

Hábitat Potencial de la tortuga *Caretta caretta* en el mundo y su relación con las escuelas GLOBE

Daphne Arenas¹, Andrea Soto²,
Claudia Caro³

1. Alumna de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina
 2. Alumna de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina
 3. Profesora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina
-

RESUMEN

Las tortugas marinas dejan sus huevos en la arena de las playas. Este proceso llamado anidación, depende de varios factores, entre ellos: variables climáticas como temperatura, precipitación, humedad y nubosidad; características de la arena y factores sociales como los efectos contaminación. Hemos estudiado la ecología de la tortuga marina *Caretta caretta*, motivados por un proyecto de los estudiantes GLOBE de una playa de la Isla de Gozo en Malta. Hemos leído que uno de los principales factores que pueden influir para que las tortugas hagan sus nidos es la temperatura, para verificarlo decidimos hacer un modelo de distribución de especies utilizando el modelo de máxima entropía (MAXENT) diseñado por el Museo de Historia Natural de los Estados Unidos con datos de The Global Biodiversity Information Facility (GBIF), y the Global climate and weather data (WorldClim) para identificar los lugares con máximo potencial para albergar tortugas *Caretta caretta*. El modelo nos permitió identificar la variable **temperatura mínima mensual** como el factor más importante para la distribución de tortugas en los meses de verano. Para verificar nuestro resultado, utilizamos datos de escuelas GLOBE de los lugares con buena probabilidad ($p \geq 0,5$) de encontrar tortugas y s comparamos la variación del promedio mensual de la temperatura mínima de estas escuelas. Este análisis nos permitió confirmar que efectivamente la variación mensual del promedio de temperatura mínima sería el factor más importante para las tortugas *Caretta caretta* y que estas prefieren lugares que tengan temperaturas mínimas mayores a 30 °C en los meses de verano.

Palabras clave: *Caretta caretta*, distribución, MAXENT, variables predictoras, GLOBE

ABSTRACT

Sea turtles lay their eggs in the sand on the beaches. This process called nesting depends on several factors, among them: climatic variables such as temperature, precipitation, humidity and cloudiness; characteristics of the sand and social factors such as pollution. We have studied the ecology of the sea turtle *Caretta caretta*, motivated by a project of the GLOBE students from the beach of Gozo in Malta. We have read that one of the main factors that can influence turtles to make their nests is temperature, to verify this we decided to make a species distribution model using the maximum entropy model (MAXENT) designed by the Museum of Natural History of Los United States with data from The Global Biodiversity Information Facility (GBIF), and the Global climate and weather data (WorldClim) to identify the places with the highest potential to host *Caretta caretta* turtles. The model allowed us to identify the monthly variation in the minimum temperature as the most important factor for the distribution of turtles. To verify our result, we used GLOBE school data from the places with a good probability ($p \geq 0.5$) of finding turtles and we compare the variation of the monthly average of the minimum temperature of these schools. This analysis allowed us to confirm that indeed the monthly variation of the average minimum temperature would be the most important factor for *Caretta caretta* turtles and that they prefer places that have minimum temperatures greater than 30 °C in the summer months.

Keywords: *Caretta caretta*, distribution, MAXENT, predictor variables, GLOBE

I. Introducción

Cuando buscamos tortugas marinas en el Perú, lo primero que nos aparece son los peligros y amenazas hacia ellas. ¿Por qué? A pesar de que el Perú cuenta con 5 de 7 especies de tortugas marinas en todo el mundo, no tiene un buen programa de protección hacia ellas. Una de las grandes amenazas es la destrucción de hábitats, causada por la urbanización que trae la contaminación lumínica, que es la gran causante de la desorientación de las crías de tortugas hacia el mar (Perry *et al.*, 2008). ¿Pero cómo es que las tortugas eligen los lugares donde colocan sus nidos? ¿Qué factores son los que tienen en cuenta? Para hallar las condiciones ideales para una buena anidación, tomamos como inspiración un proyecto realizado por una escuela GLOBE en Malta, específicamente en la playa Gozo.

La tortuga *Caretta caretta* empieza su época de reproducción en marzo y logra su clímax de junio a agosto (en el hemisferio norte). Usualmente este proceso se lleva a cabo de noche para tener menos riesgo en caso de depredadores (Oceana, s.f.). La hembra construye alrededor de 4 a 6 nidos con 100-120 huevos en cada nido respectivamente. Es importante mencionar que la tortuga entra en una especie de trance (por todo el esfuerzo que requiere) y es recomendable no interrumpirla. Luego, echará una cierta cantidad de arena para que los depredadores no puedan encontrar los huevos y esparce la arena por todos lados para confundir el olor. Después de haber hecho todo ese proceso, la hembra se irá de vuelta al mar y jamás regresará a cuidar a los huevos, por lo cual, es esencial que estos pasos ya mencionados se hayan realizado correctamente (Sea turtle conservancy, s.f.).

La tortuga boba (*Caretta caretta*) se encuentra en casi todas las mares y océanos cálidos del planeta por ejemplo en el Atlántico son abundantes (América del Norte y el Golfo de México). mientras que el Pacífico viven en aguas templadas y subtropicales, (el mar de China oriental, Pacífico suroccidental y Baja California), las zonas de desove más importantes en esta zona son Japón y Australia. En el Índico destacan las poblaciones de la península arábiga y el Mar Árabe, siendo su zona de desove más importante Omán situada en la península Arábiga. En el Mediterráneo, de las tres especies de tortugas que existen, es la más abundante, se dirigen al mar de Alborán y el mar Adriático y su principal zona de desove es Grecia. (CRAM, s.f., Caracappa et al., 2018)

II. Preguntas de Investigación

- ¿Será el Perú un buen lugar para la anidación de tortugas de la especie *Caretta caretta*?
- ¿Cuál es la variable climática que más influye en la distribución de tortugas?

III. Materiales y métodos

Se obtuvieron datos de avistamientos de la tortuga *Caretta caretta* en la base de datos de acceso abierto de The Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2021), los datos fueron obtenidos en formato CSV y pasaron por un proceso de limpieza para seleccionar la información relacionada al nombre de la especie y las coordenadas geográficas en grados decimales.

Para seleccionar las variables ambientales se usaron 19 variables bioclimáticas históricas de acceso abierto de la plataforma WorldClim (Historical climate data — WorldClim 1 documentation) con una resolución de 10 minutos que abarcan los años 1970 y 2000 (Fick et al., 2017).

Los registros de observación de GBIF y WorldClim fueron integrados en el modelo de Máxima Entropía (MAXENT) para distribución de especies (Steven et al., 2021), a fin de identificar los lugares donde hay mayor probabilidad de encontrar a la especie de tortuga *Caretta caretta* e identificar las variables más influyentes y los rangos óptimos para el desarrollo de la especie.

Una vez identificadas las diferentes zonas del planeta según su probabilidad para encontrar a la especie, fueron seleccionadas escuelas GLOBE de las zonas con probabilidad mayor o igual a 0.5 de encontrar tortugas *Caretta caretta* para identificar el efecto de la temperatura mínima promedio para la tortuga boba en los meses de verano, e identificar así la temperatura mínima ideal para encontrar tortugas. Para encontrar los valores de temperatura se utilizó el sistema de visualización de GLOBE (www.globe.gov)

IV. Resultados

La Figura 1 muestra los resultados del análisis de las 19 variables bioclimáticas utilizadas para el modelo de distribución de la tortuga *Caretta caretta* de ella se puede deducir que las variables 10, 11 no contribuyen con el modelo, mientras que la variable 13 aporta mínimamente por lo que se volvió a correr el modelo sin estas variables. El modelo tuvo un valor de ajuste (AUC) ≥ 0.92 , lo que nos permite afirmar que el modelo es bueno para continuar con su interpretación y mayor análisis.

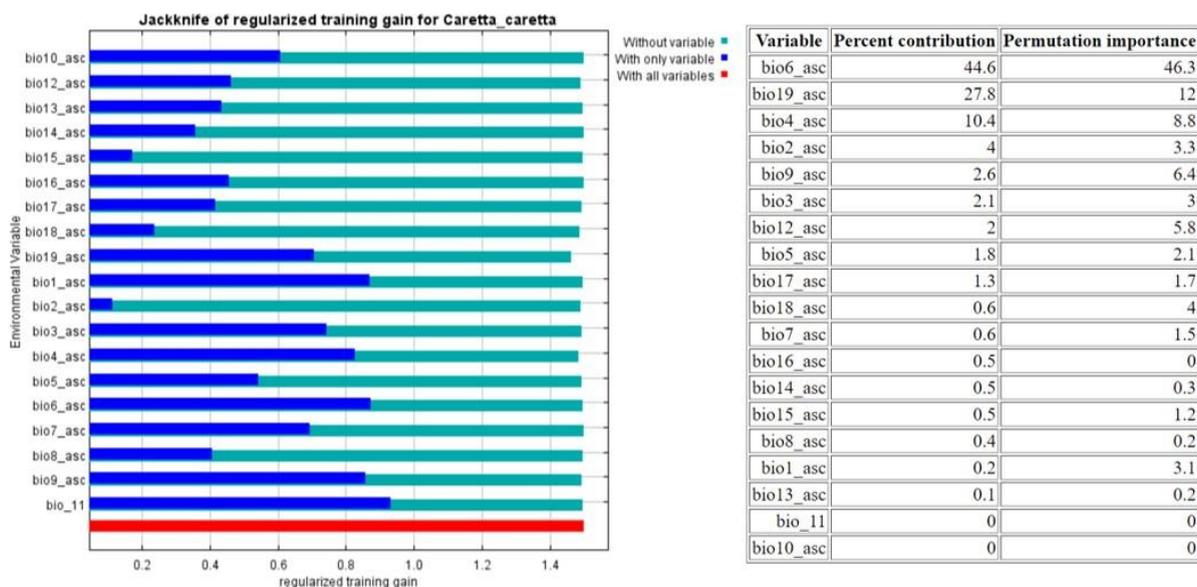


Figura 1: Análisis Jacknife de las 19 variables bioclimáticas utilizadas para modelar la distribución de la especie *Caretta caretta* (izquierda) y resultados de la contribución de cada una de las variables al modelo (derecha)

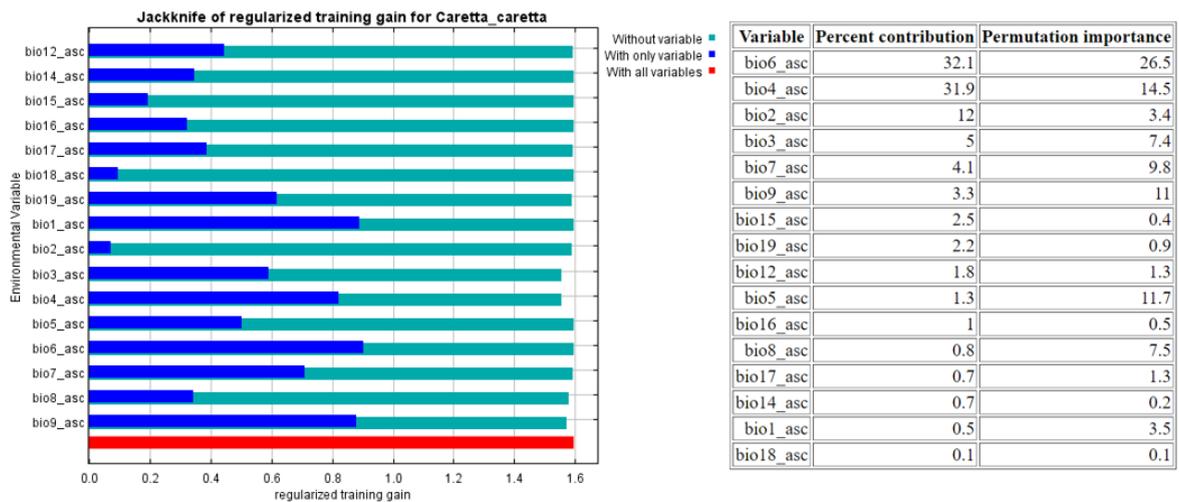


Figura 2: Análisis Jackknife de las 16 variables bioclimáticas más importantes para modelar la distribución de la especie *Caretta caretta* (izquierda) y resultados de la contribución de cada una de las variables al modelo (derecha)

La Figura 2 nos permite deducir que las 4 variables más importantes para determinar la distribución de la especie *Caretta caretta* que suman un total de 81 % de contribución son: bio6 (temperatura mínima del mes), bio4 (temperatura estacional), bio 2 (promedio mensual de la variación de la temperatura media diaria) y bio3 (isotermalidad). Lo que nos permite sugerir que la variable temperatura sería la más importante para determinar la distribución de nuestra especie en estudio.

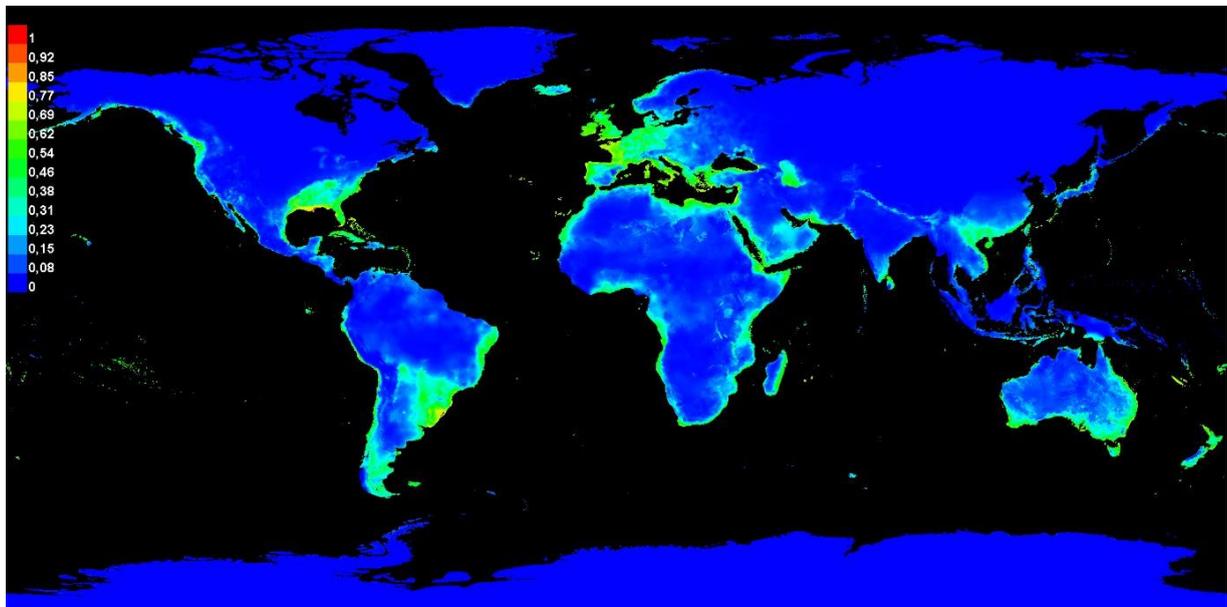


Figura 3: Mapa de distribución de la especie *Caretta caretta* en el mundo. Los valores de probabilidad varían de 0 a 1, siendo los valores superiores a 0,5 muy aceptables para afirmar que es posible encontrar a la especie en el área.

Considerando la Figura 3 y para una mayor comprensión es posible identificar zonas en color verde, amarillo, anaranjado y rojo donde es probable encontrar *tortugas Caretta caretta* y zonas en azul y celeste donde sería muy inusual encontrar a esta especie de tortuga.

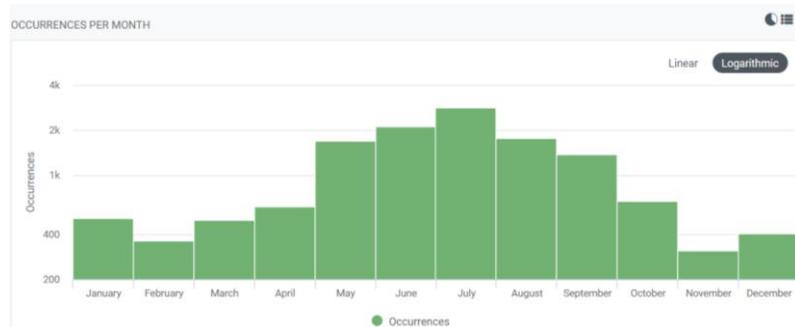


Figura 4: Distribución de las ocurrencias de tortugas *Caretta caretta* a lo largo del año
Fuente: GBIF



Figura 5: Ocurrencias de la tortuga *Caretta caretta* en el mundo
Fuente: GBIF

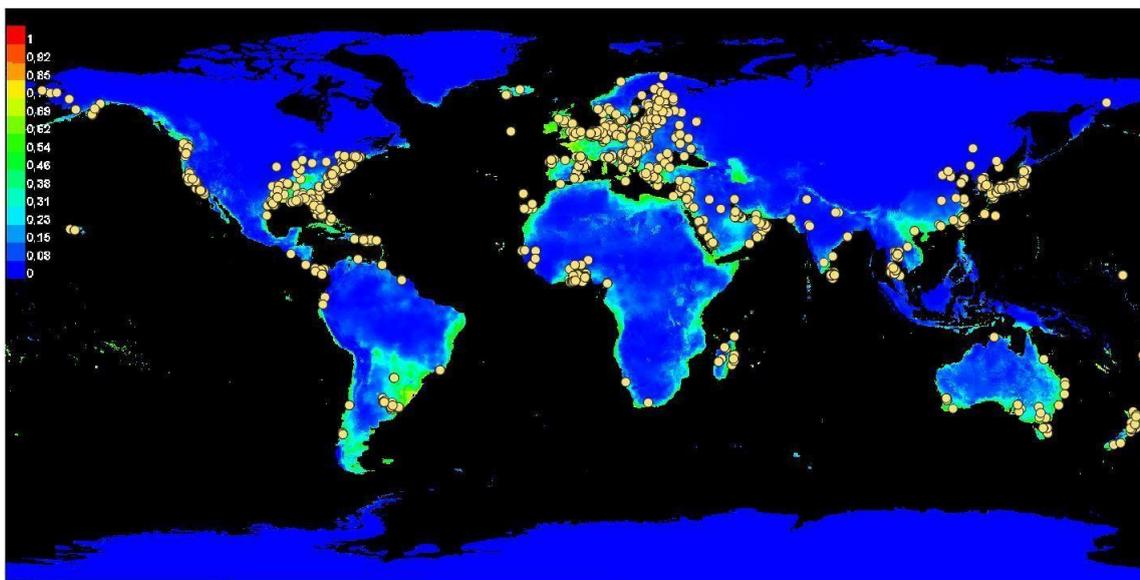


Figura 6: Escuelas GLOBE (puntos amarillos) comprendidas entre las altitudes -50 y 150 msnm donde la probabilidad de encontrar tortugas marinas sería mayor

Considerando la Figura 6 se seleccionaron 4 escuelas GLOBE de Estados Unidos (Figura 7), donde la probabilidad de encontrar Tortugas es muy grande (color amarillo – anaranjado en el mapa) y 4 escuelas GLOBE en Europa (Figura 8) donde también hay una buena probabilidad de encontrar tortugas *Caretta caretta*. La variable ambiental que se buscó identificar para todas las escuelas fue la temperatura promedio mínima del mes. Para el caso de los Estados Unidos donde la probabilidad de encontrar tortugas en el verano es mayor que en Europa, al menos para las escuelas analizadas y tal vez por ello haya más probabilidad de encontrar tortugas en Estados Unidos que en Europa. la temperatura promedio mínima del mes supera en Estados Unidos supera los 30°C en los meses de verano, mientras que en Europa es mayor a 15 °C.



Figura 7: Variación de la temperatura mínima de escuelas con probabilidad media – alta de encontrar tortugas en Estados Unidos *Caretta caretta*
 Fuente: *The GLOBE Program*

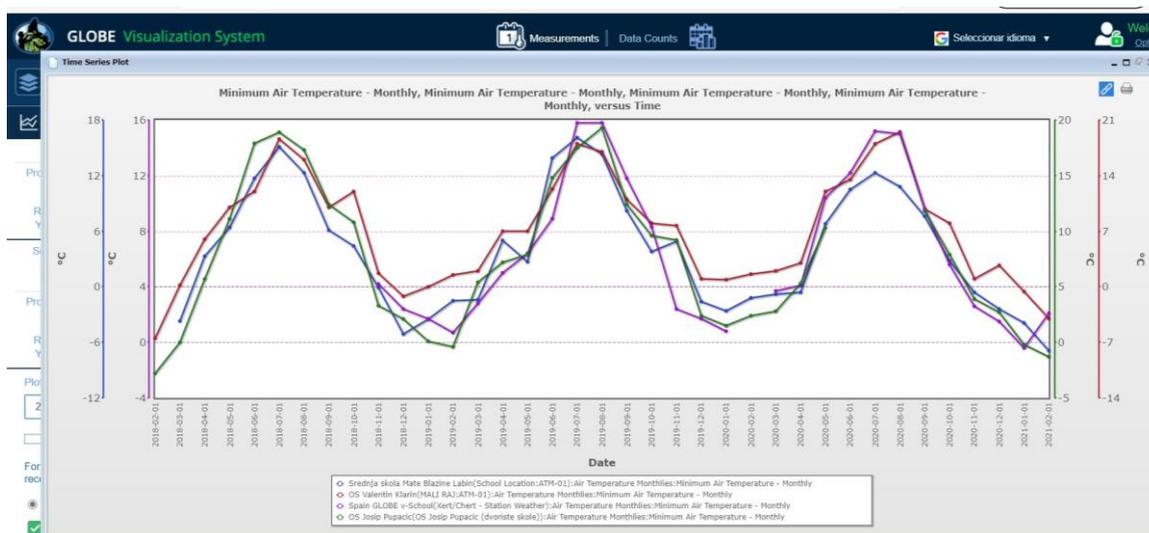


Figura 8 Variación de la temperatura mínima de escuelas con probabilidad media – alta de encontrar tortugas en Europa *Caretta caretta*
 Fuente: *The GLOBE Program*

V. Discusión

La temperatura es un factor importante para las tortugas marinas debido a que va a determinar su sexo. Es importante mencionar que las tortugas serán hembras si las temperaturas son superiores a 29°C (National Geographic, 2019). Este es un proceso importante; ya que, tiene que haber una temperatura pivotal o ideal (cerca de 28 - 31°C), para que la relación de sexos entre hembras y machos sea 1:1. Lamentablemente, esto no es así y es a causa del cambio climático. (Lolavar, A., Wyneken, J. et al. 2015). Debido a que el cambio climático aumenta la temperatura, nacerán más hembras que machos. En consecuencia, no habrá una relación proporcional y podría ser una posible causa de extinción para las tortugas marinas.

Durante el desarrollo de las tortugas influyen algunos factores ambientales como humedad, temperatura, salinidad, etc ; los cuales, entre otros, determinan el éxito en la incubación. Los efectos de humedad en la arena varían también con el tamaño del huevo, siendo posible que exista pérdida de humedad en huevos de menor tamaño que los grandes (McGehee.1979). Sin embargo, existe una relación en cuanto al tamaño del grano de arena permite una mejor distribución del oxígeno en el embrión por ello para contrarrestar la falta de humedad en los nidos, estos deben localizarse de 10 a 30 m lejos del mar.

Consideramos también que el factor social es determinante para la distribución y anidación de tortugas de la especie *Caretta caretta*. Las tortuga bobas enfrentan muchos peligros desde su nacimiento (la madre no regresará) y se cree que 10 huevos eclosionados solo 5 logran llegar al mar y 2 sobrevivir a las diversidades que presenta, esto continuará en su adultez debido a los depredadores y las actividades humanas, por eso se ha creado a lo largo de las años medidas de protección, como campañas, refugios , convenios, etc para ayudar a conservación de estas especies. (Oceana, 2006). Por ejemplo sabemos que el proyecto GLOBE que hicieron en la isla de GOZO se colocaron carteles de precaución y el área donde se encontraban los nidos estaba protegida. Con esta información, surge la siguiente pregunta: Si el área no hubiera estado protegida, pero sí a las mismas condiciones atmosféricas ¿los resultados hubieran sido los mismos? Para tratar de responder esta pregunta, tomaremos como ejemplo a los nidos localizados en Perú.

Tortugas *Caretta caretta* en el Perú

Se encuentran distribuidas desde el norte del Perú hasta el límite con Chile (Kelez et al., 2008; Alfaro-Shigueto et al., 2004; De Paz et al., 2008).

Nidos de tortugas en Perú

Tradicionalmente se cree que las tortugas marinas realizan su proceso de incubación varias veces en una misma playa a pesar de que no hay ningún estudio científico que compruebe lo mencionado anteriormente (Oceana, s.f.). Si seguimos la lógica de esta proposición, en Perú no habría una playa ideal o lugar definido para la puesta de nidos. Esto se debe a que varias playas están siendo sometidas a procesos de urbanización, el cual es un factor social influyente porque trae como consecuencia a distintos tipos de contaminación como la marina y la lumínica, etc.

Amenazas de los nidos en el Perú

Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, las principales amenazas hacia las tortugas marinas son la pesquería, la comercialización y consumo, la degradación del hábitat y el cambio climático.

Medidas preventivas en el Perú

En el Perú, se han tomado algunas medidas legales. Por ejemplo, según la Ley N° 29763 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre y sus Reglamentos, las cinco especies de tortuga localizadas en el Perú: dorso de cuero (*Dermochelys coriacea*), cabezona (*Caretta caretta*), verde (*Chelonia mydas*), pico de loro (*Lepidochelys olivacea*) y carey (*Eretmochelys imbricata*) está categorizadas como amenazadas. Por lo tanto, se encuentra prohibida su caza, comercio, etc. Si no se cumplen estas reglas, se aplicará una multa.

Posibles soluciones

La tortuga Boba es una de las especies en lista de animales en peligro de extinción y al igual que muchas tortugas lucha con diversas amenazas como la pesca, comercialización, destrucción de hábitats, etc. Las posibles soluciones frente a esto son: reducir la contaminación en el mar (derrame de petróleo, combustibles), no incentivar la pesca masiva que contribuya a la captura de tortugas, etc. (SERFOR, 2016)

Por su parte diversos países piensan optar por medidas de protección, es el caso de Perú, en 1999 ratificó su participación en el CIT (Convenio Interamericano para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas) al igual que la implementación de códigos penales.

VI. Conclusiones

- ¿Será el Perú un buen lugar para la anidación de tortugas de la especie *Caretta caretta*?

Sí el Perú aparece en el mapa de distribución potencial de la especie *Caretta caretta* con una probabilidad alta de ser encontrada. Sin embargo no es muy fácil ver a esta especie debido al factor social

- ¿Cuál es la variable climática que más influye en la distribución de tortugas?

La tortuga boba (*Caretta Caretta*) también conocida como tortuga cabezona al igual que otras especies de tortuga deben cumplir ciertos factores en la anidación para asegurar un buen desarrollo del embrión. Estos factores son: la presión del aire, viento, humedad del aire y otros más, pero sin dudas el más importante es la temperatura. No solo determina el sexo de la especie si no que también influye en la eclosión de los huevos y el crecimiento del embrión.

VII. Referencias bibliográficas

Oceana (2006). Tortugas: Migraciones y preferencia de hábitats en el mar mediterráneo. Recuperado de: https://oceana.org/sites/default/files/reports/Tortugas_dec2006_SPA.pdf

Asociación Chelonia (s.f). Tortugas marinas de España. Recuperado de: <https://www.tortugasmarinasespana.org/tortuga-boba/distribuci%C3%B3n/>

CRAM (s.f). TortugaBoba. Recuperado de: <http://bit.ly/38vICgO>

Caracappa, S., Persichetti, M.F., Piazza, A., Caracappa, G., Gentile, A., Marineo, S., et al. (2018): Incidental catch of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) along the Sicilian coasts by longline fishery. PeerJ 6: e5392

Comisión permanente del Pacífico Sur (s.f). Plan de conservación de tortugas marinas en el Perú. Recuperado de: <http://www.iacseaturtle.org/docs/planes/PNC-TortugasMarinas-Plan.pdf>

SERFOR(s.f). Tortugas marinas en el Perú. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/tortugas/>

Sea turtle conservancy (s.f.). Información sobre tortugas marinas: Comportamiento general. Recuperado de: <http://bit.ly/3bBqoMw>

Welch, C (2018). El 99% de estas tortugas marinas nacen hembras: esta es la razón. National Geographic. Recuperado de: <https://bit.ly/2OcNnoE>

Oceana. (s.f). Reportaje: Migración de las tortugas marinas. Recuperado de: <http://bit.ly/38uqnbr>

Erb, V., & Wyneken, J. (2019). Nest-to-Surf Mortality of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Hatchlings on Florida's East Coast. *Frontiers in Marine Science*, 6(May), 1–10.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00271>

Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.

GBIF.org (7 March 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.u4hcnv>

Lasala, J. A., Hughes, C., & Wyneken, J. (2020). Female loggerhead sea turtles (*Caretta caretta* L.) rarely remate during nesting season. *Ecology and Evolution*, 10(1), 163–174.
<https://doi.org/10.1002/ece3.5869>

Lolavar, A., & Wyneken, J. (2015). Effect of rainfall on loggerhead turtle nest temperatures, sand temperatures and hatchling sex. *Endangered Species Research*, 28(3), 235–247.
<https://doi.org/10.3354/esr00684>

Lolavar, A., & Wyneken, J. (2021). Effects of supplemental watering on loggerhead (*Caretta caretta*) nests and hatchlings. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 534(April 2020), 151476.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2020.151476>

Monsinjon, J. R., Wyneken, J., Rusenko, K., López-Mendilaharsu, M., Lara, P., Santos, A., dei Marcovaldi, M. A. G., Fuentes, M. M. P. B., Kaska, Y., Tucek, J., Nel, R., Williams, K. L., LeBlanc, A. M., Rostal, D., Guillon, J. M., & Girondot, M. (2019). The climatic debt of loggerhead sea turtle populations in a warming world. In *Ecological Indicators* (Vol. 107, Issue August).
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105657>

Perry, G., Buchanan, B. W., Fisher, R. N., Salmon, M., and Wise, S. E. (2008). "Effects of night lighting on urban reptiles and amphibians," in *Urban Herpetology*, eds J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown, and B. Bartholomew (Society for the Study of Amphibians and Reptiles) (Salt Lake City), 239–256.

Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on .

Tezak, B., Sifuentes-Romero, I., Milton, S., & Wyneken, J. (2020). Identifying Sex of Neonate Turtles with Temperature-dependent Sex Determination via Small Blood Samples. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61984-2>

Turla, E., & Wyneken, J. (2020). Key to Living Tags for Northwestern Atlantic Loggerhead Turtles (Caretta Key to Living Tags for Northwestern Atlantic Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*). January 2021.

Piludu, N., Hendry, T., & Borg, J. J. (2015). Breeding record of loggerhead turtle *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Reptilia Cheloniidae) at Ramla Bay, Gozo (Maltese Islands) and a plea to safeguard possible nesting sites. *Naturalista Siciliano*, (S.IV) 39(1), 77–79.

Insignias Opcionales

Yo soy un colaborador:

Este Proyecto se desarrolló en base al trabajo que desarrollaron los estudiantes de una escuela GLOBE en Malta con la profesora Ramona Mercieca, los estudiantes y la profesora nos contaron sus experiencias con las tortugas, nos llamó la atención que la temperatura sea un factor importante para determinar el sexo de las mismas y a partir de este encuentro virtual surgieron preguntas, conocimos el programa GLOBE y nos interesamos por él y por hacer investigaciones

Yo soy un científico de datos:

Para realizar este trabajo hemos aprendido a usar datos de GLOBE y trabajar con bases de datos complementarias como GBIF y WorldClim, hemos aprendido sobre la importancia que tienen los datos para comprender lo que pasa a nuestro alrededor y lo difícil que es tomar decisiones o concluir algo cuando no hay suficientes datos y continuidad en la toma de los mismos

Yo soy STEM Profesional:

Con este trabajo hemos aprendido a usar programas que no conocíamos antes y entender cosas de estadística que son bastante nuevas, para eso trabajamos con nuestra profesora de Ecología, que es bióloga y nos explicó algunas cosas que nos serán útiles para nuestro curso y para nuestras carreras profesionales