

Formación de un humedal en la costa norte del Perú: estabilidad biofísica y diversidad biológica

New wetland formation at the Peruvian Northern Coast: Biophysical stability and biodiversity

Aníbal Díaz*¹

<https://orcid.org/0000-0002-5800-4050>
Anibal.Diaz@erm.com

Lisset Sáenz-Zúñiga¹

<https://orcid.org/0000-0001-8786-8491>
Lisset.Saenz@erm.com

Brian Zutta^{2,3}

<https://orcid.org/0000-0002-0935-8282>
brian.zutta@gmail.com

*Corresponding author

1 ERM Perú, Amador Merino Reyna 285- Piso 6, San Isidro (Lima-PERÚ)

2 Green Blue Solutions, Lima, Peru.

3 Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, CA 90095, USA.

Citación

Díaz A, Sáenz-Zúñiga L, Zutta B. 2021. Formación de un humedal en la costa norte del Perú: estabilidad biofísica y diversidad biológica. *Revista peruana de biología* 28(3): e21132 (Agosto 2021). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v28i3.21132>

Presentado: 30/01/2021

Aceptado: 15/03/2021

Publicado online: 30/08/2021

Editor: Leonardo Romero

Resumen

Se describe, analiza y reporta por primera vez la formación de un humedal costero en el sur de Salaverry (La Libertad, Perú). Se realiza la comparación del número de especies con otros humedales ubicados en áreas costeras de la región, empleando para ello imágenes satelitales de acceso público e información biológica. Se obtuvo una serie de tiempo suficiente para plantear una hipótesis sobre su formación, calculando el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y NDMI (Índice de Humedad de Diferencia Normalizada) para confirmar su estabilidad e influencia. El resultado del análisis sugiere que el humedal sur de Salaverry se formó hace quince años por dos aportes antrópicos: filtraciones de agua dulces desde terrenos agrícolas y agua de mar usada para el bombeo del material dragado en las inmediaciones del Puerto de Salaverry. Por sus características ecosistémicas, el humedal se encontraría en las primeras etapas de sucesión ecológica, y a pesar de origen espontáneo, estaría operando como una laguna costera salobre que atrae fauna oportunista, principalmente aves.

Abstract

The formation of a coastal wetland located south of Salaverry (La Libertad – Peru) is first described, analyzed, and reported, and their biodiversity is compared with regional wetlands located at coastal areas, using publically access satellite imagery and biological information. An adequate time-series was obtained to hypothesize their formation, calculating the NDVI (Normalized difference vegetation index) and NDMI (Normalized Difference Moisture Index) to confirm the stability and influence. The analysis suggests that the wetland south of Salaverry was formed fifteen years ago by two human sources: freshwater infiltration from farmlands and seawater used to pump the dredged material in the vicinity of the Salaverry Port. Because of its ecosystemic features, the wetland would be at the first stages of the ecological succession, and despite its spontaneous origin, it will be functioning as a brackish coastal lagoon attracting opportunistic fauna, mainly birds.

Palabras clave:

Humedal; ecosistema costero; terrenos agrícolas; imágenes de satélite; aves

Keywords:

Wetland; coastal ecosystem; agricultural lands; satellite images; birds.

Introducción

Los humedales costeros son ecosistemas frágiles que constituyen hábitats de alta diversidad de fauna acuática; se incluyen aquí, especies de aves que migran a lo largo del desierto de la costa occidental de Sudamérica (Tabilo-Valdivieso et al. 2017, García-Olaechea et al. 2018). En el Perú, los humedales costeros totalizan una superficie cercana a las 3448 ha (MINAM 2010), la mayoría amenazados principalmente por presión de las actividades antrópicas (Tabilo-Valdivieso et al. 2017). La revisión bibliográfica muestra que las investigaciones sobre humedales costeros se centran en evaluación del estado de conservación (Quiñonez and Hernandez 2017, Pulido & Bermúdez 2018),

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material) para cualquier propósito, incluso comercialmente.

inventarios florísticos (Ramírez et al. 2010), aves migratorias y acuáticas (García-Olaechea et al. 2018, Chavez et al. 2019), mamíferos, entre otros grupos faunísticos (Chávez-Villavicencio et al. 2012; García-Olaechea et al. 2013; Chávez-Villavicencio et al. 2015), incluso sobre la aplicación de técnicas de recuperación biológica (Jindo & Morikawa 2020).

Aunque la bibliografía sobre los humedales costeros es diversa, la formación de nuevos humedales es un aspecto poco conocido en el Perú. Al respecto, se sabe que nuevos cuerpos de agua surgen producto de la infiltración del agua por la proliferación de los proyectos de irrigación agrícola en la costa (Rodríguez 2017, Gutiérrez Ramos et al. 2015), los cuales se han intensificado y ocupado áreas eriazas de la costa peruana desde hace unos 20 años atrás. Paradójicamente, habiendo sido identificada la actividad antrópica como una de las principales amenazas a los humedales costeros de Perú y Chile (Tabilo-Valdivieso et al. 2017), se tienen pocos registros del proceso de formación de nuevos humedales. En ese contexto, conocida la importancia de los humedales, se propone ampliar el enfoque de autores previos y documentar la generación de un nuevo humedal para conocer el proceso de variación en espacio y tiempo.

En consecuencia, el presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer el proceso de formación de un nuevo humedal al sur del distrito de Salaverry (La Libertad, Perú), caracterizar la extensión y estabilidad biofísica del nuevo humedal y dar a conocer la riqueza de especies de flora y fauna para poner en contexto el aporte a la biodiversidad de los humedales costeros.

Material y métodos

Área de estudio.- Se ubica en el distrito de Salaverry, Provincia de Trujillo, departamento de La Libertad ($8^{\circ}14'48.27''S$, $78^{\circ}58'03.70''W$) de 1 a 15 m de altitud. Se extiende en un sector de 526 hectáreas de acceso limitado por la presencia del Puerto de Salaverry por el norte (Cerro Carretas), la línea de costa por el oeste, así como el acantilado que separa un tablazo por el este hacia la autopista Panamericana Norte y el Cerro Uripe al sur (Fig. 1).

La presencia de un molón retenedor de arena, que fue construido entre los años 1979 y 1982 para la protección del Puerto de Salaverry, originó el crecimiento de la playa arenosa conocida como Playa Uripe (Gutiérrez et al. 2015), la cual alcanzó 5.33 km de longitud en sentido norte-sur y un ancho promedio de 1 kilómetro.

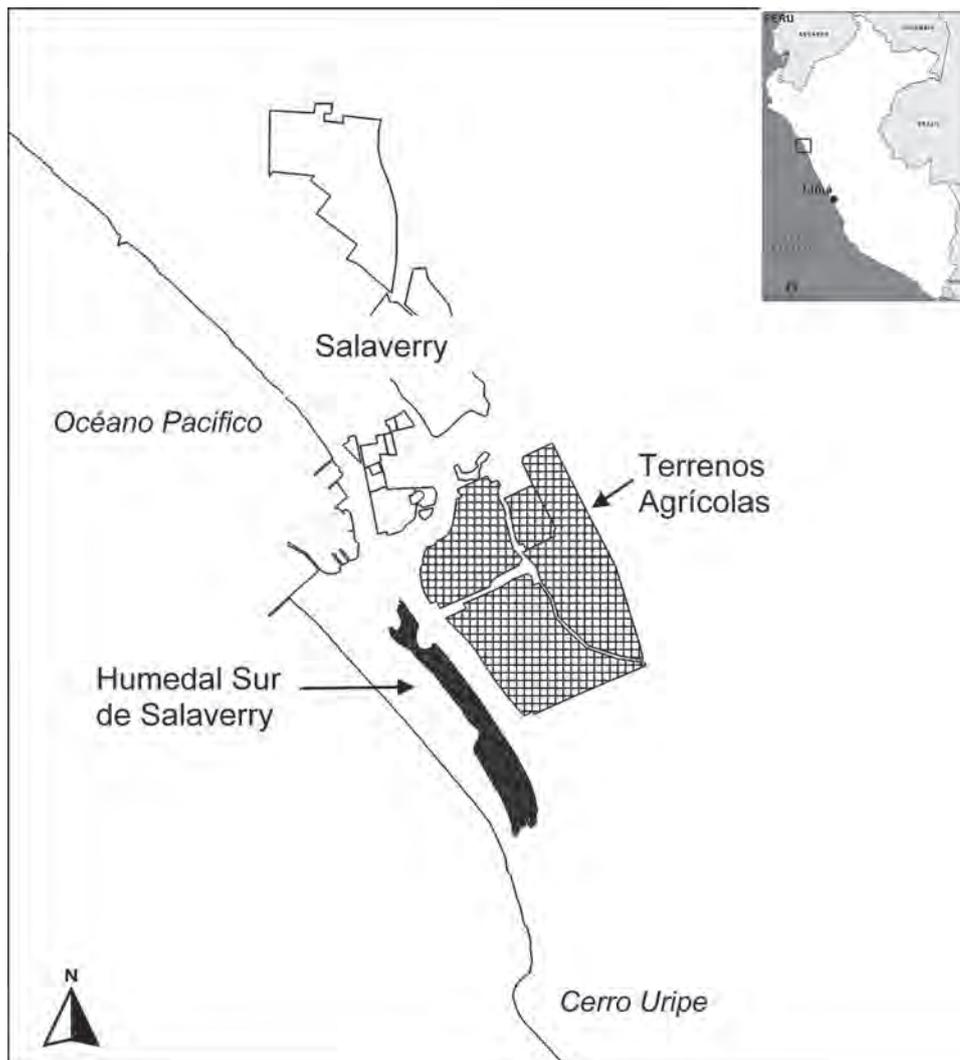


Figura 1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio, La Libertad – Perú 2020.

En la parte alta del acantilado que limita el humedal hacia el este, se ubican terrenos agrícolas pertenecientes al Proyecto de Irrigación CHAVIMOCHIC. Dicho proyecto consiste en un sistema de irrigación que se extiende desde el río Santa hasta las intercuenas de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama, el cual fue construido entre 1988 y 1997 para conducir agua mediante el canal madre Virú-Moche hacia terrenos eriazos ubicados en el desierto costero (Proyecto Chavimochic 2020). En el sector adyacente al humedal, dicho canal atraviesa la intercuenca perteneciente al distrito de Salaverry.

Variación espacio temporal del nuevo humedal y nomenclatura.- Se efectuó una interpretación visual de una serie de 18 imágenes satelitales correspondientes al periodo 2004 - 2019, obtenidas del software libre Google Earth Pro© v7.1.7.2606 (Google Earth 2020). Las imágenes se seleccionaron con la herramienta "historial de imágenes", descartando aquellas que presentaron una alta cobertura nubosa. En cada imagen seleccionada se digitalizaron polígonos mediante la herramienta "Agregar Polígono" del software. Una vez creados los polígonos que delimitaron el humedal, se calculó la superficie (en hectáreas), se midió el ancho (en kilómetros) de la Playa Uripe, desde el inicio del molón retenedor de arena en tierra hasta la línea de marea, siguiendo una orientación de 210°.

El humedal fue denominado como "Humedal Sur de Salaverry" para diferenciarlo de los existentes humedales ubicados en el distrito, como el "Humedal de Salaverry" y el "Humedal Choc-Choc", los cuales ya se encuentran reportados oficialmente (MINAM 2010). En la actualidad, debido a su poca accesibilidad, el Humedal Sur de Salaverry no tiene un nombre común usado en la localidad.

Extensión y estabilidad biofísica del humedal.- Para documentar la formación del humedal se estudió una serie de tiempo de imágenes de satélite Sentinel-2A y Sentinel-2B Nivel-2A, corregidos atmosféricamente para cuantificar un promedio para las firmas espectrales medido por teledetección. Se utilizó un total de 29 imágenes desde enero a diciembre del 2019. Solo se usaron imágenes sin cobertura de nubes para evitar una variación excesiva en las firmas espectrales por las nubes u otra contaminación atmosférica. Se utilizaron dos índices espectrales para caracterizar la extensión y la estabilidad biofísica del humedal. El primero fue el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), que es un índice de vegetación de uso común que caracteriza la fenología de la vegetación o los cambios estacionales e interanuales. El NDVI es sensible a la biomasa fotosintéticamente activa y puede discriminar entre vegetación y no vegetación, así como humedales y no humedales (Mahdianpari et al. 2018). El NDVI se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

El NDVI en Sentinel-2 se puede calcular usando el infrarrojo cercano (NIR) como la banda del infrarrojo cercano, o la Banda 8, y R como la banda roja, o la Banda 4.

Los valores de NDVI varían de -1 a 1, donde los números positivos bajos de 0.1 a 0.4 generalmente representan vegetación corta o matorrales.

El segundo índice espectral empleado fue el NDMI (Índice de Humedad de Diferencia Normalizada), que identifica el contenido de humedad del suelo y la vegetación y es sensible a las áreas que se riegan o tienen contenido de agua en comparación con las áreas que tienen poca o ausencia de agua (Morell-Monzó et al. 2020). El NDMI se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

El NDVI en Sentinel-2 se puede calcular usando NIR como la banda infrarroja cercana, o Banda 8, y SWIR como la banda infrarroja de onda corta, o Banda 11. Los valores positivos por encima de 0.03 indican humedad moderada a alta del suelo y la vegetación.

Evaluación de la biodiversidad del humedal y datos regionales.- Las fuentes biológicas sobre la presencia de especies de flora y fauna, así como de la estructura comunitaria, se encuentran en el Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d) del Proyecto de Modernización del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry (Datos no publicados, revisado por A. Diaz en el "Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d) del Proyecto de Modernización del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry" de ECSA Ingenieros, 2020). La evaluación del humedal fue realizada en dos temporadas del año (setiembre y enero). Para determinar los valores de cobertura vegetal, se caracterizó cuantitativamente la vegetación en seis estaciones dentro del humedal mediante el establecimiento y evaluación de transectos de tipo puntos de intercepción de 100 m de longitud (Matteucci & Colma 1982; Mostacedo & Fredericksen 2000). Los reptiles fueron evaluados en cuatro estaciones dentro del humedal, para lo cual se utilizó la metodología de observación directa y reconocimiento por encuentros visual (VES) (Crump & Scott 1994) con el fin de registrar la mayor cantidad de especímenes presentes en el área de estudio.

En el caso de aves, su evaluación se realizó en un punto del humedal, combinando dos técnicas: transecto de línea (Sutherland 1996) y conteo de puntos o puntos fijos de observación (Ralph et al. 1996). Mientras tanto, los mamíferos medianos y grandes fueron evaluados en dos transectos en el humedal, los cuales fueron recorridos de día y noche, totalizando 8 km de recorridos de evaluación por temporada. Los roedores fueron evaluados mediante trampas Sherman y los mamíferos voladores mediante redes de neblina y detectores acústicos.

La información biológica sobre las principales características de los humedales costeros de la Región La Libertad se obtuvo de un inventario efectuado siguiendo la metodología RAMSAR (Convención de Ramsar 2006), adaptado a las condiciones de la costa peruana. Esta metodología permite clasificar los humedales de acuerdo a

sus características geomorfológicas y entorno. Las observaciones de aves en estos humedales fue oportunista mediante observación cualitativa, y se realizó a la par con la determinación de especies de flora en cada humedal.

Resultados y discusión

Variación espacio temporal del nuevo humedal y nomenclatura.- El análisis de la variación espacio temporal permitió establecer que la formación y crecimiento del nuevo humedal se explicaría por dos fuentes de origen antrópico: una primera fuente al norte como producto de la humedad generada por el bombeo de sedimentos marinos por las actividades de dragado de mantenimiento del puerto de Salaverry, y una segunda fuente que se ubica hacia el sur del sector costero posiblemente por la presencia de filtraciones (cárcavas) desde los terrenos agrícolas que se ubican en la parte alta del tablazo. Ambas fuentes fueron evidentes en las imágenes satelitales comprendidas en el periodo del 2004 al 2011 (Fig. 2).

El análisis también indicó que el nuevo humedal se formó hace aproximadamente quince años (entre los años 2004 y 2005), consolidándose en un único cuerpo de agua continuo que se extiende desde el norte hasta el sur del sector costero analizado, a partir de inicios del año 2013 (Tabla 1). En su génesis, el nuevo humedal presentó dos cuerpos de agua (uno al norte y otro al sur), hacia ambos extremos del sector costero analizado, lo que reflejaría la fuente desde las actividades del puerto y en el norte y las filtraciones desde terrenos agrícolas al sur.

Las imágenes satelitales mostraron dos etapas marcadas: una primera entre los años 2004 y 2015 cuando la superficie del nuevo humedal no superaba las 100 ha y; una segunda a partir del año 2015 cuando la superficie fue mayor a 150 ha, alcanzando 249 ha en el año 2018.

En forma paralela, a partir de febrero de 2015 se observó que los terrenos agrícolas situados en la parte alta



Figura 2. Evolución espacio-temporal del nuevo humedal al sur de Salaverry (2004-2019). Los polígonos en rojo demarcan la extensión del humedal en cada imagen satelital. La Libertad – Perú, 2020. Fuente: Elaboración propia. Imágenes: Google Earth.

del tablazo y vecinos al humedal alcanzaron su máxima extensión, expandiendo su superficie incluso hasta el límite norte del área de estudio (Fig.2). El incremento de la extensión agrícola se sostiene artificialmente con un mayor volumen de agua para riego y, por consiguiente, con una mayor infiltración hacia el terreno de menor elevación donde se ubicó el nuevo humedal.

Debido a su poca conocida presencia, el humedal al sur de Salaverry no se encuentra identificado aún en el mapa oficial de humedales costeros del Perú (MINAM 2010). Sin embargo, se registra la presencia del nuevo humedal al sur de Salaverry con una extensión de 137 ha, y la Red Costa Árida-Semiárida del Pacífico Sudamericano la incluye en su Atlas de Humedales con el nombre de “Salaverry” (8.25°S-78.96°W), pero la ficha no contiene información adicional que describa sus condiciones actuales (Humedales Costeros 2020). Debido a su ubica-

ción y para diferenciar de los humedales existentes en el distrito, se propone nombrar a este humedal como “Humedal Sur de Salaverry”.

De otro lado, la variación morfológica de la Playa Uripe medida en cambios en su amplitud apuntaron a una estabilidad de los procesos geomorfológicos en el periodo analizado, limitándose a un rango corto entre 0.52 km a 0.68 km. Este equilibrio de la playa descarta la influencia de la intrusión marina o cambios en procesos de sedimentación que sostuvieron el crecimiento del humedal a partir de fuentes naturales marinas, ya que la distancia desde la línea de alta marea hacia el espejo de agua se ha mantenido estable en el periodo analizado (Fig. 3).

La cobertura vegetal en el humedal fue de 71.2% en invierno y 85.3% en el verano, influenciada por un incremento en los procesos de floración y mayor tasa fotosintética que ocurrieron en primavera.

Tabla 1. Amplitud de Playa Uripe y Superficie del Humedal Sur de Salaverry (2004-2019). La Libertad, Perú, 2020. Fuente: Elaboración propia.

Año	Mes	Día	Ancho Playa (km)	Superficie (ha)	Observación
2004	Junio	21	0.52	27.0	Se detecta humedad al sur y al norte del área
2009	Noviembre	24	0.62	40.2	Crecimiento de humedad al sur
2011	Enero	25	0.57	29.6	Ambas áreas se aproximan
2011	Noviembre	13	0.54	92.8	Se amplían ambas áreas, aún separadas
2013	Enero	17	0.60	55.4	Primer registro de integración de ambas áreas
2013	Mayo	11	0.59	81.8	Crecimiento
2014	Noviembre	14	0.68	92.6	Estable
2015	Enero	27	0.64	95.0	Estable
2015	Febrero	19	0.64	82.7	Estable
2016	Mayo	28	0.62	178.0	Crecimiento sustancial
2016	Junio	16	0.59	239.0	Crecimiento continua en el tiempo
2016	Agosto	8	0.63	237.0	Estable
2016	Octubre	12	0.64	158.0	Disminución del área
2016	Diciembre	19	0.64	168.0	Estable
2017	Diciembre	11	0.65	174.0	Estable
2018	Octubre	17	0.68	249.0	Crecimiento sustancial
2018	Noviembre	18	0.66	210.0	Relativa estabilidad
2019	Julio	11	0.64	162.0	Disminución del área

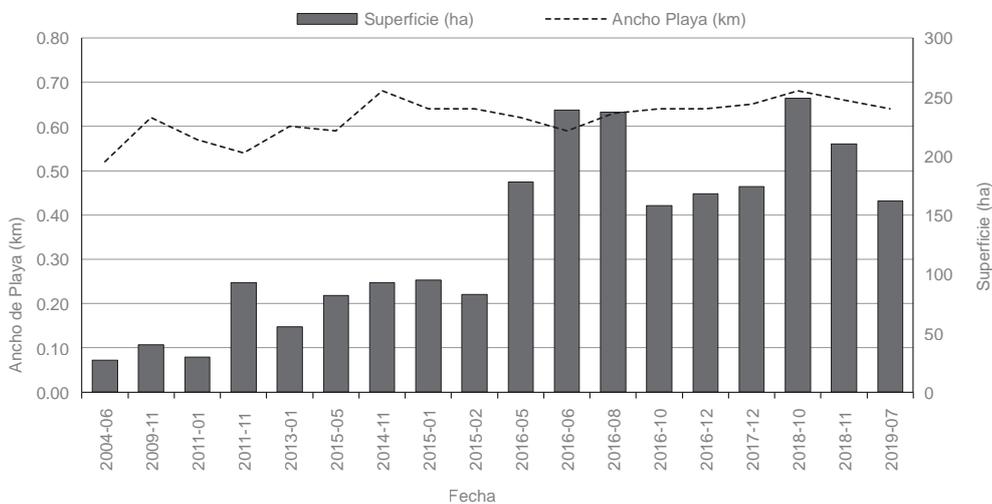


Figura 3. Variación Espacio-Temporal del nuevo humedal al sur de Salaverry y Playa Uripe. La Libertad – Perú, 2020.

Extensión y estabilidad biofísica del humedal.- El NDVI promedio (Fig. 4A) y el NDMI promedio (Fig. 4C) de enero a diciembre de 2019 indicaron áreas clave dentro del humedal que presentaron disponibilidad de agua durante casi un año, lo que resulta en vegetación con escaso flujo fenológico. El análisis de series temporales de NDVI y NDMI (Fig. 5), indicaron un bajo contenido

general de vegetación y humedad, en comparación con otros tipos de vegetación de hoja perenne. Sin embargo, dado que el NDVI y el NDMI indicaron poca fluctuación interanual, se pudo establecer que la disponibilidad de agua se ha mantenido estable durante al menos un ciclo hidrológico anual.

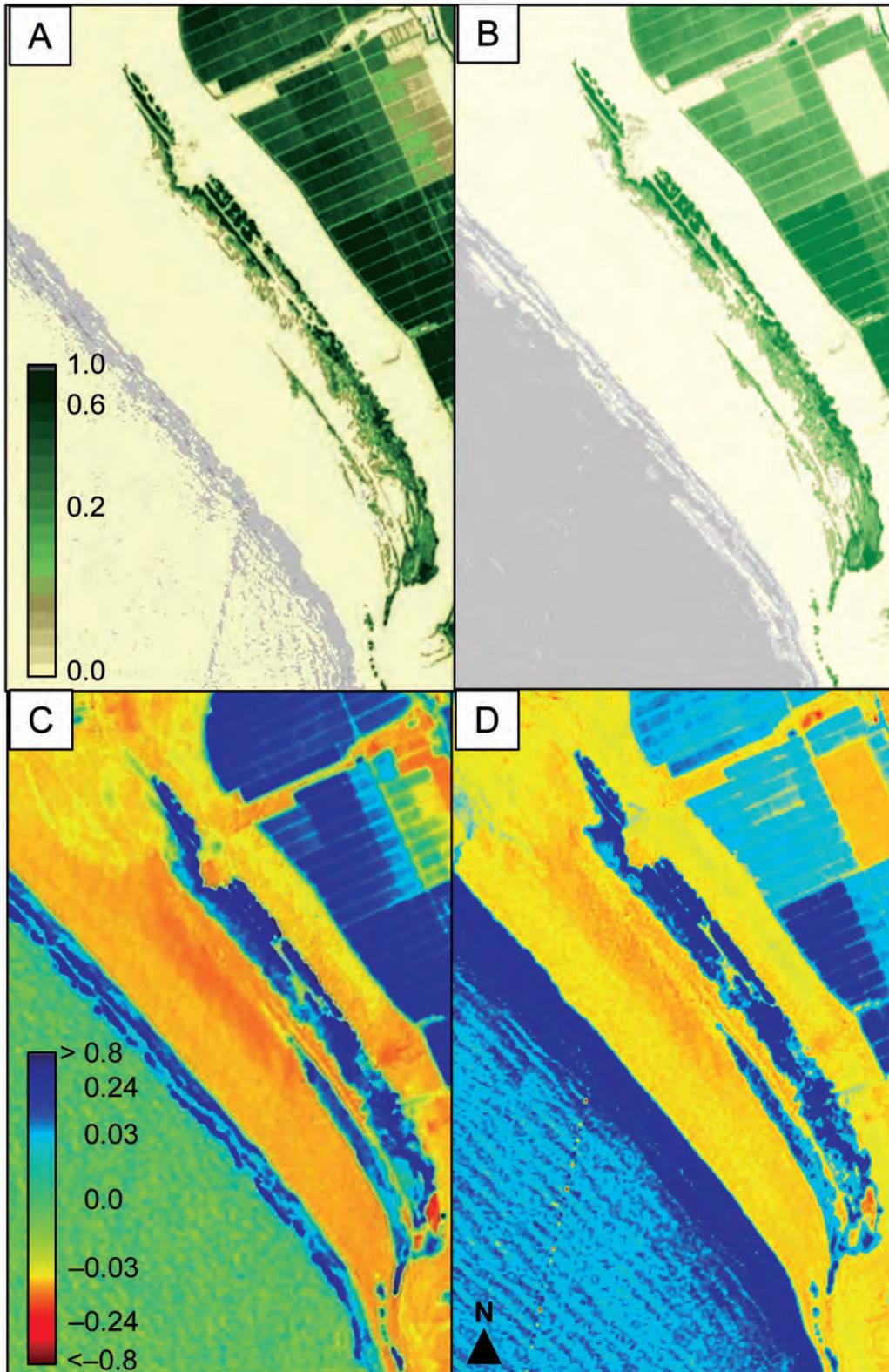


Figura 4. A) NDVI Promedio del año 2019, B) NDVI para el 15 de junio de 2020, C) NDMI Promedio del año 2019, D) NDMI para el 15 de junio de 2020. La Libertad – Perú, 2020.

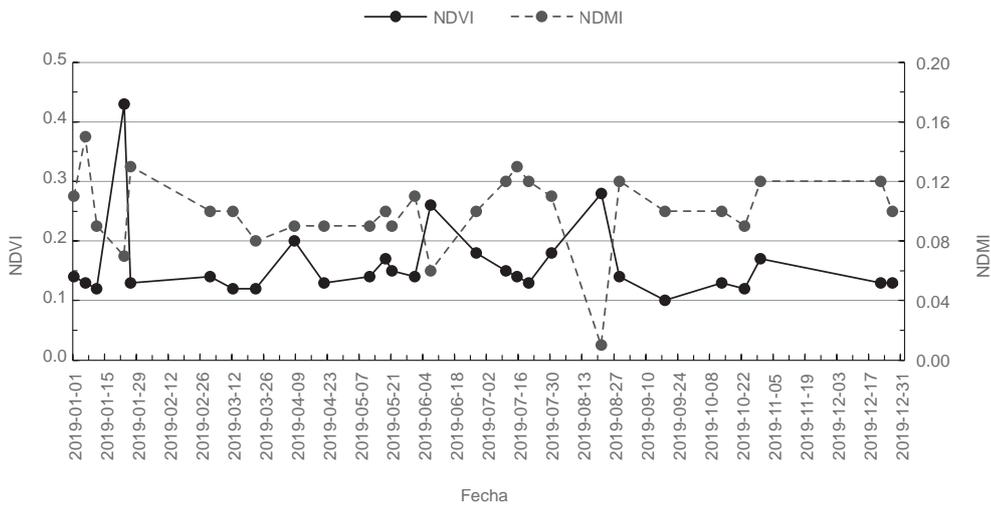


Figura 5. Valores promedio de NDVI y NDMI sobre la extensión del área del humedal al sur de Salaverry. Periodo enero a diciembre de 2019. La libertad – Perú, 2020.

Diversidad biológica

Flora.- La flora del humedal se compuso de seis (6) especies y se caracterizó por una mayor cobertura vegetal de *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de playa) y *Distichlis spicata* (grama salada), ambas de hábitos herbáceos (Tabla 2).

Predominaron especies de flora adaptadas a condiciones cambiantes como las terófitas, las cuales han desarrollado un amplio rango de estrategias morfológicas y fisiológicas para aclimatarse a ambientes extremos (Page 2002). Esta estrategia explicaría las variaciones marcadas en la cobertura vegetal entre invierno y verano reportadas para el nuevo humedal. Estas especies características de humedales costeros se presentan en humedales de la provincia de Trujillo (Alvitez et al. 2012). Ninguna de las especies registradas es considerada endémica del Perú, o se encuentran protegidas por la legislación peruana. Sin embargo, la grama salada está en la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) en la categoría de Preocupación Menor (IUCN 2020), principalmente por su uso como forraje de animales, aunque esta actividad no se observó en el nuevo humedal.

Fauna.- La fauna del humedal pertenece principalmente a grupos funcionales omnívoros o de hábitos oportunistas. Se registraron 14 especies de vertebrados

(Tabla 3), con un predominio de las aves (10 spp.), seguidos de reptiles (2 spp.) y mamíferos (2 spp.). Predominaron las aves omnívoras (60%), que se alimentan de un amplio rango de especies menores, lo cual indicaría hábitos oportunistas de alimentación en el nuevo humedal. En cuanto a los reptiles, las dos especies observadas en el nuevo humedal poseen hábitos omnívoros (Quispitupac & Pérez Zúñiga 2008). En este último grupo, ambas especies se observaron en tipos de cobertura distintos (playa arenosa y gramadales), que se encuentran adyacentes al nuevo humedal, por lo que se trataría de una presencia oportunista con fines alimenticios. En cuanto a mamíferos, el murciélago coludo de Kalinowski es una especie insectívora (Flores-Quispe 2019). El humedal propiamente dicho careció de guaridas para estas especies, por lo que se puede inferir del mismo modo que su presencia tiene fines alimenticios.

Análisis comparativo de la biodiversidad.- La costa del departamento de La Libertad se extiende latitudinalmente unos 230 km desde los 7°S hasta los 9°S, con un clima templado y una temperatura media anual de 20°C, donde se intercalan desierto y terrenos agrícolas. Estudios previos (ProNaturaleza 2010) han identificado un total de 19 humedales en la región, entre naturales (15), artificiales (2) y desembocaduras de ríos (2) (Tabla 4).

Tabla 2. Especies de flora registrada en el Humedal Sur de Salaverry. Elaboración propia. Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Modernización del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry

Clase	Familia	Especie	Nombre Común
Magnoliópsida	Plantaginaceae	<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst	Bacopa
Magnoliópsida	Amaranthaceae	<i>Chenopodium murale</i> L.	-
Magnoliópsida	Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin&Clemants	-
Lilópsida	Poaceae	<i>Leptochloa fusca</i> subsp. <i>univervia</i> (J. Presl). N. Show	-
Magnoliópsida	Amaranthaceae	<i>Sarcocornia neei</i> (Lag.) M.A Alonso & M.B. Crespo	-
Magnoliópsida	Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L	Verdolaga de playa

Tabla 3. Especies y Abundancia de fauna registrada en el nuevo humedal al sur de Salaverry. El valor de abundancia es el acumulado de las observaciones de invierno y verano en el humedal. Elaboración propia. Fuente: Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Modernización del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry.

Grupo	Especie	Nombre Común	Orden	Familia	Abundancia* (N° ind)
Reptiles	<i>Microlophus peruvianus</i>	Lagartija de las playas	Tropiduridae	Tropiduridae	40
	<i>Microlophus thoracicus</i>	Lagartija de los gramadales	Tropiduridae	Tropiduridae	21
Aves	<i>Anas cyanoptera</i>	Pato Colorado	Anseriformes	Anatidae	5
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita Bueyera	Pelecaniformes	Ardeidae	2
	<i>Egretta thula</i>	Garcita Blanca	Pelecaniformes	Ardeidae	12
	<i>Gallinula galeata</i>	Polla de Agua Común	Gruiformes	Rallidae	2
	<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo de Pico Grueso	Charadriiformes	Charadriidae	1
	<i>Himantopus mexicanus--</i>	Cigüeñuela de Cuello Negro	Charadriiformes	Recurvirostridae	5
	<i>Actitis macularius</i>	Playero Coleador	Charadriiformes	Scolopacidae	1
	<i>Zenaida meloda</i>	Tórtola Melódica	Columbiformes	Columbidae	7
	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	Columbiformes	Columbidae	13
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azul y Blanca	Passeriformes	Hirundinidae	4
Mamíferos	<i>Aegialomys xanthaeolus</i>	Ratón arrozalero amarillento	Rodentia	Cricetidae	2
	<i>Mormopterus kalinowskii</i>	Murciélago coludo de Kalinowski	Chiroptera	<i>Molossidae</i>	4

Tabla 4. Lista de Humedales identificados en la Región La Libertad, clasificación, hábitats identificados y riqueza de especies (s). Elaboración propia.

Humedal	Clasificación*	Hábitats (N°)	Flora (s)	Aves (s)
Reservorio Lache	Artificial	6	5	36
Balsar de Huanchaco	Artificial	5	7	36
Guadalupito	Laguna Costera de agua dulce	7	8	11
Tres Chozas	Laguna Costera Salobre/salada	8	13	48
Chao	Laguna Costera de agua dulce	9	10	20
Compositan	Laguna Costera de agua dulce	9	10	20
El Carmelo - Virú	Laguna Costera de agua dulce	8	11	9
Puerto Mori – Pta Guañape	Pantanos y esteros (intermareal)	6	13	37
Salaverry	Laguna Costera de agua dulce	5	4	14
Pozo del Diablo	Laguna Costera de agua dulce	5	10	29
Tres Palos – El Charco	Laguna Costera Salobre/salada	4	10	12
Boca del Río Chicama	Playas de arena o de guijarros	9	8	8
San Bartolo	Lagos y zonas inundadas estacionales	6	5	12
El Tubo	Laguna Costera Salobre/salada	5	9	18
Cañoncillo	Laguna Costera de agua dulce	8	6	19
Boca Río Jequetepeque	Costas marinas rocosas	6	8	11

*Nota: Sistema de Clasificación de humedales (Convención de Ramsar 2006) adaptado a la Costa Peruana.

El número de especies de flora registradas en el nuevo humedal sur de Salaverry ($S = 6$) es menor al promedio de especies de flora que se reportan en otros humedales de La Libertad (8.5) y en aquellos clasificados como lagunas costeras (9.1) (Fig. 6). En relación con el humedal más próximo (humedal de Salaverry ubicado a 5 km al norte), el número de especies en el Humedal Sur es mayor (6 vs. 4), probablemente esta diferencia se explique por un mayor esfuerzo de muestreo realizado durante los estudios de línea base, los cuales se realizaron en forma intensiva en dos temporadas, mientras que el número de especies en los otros humedales fue obtenido en base a inventarios.

En forma comparativa, el nuevo humedal presentó una riqueza de aves ($S = 10$) que es igual al 50% del promedio de aves registradas en los restantes humedales combinados (20) y muy similar a la riqueza de aves observadas en

los humedales de Guadalupito y la Boca del Río Jequetepeque, ambos ambientes costeros análogos, considerando la clasificación de Ramsar toma en consideración las categorías básicas de geomorfología y de régimen hídrico.

El humedal de Tres Chozas (clasificado como laguna costera salobre) presenta el mayor número de especies de aves en promedio ($S = 48$), seguidos del humedal de Puerto Mori, considerado como pantano ($S = 37$), humedales artificiales ($S = 36$) y lagunas costeras (agua dulce y salobre). Estudios posteriores efectuados en el humedal de Puerto Mori (Pollack et al. 2017) registran incluso una mayor riqueza de aves ($S=69$), considerando 50 de ellas como especies residentes, por lo que dicho humedal contaría con la mayor diversidad de aves entre los humedales costeros de La Libertad.

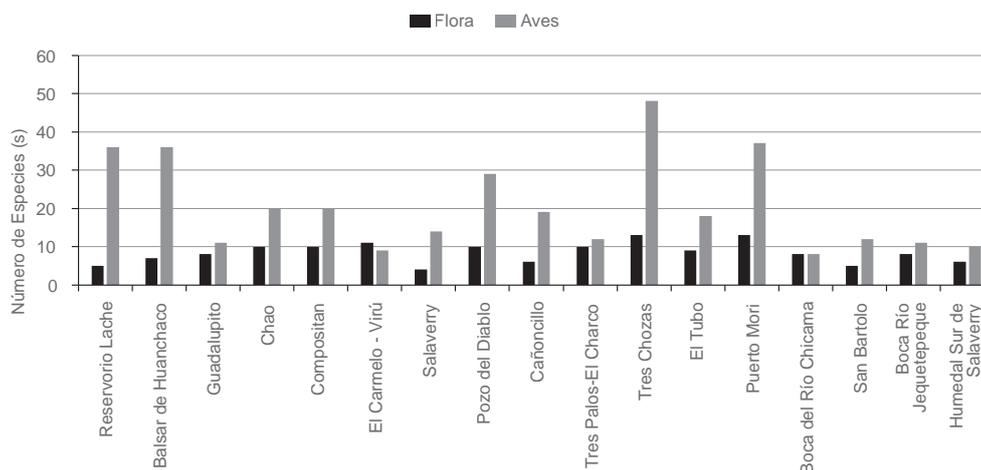


Figura 6. Riqueza de Especies (s) de Flora y Aves en los humedales costeros de la Región La Libertad – Perú. Fuente: Elaboración Propia.

En el caso de las aves, estudios anteriores efectuados en la costa peruana sobre terrenos agrícolas ganados al desierto costero (Pulido et al. 2012) registran ocho (8) de las diez (10) especies de aves registradas en el nuevo humedal, sugiriendo que el humedal se comporta como un atractor biológico para este tipo de especies pioneras, de la misma forma en también se encuentran atraídas a los fundos de agroexportación en terrenos eriazos.

Se sugiere asimismo que la presencia de fundos agroexportadores en la cercanía del humedal podría sumar al espacio de distribución de estas aves. En consecuencia, a pesar de su reciente formación, la diversidad del humedal es comparable a los otros humedales estudiados.

Se plantean tres alternativas sobre el origen del humedal: [1] antrópico, producto del agua dulce infiltrada desde terrenos agrícolas vecinos; [2] antrópico, consecuencia de las actividades de dragado realizadas en el Puerto de Salaverry; y [3] natural, formado como consecuencia de las mareas o intrusiones marinas hacia el acuífero. De acuerdo a este estudio, la estabilidad de la amplitud de la playa descarta la intrusión marina desde fuentes naturales como posible explicación para el crecimiento del nuevo humedal. En consecuencia, el nuevo podría clasificarse como una laguna costera salobre, dependiendo del grado de mezcla que se produzca como consecuencia de la acción antrópica en ambas fuentes. Esta clasificación es preliminar y se encuentra sujeta a la falta de mediciones de la conductividad eléctrica (CE) del espejo de agua del humedal.

El análisis de la composición de especies indica que el humedal se encuentra en las primeras etapas de sucesión, ya que tanto las especies vegetales como animales son en su mayoría especies oportunistas de ciclos de vida corto, adaptadas a cambios y fluctuaciones ambientales. Esta hipótesis se apoya en el análisis comparativo de su biodiversidad con respecto a otros humedales cercanos. El éxito de la sucesión o un desplazamiento de la comunidad hacia la madurez o una mayor complejidad comunitaria dependerá exclusivamente del suministro de agua dulce o salobre que pueda provenir de ambas fuentes antrópicas identificadas. Futuros monitoreos de flora y fauna en el humedal podrán confirmar su tránsito a dicha madurez.

Literatura citada

- Alvitez E, Fernández A, Tafur C, Peláez C. 2012. Calidad ecológica de los humedales de la provincia de Trujillo, Perú, en base a la flora acuática, 2012. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo - REBIOL* 32(1):64-103
- Chavez C, Tabilo E, Jofre C. 2019. Tsunami effects on Coquimbo Bay wetland water bird species composition, associated with the 2015 Mw8.4 Illapel earthquake (northern Chile). *Latin American Journal of Aquatic Research* 47(5):845-852. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue5-fulltext-14>
- Chávez-Villavicencio C, García-Olaechea Á, Casas-Mena L. 2015. Occupancy rates of *Lycalopex Sechurae* (Canidae, Carnivora) in RAMSAR site San Pedro de Vice Mangrove (Piura--Peru): Base for Impact Monitoring by Oil Exploitation. *The Biologist*. 13:11.
- Chávez-Villavicencio C, Silva P. D, Tume L. B, Rivera C. M, Panta S. M. 2012. Riqueza de protozoarios de los Manglares San Pedro de Vice (Sechura - Perú). *APORTE SANTIAGUINO*. 5(2):67. <https://doi.org/10.32911/as.2012.v5.n2.555>
- Convención de Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales 4a. edición. [accessed 2020 Jun 21]. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf.
- Crump M, Scott N. 1994. *Visual Encounter Surveys*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Flores-Quipe M, Calizaya-Mamani G, Portugal-Zegarra G, Alvarado GA, Pacheco-Castillo J, Rengifo EM. 2019. Contributions to the natural history of *Mormopterus kalinowskii* (Chiroptera: Molossidae) in the southwest of Peru. *THERYA*. 10(3):343. http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/753/html_391
- García-Olaechea Á, Chávez-Villavicencio C, Cova JN. 2013. *Leopardus pajeros* (Desmarest, 1816) (Carnivora: Felidae) in Northern Peru: first record for the department of Piura, at the Mangroves San Pedro de Vice, and geographic extention. *Check List*. 9(6):1596. <https://doi.org/10.15560/9.6.1596>
- García-Olaechea ÁG, Chávez-Villavicencio CL, Tabilo-Valdivieso EL. 2018. ¿Influyen las aves migratorias neárticas en el patrón estacional de aves de los humedales costeros? *Revista Peruana de Biología* 25(2):117. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i2.13281>

- Google Earth. 2020. Imágen de Satélite de Salaverry. [accessed 2020 Jun 8]. earth.google.com/web/.
- Gutiérrez Ramos JN, Polo Barreto R, Tomapasca Troncos D. 2015. Circuito eco turístico marino costero: puerto salaverry - bahía de guañape (La Libertad - Perú). *Sagasteguiana*. 3(2):171-204.
- Humedales Costeros. 2020. Iniciativa para la Conservación de Humedales Costeros y Aves Playeras en la Costa Árida del Pacífico Sudamericano. Humed COSTEROS. [accessed 2020 Jun 11]. <https://humedalescosteros.org/catastro/buscador/fichas/89https://humedalescosteros.org/>.
- IUCN. 2020. Red List of Threatened Species. Version 2020-1. [accessed 2020 Mar 19]. <https://www.iucnredlist.org>.
- Jindo K, Morikawa Sakura MS. 2020. Innovative Feasibility Study for the Reclamation of the Cascajo Wetlands in Peru Utilizing Sustainable Technologies. *Water* 12(4):1097. <https://doi.org/10.3390/w12041097>
- Mahdianpari M, Bahram S, Fariba M, Saeid H, Eric G. 2018. The First Wetland Inventory Map of Newfoundland at a Spatial Resolution of 10 m Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data on the Google Earth Engine Cloud Computing Platform. *Remote Sensing* 11(43):27. <https://doi.org/10.3390/rs11010043>
- Matteucci SD, Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington D.C. Secretaría General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- MINAM. 2010. Mapa de Humedales del Perú, 2010. [accessed 2020 Jun 27]. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/1825.png>.
- Morell-Monzó S, Estornell J, Sebastián-Frasquet M-T. 2020. Comparison of Sentinel-2 and High-Resolution Imagery for Mapping Land Abandonment in Fragmented Areas. *Remote Sensing* 12(2062):18. <https://doi.org/10.3390/rs12122062>
- Mostacedo B, Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Sierra-Bolivia.
- Page CN. 2002. Ecological strategies in fern evolution, a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology* 119:1-33. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(01\)00127-0](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(01)00127-0)
- Pollack, Luis, Alvitez, Elmer, Huaman, Emiliana, Rodriguez, Eric, Rimarachin, Vicky, Vasquez, Roberto. 2017. Ensamble de aves del humedal de Cerro Negro, Puerto Morín, La Libertad. *Arnaldoa Online* 24(2). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24215>
- ProNaturaleza. 2010. Humedales en la Costa Peruana. Primera edición. Lima: Conservación Internacional y RAMSAR.
- Proyecto Chavimochic. 2020. Descripción General del Proyecto Especial Chavimochic. Descripción. [accessed 2020 Jun 27]. <http://www.chavimochic.gob.pe/descripcion>.
- Pulido V, Bermúdez L. 2018. Current Conservation Status of the Habitats of the Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa Online* 25(2):679-702. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25219>
- Pulido V, Salinas, Letty, Arana, César. 2012. Aves del Desierto de la Costa Central del Perú. Ica, Barranca-Perú. Barrón Ediciones, Callao.
- Quiñonez A, Hernandez F. 2017. Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología* 24(2):175-186. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i2.13494>.
- Quispitupac E, Pérez Zuñiga J. 2008. Dieta de la lagartija de las playas *Microlophus peruvianus* (Reptilia: Tropiduridae) en la playa Santo Domingo, Ica, Peru. *Revista Peruana de Biología* 15:129-130. <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i2.1739>
- Ralph C, Geupel G, Pyle P, Martin T, DeSante D, Milá B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station, Albany, California: Forest Service, U.S. Department of Agriculture. <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-159>
- Ramírez D, Aponte, Hector, Cano, Asunción. 2010. Flora vascular y vegetación del humedal de Santa Rosa (Chancay, Lima). *Revista Peruana de Biología* 17(1):105-110. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i1.57>
- Rodriguez MI. 2017. Variación de los Humedales Costeros e Irrigaciones Agrícolas: El Caso de la Albufera de Medio Mundo y el Área Agrícola de Huaura. Tesis para Licenciado en Geografía y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9410>
- Sutherland W. 1996. From Individual Behaviour To Population Ecology. Cambridge, UK: Cambridge University Press the Edinburgh Building.
- Tabilo-Valdivieso E, Zockler C, Chávez-Villavicencio C, Burmeister J. 2017. Humedales y Aves Playeras en la Costa Árida del Pacífico Sudamericano - Evaluación Ecológica Rápida - Segunda Versión. http://www.centroneotropical.org/wp-content/uploads/2018/05/Humedales-AvesMigratorias-CostaAridaSudamericano_vs2-comp-1-1.pdf.

Agradecimientos / Acknowledgments:

Los autores agradecen a Salaverry Terminal Internacional S.A. por las facilidades para el uso de la información contenida en este trabajo.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores declaran que no incurrir en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

Conceptualización, A.D y L.S-Z; análisis formal, A.D, L.S-Z y B.Z. investigación A.D, L.S-Z y B.Z; metodología A.D y B.Z; software, A.D y B.Z.; redacción versión borrador, A.D., L.S-Z y B.Z; redacción, revisión y edición A.D., L.S-Z y B.Z. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada de este manuscrito.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Los autores declaran, que esta investigación no recibió ningún fondo específico para su realización.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido ni en aspectos antiéticos ni legales.