



UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Stenella longirostris*
(CETARTIODACTYLA: DELPHINIDAE) EN EL PACÍFICO
ORIENTAL TROPICAL, COMO RESPUESTA AL CAMBIO
CLIMÁTICO EN UN HORIZONTE DE TIEMPO A 2100**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de

Licenciada en Biología Marina

Presenta

Eunice Donají Rodríguez Rafael

Director

Dr. Juan Francisco Meraz Hernando

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2017

RESUMEN

Actualmente, las especies se encuentran ante un disturbio ambiental generado por el Cambio Climático, entendiéndose a este como un cambio que altera la composición de la atmósfera y que añade variabilidad al clima. El clima, como una variable físico-química, tiene influencia sobre la presencia de las especies en un área determinada y, un cambio en el mismo provoca que las especies re-dirijan sus estrategias de supervivencia para poder adaptarse a dichos cambios. Las características propias de una región determinan la distribución de las especies. Estas características pueden ser: fisicoquímicas (como la temperatura, pH, salinidad, etc.), biológicas (depredación, simbiosis, etc.) o geográficas (profundidad, elevación sobre el nivel del mar, etc.). El presente trabajo evalúa el efecto del Cambio Climático en la distribución potencial del delfín tornillo *Stenella longirostris* en el Pacífico Oriental Tropical, comparando la distribución potencial del periodo 2002-2009 contra la distribución potencial futura que pueda tener la especie para el año 2100 bajo el escenario A2 modelado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Este efecto se modeló a través del programa MaxEnt tomando en cuenta la temperatura superficial del mar, salinidad, clorofila, batimetría, difusión atenuada y temperatura del aire, por considerarse variables ambientales que influyen en la distribución de la especie. Se obtuvo un área bajo la curva (AUC) de 0.73 para el escenario actual y 0.69 para el escenario futuro, categorizando al modelo como bueno; los mapas obtenidos muestran un cambio drástico en las probabilidades de distribución potencial de la especie entre ambos escenarios. Las variables de mayor importancia para la modelación fueron la temperatura del mar y la batimetría. Se concluye que los resultados obtenidos permiten la determinación del efecto de cambio climático en la especie, ya que se modelan factores relevantes para la misma.

Palabras clave: AUC, delfín tornillo, escenario actual, escenario futuro, MaxEnt, nicho ecológico.

ABSTRACT

Currently, the species are facing an environmental disturbance caused by Climate Change. Climate, as a physiochemical variable, has an influence on the species presence in a determined area and, a modification on this variable, leads to a redirection of the organisms' strategies in order to adapt to these changes. The main characteristics of a region, determine the distribution of species. These characteristics can be physiochemical (such as temperature, pH, and salinity), biological (predation, symbiosis) or geographical (depth, elevation above sea level). The present study evaluates the effect of Climate Change on the potential distribution of the spinner dolphin *Stenella longirostris* in the Eastern Tropical Pacific, comparing the actual potential distribution (2002-2009) vs. the future potential distribution that the species may have for the year 2100 under the A2 scenario of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Maximum entropy method (MaxEnt) was employed to evaluate this effect, using a set of environmental variables (sea surface temperature, salinity, chlorophyll, bathymetry, diffuse attenuation and air temperature) as explanatory variables of the ecological niche of the specie. It was obtained a 0.73 AUC value for the current scenario and 0.69 AUC value for the A2 scenario, categorizing the model as a Good Model. The projected maps showed a drastic change on the potential distribution of *S. longirostris* between scenarios. The most important variables for the modelling were the sea surface temperature and the bathymetry. The results allow the evaluation of the climate change effect on the potential distribution of the specie.

Key words: AUC, spinner dolphin, current scenario, ecological niche, future scenario, MaxEnt.

A mis padres, por enseñarme a caminar.

A mi hermana, por acompañarme en cada paso.

A la vida, por darme camino.

Agradecimientos

Gracias a Dios por esta vida que me ha permitido disfrutar de las maravillas de estar aquí y ahora. Gracias a mis padres porque me han brindado el apoyo y las oportunidades para mi crecimiento y sin los cuales, este paso en mi vida simplemente no hubiera ocurrido; a mi hermana que me ha cuidado y ha sido guía desde siempre, aun cuando la distancia es grande.

Gracias Pantín por ser mi mejor amigo en estos años ¡my sunshine!, por acompañarme, cuidarme y estar conmigo incondicionalmente. Gracias, gordito.

Agradezco al Dr. Juan Meraz, por la paciencia, tiempo, consejos, charlas y enseñanzas que me brindó desde que aceptó ser mi director de tesis; al M.A.I.A. Eduardo Ramírez por toda la ayuda que me prestó mientras realizaba la tesis, sin su paciencia y apoyo la conclusión de este proyecto hubiera sido un desorden. A la M. en C. Ana Torres, al Dr. Francisco Benitez y a la Dra. Valentina Islas por las revisiones, consejos y palabras para con este proyecto.

A mi Granja, por más de 10 años creciendo juntos, y los que vienen ¡Gracias!

Gracias a la familia que encontré en este lugar porque llenaron de gratos recuerdos mi estadía, me apoyaron y brindaron amistad incondicional, así como de victorias y juegos épicos: a mis bastardos Anthuan (Philly), Sara y Mariano; a Mariel, Miriam, Cit, Puppe, Pollo; a la familia de Waterpolo, Erick, Zapato, Ale, César y Rasta. Nene, gracias por la ayuda y paciencia que tuviste conmigo cuando acudía desesperada por dudas.

A mi familia de gorditos: Oscar, Ángel, Eric, Anni y Lau, que llegaron sin aviso y para quedarse, enriqueciendo mi vida con su amistad, apoyo, consejos, aventuras y demasiados buenos momentos para recordar ¡Los quiero!

A Doña Lucy y Don Javier, dos seres excepcionales que tuve la fortuna de conocer, infinitas gracias por su amistad y cariño.

Y a cada una de las personas que no pude mencionar, pero han hecho de este trayecto una experiencia extraordinaria, mis más sinceras gracias.

ÍNDICE

	Página
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Cambio climático.....	2
1. 2. Escenarios de cambio climático.....	3
1. 2. 1. Escenario A2.....	3
1. 3. Nicho ecológico.....	4
1.3.1. Diagrama de BAM.....	5
1. 4. Distribución potencial.....	5
1. 5. Modelación de Distribución.....	6
1. 6. <i>Stenella longirostris</i>	6
2. ANTECEDENTES.....	8
2. 1. Distribución de cetáceos.....	8
2. 2. Cambio Climático: modelación de sus consecuencias.....	10
2. 3. Distribución potencial.....	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. HIPÓTESIS.....	14
5. OBJETIVOS.....	15
5.1. Objetivo general.....	15
5. 2. Objetivos específicos.....	15
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
6. 1. Área de estudio.....	15
6. 1. 1. Corrientes.....	17
6.1.1.1. Masas de agua.....	18
6.1.1.2. Surgencias.....	18
6. 1. 2. Topografía marina.....	18
6.1.2.1. Trincheras.....	19
6.1.2.2. Cordilleras oceánicas.....	19

6.1.3. Clima	20
6.1.4. Precipitación	20
6. 1. 5. Viento	20
6.1.6. Zona de Convergencia Inter-Tropical	21
6.1.7. Regiones y provincias biogeográficas	21
6. 2. Fuentes de información	22
6. 3. Variables ambientales para la modelación	23
6. 4. Método de modelación	24
6.4.1. Formato de salida	24
6.4.2. Evaluación del modelo	25
6.4.3. Estadístico Bootstrap.....	26
6.4.4. Estadístico de Jackknife	26
6. 5. Perfiles bioclimáticos y generación de mapas.....	26
7. RESULTADOS.....	27
7. 1. Distribución potencial actual.....	27
7. 2. Distribución potencial futura	33
7. 3. Perfiles bioclimáticos de distribución.....	38
7. 3. 1. Comparación entre perfiles bioclimáticos.....	41
8. DISCUSIÓN	47
9. CONCLUSIÓN	53
10. REFERENCIAS	55
10. ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama de Bam.....	5
2. Individuos de <i>Stenella longirostris</i>	7
3. Área que comprende el Pacífico Oriental Tropical.	16
4. Corrientes superficiales y subsuperficiales del Pacífico Oriental Tropical....	17
5. Gráfico de sensibilidad vs especificidad para el escenario presente.....	27
6. Gráfico Jackknife de AUC para las variables utilizadas en el modelo del primer escenario climático.	29
7. Mapa de probabilidades de distribución potencial actual de <i>Stenella longirostris</i> en el Pacífico Oriental Tropical..	32
8. Gráfico de sensibilidad vs especificidad para el escenario A2.	33
9. Gráfico Jackknife para las variables utilizadas en la modelación de distribución potencial del escenario A2.	35
10. Mapa de distribución potencial futura de <i>Stenella longirostris</i> en el Pacífico Oriental Tropical bajo la simulación del escenario A2 del IPCC.	37
11. Perfiles bioclimáticos de clorofila.....	39
12. Perfiles bioclimáticos para difusión atenuada en el escenario presente. ...	40
13. Perfil bioclimático de batimetría.	41
14. Comparación entre ambos escenarios la temperatura superficial del mar máxima.	42
15. Comparación de escenarios mediante la temperatura superficial del mar media.....	43

16. Gráficos de perfiles bioclimáticos para la variable de temperatura superficial del mar mínima para los escenarios actual y futuro	43
17. Comparación de los perfiles bioclimáticos de la temperatura del aire máxima.	44
18. Perfiles bioclimáticos para la temperatura del aire media.	45
19. Perfiles bioclimáticos para la temperatura del aire mínima.	46
20. Perfiles bioclimáticos para la variable de salinidad.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
I. Porcentaje de contribución de las variables al modelo general de ambos escenarios.	63
II. Valores de AUC para las variables analizadas en ambos escenarios según lo arrojado por la prueba de Jackknife.	64