



UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Humedales costeros en el estado Falcón como sitios de
importancia para aves playeras: una aproximación
utilizando Sistemas de Información Geográfica**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela por la bachiller Waleska Beatriz Casañas Avendaño como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

Tutores: Dra. Sandra B. Giner F.
Prof. Juan Papadakis

CARACAS, VENEZUELA
Mayo 2016

Agradecimientos

Agradezco a mis tutores la profesora Sandra Giner y el profesor Juan Papadakis por aceptarme como tesista y por impulsarme siempre a continuar. Fueron mi guía y mi apoyo durante todo este trayecto.

Al profesor Eduardo Barreto que al principio de mi proyecto me dio apoyo incondicional y muy buenos consejos para orientar mi trabajo

A las profesoras Aurora Sanz y Mirna Quijada del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas, quienes me facilitaron información vital de los censos para mi trabajo.

Al profesor Miguel Lentino y la profesora Margarita Martínez de la Colección Ornitológica Phelps y al personal del Museo de Historia Natural La Salle y Estación Biológica Rancho Grande por brindarme los datos que necesitaba para realizar mi proyecto.

Resumen

Los humedales son ecosistemas vitales para las aves playeras, debido a que son áreas importantes de descanso y alimentación durante la migración. Las variaciones en factores como el tamaño del humedal, el porcentaje de área inundable expuesta y la cobertura vegetal pueden afectar directamente la presencia de las aves playeras, generando los patrones de distribución de las distintas especies. Venezuela se encuentra dentro de la ruta migratoria de 32 especies de aves playeras que invernan en América del Sur y atraviesan el Mar Caribe, el Golfo de México y el Atlántico occidental. Este trabajo se enfoca en los humedales salinos y salobres de las costas del estado Falcón, los cuales son áreas de importancia para especies de aves playeras, tanto residentes como migratorias. Se seleccionaron seis especies de aves playeras *Charadrius wilsonia*, *Charadrius collaris*, *Charadrius nivosus*, *Calidris pusilla*, *Tringa melanoleuca* e *Himantopus mexicanus* cuya abundancia, situación de conservación y/o registros reproductivos fueron relevantes para la designación de áreas de importancia para aves playeras dentro del estado Falcón. Se utilizaron los censos nacionales y los registros de las principales colecciones ornitológicas y por medio de los SIG se identificaron y caracterizaron los principales ambientes de interés y se realizaron mapas de distribución potencial para cada una de las especies a través de patrones ambientales utilizando el algoritmo de Máxima Entropía. Las variables físicas tomadas en cuenta para la caracterización del área de estudio fueron la presencia de las siguientes variables: suelo desnudo, agua, vegetación tipo 1 (vegetación boscosa incluyendo manglares) y la vegetación tipo 2 (vegetación baja, cultivos, centros poblados). De mayor a menor, la variable que abarca el mayor porcentaje en el área de estudio es el suelo desnudo, seguido en menor porcentaje de los cuerpos de agua, posteriormente la vegetación tipo 1 y con el menor porcentaje la vegetación tipo 2. Se generaron modelos de distribución potencial a partir de las variables físicas y las

variables ambientales de la base de datos de WorldClim. Los modelos generados permitieron delimitar áreas de distribución potencial para todas las especies seleccionadas e identificar zonas en la costa occidental del estado Falcón que carecen de registros, las cuales deberían ser incluidas en futuros censos pues poseen áreas que cumplen con las características ambientales asociadas con estas especies.

Palabras Clave: Aves Playeras, Falcón, Humedales Costeros, SIG, MaxEnt, Distribución Potencial.

Índice

Resumen	I
Índice General	III
Índice de Figuras	V
Índice de Tablas	VI
Índice de Anexos	VI
Introducción	1
Antecedentes	4
Objetivos	8
General	8
Específicos	8
Materiales y Métodos	9
Descripción del Área de Estudio	9
Métodos	11
1.- Selección de las especies de Aves Playeras	11
2.- Identificación de los principales Humedales utilizados por las Aves Playeras Seleccionadas	12
2.1.- Georeferenciación de las Localidades con las Especies de Aves Playeras Seleccionadas	12
2.2.- Procesamiento de las Imágenes Satelitales	14
3.- Modelos de Distribución	16

Resultados	19
Selección de especies	19
Caracterización de los Humedales	21
Modelos de distribución Potencial	22
A.- <i>Charadrius collaris</i>	22
B.- <i>Charadrius wilsonia</i>	26
C.- <i>Charadrius nivosus</i>	29
D.- <i>Calidris pusilla</i>	32
E- <i>Tringa melanoleuca</i>	35
F.- <i>Himantopus mexicanus</i>	38
Discusión	45
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	55

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación del área de estudio.	10
Figura 2: Zonas delimitadas en el Área de Estudio	13
Figura 3: Clasificación según tipos de cobertura discriminados de la zona costera del estado Falcón	22
Figura 4: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius collaris</i> en el área de estudio con el MTP	23
Figura 5: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius collaris</i> en el área de estudio con el ETSS	24
Figura 6: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Charadrius collaris</i>	24
Figura 7: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius collaris</i> en función de la presencia de agua	25
Figura 8: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius collaris</i> en función del rango diurno promedio	25
Figura 9: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius collaris</i> en función de la presencia de suelo desnudo	25
Figura 10: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius wilsonia</i> en el área de estudio con el MTP	26
Figura 11: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius wilsonia</i> en el área de estudio con el ETSS	27
Figura 12: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Charadrius wilsonia</i> .	27
Figura 13: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius wilsonia</i> en función del rango diurno promedio	28
Figura 14: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius wilsonia</i> en función de la precipitación del mes mas seco	28
Figura 15: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius wilsonia</i> en función de la presencia de agua	28
Figura 16: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius nivosus</i> en el área de estudio con el FCV1	30
Figura 17: Modelo de distribución potencial de <i>Charadrius nivosus</i> en el área de estudio con el MTSS	30
Figura 18: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Charadrius nivosus</i>	31
Figura 19: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius nivosus</i> en función del rango diurno promedio	31
Figura 20: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius nivosus</i> en función de la presencia de suelo	32

desnudo

Figura 21: Probabilidad de presencia de <i>Charadrius nivosus</i> en función de la presencia de vegetación tipo 1	32
Figura 22: Modelo de distribución potencial de <i>Calidris pusilla</i> en el área de estudio con el MTP	33
Figura 23: Modelo de distribución potencial de <i>Calidris pusilla</i> en el área de estudio con el ETSS	33
Figura 24: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Calidris pusilla</i>	34
Figura 25: Probabilidad de presencia de <i>Calidris pusilla</i> en función de la precipitación del cuarto más húmedo	34
Figura 26: Probabilidad de presencia de <i>Calidris pusilla</i> en función de la precipitación del mes más seco	35
Figura 27: Probabilidad de presencia de <i>Calidris pusilla</i> en función de la presencia de agua	35
Figura 28: Modelo de distribución potencial de <i>Tringa melanoleuca</i> en el área de estudio con el MTP	36
Figura 29: Modelo de distribución potencial de <i>Tringa melanoleuca</i> en el área de estudio con el ETSS	36
Figura 30: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Tringa melanoleuca</i>	37
Figura 31: Probabilidad de presencia de <i>Tringa melanoleuca</i> en función de la precipitación del cuarto más húmedo	37
Figura 32: Probabilidad de presencia de <i>Tringa melanoleuca</i> en función de la presencia de agua	38
Figura 33: Probabilidad de presencia de <i>Tringa melanoleuca</i> en función de la precipitación del mes más seco	38
Figura 34: Modelo de distribución potencial de <i>Himantopus mexicanus</i> en el área de estudio con el MTP	39
Figura 35: Modelo de distribución potencial de <i>Himantopus mexicanus</i> en el área de estudio con el ETSS	40
Figura 36: Curva ROC para el modelo realizado con <i>Himantopus mexicanus</i> .	40
Figura 37: Probabilidad de presencia de <i>Himantopus mexicanus</i> en función del rango diario promedio	41
Figura 38: Probabilidad de presencia de <i>Himantopus mexicanus</i> en función de la precipitación del mes más seco	41
Figura 39: Probabilidad de presencia de <i>Himantopus mexicanus</i> en función de la precipitación del	42

cuarto mas humedo

Figura 40: Áreas de distribución potencial tomando en cuenta todas las especies seleccionadas 44

Índice de Tablas

Tabla 1: Localidades dentro de cada zona delimitada del área de estudio	14
Tabla 2: Especies de aves playeras y los correspondientes criterios con los que fueron seleccionadas.	19
Tabla 3: Especies seleccionadas y las variables de mayor contribución en el modelo realizado	42

Anexos

Anexo 1: Variables climáticas de WorldClim	60
Anexo 2: Aves playeras del estado Falcón y el porcentaje de la población biogeográfica en la localidad con mayor registro	61
Anexo 3: Grado de amenaza y tendencia poblacional de las especies de aves playeras presentes en los humedales costeros del estado Falcón	63
Anexo 4: Registro de las especies seleccionadas provenientes de las bases de datos utilizadas: Censo Neotropical de Aves Acuáticas, censos de Giner (2013), censos del MINAMB y registros de las principales colecciones ornitológicas del país	65
Anexo 5: Número de registros de cada especie seleccionada de acuerdo a los censos y colecciones y el número utilizado por MaxEnt para realizar los modelos	69

Introducción

Los humedales son utilizados por las aves playeras como áreas de descanso y alimentación. Los humedales, que son sitios de parada de estas especies durante la migración, poseen características y recursos vitales para ellas. Las aves playeras suelen utilizar planicies inundables con altas densidades de invertebrados, los cuales son la base su dieta (Quammen 1982, Velásquez y Navarro 2004, Pomeroy y col. 2008), con una lámina de agua que tenga menos de 18 cm de profundidad (Helmers 1992) y con poca cobertura vegetal o vegetación baja (Pomeroy y col. 2008). Esta última característica favorece la detección temprana de depredadores por parte de los playeros y, de esta forma, se disminuye la vulnerabilidad a ser depredado (Cresswell 1994).

La presencia de ciertas características físicas en los humedales determina la selección por parte de las aves playeras, respecto al total de los humedales disponibles (Ewert y col. 2012). Factores como el tamaño del humedal, el porcentaje de áreas inundables expuestas y la cobertura vegetal pueden variar entre los distintos humedales y afectar directamente la presencia de aves playeras (Boettcher y Haig 1995). La variabilidad temporal y espacial de las condiciones físicas del humedal, como el tamaño o profundidad de la lámina de agua, asociada a los patrones climáticos anuales en los humedales costeros (Skagen y Knopf 1994, Skagen 2006), genera los patrones de distribución espacial de las distintas especies de aves playeras (Skagen 2006).

Las aves playeras utilizan una amplia variedad de hábitats en humedales e incluso en zonas con varios humedales cercanos en una misma área pueden seleccionar ciertos humedales del total que están disponibles (Ewert y col. 2012) con base en características ambientales (Helmers 1992, Pomeroy y col 1994, Skagen y Knopf 1994, Skagen 2006). Por esta razón, es importante realizar estudios a nivel de paisaje y de los patrones de distribución espacial de estas aves, actualmente facilitados por herramientas como los Sistemas de

Información Geográfica (SIG), los cuales permiten hacer estudios a este nivel. Los SIG permiten trabajar con datos referenciados con coordenadas geográficas o espaciales (p.ej. registros de especies) y con variables medibles asociadas a estas referencias espaciales (p.ej. variables ambientales y/o características espaciales) mediante el análisis y asociación de ambos componentes (Olaya 2011). Otras herramientas son los modelos de distribución de especies, los cuales relacionan los registros de presencia de una especie particular con las características ambientales y/o espaciales de esa zona. De esta forma, el modelo puede ser utilizado para entender y predecir la distribución potencial de la especie a lo largo de una región (Elith y Leathwick 2009). Estos modelos son ampliamente utilizados en los campos de la biogeografía, conservación de la biodiversidad y ecología (Elith y Leathwick 2009, Elith y col. 2011).

Para la mayoría de las regiones, los registros de especies en general tienden a ser escasos o la cobertura de censos es limitada, por lo que no es común encontrar bases de datos de tipo presencia/ausencia sino únicamente de presencia. La forma más adecuada para manejar este tipo de información es trabajar con algoritmos que funcionen con pocos registros e información solo de presencia, entre los cuales, el modelo Máxima Entropía (MaxEnt) ha resultado de alta eficiencia para estos casos (Phillips y col. 2006, Elith y col. 2011, Pearson y col. 2007). Este modelo estima la distribución más probable de una especie calculando la probabilidad de distribución por máxima entropía (más cercana a una distribución uniforme). La información utilizada está compuesta por los registros de presencia junto con las variables ambientales (Phillips y col. 2006, Elith y col. 2011). La combinación de los SIG con los modelos de distribución de especies permite la generación de mapas de distribución y hábitat potencial, a partir de registros de presencia en combinación con características espaciales de la zona y variables ambientales relevantes para la especie (Guisan y Thuiller 2005, Phillips y col. 2006, Elith y Leathwick 2009, Elith y col. 2011).

El grupo de las aves playeras, incluido en el Orden Charadriiformes, está representado en Venezuela por 46 especies, de las cuales 32 son migratorias. Venezuela se encuentra dentro de las rutas migratorias de numerosas especies de aves playeras que durante el período no reproductivo se encuentran en América del Sur y durante las migraciones deben atravesar Centro América, el Golfo de México, el Mar Caribe y el Atlántico occidental al desplazarse a los sitios de reproducción en el norte de Norteamérica (Colwell 2010). Muchas de las especies migratorias utilizan humedales costeros salinos y salobres como sitios de parada o como destino final. Estos ambientes también son importantes como áreas de reproducción para las especies residentes.

En Venezuela, los humedales representan un 16,4% de la superficie total del territorio nacional y, de éstos, 4,2% son costeros (Lentino y Bruni 1994). El estado Falcón contiene 17 humedales costeros que ocupan una superficie de 107.840 ha, siendo el estado con la mayor cantidad de este tipo de humedales en el país (Lentino y Bruni 1994). Estos ambientes han sido afectados y transformados por actividades antrópicas tales como construcciones de urbanizaciones residenciales, turísticas, marinas, de represas, complejos industriales, extracción de madera (en los bosques de manglares), instalación de camaroneras, extracción industrial de sal, contaminación asociada al uso de agroquímicos por actividades agropecuarias, aguas residuales y derrames petroleros (Lentino y Bruni 1994, Rodríguez 1999, Lentino y col. 2005). Este estudio permitirá establecer un protocolo para la caracterización y delimitación de zonas de importancia para aves playeras que deberían ser incluidas a futuro en un plan de ordenamiento del estado Falcón para la conservación de estas especies.

Antecedentes

La presencia de las aves playeras en ciertos humedales, está determinada por características tanto ambientales como físicas. Entre las variables climáticas relacionadas con la presencia de las aves playeras están la temperatura diaria promedio, la precipitación diaria promedio, la velocidad del viento diaria promedio, la presión barométrica máxima diaria y la radiación total diaria (Albanese 2011). Por otro lado entre las variables a nivel de paisaje están el tipo de hábitat (características de la vegetación y de la lámina de agua) (Pinto 2009, Saafeld 2011, Arakida y col. 2011, Burns 2011, Ewert y col. 2012), el tamaño del humedal, la distancia a un cuerpo de agua cercano y la elevación (Ewert y col. 2012, Saafeld 2011). Estas características determinan la selección por parte de las aves playeras de ciertos humedales respecto al total de los que están disponibles, lo que resulta en la distribución de cada especie a lo largo de una zona determinada.

Existen varios trabajos en los que se han generado mapas de hábitat potencial y/o zonas de importancia para la conservación de algunas especies de aves playeras con base en las características previamente mencionadas. En la Reserva de Mar Chiquita, Argentina, se realizó un modelo de hábitat con base al tipo de cobertura, profundidad de la lámina de agua y altura de la vegetación, que permitió delimitar áreas prioritarias para la conservación basándose en cinco especies de ese humedal (Pinto 2009). En Japón, se realizó un modelo de distribución potencial para seis especies de aves playeras abundantes en las costas del país utilizando las variables área del humedal, variación en la marea y porcentaje de agua con poca profundidad. El mapa generado permitió identificar áreas importantes para la conservación y restauración con base en la abundancia de aves playeras (Arakida y col. 2011). En la isla de Santa Helena, ubicada en el océano Atlántico y perteneciente al territorio del Reino Unido, se realizó un modelo de distribución de las zonas reproductivas del playero de Santa Helena (*Charadrius sanctahelenae*) a partir del cual se propuso un plan de manejo para garantizar la

estabilidad de la población (Burns 2011). Un estudio similar realizado en archipiélagos del Mar Báltico (Finlandia) generó modelos de distribución para dos especies de aves, el Eider común (*Somateria mollissima*) y la Gaviota Argéntea (*Larus argentatus*), delimitando áreas que deben ser tomadas en cuenta en los planes de manejo y conservación de las islas, pues son áreas de importancia para la reproducción de estas especies (Heinanen y col. 2012). Finalmente, en un trabajo en las playas de New Jersey se generaron distintos modelos de distribución de especies, para determinar el efecto de las perturbaciones humanas en las áreas de anidación del Ostrero Americano (*Haematopus palliatus*). Cabe acotar que los resultados demostraron que el modelo de Máxima Entropía fue el más eficiente entre los tres modelos utilizados (Modelo CART y Random Forest Model) (Virzi 2010). Con este modelo se han obtenido resultados altamente predictivos, incluso en casos donde se cuenta con pocos registros de una localidad (menos de 10, Pearson y col. 2007).

La conservación de los humedales costeros es de gran importancia para la supervivencia de muchas de estas especies (Morrison 1983, Myers 1983), siendo la degradación y pérdida de hábitat uno de los principales factores causantes de la disminución de las poblaciones de aves playeras (Brown y col. 2001). Los análisis no son muy concluyentes, pero los cambios en la vegetación e hidrología, asociados con el cambio climático y las intervenciones antrópicas, pudiesen ser de los factores más influyentes en la disminución del hábitat de estas especies, teniendo un efecto directo en la disminución de las poblaciones (Andres y col. 2012a). No todas las poblaciones de aves playeras están amenazadas, pero, en su mayoría, las especies migratorias de largas distancias y las especies con poblaciones pequeñas y sedentarias parecen ser las más afectadas (Zöckler y col 2003). El uso de los SIG complementado con la información de monitoreos poblacionales se ha propuesto para entender y explicar los cambios en las poblaciones de estas especies

enlazando los estimados poblacionales con las variables del hábitat de estas especies (Zöckler y col 2003)

En Venezuela el grupo de las aves playeras incluye a seis familias: Jacanidae, Haematopodidae y Burhinidae, cada una representada por una sola especie residente en el país; Recurvirostridae representada por 2 especies, una residente en el país y otra migratoria; Charadriidae representada por 9 especies en el país, de las cuales 4 son residentes y 5 son migratorias y Scolopacidae representada por 31 especies, de las cuales 4 son residentes y el resto son migratorias (del Hoyo y col. 1996, Hilty2003). Todas las familias que representan el grupo de las aves playeras en Venezuela han sido reportadas en el estado Falcón y de las 46 especies presentes en el país, 36 se encuentran en este estado (Lentino y Goodwin 1991, Hilty 2003, Restall y col. 2006).

Entre los primeros estudios sobre aves playeras en humedales costeros como sitios de parada, durante la migración en el hemisferio occidental, se encuentran los censos aéreos realizados por Morrison y colaboradores en los años 1981 y 1982. Estos censos abarcaron la costa de América del Sur y permitieron identificar en el año 1981 zonas utilizadas por las aves playeras durante el invierno boreal, entre las cuales destaca el norte de Suramérica y, en Venezuela, varias zonas costeras del estado Falcón (Morrison y col. 1985, Morrison y Ross 1989). En estos censos las concentraciones más grandes de aves playeras, en el estado Falcón, se encontraron en la parte sur del Golfete de Coro, en el delta del río Mitare y del lado oeste de Punta Caimán, mientras que en las áreas de San Juan de los Cayos y cercanías del río Tucurere se reportaron cantidades moderadas de aves playeras de tamaño mediano (Morrison y col. 1985). En 1982 se volvieron a realizar censos y se reportó un total de 13.534 individuos de aves playeras en el estado Falcón, (Morrison y Ross 1989). Posteriormente, entre 2007-2008, se realizaron censos en cuatro humedales del estado Falcón que reportaron un total de 19.300 individuos pertenecientes a 22 especies (Giner 2013).

En el estado Falcón existen humedales costeros que reciben grandes cantidades de aves playeras. En este trabajo se seleccionaron algunas especies de aves playeras considerando el porcentaje de la población biogeográfica registrada, el estatus de la población de acuerdo a los criterios de la IUCN, es decir, si está aumentando o disminuyendo, el estatus de conservación y si tiene registros de anidación en el área de estudio y se caracterizaron los humedales costeros a los que se encuentran asociados estas especies. De acuerdo a estas características se realizaron mapas de distribución potencial de cada especie a lo largo de la zona costera del estado Falcón a través de un modelo predictivo que permitió identificar zonas potenciales como sitios de importancia para las aves playeras.

Objetivos

Objetivo General

Establecer áreas potenciales de distribución para algunas especies de aves playeras en los humedales costeros del estado Falcón.

Objetivos Específicos

1. Seleccionar aquellas especies que por su abundancia, estado de conservación y/o registros reproductivos en los humedales costeros del estado Falcón son relevantes para la identificación de sitios de importancia para las aves playeras.
2. Identificar y caracterizar los principales ambientes costeros utilizados por estas especies de aves playeras.
3. Generar modelos de distribución para cada una de las especies de aves playeras seleccionadas en el estado Falcón.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado Falcón se encuentra al noroeste del país (Figura 1) ubicado entre los meridianos 68°11' O y 71°18' O y los paralelos 10°28' N y 12°11' N (Plan de Ordenación 2004), y posee 685 km de costa siendo el estado con la mayor línea costera en Venezuela (Lentino y Bruni 1994). Tiene una superficie de 24.800 km² abarcando 2,8% de la superficie total del país (Plan de Ordenación 2004) y sus humedales ocupan una superficie de 1.078,4 km² representando 3,9% del área total del estado (Lentino y Bruni 1994). Posee una temperatura mínima media anual de 25°C y una temperatura máxima media anual de 33,1°C. El estado Falcón se puede dividir en 3 zonas, la Península de Paraguaná en la zona norte del estado, la zona occidental y la zona oriental del estado. La Península de Paraguaná posee una precipitación media entre 250 y 500 mm y la vegetación predominante de la zona es el espinar y el bosque muy seco, pero también hay manglares de porte pequeño concentrados en algunas zonas costeras, así como lagunas y salinas. En la zona occidental del estado las planicies son áridas y el clima es predominantemente desértico con médanos y salinetas; .la vegetación predominante son los espinares y matorrales xerofíticos. En la zona oriental se concentran la mayor cantidad de humedales, ya que el relieve y la pendiente son bajos, fomentando el estancamiento de aguas superficiales. La precipitación es la más alta de las tres zonas, de 800-1500 mm, y la vegetación costera está predominantemente conformada por manglares (Lentino y Bruni 1994, Plan de Ordenación 2004, Lentino y col. 2005).

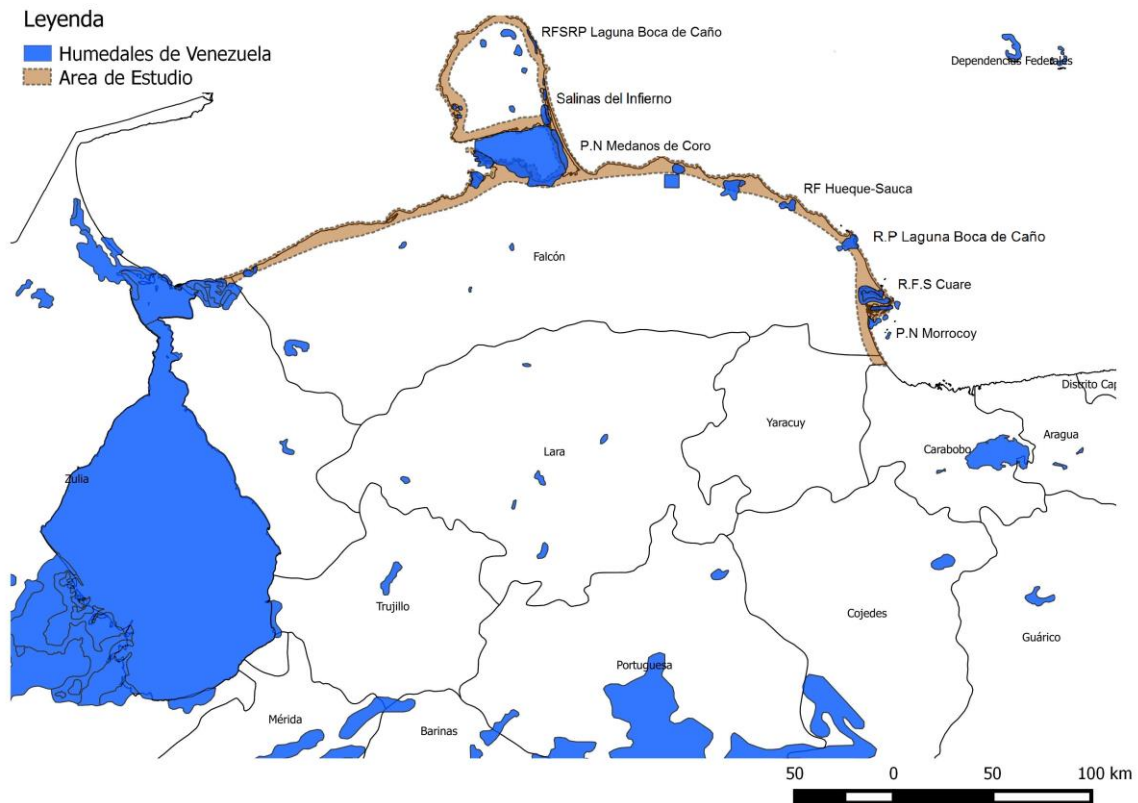


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Se destacan con nombres humedales importantes.

Varios de los humedales del estado Falcón son Áreas Bajo Regimen de Administración Especial (ABRAE), entre ellas están: el Parque Nacional Morrocoy, el Parque Nacional Médanos de Coro, el Refugio de Fauna Silvestre Cuare, el Refugio de Fauna Silvestre y Reserva de Pesca Laguna Boca de Caño, la Reserva de Fauna de Hueque-Sauca y la Reserva de Fauna de Tucurere (Lentino y col. 2005). Todos estos humedales son sitios de parada de aves playeras migratorias, siendo además, el Refugio de Fauna Silvestre de Cuare un Sitio RAMSAR (Altman y Parrish 1978, Giner 2006). Estos humedales son considerados Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) debido al gran número de especies de aves que albergan (Lentino y col. 2005).

Métodos

1. Selección de las especies de aves playeras: Se seleccionaron las especies de acuerdo a los siguientes criterios:

- Especies claves para la identificación de sitios de importancia para las aves playeras, según el criterio de la Red Hemisférica de Reservas de Aves Playeras (RHRAP), referido a especies con al menos el 1% de su población biogeográfica (Andrés y col. 2012a, RHRAP 2013). Para la evaluación de las especies se utilizó la información de abundancia proveniente del Censo Neotropical de Aves Acuáticas de Venezuela entre los años 2006-2010 (datos no publicados), los censos realizados por Giner (2013) y los censos de aves acuáticas realizados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente entre los años 2007-2012 (datos no publicados). Se tomó el número máximo de individuos reportado de la especie correspondiente en los humedales en cualquiera de los censos y se comparó directamente con los estimados poblacionales de aves playeras en Norteamérica reportados por Andrés y colaboradores (2012a).
- Especies residentes con registros de anidación en la zona: se realizó una revisión bibliográfica de trabajos o reportes de especies con poblaciones que aniden en humedales costeros del estado Falcón.
- Especies amenazadas a nivel internacional: Se revisó la información proporcionada por los estimados poblacionales de Andrés y col. (2012a) y el estatus según la lista roja de especies amenazadas de la UICN (UICN 2013), considerando las poblaciones, pertenecientes al hemisferio occidental, que llegan a Venezuela.

Para este estudio se consideraron las especies que utilizan humedales salobres y salados, por lo que se excluyó la familia Jacanidae, ya que la única especie presente en Venezuela (*Jacana jacana*) está restringida a humedales de agua dulce con vegetación flotante (Canevari y col. 2001). También se excluyó a la familia Burhinidae, ya que la única especie presente en Venezuela (*Burhinus bistriatus*), utiliza principalmente pastizales secos, áreas secas abiertas con algunos arbustos o árboles de bajo porte, y rara vez se encuentra en humedales (Hilty 2003).

2.- Identificación de los principales humedales utilizados por las aves playeras seleccionadas: Para identificar las áreas de interés se utilizaron las localidades con registros de las especies seleccionadas en humedales costeros del estado Falcón, proveniente de diferentes fuentes: el Censo Neotropical de Aves Acuáticas de Venezuela (CNAAV) en el estado Falcón, desde el año 2006 hasta el 2010 realizado por la Unión Venezolana de Ornólogos (datos no publicados), los censos de aves acuáticas realizados por el Ministerio del Poder Popular del Ambiente (MINAMB) realizados desde el año 2007 hasta el año 2012 (datos no publicados), los censos de aves playeras de Giner (2013) realizados desde el año 2005 hasta el año 2008 y finalmente los ejemplares de las principales colecciones ornitológicas del país que hayan sido colectados en el estado Falcón (Colección Ornitológica Phelps, el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande y el Museo de Historia Natural La Salle).

2.1.- Georreferenciación de las localidades con las especies de aves playeras seleccionadas: Se generó una tabla de datos para cada una de las fuentes de información obtenidas (censos y colectas). Para el caso de la información proveniente de las colecciones ornitológicas, las coordenadas se tomaron directamente de la base de datos. Para la información de los censos, en el caso de los CNAAV y los censos realizados por Giner (2013) se tomó el punto medio de la transecta realizada como el punto de localización de la especie,

considerando que la transecta abarcó un mismo tipo de hábitat. En los censos realizados por el MINAMB no se contó con la información de la transecta realizada sino solo el reporte del punto asociado a la localidad, por lo tanto se tomó este punto directamente. Todos los puntos se trabajaron en coordenadas decimales.

Para la identificación de los humedales costeros utilizados por las aves playeras se representaron los puntos asociados a cada una de las especies seleccionadas por medio del Sistema de Información Geográfica QGIS versión 2.4.4. Se trabajó con el datum SIRGAS – REGVEN. Con el fin de facilitar el desarrollo de los resultados y la discusión referente a los modelos generados se dividió el área de estudio en 11 zonas etiquetadas de la A a la K (Figura 2, Tabla 1)

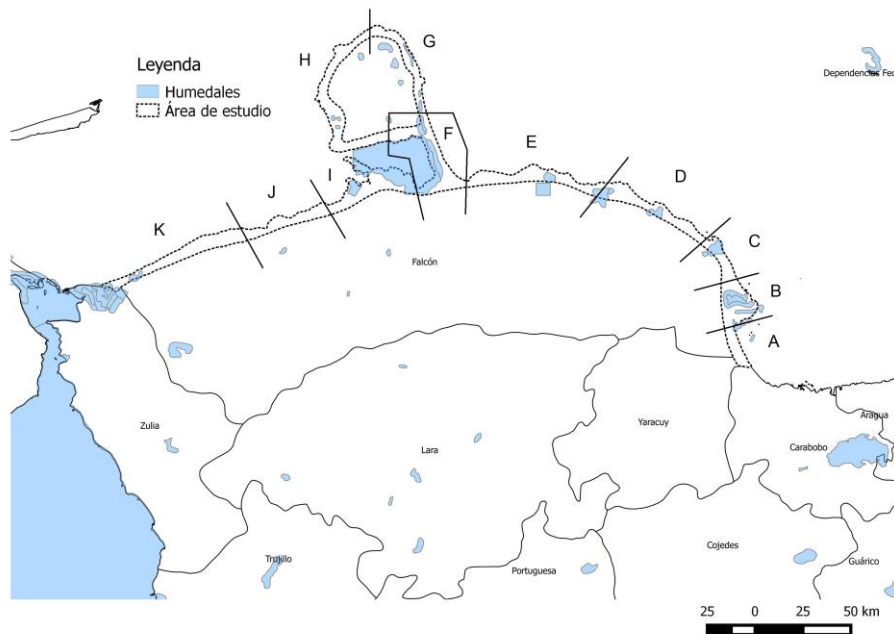


Figura 2. Zonas delimitadas en el Área de Estudio

Tabla 1. Localidades dentro de cada Zona delimitada del área de estudio.

Zona	Localidades
A	PN Morrocoy, Tucacas, Boca de Aroa
B	RFS Cuare
C	San Juan de los Cayos, Boca de Tocuyo
D	Salinas de Sauca, Playa Aguide
E	Tocopero, Puerto Cumarebo, Vela de Coro
F	Istmo de la Península, Tacuato
G	Boca de Caño, Playa el Supí, Adícora, Salinas del Infierno
H	Cabo San Román, Los Taques, Playa el Pico, Amuay, Punto Fijo
I	Punta Caimán y Río Mitare
J	Zazárida
K	San Agustín, San Esteban, Antúnez

2.2.- Identificación de los principales ambientes de importancia para las aves playeras:

Para caracterizar los ambientes predominantes en el área de estudio, se utilizaron imágenes satelitales SPOT 5, multiespectrales de 10 m de resolución. Estas imágenes fueron obtenidas a través del Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes Satelitales (L-PAIS). También se utilizaron las imágenes del satélite Miranda obtenidas de la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales para completar las zonas costeras del estado Falcón que no estaban disponibles en imágenes SPOT 5. Para la clasificación de los ambientes del estado Falcón se

delimitó la zona costera, para ello se utilizó como criterio la delimitación de la zona litoral del mapa de vegetación de Huber y Alarcón (1998) y se estableció una franja buffer de 1 km a cada lado de ésta. Las variables ambientales tomadas en cuenta en este trabajo fueron presencia de agua, suelo desnudo, vegetación tipo 1 (vegetación boscosa incluyendo manglares) y vegetación tipo 2 (vegetación baja, cultivos, centros poblados).

Para la clasificación de la vegetación se utilizó el índice de vegetación normalizado (Normalized Differential Vegetation Index = NDVI), el cual toma en cuenta la reflectancia a distintas longitudes de onda y, particularmente, es sensible a la cobertura vegetal (Olaya 2011). Para calcular el índice NDVI se utilizó la ecuación:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)^*}{(NIR + RED)}$$

*NIR= Banda del Infrarrojo Cercano

RED: Banda del Rojo

El uso del NDVI permite diferenciar las zonas con vegetación de la lámina de agua. En algunos casos también es posible identificar zonas de suelo desnudo. Esto se realizó con el programa QGIS versión 2.4.4

También se realizó una clasificación no supervisada para cada una de las imágenes. Para esto, se realizaron polígonos delimitando cada uno de los atributos de interés: agua, suelo desnudo, vegetación tipo 1 (vegetación boscosa incluyendo manglares), vegetación tipo 2 (vegetación baja, cultivos, centros poblados). Se realizaron un mínimo de cinco polígonos por atributo. Se utilizó el NDVI para separar las zonas con vegetación de la lámina de agua y, adicionalmente, se utilizaron combinaciones de falso color en las imágenes que permitieron el reconocimiento de áreas inundadas, vegetación y suelo desnudo para asignar correctamente

los polígonos a los atributos correspondientes. Posteriormente, se realizó la clasificación con el complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) del QGIS. En las zonas con una gran cobertura de nubes éstas se extrajeron de la imagen eliminando los polígonos que las representaban después de realizar la clasificación. Durante la clasificación se generaron zonas que por su tamaño probablemente no están representando la realidad, por lo que se decidió eliminar los grupos de píxeles menores a un área de 400 m². Posteriormente, se realizó un mosaico con todas las imágenes clasificadas cortando cada una en su punto de coincidencia con la siguiente.

3.- Modelos de distribución: Para generar los modelos de distribución potencial de cada una de las especies seleccionadas se utilizó el programa MaxEnt versión 3.3.3 [Disponible en: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>]. Este programa permite estimar la distribución más probable de la especie encontrando la probabilidad de distribución por máxima entropía. El programa permite relacionar los registros de presencia, con un conjunto de capas combinadas que representan variables climáticas y las capas generadas a partir de la clasificación no supervisada del área de estudio utilizando el SIG. De acuerdo al modelo, el valor esperado de cada variable debe estar cercano a un valor promedio tomado para esa variable en cada registro de presencia que forme parte de la distribución de la especie (Phillips y col. 2006, Elith y col. 2011).

Se transformó el mosaico generado de una resolución de 10 m a una resolución de 1 km ya que las variables climáticas a utilizar están en esta resolución. Para realizar el modelo se generaron capas separadas con los atributos previamente seleccionados (agua, suelo desnudo, vegetación tipo 1 y tipo 2). Cada capa estuvo compuesta por presencia del atributo o ausencia de éste. Adicionalmente, se utilizó un conjunto de capas climáticas formadas por 19 parámetros ambientales (Anexo 1) con una resolución de 1 km

(www.worldclim.org/bioclim.htm). Las variables bioclimáticas se derivan de valores promedio mensuales de temperatura y precipitación para el período 1950-2000 (Hijmans y col. 2005). La temperatura esta expresada en °C*10. La precipitación está expresada en mm. Para restringir cada una de las variables a la zona de interés las capas también se cortaron con la franja litoral del mapa de Huber y Alarcón (1998).

Dentro de los parámetros definidos para realizar el modelo se estableció que la selección del registro inicial en cada modelo fuese aleatoria para asegurar que no haya ningún sesgo hacia los parámetros que contiene un registro particular. MaxEnt permite correr un modelo múltiples veces promediando el resultado de los modelos generados. Una vez generado el modelo se suele utilizar otro conjunto de datos de prueba para comprobar la certeza de la distribución potencial generada. Por esta razón, se asignó un porcentaje de los datos (20%) como datos de prueba para compararlos con el modelo generado a partir del resto de los datos (80%).

MaxEnt generó una imagen ráster de los valores continuos entre 0-1 representando la probabilidad de encontrar a la especie en un área determinada. Adicionalmente, se generaron 11 umbrales con sus respectivas áreas fraccionadas. El área fraccionada se puede interpretar como el porcentaje del área generada por el modelo que está por encima de ese umbral, con la finalidad de generar mapas que representaran las áreas de distribución potencial de la especie se utilizaron los umbrales. Estos mapas binarios permiten una clasificación que marcan áreas potenciales de presencia de la especie (áreas por encima del umbral) y áreas de ausencia (áreas por debajo del umbral). De los 11 umbrales se tomaron en cuenta únicamente los que fuesen estadísticamente significativos y se escogieron 2 para cada especie para generar los mapas binarios. Un umbral con valor bajo que representara una distribución potencial amplia para la especie y un umbral con un valor más alto que representara una distribución potencial

más conservadora solo con las áreas de mayor probabilidad de encontrar la especie. Para 5 de las 6 especies seleccionadas se utilizaron el umbral Minimum Training Presence (MTP) y el Equal Training Sensitivity and Specificity (ETSS). Para *Charadrius nivosus* se utilizaron 2 umbrales diferentes, Fixed Cumulative Value 1 (FCV1) y Maximum Test Sensitivity plus Specificity (MTSS), ya que los seleccionados anteriormente no fueron estadísticamente significativos para esta especie.

Se tomó en cuenta el Área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) como una medida de la predictibilidad del modelo resultante. Este valor indica cuán preciso fue el modelo en identificar correctamente la presencia de la especie en ciertas áreas. Permite comparar la sensibilidad (áreas donde el modelo predice la presencia de la especie y realmente se encuentra) y la especificidad (áreas donde el modelo predice ausencia y la especie no se encuentra) del modelo generado, mientras el valor es más cercano a 1 el modelo generado es más preciso. Finalmente, también se tomaron en cuenta las 3 primeras variables con contribución más significativa a cada modelo con el fin de establecer cuáles son las características más importantes que están determinando la distribución de las especies seleccionadas en el área de estudio.

Resultados

Selección de Especies

De acuerdo con el criterio del 1% de la población biogeográfica se encontraron dos especies de aves playeras que superan este valor. Esas especies son *Charadrius collaris* (Tabla 2, Anexo 2) con un número máximo de individuos de 118, lo cual representa un 1,18% de la población biogeográfica (tomando en cuenta únicamente el límite superior de la población biogeográfica estimada) y *Charadrius wilsonia* con un número máximo de individuos de 110, lo cual representa un 1,27% de la población biogeográfica. También se seleccionaron dos especies que, aunque no alcanzan el 1% de la población biogeográfica, tienen valores cercanos: *Himantopus mexicanus* con un número máximo de 1316 individuos lo cual representa un 0,75 % de la población biogeográfica y *Tringa melanoleuca* con un número máximo de 1170 individuos, lo cual representa un 0,85 % de la población biogeográfica. A pesar de no alcanzar el 1%, se tomaron en cuenta considerando que los censos, en algunos casos, no abarcaron la superficie completa del humedal y muy probablemente un censo más extenso permitiría registrar tamaños poblacionales mayores al 1% de la población biogeográfica (Anexo 1).

Tabla 2. Especies de aves playeras y los criterios utilizados para la selección.

Especie	Criterios		
	1% de la población Biogeográfica	Con registros de anidación	Estatus de Conservación
<i>Charadrius collaris</i>	X		X
<i>Charadrius wilsonia</i>	X	X	X
<i>Charadrius nivosus</i>		X	X

<i>Calidris pusilla</i>			X
<i>Tringa melanoleuca</i>	X		
<i>Himantopus mexicanus</i>	X	X	

De acuerdo al segundo criterio de selección, anidación de la especie en el Estado Falcón, se ha reportado anidación de 4 especies de aves playeras: *Haematopus palliatus*, *Charadrius nivosus*, *Charadrius wilsonia* e *Himantopus mexicanus* (Azpiroz y Rodríguez-Ferraro, 2006, Giner y Nagy 2007, Giner 2012, J. Ochoa, comunicación personal) (Tabla 1). *Charadrius wilsonia* tiene registros de anidación en Chichiriviche, Boca de Caño y San Juan de los Cayos (Giner 2012). *Charadrius nivosus* es una especie poco común en Venezuela, para la cual se ha reportado anidación en el estado Falcón, en la Península de Paraguaná (Azpiroz y Rodríguez-Ferraro, 2006) y en el Refugio de Fauna Silvestre Cuare (Giner y Nagy 2007). En el caso de *Himantopus mexicanus* se ha registrado anidación de la especie en el Refugio de Fauna Silvestre de Tucurere (J. Ochoa, comunicación personal). Existe otra especie con anidación en la zona que es *Haematopus palliatus*, esta especie no se seleccionó por falta de información, solo se tienen algunos registros de anidación y de los Censos Neotropicales de Aves Acuáticas lo cual constituye solo 5 localidades.

Según el estatus de conservación, existen dos especies dentro de la categoría Casi Amenazada de acuerdo a la lista roja de la UICN (BirdLife International. 2012), *Calidris pusilla* y *Charadrius nivosus* (Anexo 2). A su vez las tendencias reportadas por Andres y col. en el 2012a coinciden en que las poblaciones de estas especies están disminuyendo. Las especies *Charadrius wilsonia* y *Charadrius collaris* también tienen poblaciones que actualmente están disminuyendo (Andres y col. 2012a). Para las especies *Himantopus mexicanus* y *Tringa melanoleuca* la precisión de los estimados poblacionales es baja, por lo cual es posible que no

esté reflejada la tendencia poblacional real, sin embargo, las poblaciones se consideran estables de acuerdo a los estimados que se han realizado hasta el momento (Andrés y col. 2012a)

De acuerdo a los criterios evaluados anteriormente las especies seleccionadas fueron seis (Tabla 2): *Calidris pusilla* por su estado de conservación, *Charadrius wilsonia* y *Charadrius collaris* debido a que en Falcón se encuentran zonas que albergan el 1% de la población biogeográfica, ambas especies tienen poblaciones que están disminuyendo y, adicionalmente, para *Charadrius wilsonia* hay registros de anidación en el área de estudio, *Charadrius nivosus* por su estado de conservación y debido a que anida en varios humedales del estado Falcón, *Himantopus mexicanus* y *Tringa melanoleuca* debido a que el número máximo de individuos se acerca al 1% de la población biogeográfica y, adicionalmente, *Himantopus mexicanus* es una especie con anidación dentro del área de estudio.

Caracterización de los Humedales

De los tipos de cobertura seleccionados para hacer la clasificación del área de estudio el que presentó el mayor porcentaje fue el suelo desnudo (35,36%), seguido del agua (27,60%), la vegetación Tipo 1 (23,70%) constituida por vegetación boscosa incluyendo manglares y finalmente la vegetación Tipo 2 (13,34%) constituida por vegetación baja, cultivos y centros poblados (Figura 2).

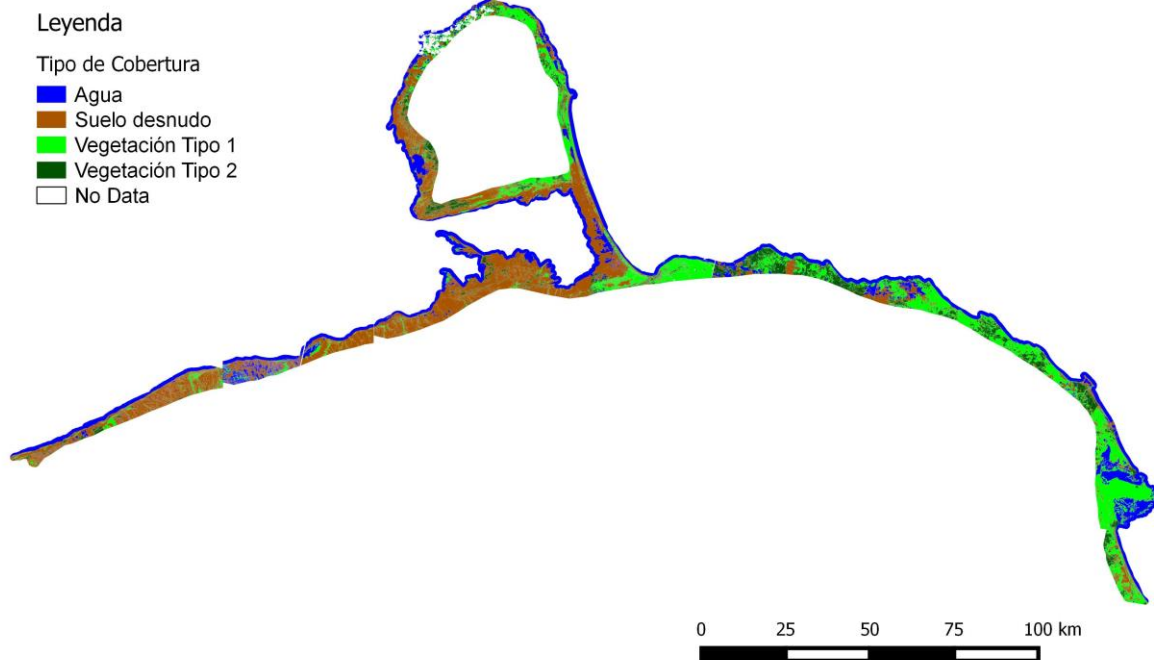


Figura 3. Clasificación según tipos de cobertura discriminados de la zona costera del estado Falcón.

Modelos de Distribución

A.- Charadrius collaris

Para *Charadrius collaris* se obtuvo un total de 70 registros de los cuales 19 (27%) fueron las localidades tomadas para el modelo de distribución potencial. Para todas las especies se tiene un número de registros y un porcentaje de los que realmente fueron utilizados en el modelo. Muchos registros se solapaban por lo que los registros efectivos fueron un porcentaje pequeño del total indicando cada uno una localidad diferente. No se ven grandes diferencias en el área de distribución potencial para la especie con el uso de ambos umbrales, tanto el MTP

como el ETSS. De acuerdo a los modelos generados, la especie puede estar presente a lo largo de gran parte de la costa oriental del estado Falcón, y casi toda la costa de la península de Paraguaná incluyendo el istmo (Figura 4). Las diferencias más notorias en el modelo con el umbral más alto (ETSS) se ven en la Península de Paraguaná ya que hacia la zona occidental de la península hay menos áreas de distribución potencial (Figura 5). El AUC del modelo es de 0,962 (Figura 6). Este valor es muy cercano a 1 lo cual indica que el modelo fue muy preciso.

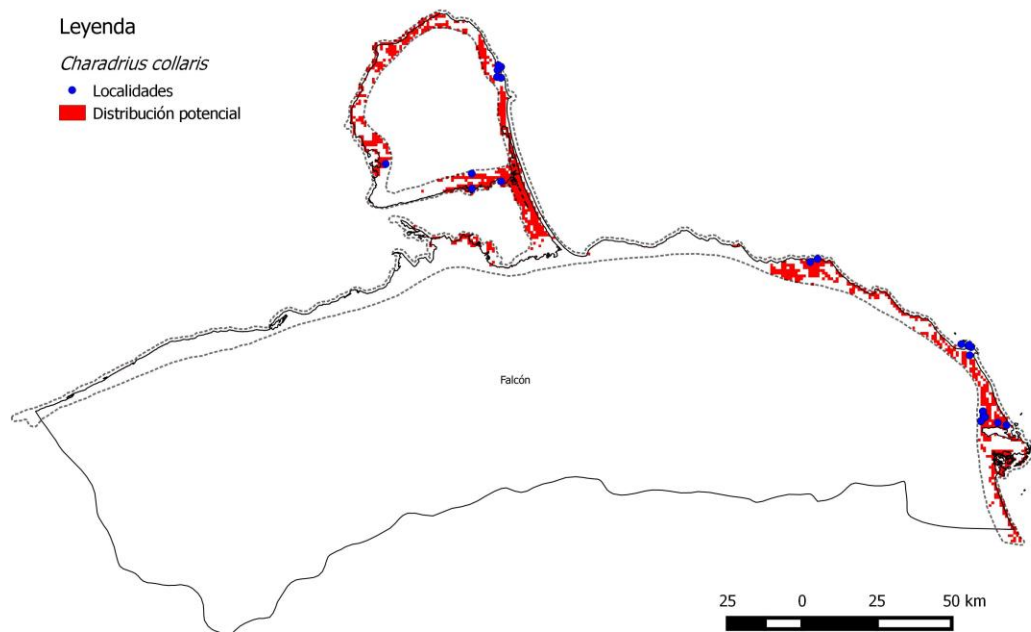


Figura 4. Modelo de distribución potencial de *Charadrius collaris* en el área de estudio con el MTP.

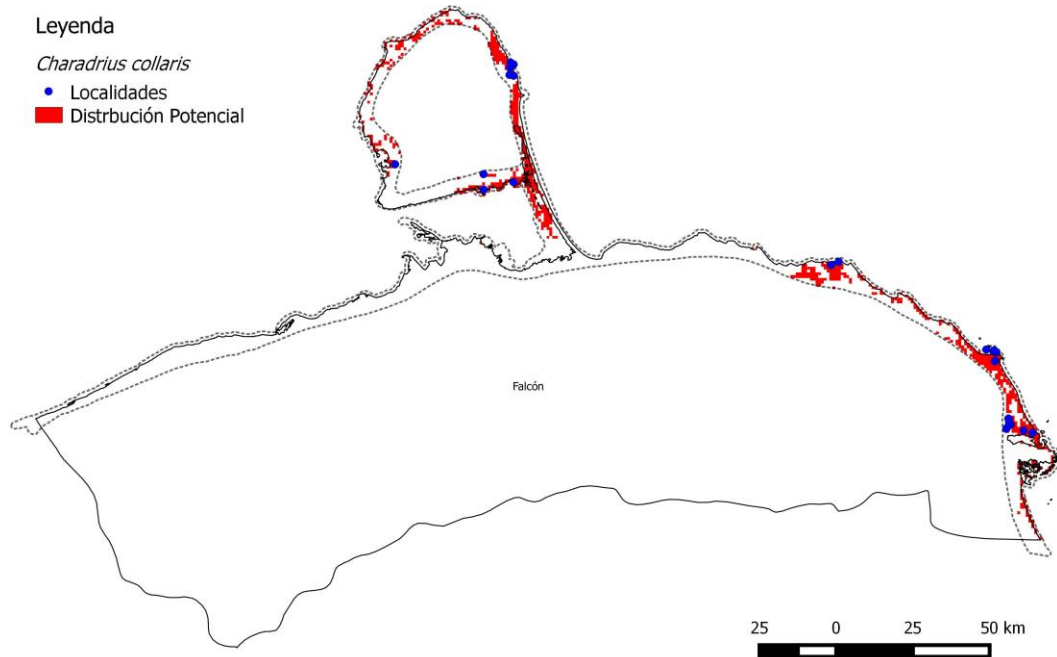


Figura 5. Modelo de distribución potencial de *Charadrius collaris* en el área de estudio con el ETSS.

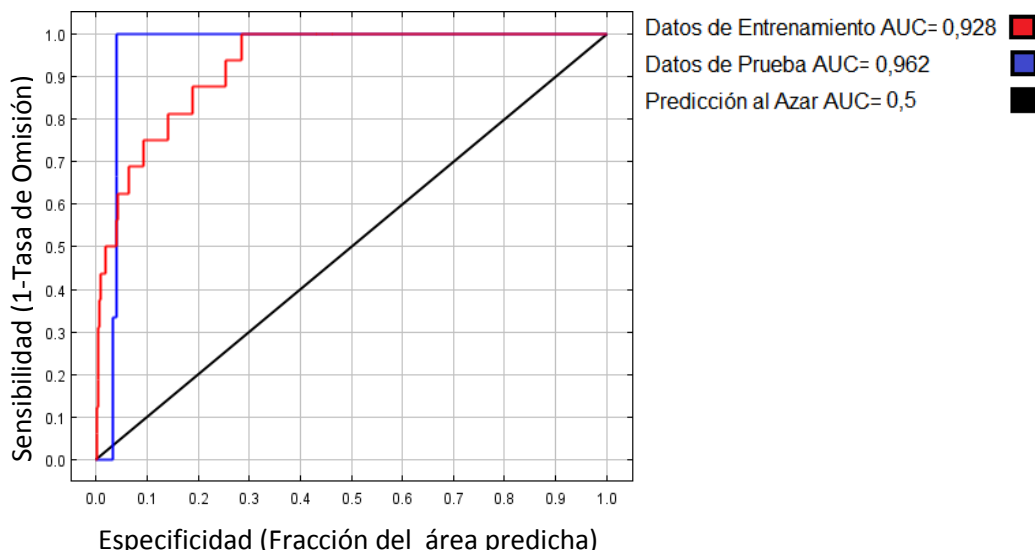


Figura 6. Curva ROC para el modelo realizado con *Charadrius collaris*. AUC = 0,962.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron la presencia de agua (19.1 %) (Figura 7), el rango diurno promedio negativamente (16.8 %) (Figura 8), y la presencia de suelo desnudo (15.2%) (Figura 9).

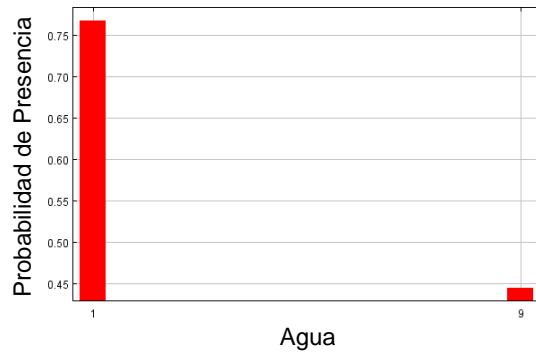


Figura 7. Probabilidad de presencia de *Charadrius collaris* en función de la presencia de agua (1= Presencia de agua, 9= Ausencia de agua).

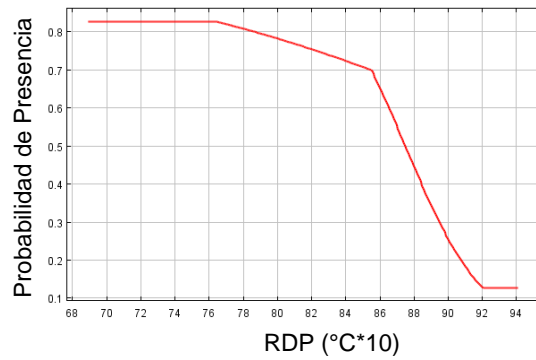


Figura 8. Probabilidad de presencia de *Charadrius collaris* en función del rango diario promedio (RDP).

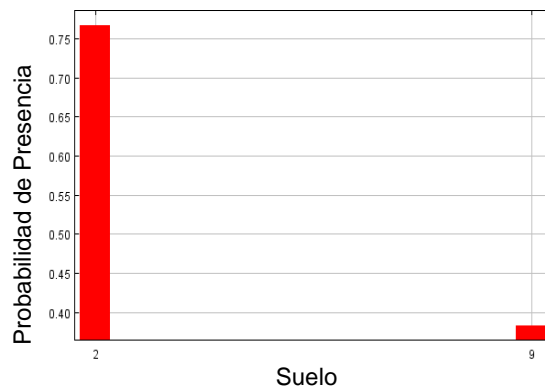


Figura 9. Probabilidad de presencia de *Charadrius collaris* en función de la presencia de suelo desnudo (2= Presencia de suelo, 9= Ausencia de suelo).

B.- *Charadrius wilsonia*

Para *Charadrius wilsonia* se obtuvo un total de 89 registros de los cuales 28 (31%) realmente fueron el número de localidades utilizadas para el modelo de distribución potencial. Utilizando el MTP la especie puede estar presente a lo largo de toda la costa oriental del estado Falcón, en el istmo y la península de Paraguaná (con excepción de la zona sur-oeste), en la zona de Punta Caimán y en el extremo de la costa occidental del estado (Figura 10). Por otro lado, la distribución utilizando el ETSS es restringida, encontrándose únicamente en las zonas de Cuare, Parque Nacional Morrocoy, San Juan de los Cayos y la zona costera hasta las salinas de Sauca, Boca de Caño, las Salinas del Infierno y humedales adyacentes (Figura 11). El AUC del modelo es de 0,939 (Figura 12). De igual manera se observa que el modelo fue muy preciso.

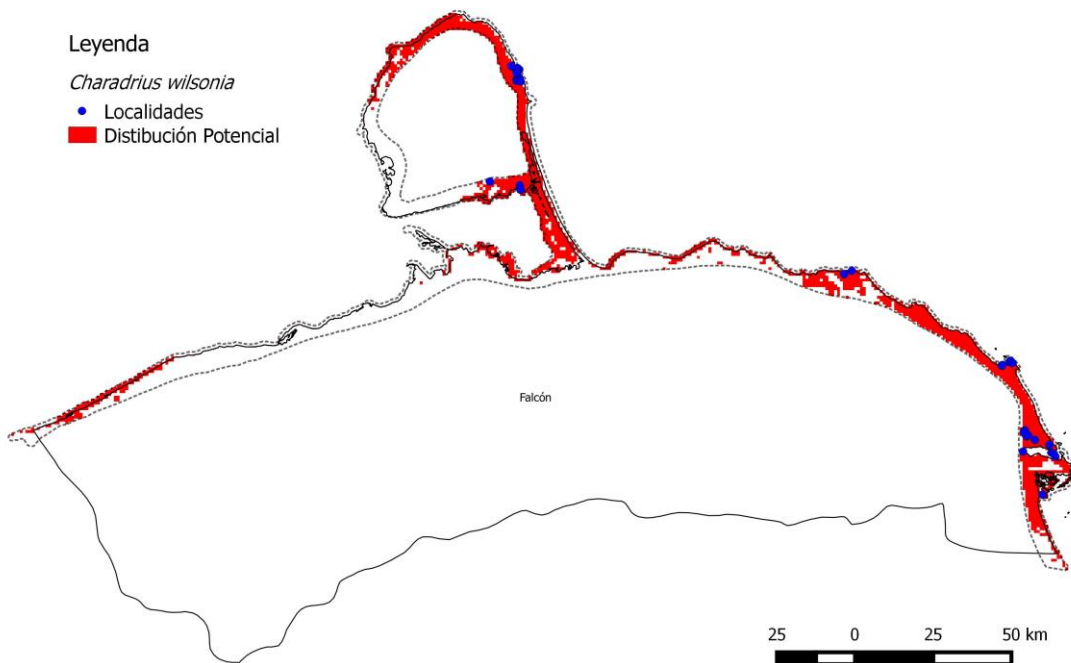


Figura 10. Modelo de distribución potencial de *Charadrius wilsonia* en el área de estudio con el MTP.

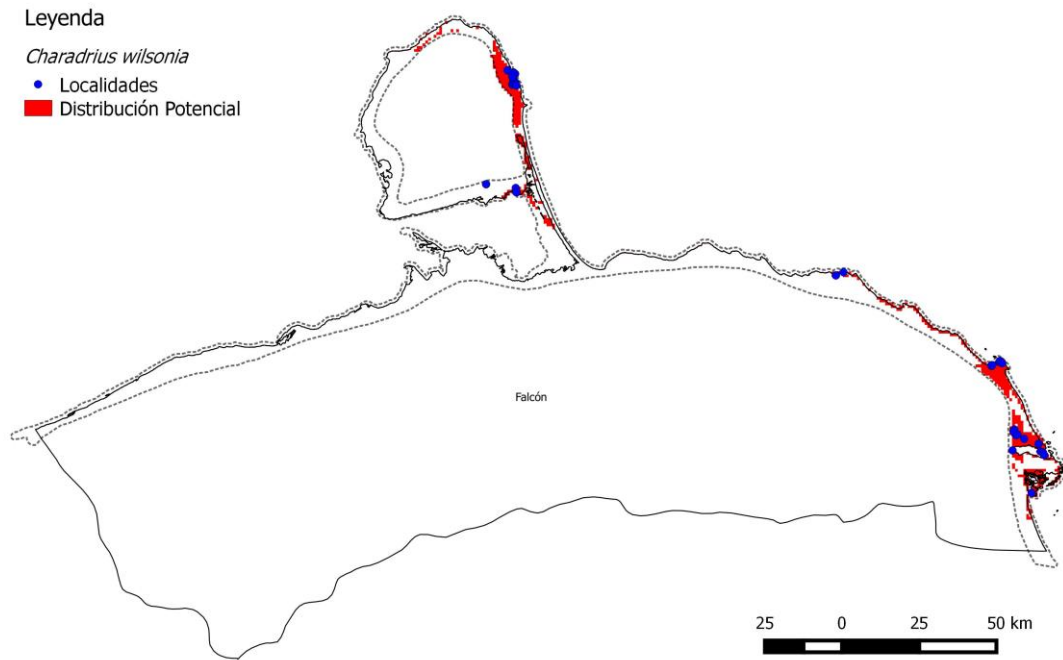


Figura 11. Modelo de distribución potencial de *Charadrius wilsonia* en el área de estudio con el ETSS.

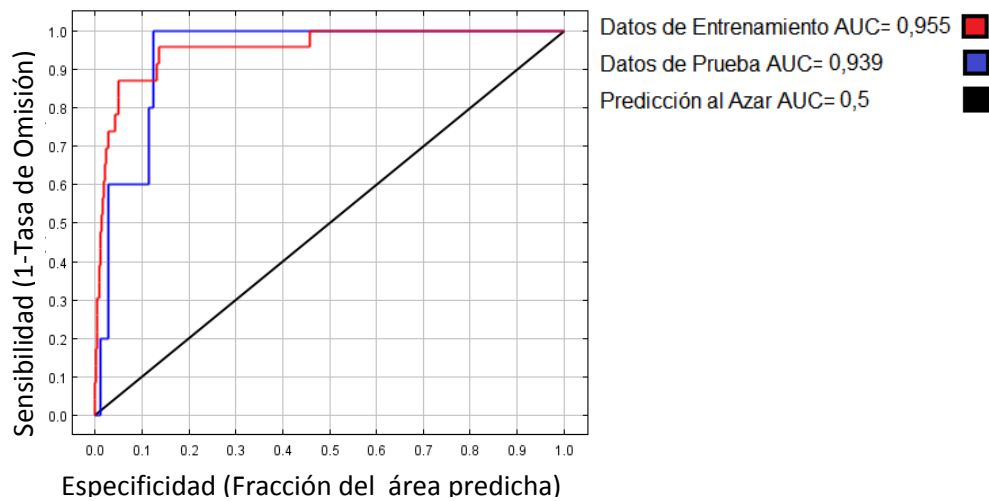


Figura 12. Curva ROC para el modelo realizado con *Charadrius wilsonia*. AUC = 0,939.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron el rango diurno promedio negativamente (27.2%) (Figura 13), la precipitación del mes más seco positivamente (25%) (Figura 14) y la presencia de agua (21.3 %) (Figura 15)

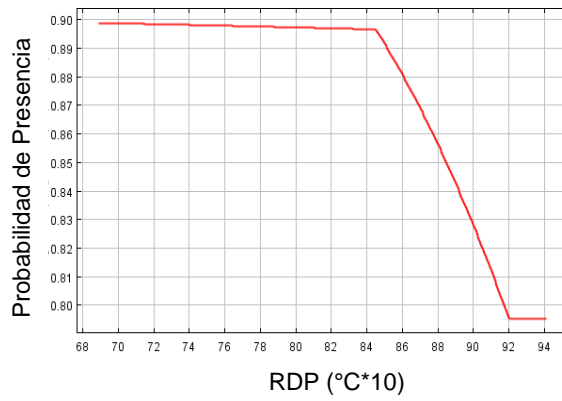


Figura 13. Probabilidad de presencia de *Charadrius wilsonia* en función del rango diario promedio (RDP).

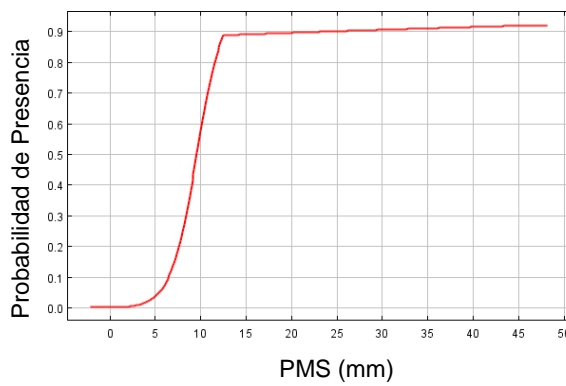


Figura 14. Probabilidad de presencia de *Charadrius wilsonia* en función de la precipitación del mes mas seco (PMS).

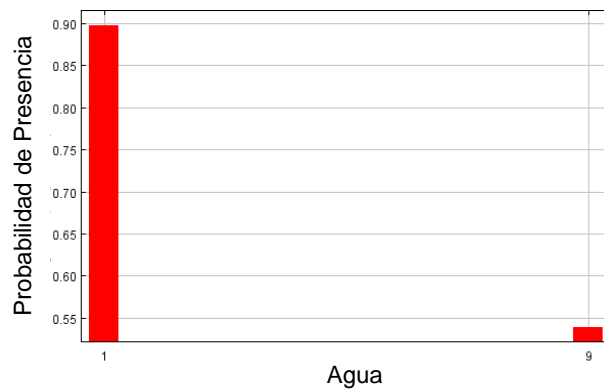


Figura 15. Probabilidad de presencia de *Charadrius wilsonia* en función de la presencia de agua (1= Presencia de agua, 9= Ausencia de agua).

C.- *Charadrius nivosus*

Para *Charadrius nivosus* el número de registros fue muy bajo teniendo 13 en total, sin embargo, sólo 9 de ellos (69%) fueron utilizados para realizar el modelo de distribución potencial, lo que indica que fueron pocos registros pero un gran porcentaje pertenece a diferentes localidades. Los umbrales utilizados para esta especie fueron diferentes debido a los pocos registros lo cual resultó en solo 3 umbrales significativos entre ellos los dos que fueron seleccionados que tenían una mejor representación de la distribución potencial de la especie. El modelo generado con el FCV1 indica que la especie pudiese encontrarse a lo largo de toda el área de estudio seleccionada, a excepción de una zona en la parte central de la costa del estado (Figura 16). Por otro lado, el modelo generado con el MTSS restringe la distribución potencial de la especie eliminando algunas localidades cerca del RFS Cuare y de la parte occidental del área de estudio (Figura 17). El AUC del modelo es de 0,435 (Figura 18). Este valor es más bajo que en los demás modelos e indica que posiblemente el modelo no es muy preciso y probablemente no refleja la verdadera distribución de la especie.

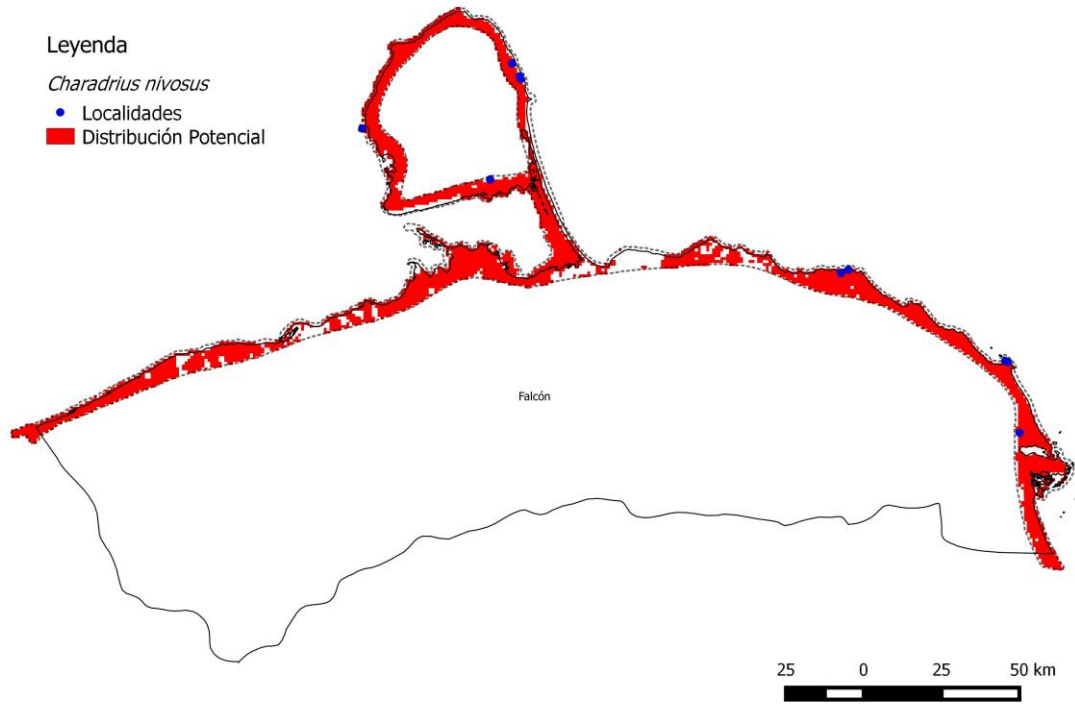


Figura 16. Modelo de distribución potencial de *Charadrius nivosus* en el área de estudio con el FCV1.

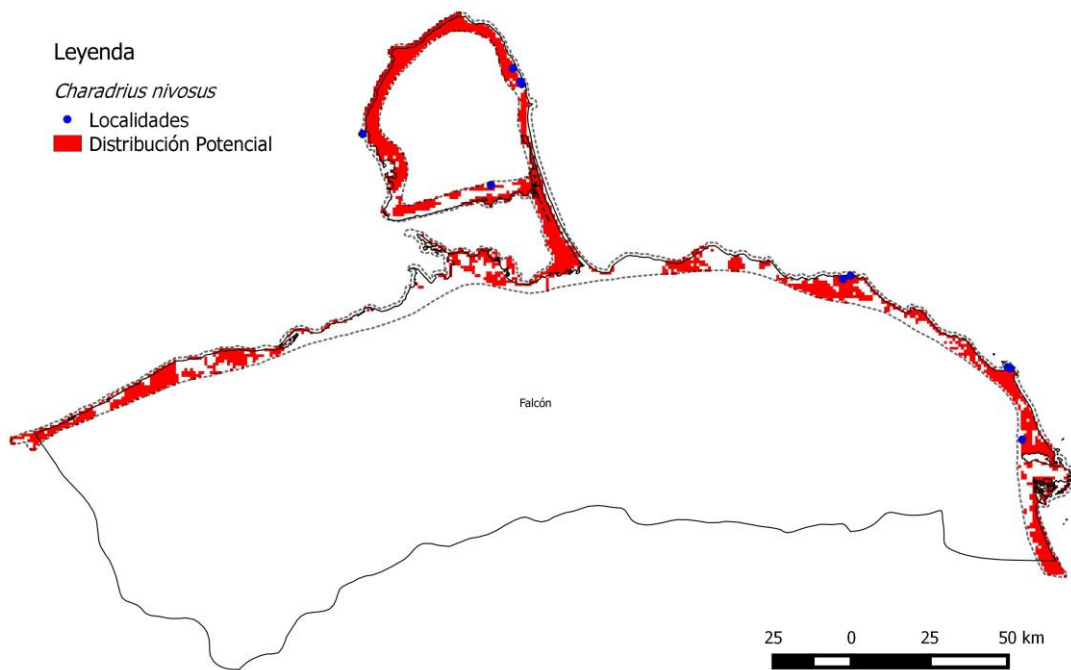


Figura 17. Modelo de distribución potencial de *Charadrius nivosus* en el área de estudio con el MTSS.

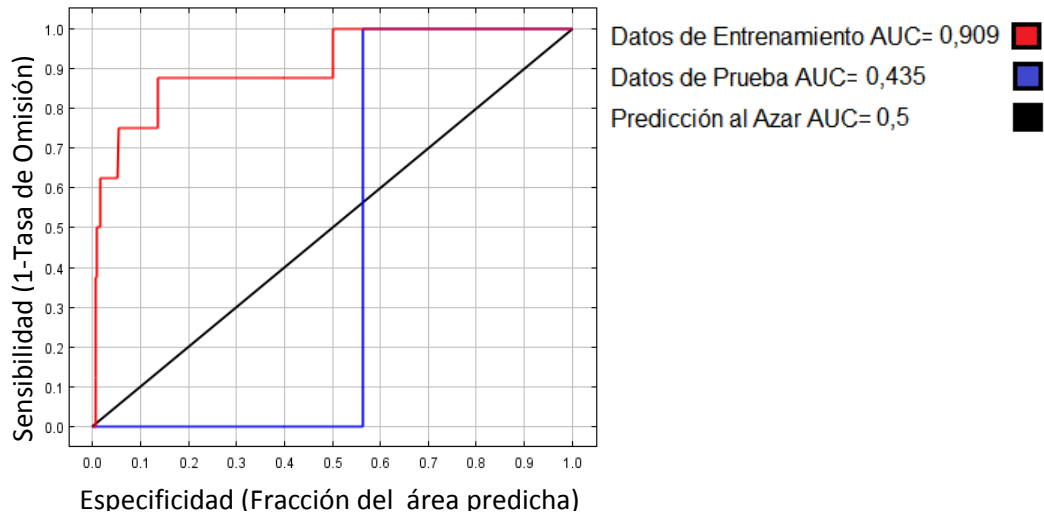


Figura 18. Curva ROC para el modelo realizado con *Charadrius nivosus*. AUC = 0,435.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron el rango diurno promedio negativamente (42.3 %) (Figura 19), la presencia de suelo desnudo (20%) (Figura 20) y la ausencia de vegetación tipo 1 (10.5%) (Figura 21).

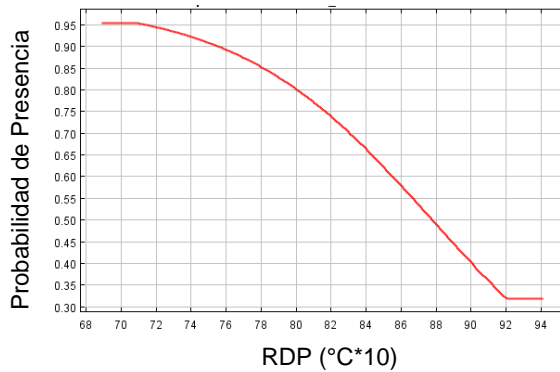


Figura 19. Probabilidad de presencia de *Charadrius nivosus* en función del rango diurno promedio (RDP).

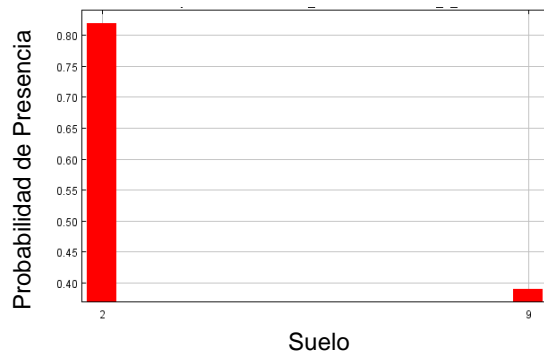


Figura 20. Probabilidad de presencia de *Charadrius nivosus* en función de la presencia de suelo desnudo (2 = Presencia de suelo desnudo, 9 = Ausencia de suelo desnudo).

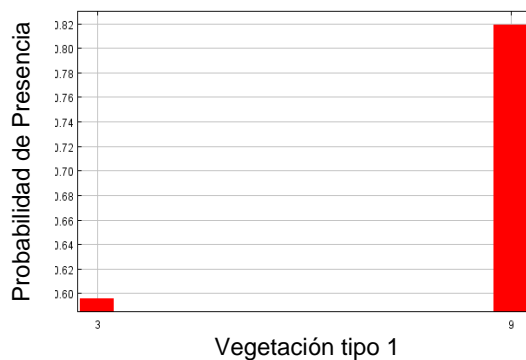


Figura 21. Probabilidad de presencia de *Charadrius nivosus* en función de la presencia de vegetación tipo 1 (3= Presencia de vegetación tipo 1, 9= Ausencia de vegetación tipo 1).

D.- *Calidris pusilla*

Para *Calidris pusilla* se recopiló un total de 156 registros de los cuales 26 (17%) realmente fueron el número de localidades utilizadas para el modelo de distribución potencial. Utilizando el MTP la especie pudiera estar presente a lo largo de toda la costa del estado Falcón, con excepción de una zona en la parte sur de la Península de Paraguaná (Figura 22). Por otro lado, la distribución utilizando el ETSS es restringida, encontrándose únicamente en las zonas de Cuare, San Juan de los Cayos, Parque Nacional Morrocoy, Boca de Caño y humedales adyacentes (Figura 23). El AUC del modelo es de 0,908 (Figura 24). Este valor también fue muy cercano a 1 lo que indica que el modelo fue muy preciso.

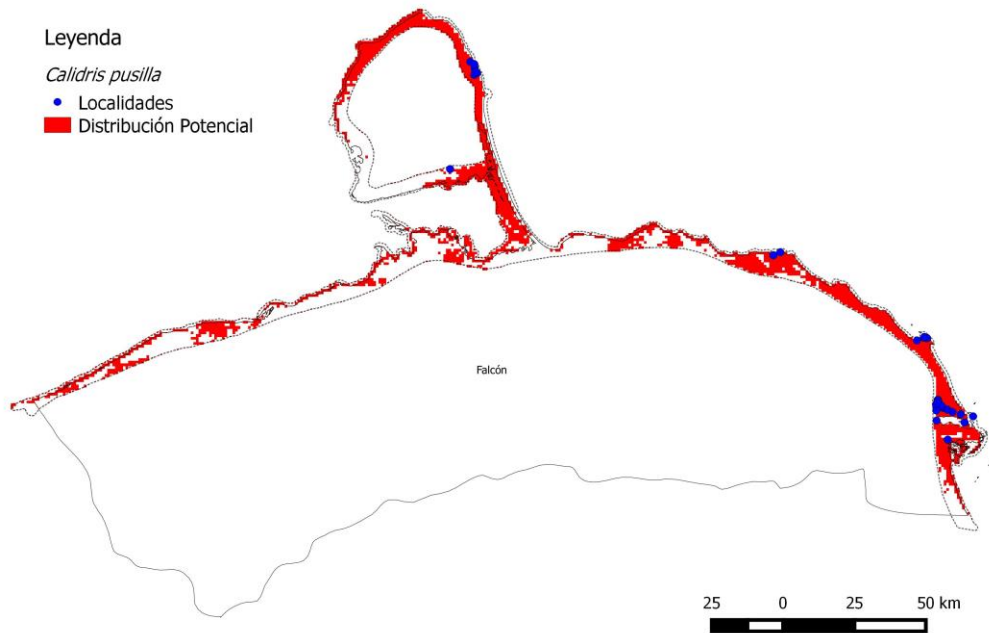


Figura 22. Modelo de distribución potencial de *Calidris pusilla* en el área de estudio con el MTP.

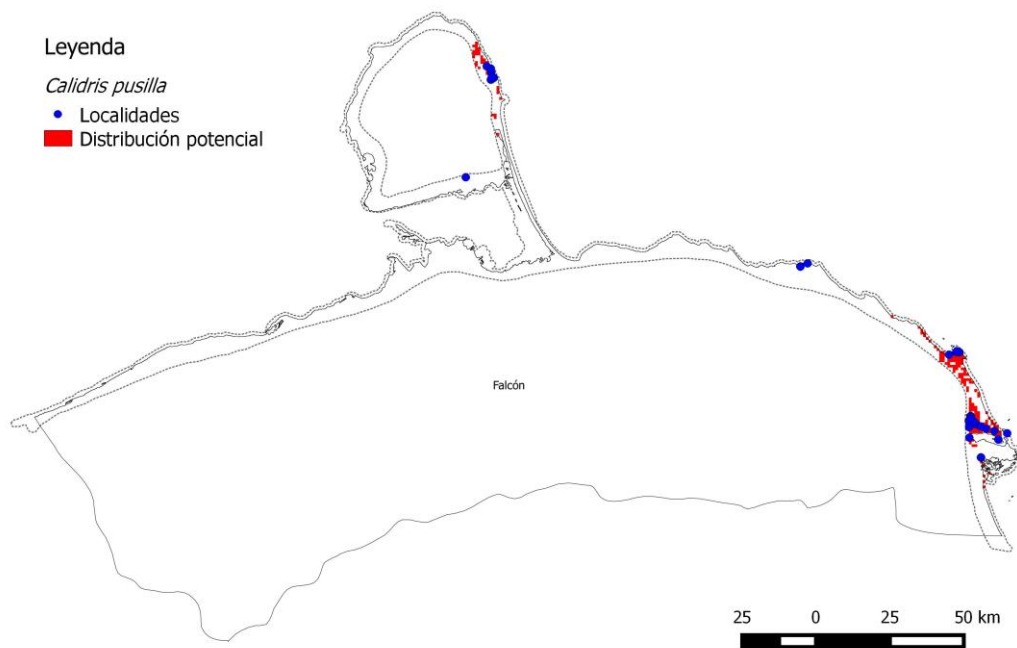


Figura 23. Modelo de distribución potencial de *Calidris pusilla* en el área de estudio con el ETSS.

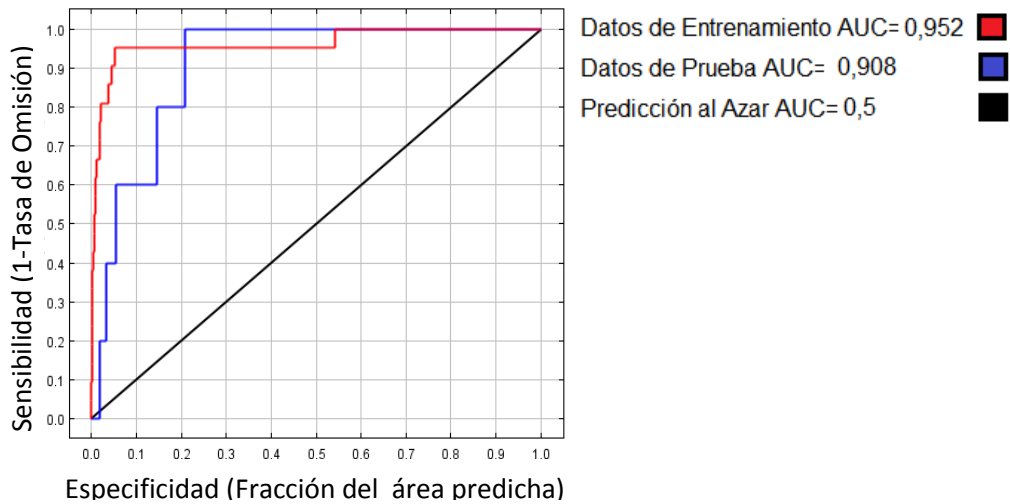


Figura 24. Curva ROC para el modelo realizado con *Calidris pusilla*. AUC = 0,908.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron la precipitación del cuartil del año más húmedo positivamente (34.5 %) (Figura 25), la presencia de agua (14.1 %) (Figura 26) y la precipitación del mes más seco positivamente (13.8%) (Figura 27).

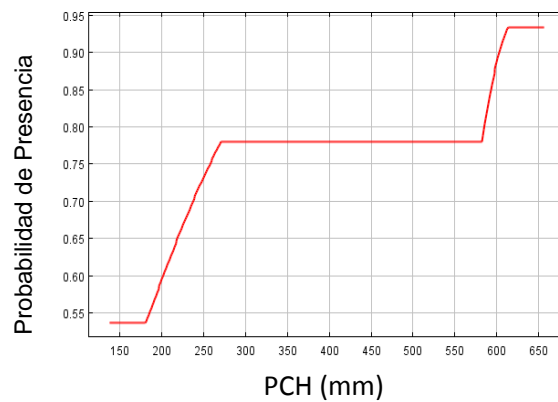


Figura 25. Probabilidad de presencia de *Calidris pusilla* en función de la precipitación del cuarto más húmedo (PCH).

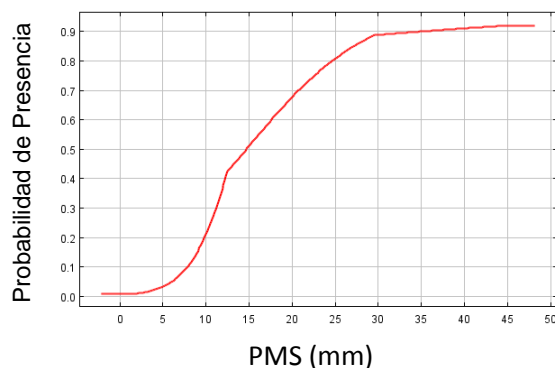


Figura 26. Probabilidad de presencia de *Calidris pusilla*, en función de la precipitación del mes más seco (PMS).

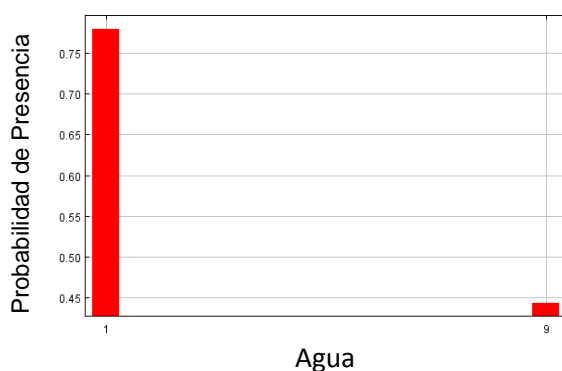


Figura 27. Probabilidad de presencia de *Calidris pusilla*, en función de la presencia de agua. (1= Presencia de agua, 9= Ausencia de agua).

E.- *Tringa melanoleuca*

Para *Tringa melanoleuca* se obtuvo un total de 236 registros de los cuales 31 (13%) fueron las localidades tomadas para el modelo de distribución potencial. Utilizando ambos umbrales tanto el MTP como el ETSS se obtienen distribuciones potenciales muy parecidas. La distribución es bastante restringida, indicando la posible presencia de la especie en las zonas del RFS Cuare, Parque Nacional Morrocoy, San Juan de los Cayos y la zona costera oriental hasta las salinas de Sauca, Boca de Caño y humedales adyacentes y la zona de las Salinas del Infierno (Figuras 28 y 29). El AUC del modelo es de 0,970 (Figura 30). Este valor indica que el modelo fue muy preciso.

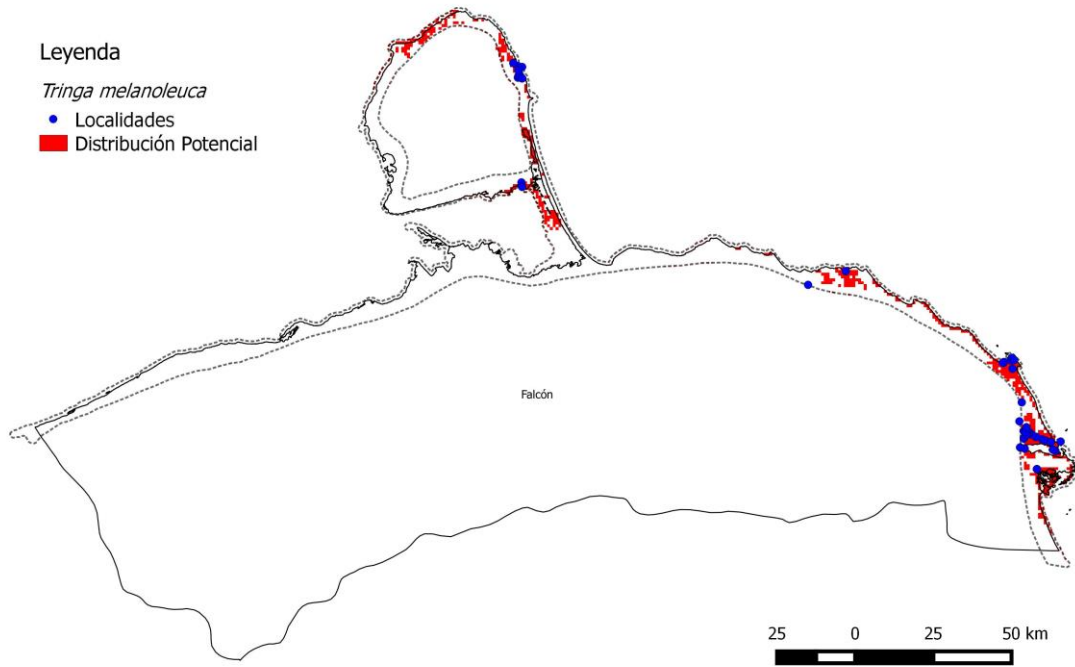


Figura 28. Modelo de distribución potencial de *Tringa melanoleuca* en el área de estudio con el MTP.

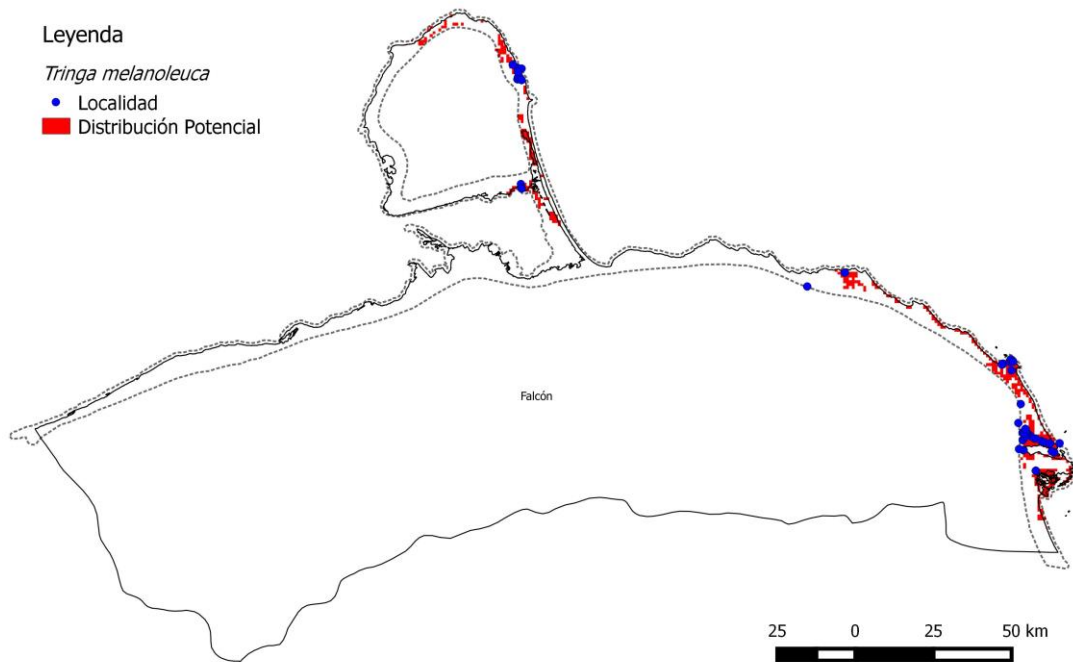


Figura 29. Modelo de distribución potencial de *Tringa melanoleuca* en el área de estudio con el ETSS.

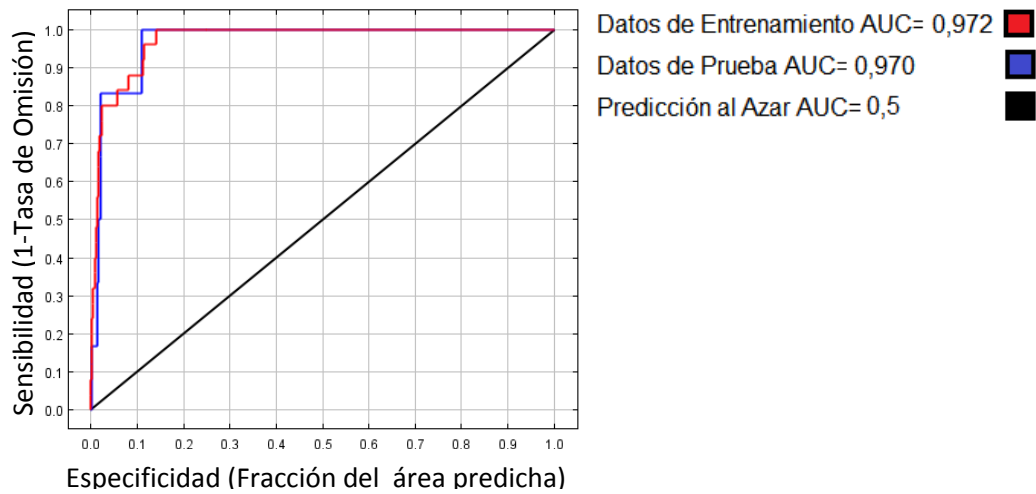


Figura 30. Curva ROC para el modelo realizado con *Tringa melanoleuca*. AUC = 0.970.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron la precipitación del cuarto más húmedo positivamente (37.8 %) (Figura 31), la presencia de agua (28.3%, Figura 32) y la precipitación del mes más seco positivamente (9.9%) (Figura 33).

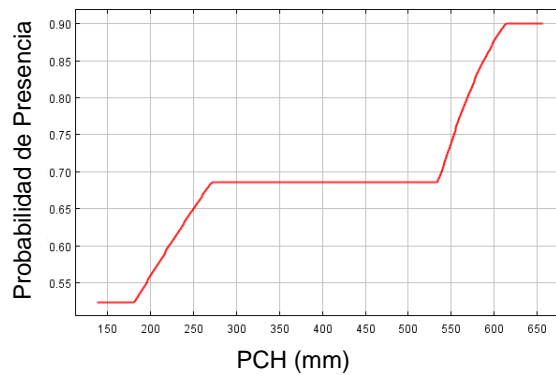


Figura 31. Probabilidad de presencia de *Tringa melanoleuca* en función de la precipitación del cuarto más húmedo (PCH)

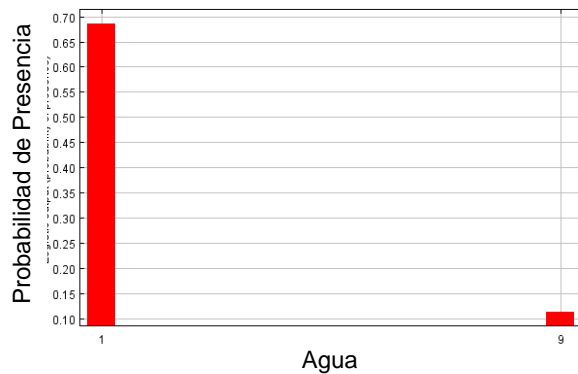


Figura 32. Probabilidad de presencia de *Tringa melanoleuca* en función de la presencia de agua (1= Presencia de agua, 9= Ausencia de agua).

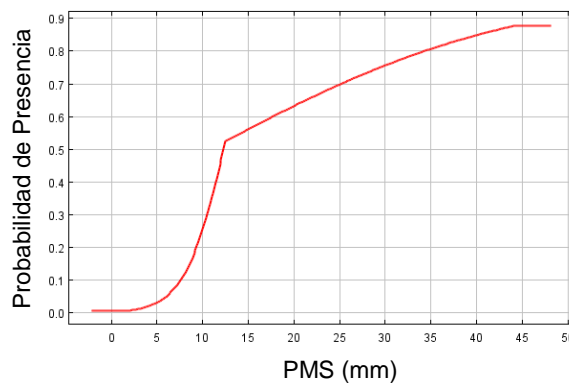


Figura 33. Probabilidad de presencia de *Tringa melanoleuca* en función de la precipitación del mes más seco (PMS).

F.- *Himantopus mexicanus*

Para *Himantopus mexicanus* se recopiló un total de 209 registros de los cuales 27 (13%) fueron las localidades tomadas para el modelo de distribución potencial. Utilizando el MTP, la especie puede encontrarse a lo largo de toda la costa oriental del estado Falcón, en el istmo y la península de Paraguaná (con excepción de la zona sur-oeste) y en toda la costa occidental del estado a excepción de una zona ubicada entre Punta Caimán y Zazárida (Figura 34). Por otro lado, la distribución utilizando el ETSS es restringida, encontrándose únicamente

en las zonas de Cuare, San Juan de los Cayos y la zona costera hasta las salinas de Sauca, Boca de Caño y humedales adyacentes (Figura 35). El AUC del modelo es de 0,968 (Figura 36).

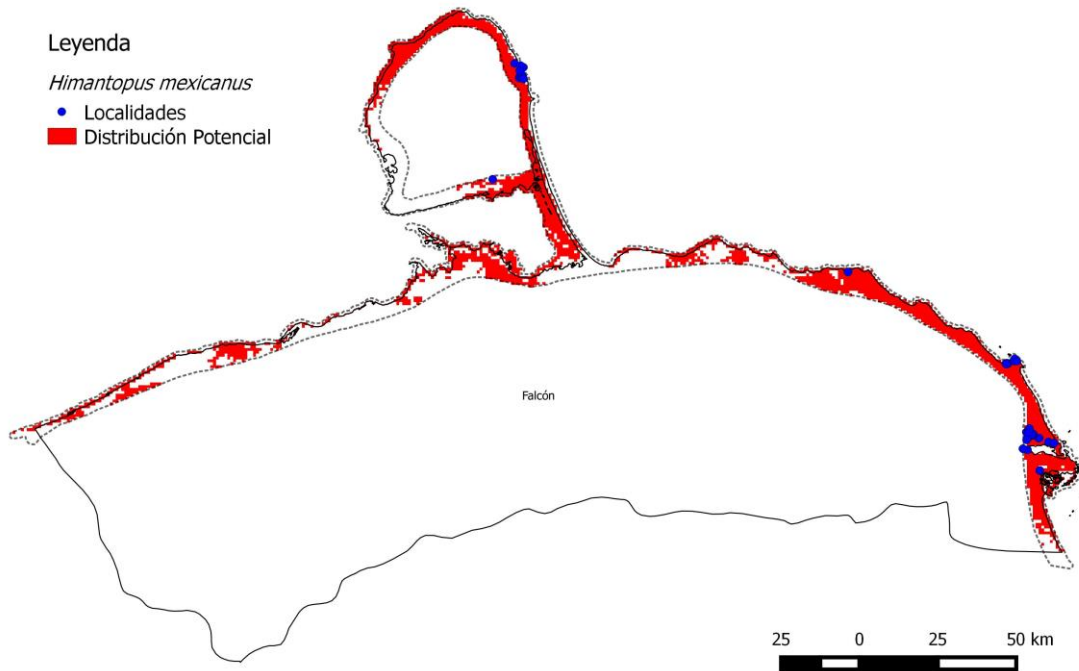


Figura 34. Modelo de distribución potencial de *Himantopus mexicanus* en el área de estudio con el MTP.

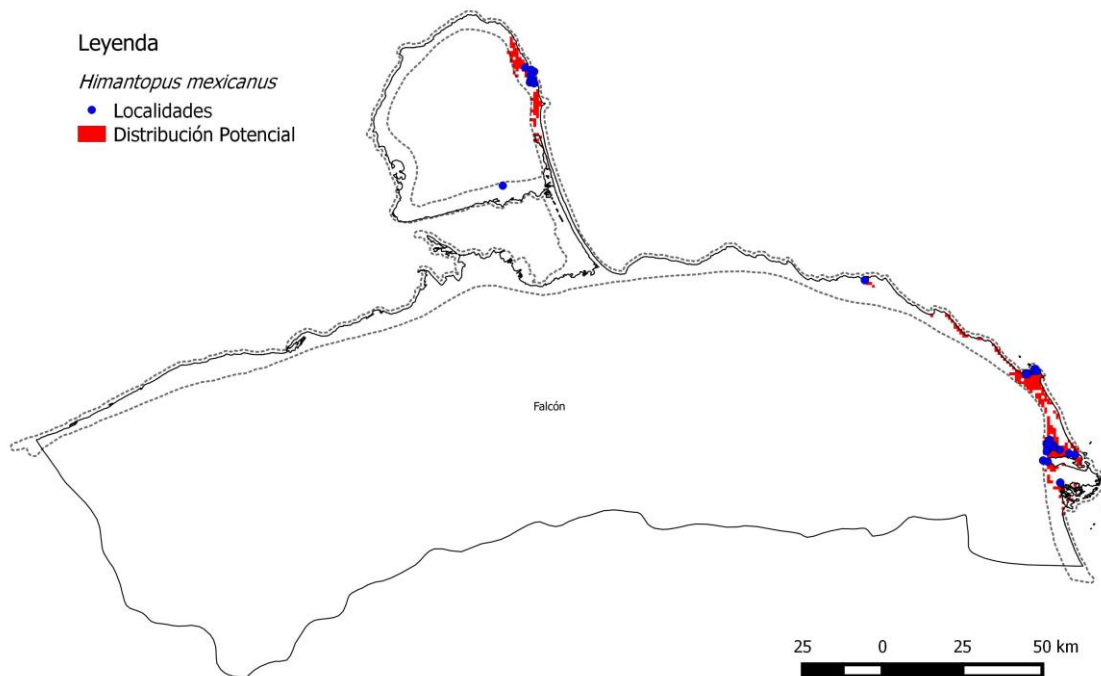


Figura 35. Modelo de distribución potencial de *Himantopus mexicanus* en el área de estudio con el ETSS.

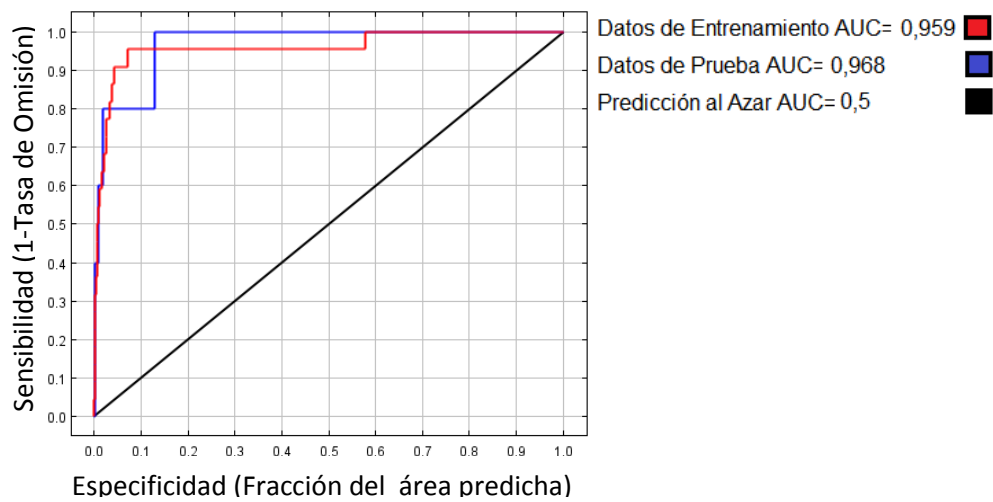


Figura 36. Curva ROC para el modelo realizado con *Himantopus mexicanus*. AUC = 0,968.

Las variables de mayor contribución en el modelo fueron el rango diurno promedio (22.4%) negativamente (Figura 37), la precipitación del mes más seco positivamente (18.3%) (Figura 38) y la precipitación del cuarto más húmedo positivamente (16.9 %) (Figura 39).

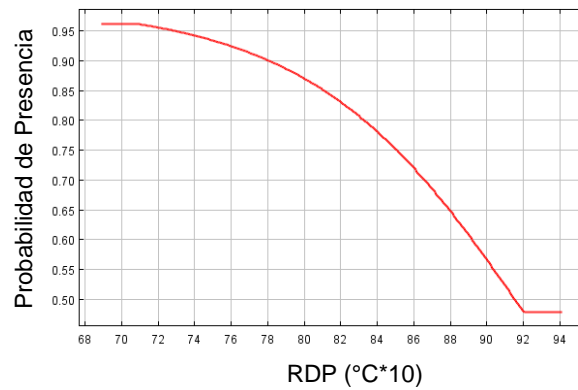


Figura 37. Probabilidad de presencia de *Himantopus mexicanus* en función del rango diurno promedio (RDP).

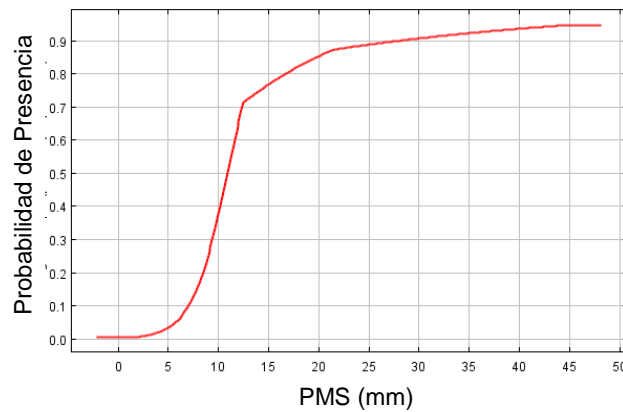


Figura 38. Probabilidad de presencia de *Himantopus mexicanus* en función de la precipitación del mes más seco (PMS).

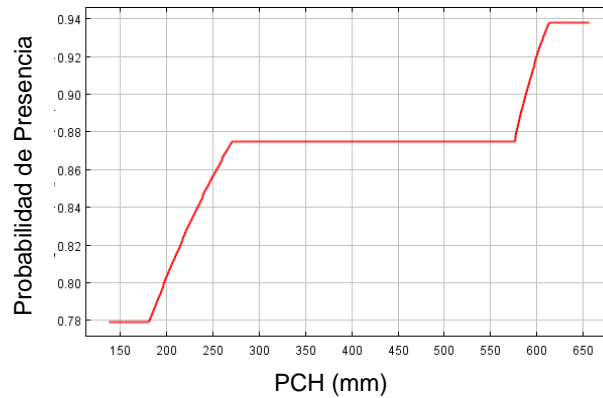


Figura 39. Probabilidad de presencia de *Himantopus mexicanus* en función de la precipitación del cuarto mas humedo (PCH).

Las variables que mayor contribución tuvieron a los modelos fueron: positivamente, la precipitación del cuarto más húmedo, precipitación del mes más seco, la presencia de agua, la presencia de suelo desnudo, y negativamente el rango diurno promedio y la ausencia de vegetación tipo 1 (Tabla 3)

Tabla 3. Especies seleccionadas y las variables de mayor contribución en el modelo realizado

Especies	Precipitación cuarto más húmedo	Precipitación mes más seco	Agua	Suelo desnudo	Rango diurno promedio	Vegetación tipo 1
<i>Charadrius collaris</i>			X	X	X	
<i>Charadrius wilsonia</i>		X	X		X	
<i>Charadrius nivosus</i>				X	X	X

<i>Calidris pusilla</i>	X	X	X			
<i>Tringa melanoleuca</i>	X	X	X			
<i>Himantopus mexicanus</i>	X	X			X	

Las zonas de importancia para las especies de aves playeras seleccionadas en las que se tienen registros son RFS Cuare, San Juan de los Cayos, Laguna Boca de Caño, RF Tucurere, Salinas de Hueque-Sauca. Adicionalmente las localidades que presentan áreas de importancia en zonas sin registros en la costa del estado Falcón son la desembocadura del río Mitare, Punta Caimán, la desembocadura del río Zazarida, las Salinas del Infierno, el Istmo, las playas en la costa occidental del estado (Figura 40)

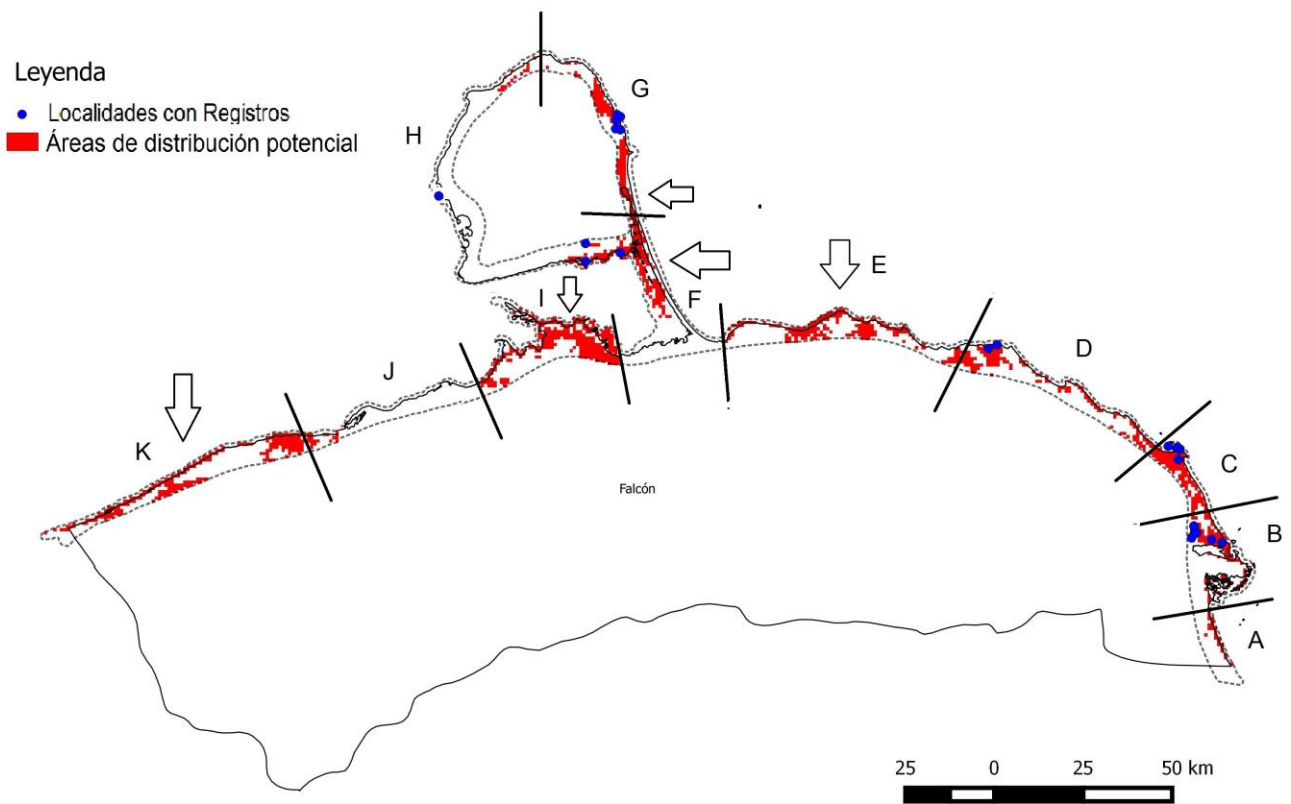


Figura 40. Áreas de distribución potencial tomando en cuenta todas las especies seleccionadas. Se señalan con flechas las zonas sin registros del área de estudio que deben ser incluidas en futuros censos.

Discusión

El estado Falcón tiene un gran número de humedales, la mayoría de los cuales son Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) o Áreas bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). La caracterización de los humedales en la zona de estudio permitió delimitar las variables ambientales de importancia para proponer áreas potenciales de distribución de las especies seleccionadas. El área de estudio en toda su extensión estaba compuesta en mayor porcentaje por suelo desnudo, seguido de agua, vegetación alta tipo manglares o arbustos y, finalmente, vegetación rastrera y centros poblados. Dividiendo el área de estudio en tres partes: zona oriental, zona de la península y zona occidental se observan diferencias en cuanto a las características ambientales en cada una de ellas, como lo señalan Lentino y Bruni (1994). La zona oriental de la costa del estado Falcón (zonas A, B, C, D y E) es la que posee los humedales con mayor cobertura de agua, así como grandes áreas de manglares y arbustos de porte alto (Vegetación tipo 1). La zona del Istmo y la Península de Paraguaná tiene algunos humedales grandes y reconocidos como las Salinas de Infierno y Boca de Caño, principalmente hacia el este de la península (zonas F y G), mientras que al oeste (H) está compuesta, principalmente, por centros poblados y grandes áreas de suelo desnudo. Finalmente la zona occidental (zonas I, J y K), solo documentada a nivel de censos de aves playeras por Morrison y col. (1985, 1989), está compuesta, principalmente, por grandes extensiones de playas y zonas con suelo desnudo que pudiesen ser áreas potenciales para la presencia de algunas de estas especies.

Entre las variables asociadas con la presencia de aves playeras tenemos la precipitación del cuarto más húmedo y la precipitación del mes más seco. Como sabemos la mayoría de las especies de aves playeras están asociadas con humedales con láminas de agua de poca profundidad, con mayor porcentaje de suelo desnudo y con poca o ninguna vegetación (Davis y Smith 1998), los cuales pueden tener una mayor densidad de

invertebrados y en consecuencia albergar una cantidad más alta de aves playeras (Ewert y col. 2012). También se ha señalado una relación positiva entre el aumento a corto plazo de la precipitación y la incidencia de aves playeras (Albanese 2011), esto coincide con nuestros resultados que muestran una relación directamente proporcional entre la precipitación del mes más seco y la presencia de estas especies. En suelos totalmente secos no es común encontrarlas, debe haber un porcentaje de humedad, puesto que la anegación temporal de los humedales aumenta y renueva la cantidad de invertebrados disponibles (Gratto-Trevor 1995).

Entre las variables que afectaron inversamente a la presencia de aves playeras se encuentran la vegetación tipo 1 y el rango diurno promedio. La vegetación tipo 1 contribuyó únicamente con el modelo de *Charadrius nivosus*. La mayoría de las especies de aves playeras se encuentran en zonas de vegetación corta y escasa (Davis and Smith 1998, Farmer and Parent 1997), lo cual facilita la detección temprana de depredadores en áreas circundantes. Sin embargo, algunas especies utilizan los manglares para resguardarse durante las horas de mayor incidencia de sol (Thibault and McNeil 1994), por lo que es posible que exista falta de información por dificultad de visualización en los censos e incluso que exista un sesgo en cuanto al uso de los hábitats, pues la mayoría de los censos fueron realizados en sitios de alimentación, usualmente en cuerpos de agua somera.

El rango diurno promedio de temperatura fue otra de las variables que afectó negativamente la presencia de algunas de estas especies, resultando de importancia en los modelos de cuatro de las especies seleccionadas incluyendo tres del género *Charadrius*. Esta variable constituye la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima y los resultados indican que disminuye la presencia de las especies cuando hay un incremento de la diferencia entre temperatura máxima y mínima. La mayoría de los estudios trabajan con un solo valor de temperatura no con un rango, en estos estudios se ha encontrado que incrementos en

la temperatura y radiación solar impactan de manera negativa sobre la presencia de estas especies (Albanese 2011). En nuestro estudio pudiese relacionarse con el aumento de la temperatura máxima dentro del rango diurno promedio en la época del año en las cuales se registran las mayores temperaturas la cual corresponde a los meses entre Mayo y Agosto (Estadísticos Básicos 1970-1998, INAMEH).

En los modelos de distribución generados para todas las especies, las localidades de Cuare, San Juan de Los Cayos, P.N Morrocoy, Salinas de Sauca y RSFSP Laguna de Boca de Caño (Zonas A, B, C, D y G) resaltan como zonas de importancia para todas las especies de aves playeras seleccionadas, incluso utilizando el umbral más restringido. Esto puede explicarse por ser zonas con humedales de grandes extensiones con cuerpos de agua amplios, extensas zonas con suelo desnudo y escasa vegetación baja. Estos resultados eran esperados pues en estas zonas se encuentran la mayoría de los registros de las especies seleccionadas en los censos y colecciones ornitológicas. Por otra parte, el área de Punta Caimán y la desembocadura del río de Mitare (Zona I), están incluidos en los modelos de distribución de todas las especies seleccionadas, a excepción de *Tringa melanoleuca*. Esta zona se caracteriza por presentar principalmente cobertura de suelo desnudo, hay algunas zonas con manglares y arbustos de porte alto y algunos cuerpos de agua pequeños. En estas localidades los únicos registros de aves playeras (sin discriminar especies) fueron los reportados por Morrison en sus censos aéreos de 1989. Las zonas de Tacuato y del istmo de la península (Zona F), caracterizados por la presencia de grandes extensiones de suelo desnudo y cuerpos de agua, contienen sectores que aparecen en los modelos generados o producidos como áreas de distribución potencial para todas las especies cuando se utiliza el umbral más amplio, sin embargo, cuando se utilizó el más restrictivo no son áreas potenciales de distribución de *Calidris pusilla* ni de *Himantopus mexicanus*. Las zonas de Tocopero, Vela de Coro (Zona E), Zazárida (Zona J) y San Agustín, San Esteban y Antúnez (Zona K) son zonas que no contienen

humedales grandes sino playas extensas y en algunos puntos camaroneras. Estas zonas solo aparecen dentro de la distribución potencial de las especies seleccionadas cuando se utiliza el umbral menos restrictivo. Las zonas E, J y K contienen áreas de distribución potencial para las especies *Calidris pusilla*, *Himantopus mexicanus*, *Charadrius nivosus* y *Charadrius wilsonia*, este último con excepción de la zona J la cual no aparece ni siquiera utilizando el umbral menos restringido para esta especie. Morrison y Ross (1989) encontraron aves playeras en estas zonas, incluso reportaron algunos individuos de *Tringa* spp. en las zonas E, J y K. Finalmente, la zona H está compuesta, en la parte norte por suelo desnudo seguido de manglares y centros poblados en una misma proporción. Sin embargo, esta zona presentó un alto porcentaje de nubosidad que no permitió la clasificación de la cobertura en la zona norte, al sur se encuentran principalmente los centros poblados de Punto Fijo y Punta Cardón, y la refinera de Amuay. De acuerdo a lo generado en los modelos de distribución, además de los sitios de importancia esperados como las zonas A, B, C, D y G, conocidas por el gran número de especies de aves que albergan (AICAS), y donde ya se conocía la presencia de las especies seleccionadas, se identificaron otras zonas, como la zona E, H y las zonas de la parte occidental del estado (I, J y K) que poseen sitios potenciales de importancia para algunas aves playeras seleccionadas. De manera más específica, en los modelos realizados para las especies *Charadrius wilsonia*, *Charadrius nivosus* y *Charadrius collaris* (Familia Charadriidae) entre las variables que resultaron directamente proporcionales con la importancia para la presencia de aves playeras en los humedales costeros del estado Falcón se encuentran la presencia de agua (*Charadrius collaris* y *Charadrius wilsonia*), la presencia de suelo desnudo (*Charadrius collaris* y *Charadrius nivosus*) y la precipitación del mes más seco (*Charadrius wilsonia*). Así mismo, las variables que resultaron inversamente proporcionales a la presencia de estas especies fueron el rango diurno promedio (*Charadrius wilsonia*, *Charadrius nivosus* y *Charadrius collaris*) y la presencia de vegetación tipo 1 (arbustos y manglares) (*Charadrius*

nivosus). Esto coincide con lo esperado, ya que estas especies están directamente asociadas a humedales con una lámina de agua de pocos centímetros y con grandes extensiones de suelo desnudo (Canevari y col. 2001), son comunes en zonas de poca vegetación y anidan en playas arenosas con vegetación escasa o nula (Bergstrom 1988). Entre las zonas que contienen pocos o ningún registros están las Zonas F, H, I y K. La zona H solo está incluida dentro de la distribución potencial de *Charadrius nivosus* y *Charadrius collaris* utilizando el umbral más restringido. A pesar de que esta zona no posee humedales de gran tamaño, posee zonas amplias de suelos desnudos con cuerpos de agua adyacentes y posee grandes extensiones de playas y es reportada como sitio de anidación de *Charadrius nivosus*, específicamente en Playa El Pico (Azpiroz y Rodriguez-Ferraro 2006). Un censo más completo de esta zona permitiría evaluar si otras especies están presentes. Las zonas F, I y K aparecen en los modelos de las tres especies tomando en cuenta ambos umbrales (la única excepción es *Charadrius collaris* en la zona K). Morrison y Ross (1989) en sus censos aéreos encontraron 945 playeros pequeños no identificados en estas tres zonas de las cuales el 90% se encontraban en la zona I específicamente hacia Punta Caimán. El AUC de los modelos realizados para *Charadrius collaris* y *Charadrius wilsonia* fue muy cercano a 1 lo que indica que el modelo es altamente predictivo para estas dos especies. Sin embargo, para *Charadrius nivosus* fue muy bajo lo cual indica que el modelo no es robusto y probablemente no discrimina correctamente la verdadera presencia de las ausencias.

Para los modelos de distribución potencial de las especies *Calidris pusilla* y *Tringa melanoleuca* (Familia Scolopacidae) las variables de mayor contribución fueron la precipitación del cuarto más húmedo, la presencia de agua y la precipitación del mes más seco. Estos resultados coinciden con estudios de Albanese (2011) quien encuentra que la densidad de las aves playeras esta correlacionada con la presencia de agua y su profundidad. Estos resultados indican, como ya señalamos con anterioridad, que las aves playeras están asociadas con

cierto nivel de humedad en los humedales, es decir, no se espera encontrar estas especies en ambientes totalmente secos, ya que la disponibilidad de invertebrados en estos sitios aumenta con la humedad y anegación temporal (Gratto-Trevor 1995), por lo que se espera que estén asociadas con la época de mayor precipitación que suele ser entre los meses de octubre a diciembre (cuarto más húmedo) y dentro de una época de sequía con la época de mayor precipitación (precipitación del mes más seco). *Tringa melanoleuca* es común dentro del grupo de las aves playeras, se puede encontrar de forma aislada o en pequeñas bandadas (Canevari y col. 2001) y además de los sectores en las que se conoce la presencia de la especie por los registros, existen otras zonas como la E que posiblemente contengan esta especie aunque el modelo no lo indique, puesto que Morrison y col. (1989) reportaron para esta zona 881 individuos de *Tringa* spp. durante censos aéreos en una laguna somera interior con grandes lodazales. Sería recomendable realizar el análisis para las demás especies del género *Tringa* reportadas para el estado Falcón con el fin de ser más concluyente sobre esta zona y sobre esta especie en particular.

En el modelo de *Calidris pusilla* se encuentra una distribución más extensa para la especie cuando se utiliza el umbral más amplio (MTP), que incluye zonas que están compuestas por vegetación alta o centros poblados, mientras que el umbral más restringido solo incluye zonas con los registros de la especie. La distribución utilizando el umbral más amplio sería más apropiada, ya que hay avistamientos de playeros pequeños en localidades en la zona I y en la E, con una gran cantidad de especies de playeros pequeños. En particular, en la zona E se reportaron 730 playeros pequeños no identificados (Morrison y col. 1989). Por lo tanto, tomando en cuenta el modelo con el umbral MTP existen áreas en las zonas I y E que deberían ser incluidas en futuros censos. Para ambas especies de la familia Scolopacidae el modelo tiene un AUC alto, muy cercano a uno, lo que indica que fue bastante preciso.

En el modelo realizado para *Himantopus mexicanus* (Familia Recurvirostridae), las variables de mayor contribución fueron con una relación directamente proporcional la precipitación del cuarto más húmedo y la precipitación del mes más seco, e inversamente proporcional el rango diurno promedio. Esta especie, al igual que la *Tringa melanoleuca*, tiene patas más largas y, por lo tanto, se mueve en láminas de agua más profundas que otras especies de playeros de los géneros *Charadrius* o *Calidris*. Por esta razón, posiblemente, las variables de mayor importancia en el modelo de esta especie estén relacionadas con la precipitación, ya sea en el mes más seco o en el cuarto más húmedo. El modelo realizado con el umbral más amplio muestra su distribución potencial en casi todas las zonas, sin embargo, no abarca toda el área de cada zona, lo que muestra una selección de áreas con características particulares. De estas áreas es importante destacar la parte sur de la zona G, en la cual se encuentran las Salinas del Infierno, donde Morrison y col. (1989) reportaron 160 playeros grandes no identificados, por lo que es posible que la especie se encuentre en esta zona. Utilizando el umbral más restringido, solo se distribuye en cuatro zonas B, C, D y G donde ya se conoce la presencia de la especie por medio de los censos y colectas, y aunque tiene un AUC muy cercano a uno, no aporta información diferente a la conocida.

Uno de los objetivos de este estudio era establecer un protocolo para la caracterización y delimitación de zonas de importancia para aves playeras. El protocolo seguido a partir del uso de imágenes satelitales y las variables climáticas de WorldClim para generar los modelos de distribución potencial de estas especies presentó varios problemas metodológicos, tales como el bajo número de registros para algunas especies como el caso de *Charadrius nivosus* y el sesgo de los registros hacia la costa oriental del estado Falcón para todas las especies, lo cual puede ocasionar sesgos hacia las características ambientales de esas localidades. A pesar de esto, la aplicación de modelos basados en las condiciones climáticas y los tipos de cobertura en el hábitat de las especies permitió obtener una distribución potencial para las mismas. Los

mapas de distribución potencial para cada especie tuvieron un buen desempeño teniendo que el AUC de cada uno resultó bastante cercano a 1, excepto en el caso de *Charadrius nivosus*. La distribución potencial proporcionada por estos modelos es una herramienta útil para el diseño y planificación de planes de conservación por los entes gubernamentales, así como para el desarrollo de censos en el caso de regiones poco muestreadas, como las zonas F, H, I, J y K. Entre las dificultades encontradas estuvieron: las imágenes tuvieron fechas diferentes, la condición ideal hubiese sido que todas las imágenes fuesen de la misma fecha o que se pudiesen comparar las fechas, sin embargo, esto no fue posible ya que había una sola imagen disponible para cada zona. Esto causó impactos sobre la clasificación, ya que imágenes de zonas adyacentes tienen cambios radicales en los resultados de la clasificación debido a diferencias de estacionalidad. Por lo tanto, la clasificación en algunas zonas pudiese representar características estacionales de ese humedal. A pesar de esto, los mapas de distribución potencial generados contienen zonas conocidas por la presencia importante de aves playeras y, además, tres de las capas de clasificación generadas (agua, suelo desnudo y vegetación tipo 1) demostraron ser variables de importancia para la presencia de las especies de aves playeras seleccionadas. Por otra parte, las imágenes fueron las mismas para todas las especies, para algunas especies si fueron efectivas y para otras no, por lo que posiblemente el bajo número de registros sea más determinante que los problemas de la clasificación de las imágenes satelitales. Finalmente, en relación al número de registros utilizados en este trabajo, para todas las especies fue suficiente excepto para *Charadrius nivosus*, a pesar de que para esta especie la mayoría de los registros representaban localidades diferentes, el número total fue muy bajo por lo que ambos modelos muestran una distribución potencial muy amplia, que probablemente no refleje la distribución real de la especie. Esta especie utiliza zonas altas de playa o arena o ambientes salinos interiores (Canevari y col. 2001) y nidifica principalmente en playas vegetación rastrera y escasa, pudiendo también utilizar salinas y zonas de

desembocaduras de ríos (Hoffman 2005). El modelo destacó las zonas que son principalmente suelo desnudo, abarcando un área muy amplia, incluyendo zonas donde no se encuentra la especie.

Conclusiones

La clasificación no supervisada permitió seleccionar y separar distintas características físicas del área de estudio y generar capas que tuvieron una contribución importante en los modelos de distribución potencial generados para las especies de aves playeras seleccionadas.

Los modelos de distribución generados fueron robustos, a excepción del generado para *Charadrius nivosus*, y permitieron proponer sitios de importancia para las aves playeras en las áreas sin registros de la zona costera del estado Falcón, como la zona occidental.

En la costa del estado Falcón el RFS Cuare, P.N Morrocoy, Laguna Boca de Caño, Salinas de Hueque-Sauca, RF Tucurere fueron confirmados como sitios de importancia para las aves playeras.

En la costa del estado Falcón, las Salinas del Infierno, el Itismo, la desembocadura del río Mitare, Punta Caimán, la desembocadura del río Zazarida y las playas en la costa occidental del estado (Zona K) presentan áreas de distribución potencial que pudiesen ser sitios de importancia para las aves playeras

Recomendaciones

Se recomienda utilizar imágenes satelitales de la misma fecha y con un porcentaje de nubosidad bajo al momento de realizar la clasificación no supervisada para obtener una clasificación más exacta o realizar una clasificación supervisada de las zonas ambiguas.

Se recomienda utilizar el mismo protocolo realizado para la clasificación de otras zonas con humedales en Venezuela, ya que se comprobó que los modelos resultantes fueron muy eficientes para cinco de las seis especies seleccionadas.

Se recomienda utilizar especies que por lo menos tengan 20 localidades diferentes si se espera obtener un modelo que se acerque a la distribución real de la especie.

Se recomienda la verificación de otros umbrales para las especies en las cuales el umbral ETSS resultó muy restrictivo.

A partir de la información aportada por este estudio, sería conveniente la verificación, a través de censos, de la presencia de las especies seleccionadas en las áreas identificadas: las Salinas del Infierno, el Itsmo, la desembocadura del río Mitare, Punta Caimán, la desembocadura del río Zazarida y las playas en la costa occidental del estado (Zona K), para su inclusión a futuro en el plan de ordenamiento del estado Falcón para la conservación de las aves playeras.

Bibliografía

- Albanese, E. 2011. A Multi-scale examination of stopover habitat use by migrant shorebirds. Tesis Doctoral. Universidad de Oklahoma. Oklahoma, Estados Unidos.
- Altman, A. y Parrish, C. 1978. Sight records of Wilson's Phalarope, Ruff, and other shorebirds from Venezuela. *American Birds* **32**:309-310.
- Andres, B.A, Smith, P.A, Morrison, R.I.G, Gratto-Trevor, C.L, Brown, S.C y Friis, C.A . 2012a. Population estimates of North American shorebirds, 2012. *Wader Study Group Bulletin* **119**: 178–194.
- Andres, B.A, Gratto-Trevor, C, Hicklin, P, Mizrahi, D, Morrison, R.I.G, Smith, P.A. 2012b. Status of the Semipalmated Sandpiper. *Waterbirds* **35**: 146-148.
- Arakida, H. Mitsuhashi, H. Kamada, M y Koyama, K. 2011. Mapping the potential distribution of shorebirds in Japan: the importance of landscape-level coastal geomorphology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. **21**: 553-563
- Azpiroz, A.B. y Rodríguez-Ferraro, A. 2006. Noteworthy Observations of the birds of Falcon State, Northwestern Venezuela. *Ornitologia Neotropical* **17**: 445-451.
- Boettcher, R. y Haig, S. 1995. Habitat-related factors affecting the distribution of nonbreeding American Avocets in coastal South Carolina. *The Condor* **97**: 68-81.
- Brown, S., Hickey, C. Harrington, B. y Gill, R. 2001. United States Shorebird Conservation Plan, Second edition. Manomet Center for Conservation Sciences, Manomet, Maryland, USA.
- Burns, F. 2011. Conservation biology of the endangered St. Helena Plover *Charadrius sanctaehelena*. Tesis Doctoral, University of Bath. Bath, England.
- Canevari, P. Castro, G. Sallaberry, M. y Naranjo, L.G. 2001. Guía de los Chorlos y Playeros de la Región Neotropical. American Bird Conservancy, WWF-US. Humedales

para las Américas y Manomet Conservation Science, Asociación Calidris. Santiago de Cali, Colombia.

- Cresswell, W. 1994. Age-dependent choice of Redshank (*Tringa totanus*) feeding location - profitability or risk. *Journal of Animal Ecology* **63**: 589-600.
- Colwell, M.A. 2010. *Shorebird Ecology, Conservation and Management*. University of California Press. London, England.
- Davis, C.A y Smith, L.M. 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the Southern Great Plains. *The Auk* **118**:484-495.
- Del Hoyo, J. Elliot, A. y Sargatal, J. 1996. *Handbook of the Birds of the World. Hoatzin to Auks. Volumen 3*. Lynx Editions y Birdlife International., Barcelona, España y Cambridge, Reino Unido.
- Delany, S. y Scott, D. 2006. *Waterbird population estimates*. Wetlands International. Wageningen, The Netherlands.
- Elith, J. y Leathwick, J. 2009. Species Distribution Models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **40**:677–97.
- Elith, J, Phillips, S. Hasties, T. Dudik, M. En Chee, Y. y Yates, C. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* **17**:43–57.
- Ewert, D.N., P.J. Doran, K.R. Hall, A. Froehlich, J. Cannon, J.B. Cole, y K.E. France. 2012. *On a wing and a (GIS) layer: Prioritizing migratory bird stopover habitat along Great Lakes shorelines*. Final report to the Upper Midwest/Great Lakes Landscape Conservation Cooperative. Lansing, MI. United States.
- Giner, S. 2006. Shorebirds associated with the lagoons of the Cuare Wildlife Refuge, Falcón State, Venezuela. *Wader Study Group Bulletin* **109**:63.

- Giner, S. 2012. Anidación de la Gaviota Filico (*Sternula antillarum*) y el Playero Pico grueso (*Charadrius wilsonia*) en las costas del estado Falcón, Venezuela. *Journal of Caribbean Ornithology* **25**: 24-30
- Giner, S. 2013. Dinámica espacio temporal de las aves playeras en los humedales costeros del estado Falcón. Tesis Doctoral. Postgrado de Ecología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Pág. 191.
- Giner, S. y Nagy, A. 2007. Registro reproductivo del frailecito (*Charadrius alexandrinus*) en el Refugio de Fauna Silvestre Cuare, estado Falcón, Venezuela. *Ornitología Neotropical* **18**: 147-148.
- Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* **8**: 993–1009.
- Heinanen, S. Erola, J. y Von Numers, M. 2012. High resolution species distribution models of two nesting water bird species: a study of transferability and predictive performance. *Landscape Ecology*. **27**:545–555
- Helmers, D.L. 1992. Shorebird Management Manual. Western Hemisphere Shorebird Research Network. Manomet, MA. 58 pp.
- Hijimans, R. Cameron, S. Parra, J. Jones, P. y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* **25**: 1965–1978.
- Hilty, S. 2003. Birds of Venezuela. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA.
- Hoffmann, A. 2005. Incubation behavior of female western Snowy Plovers (*Charadrius alexandrinus nivosus*) on sandy beaches. Master Thesis. Humbolt State University. California, USA.

- Lentino, M. Goodwin, M.L. 1991. Lista de las aves del Parque Nacional Morrocoy Refugio de Fauna Silvestre de Cuare y áreas aledañas, estado Falcón, Venezuela. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Lentino, M. y Bruni, A.R. 1994. Humedales Costeros de Venezuela: Situación Ambiental. Primera Edición. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Lentino, M. Esclasans, D. y Medina, F. 2005. Áreas importantes para la conservación de las Aves en los Andes Tropicales. Serie de Conservacion Birdlife N° 14. Quito, Ecuador.
- Morrison, R. 1983. Aerial surveys of shorebirds in South America: Some preliminary results. Wader Study Group Bulletin **37**: 41-45.
- Morrison, R. Ross, R.K. Canevari, P. de Tarso Zuquim Antas, P. de Jong, B. Ramdial, B. Espinosa, F. Teperino, M. y Mago de Perez, J. 1985. Aerial surveys of shorebirds and other wildlife in South America: Some Preliminary Results. Canadian Wildlife Service: **148**:1-23.
- Morrison, R. y Ross, R. 1989. Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America. Canadian Wildlife Service Special Publication. Volumen 2. Ottawa, ON
- Myers, J. P. 1983. Conservation of migrating shorebirds: staging areas, geographic bottlenecks, and regional movements. American Birds **37**:23-25.
- Olaya, V. 2011. Sistemas de Información Geográfica. 1ra edición. Bubok, Madrid, España.
- Pearson, R. Raxworthy, R. Nakamura, M. y Peterson, T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. Journal of Biogeography **34**: 102–117.

- Phillips, S. Anderson, R. y Schapire, R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* **190**: 231–259.
- Pinto, L. 2009. Determinación de áreas de protección especial para la conservación de aves migrantes en la Reserva Mar Chiquita. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Plan de Ordenación del Territorio del estado Falcón. 2004. Comisión estatal de Ordenación del Territorio: MARN – MINFRA- MAT – MEM – CORPOFALCON – COPLAN.
- Quammen, M.L. 1982. Influence of subtle substrate differences on feeding by shorebirds in intertidal mudflats. *Marine Biology* **71**: 339-343.
- Restall, R. Rodner, C. Lentino, M. 2006. *Birds of Northern South America, An Identification Guide*. Yale University Press. Londres, Reino Unido.
- Rodríguez, A. R. 1999. *Conservación de Humedales en Venezuela: Inventario, diagnóstico ambiental y estrategia*. Comité Venezolano de la UICN. Caracas, Venezuela.
- Saalfeld, S. T. Saalfeld D. T. Lanctot, R. B. y Brown, S. 2011. 2010 report: Development of Shorebird Distribution Maps for the North Slope of Alaska, Using Geospatial Habitat Modeling: The First Step in Assessing Effects of Climate Change. Unpublished report by the U.S. Fish and Wildlife Service and Manomet Center for Conservation Sciences to the Arctic Landscape Conservation Cooperative. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, E.U. A.
- Skagen, S.K. 2006. Migration stopover and the conservation of artic-breeding Calidrinae sandpipers. *The Auk* **123**: 313-322.
- Skagen, S.K y Knopf, F.L. 1994. Migrating shorebirds and habitat dynamics at a prairie wetland complex. *Wilson Bulletin* **106**:91-105.

- Velasquez, C.R. y Navarro, R.A. 2004. The influence of wáter depth and sediment type on the foraging behavior of whimbrels. *Journal Field Ornithology* **64(2)**: 149-157
- Virzi, T. 2010. The effect of human disturbance on the local distribution of American Oystercatchers breeding on barrier island beaches. *Wader Study Group Bulletin*. **117**: 19–26.
- Zöckler, C. Delany, S. y Hagemeyer, W. 2003. Wader populations are declining – how will we elucidate the reasons? *Wader Study Group Bull.* **100**: 202–211.

Consultas en Línea:

- :BirdLife International. 2012. *Calidris pusilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012-1.RLTS.T22693373A38788283.en> [Consulta Julio 2015].
- BirdLife International (2014) Species factsheet: *Charadrius collaris*. <http://www.birdlife.org> [ConsultaAbril 2014].
- BirdLife International (2014) Species factsheet: *Vanellus chilensis*. <http://www.birdlife.org> [Consulta Abril 2014].
- Pomeroy, A., D. Acevedo, R. Butler, R. Elner, T. Williams y R. Ydenberg. 2008. Feeding-danger trade-offs underlie stopover site selection by migrants. *Avian Conservation and Ecology* 3: <http://www.ace-eco.org/vol3/iss1/art7/> (Consulta Diciembre 2014)
- Red Hemisférica de Reserva de Aves Playeras (RHRAP), 2013.<http://www.whsrn.org/es/sitios> [Consulta Marzo 2013].
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2. www.iucnredlist.org. [Consulta Mayo 2014].
- WorldClim – Globate Climate Data. <http://www.worldclim.org> [Consulta Marzo 2014].

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). Estadísticos Básicos de Precipitación, Temperatura y Humedad. <http://www.inameh.gob.ve/web/climatologia/estadistica.php> [Consulta Marzo 2016].

Anexos

Anexo 1

Variables Climáticas de WorldClim

Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango diurno promedio (Promedio mensual (temp max - temp min))
Bio3	Isotermalidad (Bio2/Bio7)* 100
Bio4	Temperatura de Estacionalidad (desviación estándar * 100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango Anual de Temperatura (Bio5-Bio6)
Bio8	Temperatura promedio del cuarto* más húmedo
Bio9	Temperatura promedio del cuarto más seco
Bio10	Temperatura promedio del cuarto más cálido
Bio11	Temperatura promedio del cuarto más frío
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Precipitación de estacionalidad (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del cuarto más húmedo
Bio17	Precipitación del cuarto más seco
Bio18	Precipitación del cuarto más cálido
Bio19	Precipitación del cuarto más frío

* Cuarto: Un cuarto es un período de tres meses (1/4 del año) (Hijmans et al. 2005).

Anexo 2

Aves playeras del estado Falcón y el porcentaje de la población biogeográfica en la localidad con mayor registro.

Espece	Número máximo de individuos*	Localidad	Población biogeográfica **	1 % de la población biogeográfica
<i>Actitis macularius</i>	8	RF Tucurere	660000	6600
<i>Arenaria interpres</i>	22	El Supi-Boca de Caño	180000	1800
<i>Calidris alba</i>	272	Tucurere- Salina San Juan	300000	3000
<i>Calidris fuscicollis</i>	700	Albufera Norte	1694000	16940
<i>Calidris himantopus</i>	528	RFSC	1243700	12437
<i>Calidris mauri</i>	2167	Boca de Caño	3500000	35000
<i>Calidris melanotos</i>	60	Boca de Caño	1600000	16000
<i>Calidris minutilla</i>	972	Albufera Norte	700000	7000
<i>Calidris pusilla</i>	4950	Albufera Norte	2000000- 2500000	20000-25000
<i>Charadrius collaris</i>	118	San Juan de los Cayos	1000-10000	10-100
<i>Charadrius nivosus</i>	5	Sauca	25800	258
<i>Charadrius wilsonia</i>	110	Tucurere	8600	86
<i>Chradrius semipalmatus</i>	1140	Albufera Norte	200000	2000
<i>Himantopus himantopus</i>	1316	Cuare-El Ostional	175000	1750
<i>Limnodromus griseus</i>	183	Boca de Caño	78000	780
<i>Numenius phaeopus</i>	12	Tacuato	80000	800

<i>Pluvialis dominica</i>	3	Albufera Sur	500000	5000
<i>Pluvialis squatarola</i>	203	Boca de Caño	262700	2627
<i>Tringa flavipes</i>	452	Sauca	660000	6600
<i>Tringa melanoleuca</i>	1170	Boca de Caño	137000	1370
<i>Tringa semipalmata</i>	36	San Juan de los Cayos	160000	1600
<i>Tringa solitaria</i>	26	Tucurere	189000	1890
<i>Vanellus chilensis</i>	134	Tucurere	2000000	20000

*Número máximo de individuos: Mayor número de individuos observados durante un censo. Los datos fueron registrados tomando en cuenta los tres censos de la base de datos.

**Estimados de la población biogeográfica de las especies de aves playeras de acuerdo a Andres y col 2012a. Los estimados de *Charadrius collaris* y *Vanellus chilensis* fueron tomados de la base de datos de Birdlife (Birdlife International 2014) y el estimado de *Tringa semipalmata* fue tomado de la base de datos de Wetland International (Delany y Scott 2006)

Anexo 3. Grado de amenaza y tendencia poblacional de las especies de aves playeras presentes en los humedales costeros del estado Falcón.

Especie	Tendencia poblacional 1*	Estatus de conservación **	Tendencia Poblacional 2**
<i>Actitis macularius</i>	Estable	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Arenaria interpres</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Burhinus bistriatus</i>		Preocupación menor	Estable
<i>Calidris alba</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Desconocida
<i>Calidris fuscicollis</i>	Estable	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Calidris himantopus</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Aumentando
<i>Calidris mauri</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Calidris melanotos</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Estable
<i>Calidris minutilla</i>	Estable	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Calidris pusilla</i>	Disminuyendo	Casi Amenazada	Disminuyendo
<i>Charadrius collaris</i>	-	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Charadrius nivosus</i>	Disminuyendo	Casi Amenazada	Disminuyendo
<i>Charadrius wilsonia</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Incrementando	Preocupación menor	Estable
<i>Himantopus himantopus</i>	Incrementando	Preocupación menor	Estable
<i>Limnodromus griseus</i>	Estable	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Numenius phaeopus</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Pluvialis dominica</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Pluvialis squatarola</i>	Desconocido	Preocupación menor	Disminuyendo

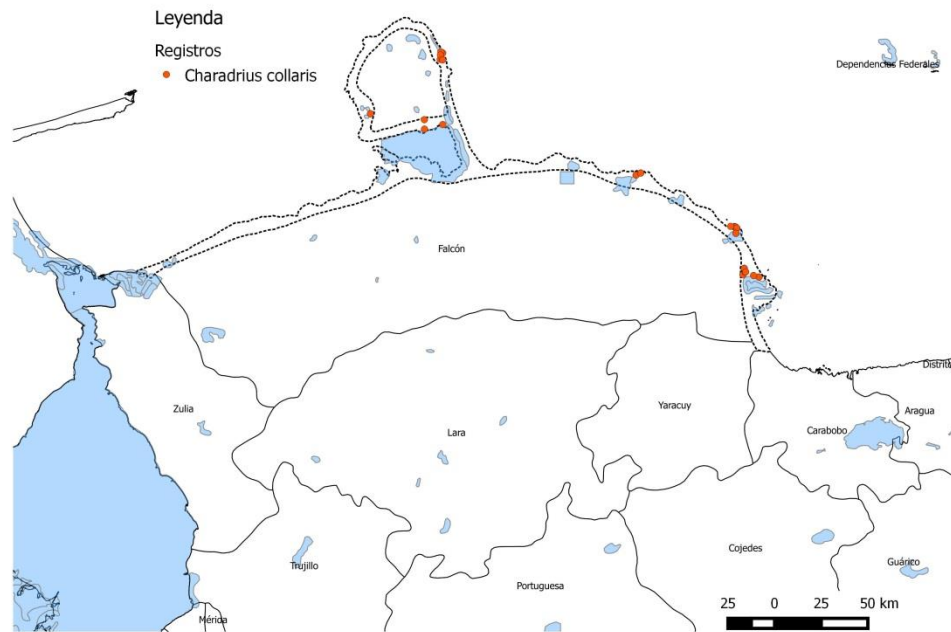
<i>Tringa flavipes</i>	Disminuyendo	Preocupación menor	Disminuyendo
<i>Tringa melanoleuca</i>	Estable	Preocupación menor	Estable
<i>Tringa semipalmata</i>	-	Preocupación menor	Estable
<i>Tringa solitaria</i>	Desconocido	Preocupación menor	Estable
<i>Vanellus chilensis</i>	-	Preocupación menor	Aumentando

*Tendencia poblacional de acuerdo a los estudios de Andres y col 2012a

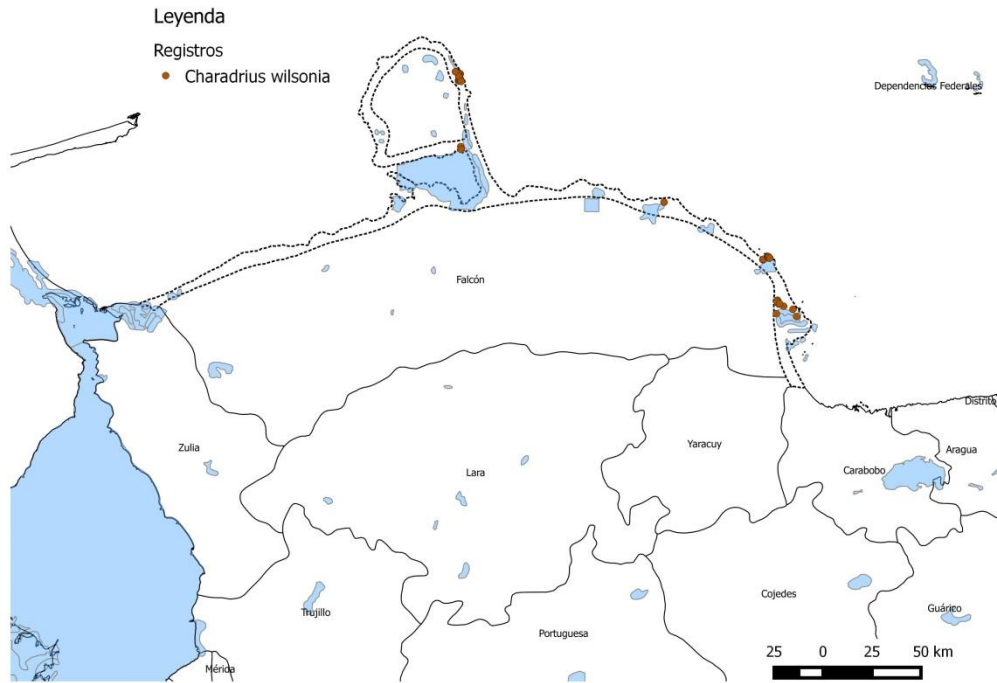
** Estatus y tendencias poblacionales según la UICN (2014)

Anexo 4: Registro de las especies seleccionadas provenientes de las bases de datos utilizadas: Censo Neotropical de Aves Acuáticas, censos de Giner (2013), censos del MINAMB y registros de las principales colecciones ornitológicas del país.

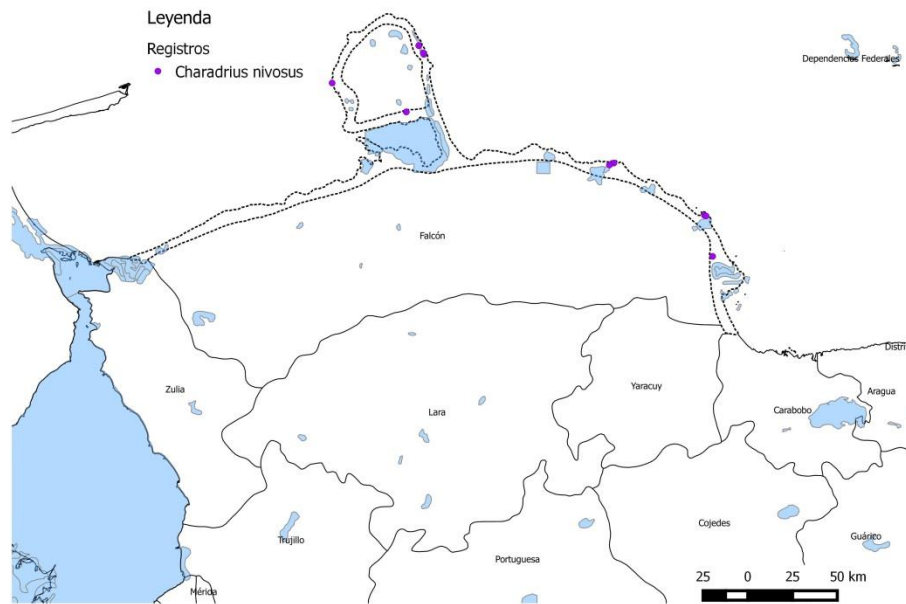
Registros de *Charadrius collaris* en el Área de estudio



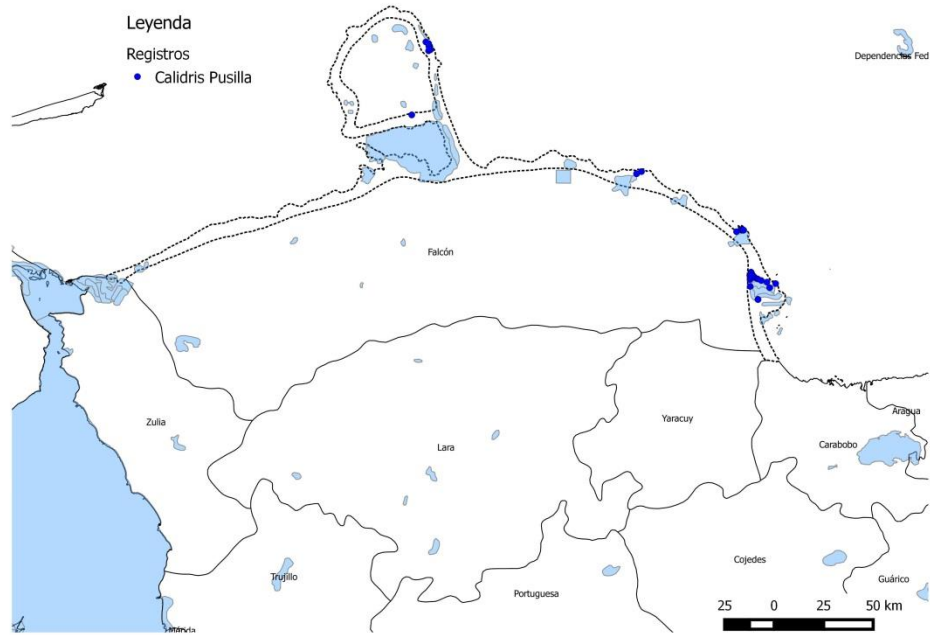
Registros de *Charadrius wilsonia* en el Área de estudio



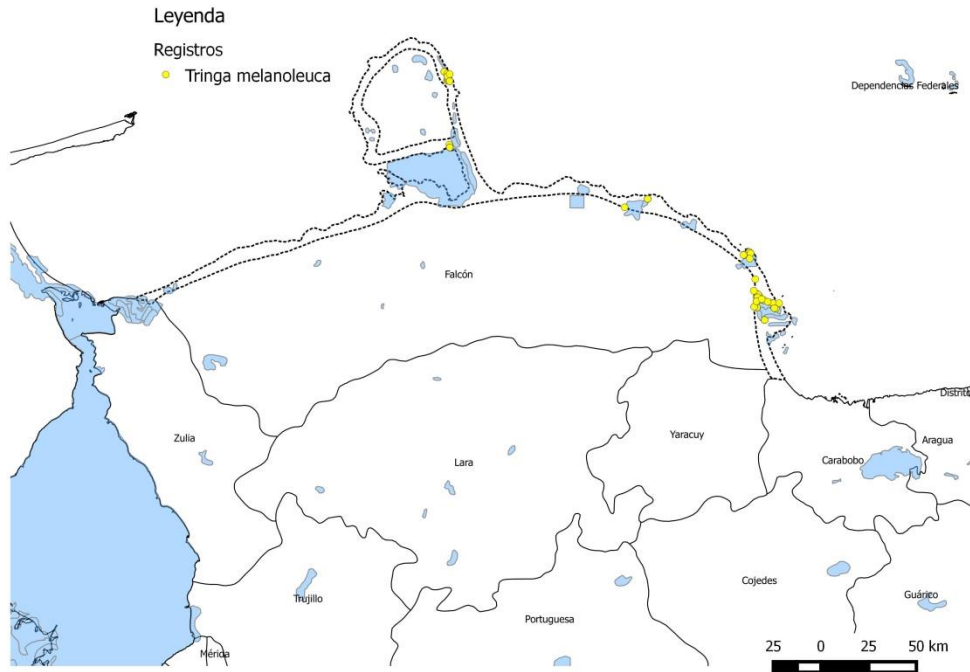
Registros de *Charadrius nivosus* en el área de estudio



Registros de *Calidris pusilla* en el área de estudio



Registros de *Tringa melanoleuca* en el área de estudio



Registros de *Himantopus mexicanus* en el área de estudio



Anexo 5

Número de Registros de cada especie seleccionada de acuerdo a los censos y colecciones y el número utilizado por MaxEnt para realizar los modelos

Especie	Giner (2005-2008)	MINAMB	CNAA	Anidación	Colectas	Total	Registros presencia ¹	Registros prueba ²	% Registros utilizados ³
<i>Charadrius nivosus</i>	1	2	4	2	4	13	8	1	69.2
<i>Charadrius collaris</i>	38	9	14	0	9	70	16	3	27.1
<i>Charadrius wilsonia</i>	17	40	21	2	9	89	23	5	31.5
<i>Calidris pusilla</i>	106	27	13	0	10	156	21	5	16.7
<i>Tringa melanoleuca</i>	144	35	42	0	15	236	25	6	13.1
<i>Himantopus mexicanus</i>	88	72	46	0	3	209	22	5	12.9

1 Registros de presencia utilizados para el modelo de acuerdo a MaxEnt

2 Registros utilizados de prueba para evaluar la certeza de la distribución generada (20% para cada especie)

3 Porcentaje de registros totales utilizados por MaxEnt para realizar el modelo de distribución potencial en función del total de registros disponibles