marine and freshwater turtles. [Online].; 2014. Available from:
1 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022098113003572?via%3Dihub>.

1 Avice J. Conservation genetics in the marine realm. [Online].; 1998. Available from:
3 [https://watermark.silverchair.com/890377.pdf?token=AQECAHi208BE49Oan9khhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAqewggKjBgkqhkiG9w0BBwagggKUMII_CkAIBADCCAokGCSqGSIb3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMly7tAjYBI_7eUdIIPAgEQgIICWt8g2PDVfNxnrv-
oaBQszGrMTCBRGzAaN9m2KwT1CAOBMSQ4](https://watermark.silverchair.com/890377.pdf?token=AQECAHi208BE49Oan9khhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAqewggKjBgkqhkiG9w0BBwagggKUMII_CkAIBADCCAokGCSqGSIb3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMly7tAjYBI_7eUdIIPAgEQgIICWt8g2PDVfNxnrv-
oaBQszGrMTCBRGzAaN9m2KwT1CAOBMSQ4).

1 Fonseca A. Efectos del cambio climático en la anidación de las tortugas marinas.
4 [Online].; 2011. Available from:
1 <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7694>.

1 Oceana. Tortugas marinas y cambio climático. [Online].; 2004. Available from:
5 <https://europe.oceana.org/es/eu/que-hacemos/fauna-y-flora-marina/tortugas-marinas/mas-informacion/tortugas-marinas-y-cambio-climatico#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20cambia%20las,lugares%20y%20tiempos%20de%20desove>.

1 García P. Ecología funcional de ecosistemas emergentes: relaciones entre
6 composición, estructura y función a distintos niveles de organización. [Online].; 2010. Available from: <http://hdl.handle.net/10115/5228>.

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Monitoreo de la temperatura de
7 incubación de nidadas de tortugas marinas. [Online].; 2013. Available from:

<https://savepacificleatherbacks.org/wp-content/uploads/2017/08/3.-PROYECTO-temperatura-de-incubacion-MANUAL.pdf>.

¹ García J. Temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tortugas
⁸ marinas de la playa san juan chacahua, oaxaca, méxico. [Online].; 2018. Available
from: [https://revista-
agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1019](https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1019).

¹ García Ú. La importancia de la fenología. [Online].; 2018. Available from:
⁹ <https://www.meteored.mx/noticias/ciencia/la-importancia-de-la-fenologia.html>.

² García G, González D. Cambio en el Ciclo de las Estaciones. [Online].; 2009.
⁰ Available from: <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/180209b.html>.

² Patiño J. Las tortugas marinas y el cambio global. [Online].; 2013. Available from:
¹ <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/2013099105.pdf>.

² Bolongaro A, Márquez A, Torres V, García A. Vulnerabilidad de sitios de anidación
² de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche.
[Online].; 2010. Available from:
[http://www.anide.edu.mx/archivos/CAP4%20Vulnerabilidad%20de%20sitios%20de%
%20anidaci_n%20de%20totugas%20marinas.pdf](http://www.anide.edu.mx/archivos/CAP4%20Vulnerabilidad%20de%20sitios%20de%20anidaci_n%20de%20totugas%20marinas.pdf).

² Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Glosario. [Online].; 2013. Available
³ from: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf.

² Gilpin A. Dictionary of environment and sustainable development. [Online].; 1996.
⁴ Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913339702100120>.

² Frazier J. Análisis estadístico de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*
⁵ (Eschscholtz) de Oaxaca, México. [Online].; 1983. Available from:
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/543386/CP04-
05_An_lisis_estad_stico_de_la_tortuga_golfina_Lepidochelys_Eschscholtz_de_Oa
xaca_M_xico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/543386/CP04-05_An_lisis_estad_stico_de_la_tortuga_golfina_Lepidochelys_Eschscholtz_de_Oa_xaca_M_xico.pdf).

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008.

3 Plasencia A, Segura G, Esparza L. Modelación de la distribución geográfica potencial
4 de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y
topográficas. [Online].; 2014. Available from:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000300002.

3 Geoinnova. ¿Cómo crear modelos predictivos con maxent? [Online].; 2017.
5 Available from: <https://geoinnova.org/cursos/como-crear-modelos-predictivos-con-maxent/>.

3 Ibarra J, Rangel G, González F, De Anda J, Martínez E, Macías H. Uso del modelado
6 de nicho ecológico como una herramienta para predecir la distribución potencial de
Microcystis sp (cianobacteria) en la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa, Nayarit,
México. [Online].; 2012. Available from:
<https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n1/v7n1a17.pdf>.

3 Proyecto de Manejo de Recursos Costeros. Ecuador perfil de sus recursos costeros.
7 [Online].; 1987. Available from:
<https://www.yumpu.com/es/document/read/8176444/perfil-de-sus-recursos-costeros-pdf-101-mb-usaid>.

3 Varela A, Ron S. Geografía y Clima del Ecuador. [Online].; 2018. Available from:
8 <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/#:~:text=La%20regi%C3%B3n%20Costa%20o%20Litoral,estribaciones%20occidentales%20de%20los%20Andes.&text=La%20regi%C3%B3n%20Costa%20se%20caracteriza,en%20la%20zona%20del%20Choc%C3%B3>.

3 Comisión Permanente del Pacífico. Algunas consideraciones sobre las implicaciones
9 del cambio climático en la zona costera del Ecuador. [Online].; 1991. Available from:
<http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/034.Implicaciones%20cambio%20climatico%20en%20zona%20costera%20ecuador-1991.pdf>.

- ⁴ Villamar F. Estudio taxonómico y distribución de los poliquetos bentónicos en la
⁰ zona intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador). [Online].;
2006. Available from:
https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta13/OCE1301_11.pdf.
- ⁴ Endara I. Consultoría Actualización del Plan de Manejo de la Reserva Marina Galera
¹ San Francisco. [Online].; 2019. Available from:
https://www.proyectomarinocostero.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/PM_RMGSF_09.12.19.pdf.
- ⁴ Vernaza L, Sánchez E, Garzón G, Estupiñán R. Hacia un manejo adaptativo del
² Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Muisne, Provincia de
Esmeraldas. Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo
de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). [Online].; 2018.
Available from: https://www.bivica.org/files/5398_ecosistema_Manglares.pdf.
- ⁴ Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Sistema Nacional de Áreas
³ Protegidas del Ecuador: Refugio de Vida Silvestre Marino Costero Pacoche.
[Online].; 2014. Available from: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-marino-costera-pacoche>.
- ⁴ Mizobe C, Contreras M. Anidación de tortugas marinas en la provincia de Manabí,
⁴ Ecuador. [Online].; 2014. Available from:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087662>.
- ⁴ Coello D, Herrera M. Tortugas Marinas en el Ecuador: Playas de Anidación,
⁵ amenazas naturales y antropogénicas. [Online].; 2011. Available from:
https://www.researchgate.net/publication/310952085_Tortugas_Marinas_en_el_Ecuador_Playas_de_Anidacion_amenazas_naturales_y_antropogenicas.
- ⁴ Muñoz J. Identificación y estudio preliminar de los sitios críticos para anidación,
⁶ forrajeo y descanso de las tortugas marinas en la costa centro y norte del Ecuador.
[Online].; 2009. Available from:
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11116/1/90849.pdf>.

4 Comisión Permanente del Pacífico Sur. Taller de Trabajo para Definir las Líneas de
7 Acción Prioritarias de un Programa para la Conservación de las Tortugas Marinas.
[Online].; 2001 [cited 17 enero 2022. Available from: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/076.Informe%20Taller%20trabajo%20lineas%20accion%20prioritarias%20programa%20tortugas%20%28Ecuador%29-2001.pdf>.

4 Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008.
8 2008..

4 Organización de las Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas
9 sobre el Cambio Climático. [Online].; 1992. Available from:
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

5 Acuerdo de París. Acuerdo de París. [Online].; 2015. Available from:
0 https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf.

5 Colin A. Anidación y conservación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en
1 dos playas de la costa occidental de Baja California Sur, México: 1995-2013.
[Online].; 2015. Available from:
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/719/1/240971.pdf>.

5 Ceballos C. Distribution of sea turtle nesting beaches and feeding grounds and their
2 threats for their conservation in the Colombian Caribbean. [Online].; 2004. Available
from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612004000100005.

5 Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Mapa de Manglares Ecuador
3 Continental. [Online].; 2018. Available from:
<https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/6120BF7A-BD24-5225-9DEF-4D4BE3AD3799/attachments/205395/MAPA%20DE%20MANGLARES%20ECUADOR%20CONTINENTAL.pdf>.

5 Santidrián P, Saba V, Blanco G, Stock C, Paladino F, Spotila J. Climate Driven Egg
4 and Hatchling Mortality Threatens Survival of Eastern Pacific Leatherback Turtles.
[Online].; 2012. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037602>.

5 Montero N, Marcovaldi M, López M, Santos A. Warmer and wetter conditions will
5 reduce offspring production of hawksbill turtles in Brazil under climate change.
[Online].; 2018. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0204188>.

5 Rivas M, Spínola M, Arrieta H, Cabrera M. Effect of extreme climatic events
6 resulting in prolonged precipitation on the reproductive output of sea turtles.
[Online].; 2018. Available from: <https://doi.org/10.1111/acv.12404>.

5 Toulkeridis T, Tamayo E, Simón-Baile D, Merizalde M, Reyes D, Viera M, et al.
7 Cambio climático según los académicos ecuatorianos, percepciones versus hechos.
[Online].; 2020. Available from: <file:///C:/Users/Personal/Downloads/3327-Article%20Text-23373-2-10-20200306.pdf>.

5 Ajuria C. Efectos del Cambio Climático en las Tortugas Marinas. [Online].; 2017.
8 Available from: https://produnas.org/wp-content/uploads/2020/08/TFG_CristinaAjuria.pdf.

5 Salazar D. Así impactaría el cambio climático a las tortugas marinas. [Online].; 2018.
9 Available from: <https://ojoalclima.com/asi-impactaria-el-cambio-climatico-a-las-tortugas-marinas/>.