

**UNIVERSIDAD DEL MAR**

**Campus Puerto Ángel**



**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Actitis macularius* EN MÉXICO MEDIANTE  
HERRAMIENTAS DE MODELADO DE NICHOS CON BASE A UNA  
PROYECCIÓN TEMPORAL BAJO EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de  
**Licenciado en Biología Marina**

Presenta

**Luis Antonio Hernández Díaz**

Director:

Dr. Juan Francisco Meraz Hernando

Co-director:

M.A.I.A Eduardo Juventino Ramírez Chávez

Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2024

## Resumen

En los últimos años las actividades humanas han sido responsables de impulsar el calentamiento global, el cual ha tenido efecto en los fenómenos meteorológicos y climáticos, generando cambios en la distribución de las especies, debido a que están fuertemente relacionadas con las variables ambientales. El modelado de distribución potencial es una herramienta de suma importancia para monitorear las condiciones ambientales en las que se desarrollan las especies y facilita la observación de los efectos del cambio climático. En el presente trabajo se realizó la distribución potencial del ave Playero Alzacolita (*Actitis macularius*) en México, para el pasado (hace 21,000 años), presente (1981-2010) y futuro (2041-2070) bajo el escenario más catastrófico modelado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC, con el fin de determinar los cambios en su distribución comparando dichos periodos. El análisis fue realizado mediante el algoritmo MaxEnt, tomando en cuenta la precipitación, temperatura mínima, media y máxima como las variables que influyen en la distribución de la especie. En la modelación al pasado se obtuvo una nula distribución, mientras que en el modelo del presente se observó una afinidad a la costa mexicana y a algunas partes dentro del continente. Finalmente, en el modelo del futuro se notó un cambio de distribución, dejando de ser idóneas algunas zonas costeras, ocasionando su distribución a zonas más continentales. La variable que tuvo un mayor aporte a los modelos en los diferentes periodos fue la temperatura mínima. De forma general la distribución potencial de *A. macularius* fue distinta en los tres escenarios, cambiando drásticamente del pasado al presente; mientras que en el futuro, la distribución se redujo a zonas costeras, mostrando el efecto que podría tener una especie generalista en términos de dispersión bajo el escenario de cambio climático más catastrófico del IPCC en México.

**Palabras clave:** Charadriiformes, UMG, MaxEnt, cambio climático.

## **Abstract**

In recent years, human activities have been responsible for driving global warming, which has had an effect on meteorological and climatic phenomena, generating changes in the distribution of species, since they are strongly related to environmental variables. Potential distribution modeling is an extremely important tool for monitoring the environmental conditions in which species develop and facilitates the observation of the effects of climate change. This study performed the potential distribution of the bird Spotted sandpiper (*Actitis macularius*) in Mexico, for the past (21,000 years ago), present (1981-2010) and future (2041-2070) under the most catastrophic scene modeled by the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, in order to determine the changes in its distribution comparing these periods. The analysis was carried out using the MaxEnt algorithm, taking into account precipitation, minimum, mean and maximum temperature as the variables that influence the distribution of the species. In the modeling of the past, a null distribution was obtained, while in the model of the present, an affinity to the Mexican coast and to some parts within the continent was observed. Finally, in the model of the future, a change of distribution was noted, with some coastal zones no longer being suitable, causing their distribution to move to more continental zones. The variable that had the greatest contribution to the models in the different periods was the minimum temperature. In general, the potential distribution of *A. macularius* was different in the three scenarios, changing drastically from the past to the present; while in the future, the distribution was reduced to coastal areas, showing the effect that a generalist species could have in terms of dispersal under the IPCC's most catastrophic climate change scenario in Mexico.

**Keywords:** Charadriiformes, UMG, MaxEnt, climate change.

## **Dedicatoria**

A mis padres por todo el apoyo incondicional, por todos estos años de estudio que me han brindado y que me han acompañado en cada paso que he dado.

A Luis Antonio Hernández Díaz egresado de la carrera, que a pesar de los obstáculos y caídas, no se rindió y logró concluir con la meta, así mismo, le dedico este escrito a Luis Antonio Hernández Díaz del futuro, para que recuerde y tenga presente este gran logro a lo largo de su vida.

A las aves que me han llenado de tranquilidad y felicidad, dándole un gran sentido a mi vida.

*“Como las aves que desafían las tormentas para hallar cielos más claros, tu esfuerzo y confianza en ti mismo pueden ser las alas que te guíen a través de los problemas, hacía un horizonte más esperanzador”*

## **Agradecimientos**

*Agradezco a mis padres que me han apoyado tanto estos años y siempre me han dado ánimos para seguir con mis sueños y metas, agradezco su paciencia y amor, ya que si no hubiera sido por ellos, no hubiera llegado a dedicarme a lo que realmente me gusta, los amo mucho.*

*Agradezco a mis abuelitas que formaron gran parte de mi vida y que cuando estuvieron conmigo siempre me apoyaron y que a pesar de que no pudieron verme titulándome, yo les dedico este gran logro y quiero decirles...¡si pude!*

*Agradezco a mi director de tesis el Dr. Juan Meraz, por toda la paciencia, tiempo, confianza, enseñanzas, proyectos compartidos, ánimos y consejos que me ha brindado, inspirándome para seguir trabajando con las aves y en la ciencia, siendo un gran amigo, profesor y director, gracias a todo su apoyo esto fue posible. También agradezco a mi Co-director y actual jefe M.A.I.A. Eduardo Ramírez, el cual también me tuvo mucha paciencia y me ofreció su confianza, tiempo, consejos y mucho conocimiento, le agradezco todo su apoyo como alumno, tesista, amigo y técnico. A la Dra. Ana Torres, a la M. C. Eunice Rodríguez y al Dr. Felipe Becerril, ya que accedieron a ser mis revisores, los cuales aportaron, tiempo, dedicación, gran ayuda y un considerable aporte a toda mi información de tesis, dándole un sentido más consistente.*

*También agradezco a mi familia en general que siempre ha estado conmigo y apoyándome. A sí mismo, agradezco a Leiliany la cual me ha acompañado en los últimos pasos de esta tesis, apoyándome, siendo mi confidente y dándome más fuerzas para concluirla. A mis amigos Gaby, Ale Rebolledo, Andrés, Saul, Everardo, Diana, Debrah, Piña, Hiram, Zinahí etcétera, que me han acompañado en este camino para llegar a esta meta el que parecía no tener fin, y que me aconsejaron, me dieron más ánimos y confiaron en mí.*

*Agradecer de igual manera y muy importante a mis Psicólogas Alba, Zaira y Gabriela que formaron parte de este camino para poder superar todas las adversidades personales y académicas que se me fueron presentando.*

## Índice

Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	ix
<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<i>Último máximo glacial.....</i>	<i>2</i>
<i>Último máximo glacial en México.....</i>	<i>2</i>
<i>Cambio climático.....</i>	<i>3</i>
<i>Modelado de nicho.....</i>	<i>5</i>
<i>Playero alzacolita.....</i>	<i>9</i>
<b>II. Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
<b>III. Justificación.....</b>	<b>15</b>
<b>IV. Hipótesis.....</b>	<b>17</b>
<b>V. Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>VI. Metodología.....</b>	<b>18</b>
<i>Área de estudio.....</i>	<i>18</i>
<i>Bases de datos de presencias.....</i>	<i>19</i>
<i>Control de calidad de los datos.....</i>	<i>19</i>
<i>VARIABLES AMBIENTALES.....</i>	<i>19</i>
<i>Correlación de Pearson.....</i>	<i>23</i>
<i>Método de modelación.....</i>	<i>23</i>
<i>Mapas de distribución potencial y mapas binarios.....</i>	<i>24</i>
<i>Evaluación del modelo.....</i>	<i>25</i>
<b>VII. Resultados.....</b>	<b>26</b>
<i>Base de datos y control de calidad.....</i>	<i>26</i>

<i>Variables ambientales</i> .....	26
<i>Modelación de distribución potencial del nicho ecológico de A. macularius para el pasado (hace 21,000 años)</i> .....	27
<i>Modelación de distribución potencial del nicho ecológico de A. macularius para el presente (1981-2010)</i> .....	33
<i>Modelación de distribución potencial del nicho ecológico de A. macularius para el futuro (2041-2070) en el escenario SSP5</i> .....	37
<i>Evaluación del modelo</i> .....	44
<b>VIII. Discusión</b> .....	46
<b>IX. Conclusión</b> .....	51
<b>X. Referencias</b> .....	53

## Índice de figuras

Fig. 1 Diagrama de BAM. ....	7
Fig. 2 Individuos de <i>A. macularius</i> .....	10
Fig. 3 Área de estudio.....	18
Fig. 4 Precipitación.....	21
Fig. 5 Temperatura mínima.....	21
Fig. 6 Temperatura máxima.....	22
Fig. 7 Temperatura media.....	22
Fig. 8 Mapa de presencias correspondientes a los 1621 registros para el periodo 1981-2010.....	26
Fig. 9 Distribución potencial pasada (hace 21,000 años) para <i>A. macularius</i> . .....	28
Fig. 10 Representación del Mapa MESS del pasado (hace 21,000 años) para <i>A. macularius</i> .....	29
Fig. 11 Representación del Mapa MoD del pasado (hace 21,000 años) para <i>A. macularius</i> .....	30
Fig. 12 Análisis Jackknife para el modelado al pasado.....	31
Fig. 13 Mapa binario de la distribución probable de <i>A. macularius</i> para el último máximo glacial.....	32
Fig. 14 Distribución potencial presente (1981-2010) para <i>A. macularius</i> .....	34
Fig. 15 Análisis Jackknife para el modelado al presente.....	35
Fig. 16 Mapa binario de la distribución probable de <i>A. macularius</i> para el Presente.....	36

Fig. 17 Distribución potencial futura (2041-2070) para <i>A. macularius</i> .....	39
Fig. 18 Representación del Mapa MESS del futuro (2041-2070) para <i>A. macularius</i> .....	41
Fig. 19 Representación del Mapa MoD del futuro (2041-2070) para <i>A. macularius</i> .....	42
Fig. 20 Análisis Jackknife para el modelado al futuro.....	43
Fig. 21 Mapa binario de la distribución probable de <i>A. macularius</i> para el Futuro.....	44
Fig. 22 Gráfico de sensibilidad vs especificidad.....	45
Fig. 23 Gráfico de distribución de AUC parcial.....	45

## Índice de tablas

Tabla 1. Escenarios de cambio climático SSP desarrollados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático.....	4
Tabla 2. Variables ambientales utilizadas para modelación del pasado, presente y futuro de <i>A. macularius</i> .....	20
Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson entre variables ambientales de <i>A. macularius</i> .....	27
Tabla 4. Valores utilizados para generar el mapa binario del último máximo glacial.....	31
Tabla 5. Valores utilizados para generar el mapa binario del presente.....	35
Tabla 6. Valores utilizados para generar el mapa binario del futuro.....	43