



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Nonrandom spatial distribution of Neotropic Cormorants
(*Phalacrocorax brasilianus*) along a coastal highway in Lima, Peru”

Tesis para optar al título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Bach. Sebastián Lozano Sanllehi (0000-0002-4899-5997)

Asesor:

PhD Carlos Braxtzo Zavalaga Reyes (0000-0003-1712-7334)

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 30 de noviembre de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: MSc. Junior Alberto Chuctaya Vasquez	<input type="checkbox"/>
Miembro: Dra. Susan Mery Medina Canzio	
Miembro: Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "Nonrandom spatial distribution of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) along a coastal highway in Lima, Peru"

Presentada por el bachiller:

- Sebastián Lozano Sanllehi

Para optar el Título Profesional de ingeniero ambiental.

Asesorada por: Dr. Carlos Braxtzo Phil Zavalaga Reyes

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: Sebastián Lozano Sanllehi			Nota (en letras): dieciocho	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()	

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


 MSc. Junior Alberto Chuctaya Vasquez
Presidente del Jurado


 Dr. Carlos Braxtzo Phil Zavalaga Reyes
Asesor


 Dra. Susan Mery Medina Canzio
Miembro del jurado


 Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Miembro del jurado

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a Patricia Sanllehi, Mercedes Gaviria, Carolina Símbala, Keiji Aróstegui, Mariano Gutiérrez y Salvador Peraltilla por su ayuda en la recolección de datos en campo. A Marcelo Stucchi por sus útiles comentarios y discusiones sobre los cormoranes neotropicales en la Costa Verde. Asimismo, a Bethany Clark por su apoyo en el análisis de los datos, y a Carolina Símbala y Diego Gonzáles por sus comentarios y contribuciones en el diseño y la realización de algunas figuras.

Finalmente, un grato reconocimiento a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur por guiarme y brindarme sus enseñanzas durante mi formación profesional; a todos los integrantes y tesistas de la Unidad de Investigación de Ecosistemas Marinos - Grupo Aves Marinas por su apoyo y consejos; y a la Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Científica del Sur por proporcionar el financiamiento para la realización de esta Tesis a través del Concurso de Fondos para Proyectos de Tesis 2018-1.

ÍNDICE

I.	ABSTRACT	6
II.	RESUMEN.....	7
III.	INTRODUCTION	8
IV.	METHODS	10
1.	Study area	10
2.	Counts.....	12
3.	Definition and measurement of explanatory variables.....	14
3.1	Distance from the pole-cables to the shoreline (DS)	14
3.2	Distance from the pole-cables to the surf zone (DSZ)	14
3.3	Distance from the pole-cables to the nearest groyne (DG).....	15
3.4	Perimeter of the nearest groyne (PG).....	15
3.5	Distance from the shoreline to the 7 m isobath (D7)	15
3.6	Transparency of seawater (T).....	16
4.	Analysis of the spatial distribution and temporal variation of the number of NECOs.....	16
5.	Correlations with explanatory variables.....	18
V.	RESULTS	19
1.	Spatial distribution and temporal variation of the number of NECOs	21
1.1	Variations in spatial distribution	22
1.2	Temporal variation	23

2.	Correlations with explanatory variables.....	25
VI.	DISCUSSION	30
1.	Presence of NECOs in the CPCV highway	30
2.	Number of NECOs in the CPCV highway.....	30
3.	Variables related to the distribution patterns of the NECOs in the CPCV highway 32	
4.	Eco-friendly proposals for managing the environmental problem	33
VII.	CONCLUSIONS	34
VIII.	REFERENCES.....	35
<hr/>		
I.	INTRODUCCIÓN	49
II.	MÉTODOS	52
1.	Área de estudio.....	52
2.	Conteos.....	55
3.	Definición y medición de variables explicativas	56
3.1	Distancia de los postes-cables a la orilla del mar (DS)	56
3.2	Distancia de los postes-cables a la zona de rompientes (DSZ)	57
3.3	Distancia de los postes-cables al espigón más cercano (DG).....	57
3.4	Perímetro del espigón más cercano (PG).....	58
3.5	Distancia de la orilla del mar a la isóbata de 7 m (D7).....	58
3.6	Transparencia del agua de mar (T).....	59

4.	Análisis de la distribución espacial y variación temporal en el número de NECOs	59
5.	Correlaciones con variables explicativas	61
III.	RESULTADOS.....	62
1.	Distribución espacial y variación temporal en el número de NECOs	64
1.1	Variaciones en la distribución espacial	65
1.2	Variación temporal del número de NECOs	66
2.	Correlaciones con variables explicativas	68
IV.	DISCUSIÓN	73
1.	Presencia de NECOs en la autopista CPCV	73
2.	Número de NECOs en la autopista CPCV.....	74
3.	Variables relacionadas a los patrones de distribución de NECOs en la autopista CPCV.....	75
4.	Propuestas ecoamigables de manejo del problema ambiental	76
V.	CONCLUSIONES.....	78
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
VII.	ANEXOS.....	94

I. ABSTRACT

Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) are common seabirds along the Peruvian coast. They frequently perch on trees, poles and port structures in urban areas, causing discomfort and esthetic problems due to the dropping of their feces on infrastructure and people. Hundreds of these birds rest on lighting poles and telephone cables along a 12.7 km highway in the coastal strip of the city of Lima, Peru. We hypothesized that the distribution of the cormorants along this highway is clustered and could be associated with physical features of both the coast and the adjacent marine area. Half-monthly or monthly surveys were performed from July 2018 to March 2020 in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway. At each survey, cormorants were counted per lighting pole and adjacent telephone cables (pole-cable) at four count hours (0600 h, 1000 h, 1400 h and 1800 h). Our results revealed that daily bird numbers varied from 46 to 457 individuals and that only 17% of the total number of pole-cables (N = 651) was occupied once by at least one individual. The number of cormorants also varied between count hours within the same day (higher numbers at 1000 h and 1400 h). Birds were clustered into a maximum of five hotspots along the highway. According to the Akaike's information-theoretic approach applied to Poisson GLMM, higher numbers of cormorants on pole-cables were associated mainly to a closer distance from these structures to the shoreline and to the surf zone, suggesting that Neotropic Cormorants may select such pole-cables as optimal sites for sighting and receiving clues of prey availability. Based on the results, the use of nonlethal deterrents and the relocation of these birds to other perching structures on nearby groynes could be the most suitable and eco-friendly solution for the problems caused by their droppings.

II. RESUMEN

Los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) son aves marinas comunes a lo largo de la costa peruana. Con frecuencia se posan en áreas urbanas (árboles, puertos, postes, etc.), causando principalmente molestias y problemas estéticos debido a la caída de sus heces en infraestructura y personas. Gran cantidad de estas aves utilizan postes de luz y cables telefónicos para descansar en una autopista costera de 12.7 km en la Costa Verde en Lima, Perú. Hipotetizamos que la distribución de los cormoranes en esta autopista no es aleatoria sino agregada, y podría estar asociada con características físicas de la Costa Verde y el área marina adyacente. Conteos bimensuales o mensuales de cormoranes por poste de luz y cables telefónicos adyacentes (poste-cable) entre julio 2018 y marzo 2020 y en cuatro bloques horarios (0600 h, 1000 h, 1400 h and 1800 h) revelaron que durante el período de estudio su número total varió entre 46 y 457 aves, y que solo el 17% del número total de los postes-cables (N = 651) fueron ocupados por al menos un individuo. El número total de cormoranes varió entre bloques horarios dentro del mismo día (mayor número a las 1000 h y 1400 h), y se agruparon en un máximo de cinco focos recurrentes a lo largo de la autopista, es decir, la distribución espacial no fue aleatoria. Según el criterio de información de Akaike (AIC) aplicado a GLMM con distribución Poisson, el número de cormoranes en postes-cables estuvo relacionada principalmente con el efecto combinado de la distancia de estas estructuras a la orilla del mar y a la zona de rompientes. Nuestros hallazgos sugieren que los cormoranes neotropicales eligen los postes-cables cercanos a la orilla como lugares óptimos de avistamiento y recepción de señales sobre la disponibilidad de sus presas. Como propuesta de manejo del problema relacionado con sus excrementos, el uso de elementos disuasorios no letales y la reubicación de estas aves en perchas sobre los

espigones podría ser la solución más adecuada y ecoamigable en base a los resultados hallados en este estudio.

III. INTRODUCTION

Overfishing, bycatch, habitat destruction, introduction of invasive species, hunting and pollution, among others, have caused both drastic decreases in the number and changes in the distribution of various species of seabirds worldwide [1, 2], many of which (42%) are considered in some extinction category [3, 4]. Conversely, other species of seabirds have been favored by the increase in available food in fishing discards [5-7], the presence of coastal landfills [8, 9] and the aquaculture industry [10, 11]. This has caused seabirds to interact more frequently with humans and in some cases to be considered pests [12, 13]. It has been shown that some species of seagulls can spread diseases [14-16], transport pollutants [17], damage urban infrastructure [18, 19], and collide with airplanes [20, 21]. Some species of cormorants, on the other hand, obtain their food from fish farms [22, 23] and generate conflicts with fisheries [24]. In Peru, the droppings of cormorants, among other species of seabirds, cause deterioration in port facilities [25]. In coastal cities of Chile, the excretions of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*, hereinafter “NECO”) present in trees and public lighting poles cause nuisance to people and damage to infrastructure and vegetation of parks and avenues [26]. A similar problem with this species occurs in Costa Verde, the coastal strip of the Miraflores bay in the city of Lima, Peru [27], through which the Circuito de Playas de la Costa Verde (CPCV) highway is extended.

The NECO is a species of wide distribution in the American continent, from the southern United States to Cape Horn, Chile [28, 29]. It is present in a wide variety of coastal,

Amazonian and high Andean ecosystems [30-32], from sea level to altitudes up to 4800 m.a.s.l. [28, 33]. It feeds in shallow waters [34, 35], both in continental and marine water bodies [29, 36], and its diet is composed of a large variety of prey, mainly benthic fish [37-39]. It frequents places with perching structures such as trees, poles, cables, buoys or rocks, where it performs activities of preening, feather drying and daytime rest [40, 41].

The first records of the presence of NECOs occupying tall trees and light poles at the top of the cliffs of Costa Verde date from the mid-1950s [42]. However, over the years, the construction of vehicular roads, beaches, rock groynes and other infrastructure has led these birds to use public lighting poles and telephone cables present along the CPCV highway to rest and preen, thus favoring the contact of their feces with the road, cars, infrastructure and passers-by [27, 43]. It is speculated that their droppings could cause public health problems due to their possible content of pathogens [44], as happens in other birds [45]. The droppings could also cause traffic accidents when falling on the windshield of cars, or corrosion to vehicles and infrastructure, such as occurs with the Double-crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus*) in the Columbia River (Astoria) Bridge, United States [46, 47]. Just as it happened in the city of Antofagasta, Chile [26], these problems could intensify or move to other areas over the years because Costa Verde is subject to a growing implementation of urban projects.

Currently, the absence of solutions to this environmental problem brings with it the need to evaluate and establish eco-friendly proposals, which must be included in the future design of projects in Costa Verde. There are mitigation measures used for NECOs in Arica and Iquique, Chile, which have had variable results; these include the relocation

of colonies, the destruction of nests, the elimination of individuals, the use of sound and visual stressors, among others [26]. In the province of Chubut, Argentina, the elimination of NECOs and the harassment of their colonies are used as methods against presumed impacts of this species in fishing and aquaculture activities [48]. For the Peruvian case, to determine which management proposals are the most appropriate, it is important first to know how and why these birds are present along the CPCV highway. In this study, half-monthly and monthly counts were performed between July 2018 and March 2020 on poles and telephone cables that these birds used as perches along the CPCV highway. The objectives were (1) to evaluate the spatial distribution and temporal variation in the number of NECOs in the CPCV highway, and (2) to examine the influence of physical features of both Costa Verde and the adjacent marine area in their spatial distribution. Based on the results, eco-friendly solutions to the environmental problem caused by their excreta were proposed. This is the first study aimed at solving problems caused by seabirds in urban-coastal areas of Peru.

IV. METHODS

1. Study area

This study was carried out in Costa Verde, the coastal strip of the Miraflores bay in the city of Lima, Peru (Fig 1). This is a tourist-recreational space with a large influx of vehicles and people throughout the year, especially in summer. It has beaches, parks, sports complexes, restaurants, clubs, parking areas adjacent to the beaches and infrastructure for pedestrian and vehicular traffic (Fig 2A and 2B). Along Costa Verde, the CPCV highway extends, which is limited to the east by cliffs up to 100 m high and to the west by sandy, gravel and pebble beaches, usually narrow, with rock groynes perpendicular

to the coastline ([43], Fig 2A). The section of this road that was assessed in the study includes from the entrance to Club de Regatas “Lima” (club) from the south ($12^{\circ}10'0.2''S$, $77^{\circ}1'48''W$) to Bajada Escardó (access road) from the north ($12^{\circ}5'14.4''S$, $77^{\circ}5'38.8''W$; Fig 1). This section is 12.7 km long and has two to three lanes for vehicular traffic on both the outward and return tracks (Fig 2C). It also presents public lighting poles and telephone cables that favor the perch of NECOs and other birds such as gulls and black vultures (*Coragyps atratus*, Fig 2D).

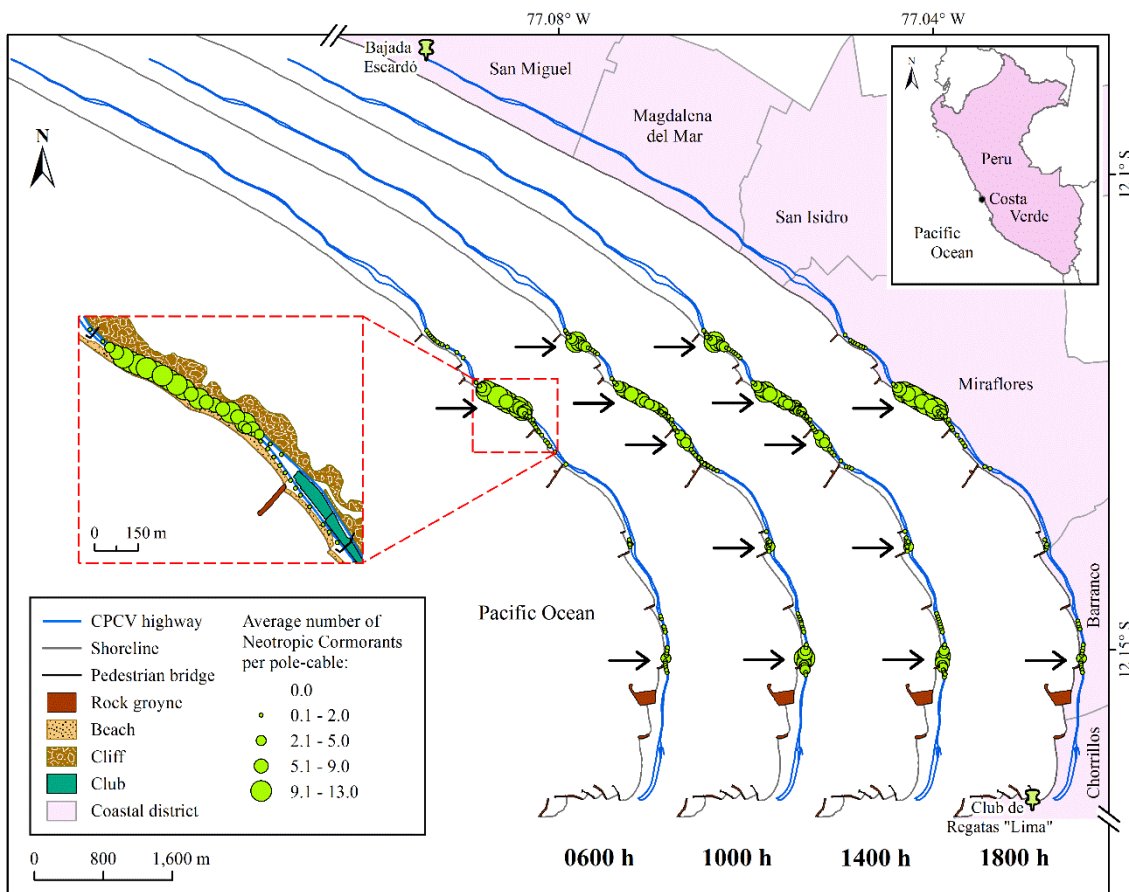


Fig 1. Location of the study area and spatial distribution of the Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) by count hour in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru. The size of the green circles is in function to the study-period average number of cormorants per pole-cable. The arrows indicate the aggregation hotspots of the birds.



Fig 2. Features of Costa Verde. (A) Cliffs, clubs, groynes and pebble beaches. (B) Infrastructure for pedestrians. (C) Vehicular road with presence of cormorant feces around each lighting pole (pointed by black arrows). (D) Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) perching on lighting poles and telephone cables.

Using ArcGIS 10.5 software [49] and based on World Imagery images (projected into UTM zone 18S) from the ArcGIS Online service, different attributes of Costa Verde were digitized, such as public lighting poles, vehicular roads, pedestrian bridges, cliffs, groynes, beaches and the shoreline. This allowed the calculation of the position and distance of different attributes required in the data analysis. Each lighting pole was identified with a unique code.

2. Counts

Visits to the CPCV highway were made half-monthly (in the middle and at the end of each month), from July 14, 2018 to June 30, 2019, and monthly (at the end of each

month), between July 31, 2019 and March 27, 2020. In both cases, four surveys were performed in the day of count: 0600 h, 1000 h, 1400 h and 1800 h, resulting in a total of 96 half-monthly and 33 monthly counts (on March 27, 2020, NECOs were only counted at 1000 h). The 0600 h counts were performed at dawn (0530-0630 h), as soon as the daylight was sufficient to count the NECOs and thus record their number and distribution before they began to depart. In the case of 1800 h, the counts were performed as late as possible (1740-1840 h) before darkness; this was done to record their number and distribution upon returning to their place of overnight roosting.

The number of NECOs in the CPCV highway was determined by direct count of birds recorded in high-resolution videos. For this, a GoPro HERO6 camera (4K/60fps) was attached to the roof of an automobile that moved at a speed <30 km/h. The camera lens pointed to the top of the poles and cables. Beaches and other surrounding areas were not included in the counts since they were not occupied by the NECOs during the study period. The counting of individuals was performed per lighting pole and that number was associated with the code of the pole. In the case of the NECOs present in telephone cables, the length of the cable between poles was divided into two equal parts, and the NECOs on each half were assigned to the nearest pole. Therefore, the term “pole-cable” is used hereinafter as a unit of counting and analysis. The Franklin’s Gull (*Leucophaeus pipixcan*), a seasonal migratory and very abundant species, as well as other species of birds present in fewer numbers on pole-cables, were also counted.

There were no specific permits and approvals required for data collection at field since Costa Verde is a public area and no animal experimentation was performed.

3. Definition and measurement of explanatory variables

The distribution of poles along 12.7 km of the CPCV highway was regular. Neither the poles nor the telephone cables had deterrents that prevented birds from occupying them, such as spikes or bird wires. The number of NECOs on pole-cables was examined by variables of physical features of both Costa Verde and the adjacent marine area (<1 km from the shoreline), which could be related to the foraging behavior of this seabird species and the accessibility to their prey.

3.1 Distance from the pole-cables to the shoreline (DS)

The distance from the pole-cables to the shoreline varies along the CPCV highway. Prior to this study, it was observed on several occasions that in sections of the highway closer to the shore there was a greater number of NECOs on pole-cables. Thus, to examine this effect, the minimum distance from each pole-cable to the shoreline (line that passes between the high and low tide marks) was measured in ArcGIS.

3.2 Distance from the pole-cables to the surf zone (DSZ)

The surf zone is the relatively narrow strip that borders the ocean beaches and covers from the shoreline to the last breaking wave offshore [50]. It is a very dynamic and productive zone, as it holds a wide variety of life forms [51]. In Costa Verde, its amplitude varies along the coast and could represent areas preferred by the NECOs for their foraging activities.

Five satellite images of Costa Verde obtained from the historical images of Google Earth Pro 7.3 software [52] were used with dates coinciding with the study period (October and December 2018, March and April 2019, February 2020), which were georeferenced in ArcGIS. On each image, a layer of the shoreline sections in front of a surf zone with an

amplitude greater than 70 m (measured from the shoreline to the last breaking wave close to the coast) was digitized. Lower amplitudes were not taken into account because they were common along the coastline. Once the layers of the five images were generated, they were overlapped. The sections with matches in at least three images were defined as the surf zone sections. Finally, the minimum distance from each pole-cable to the nearest surf zone section was measured.

3.3 Distance from the pole-cables to the nearest groyne (DG)

Coastal protection structures alter the hydrodynamic regimes and depositional processes of the coastal zone [53], which can lead to changes in the habitat, composition and distribution of marine species [54]. Thus, the presence of rock groynes in Costa Verde could generate feeding areas preferred by the NECOs. For the calculation of this variable, the minimum distance from each pole-cable to the base of the nearest groyne was measured in ArcGIS.

3.4 Perimeter of the nearest groyne (PG)

The hard substrate of groynes allows many marine organisms to settle [54, 55]. Thus, the larger groynes and whose contour has more contact with the seawater would generate a greater feeding area for the NECOs. For this reason, each pole-cable was assigned the length of the contour (in contact with the seawater) of the nearest groyne.

3.5 Distance from the shoreline to the 7 m isobath (D7)

According to various authors, NECOs have a preference for areas near the coast [28], where they feed in shallow waters close to the shoreline [34, 48, 56]. In Costa Verde, their number on pole-cables could be associated with a preference for shallow marine areas, which are more extensive at a greater distance from the shoreline to the isobaths.

The isobaths of the marine area of Costa Verde were obtained from the digitized nautical chart No. 2237, corresponding to the Miraflores bay [57]. The minimum distance from the shoreline (in front of each pole-cable) to the 7 m isobath was measured in ArcGIS. The choice of this isobath was based on records of the preference of NECOs to feed in waters with depths less than 10 m [35, 58, 59].

3.6 *Transparency of seawater (T)*

In general, seabirds tend to congregate in areas of high prey density [60]. However, its accessibility to these depends on variables such as water clarity [61]. Therefore, possible changes in the transparency of seawater could influence the presence of NECOs on pole-cables in the CPCV highway.

This variable was measured between the months of October 2018 and January 2019 (one measurement per month) on dates coinciding with surveys. These measurements were performed with a Secchi disk from a boat in areas with depths between 5 and 8 m and at an approximate minimum distance of 500 m from the shoreline. The presence of waves prevented going further inshore. Data were taken at the beginning, center and end of transects of 400 m perpendicular to the shoreline, in front of five sections with presence and five sections with absence of NECOs (each section of 15 pole-cables). Finally, the values obtained by transect were averaged, thus obtaining a total of 40 data points of seawater transparency throughout the evaluation period of this variable.

4. Analysis of the spatial distribution and temporal variation of the number of NECOs

Count data were examined to determine NECOs' random or cluster distribution along the CPCV highway and to identify occurrence hotspots. For management purposes, the

number of NECOs was analyzed by district (Callao, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, Miraflores, Barranco and Chorrillos). The district boundaries layer was obtained from the GEO GPS PERÚ website [62].

For each count hour (0600 h, 1000 h, 1400 h and 1800 h), the number of NECOs per pole-cable of all counts was averaged. These averages were processed in ArcGIS to generate maps and define the aggregation “hotspots” of the NECOs. A set of consecutive pole-cables with two or more NECOs on each one was considered as a “hotspot”.

To determine whether the spatial distribution of the NECOs was random or clustered, the Moran spatial autocorrelation measure (global Moran's I) was applied to the averaged data of each count hour using ArcGIS. Likewise, frequency graphs of the number of NECOs per pole-cable and the two-sample Kolmogorov-Smirnov (KS) test (*stats* R package [63]) were used to assess and compare the level of aggregation between count hours.

The temporal variation of the number of NECOs among count hours (0600 h, 1000 h, 1400 h and 1800 h) and among seasons (austral summer, autumn, winter and spring), and their interaction, were analyzed with a generalized linear model (GLM, *stats* R package [64]). Additionally, the correlation between the number of NECOs and the number of Franklin's Gulls (daily maximum number of gulls and NECOs in the CPCV highway) was examined using another GLM (*rstatix* R package), including the year of count as a covariate.

Statistical analyses were performed in R 3.5.1 software [65] with a significance level of $\alpha = 0.05$. The averages are expressed ± 1 SD.

5. Correlations with explanatory variables

Collinearity between five of the six explanatory variables (DS, DSZ, DG, PG and D7) was examined using pairplots (two-way associations) and variance inflation factors (VIF, high-dimensional collinearity, *car* R package [66]). Covariation was assessed using the threshold of 0.65 for correlation coefficient and 3 for VIF. In order to reduce covariation between DG and DS (Pearson correlation, $r = 0.8$), and between DSZ and DS ($r = 0.8$), and based on the fact that both DG and DSZ included the most extra information in relation to DS, new variables were created controlling for DS (DG:DS ratio, DSZ:DS ratio). Because the two created variables were highly correlated ($r = 0.92$), none of them were used in the same model. D7 also showed high correlation in respect to the other variables excepting PG ($r = 0.04$), so it was analyzed separately. Finally, the variables from each set [(DS, DG:DS ratio, PG), (DS, DSZ:DS ratio, PG) and (D7, PG)] showed VIFs lower than 2.

A generalized linear mixed model (GLMM) analysis (*glmmTMB* R package [67]) with a Poisson distribution was conducted for the data of the number of NECOs per pole-cable at 1000 h as the response variable; this count hour was chosen because it registered higher numbers of NECOs during the day and because it was one of the count hours of NECOs' diurnal activity with a higher occupancy of pole-cables. Different models were generated that included the explanatory variables, according to the approach of *ad hoc* hypotheses. The code of the pole was included as a random effect to cope with pseudoreplication since each pole-cable was measured repeatedly during the study period. To account for autocorrelation found in the residuals, a first-order autoregressive (AR1) covariance structure was included, with 'code of the pole + 0' as the design matrix and the date of count as the grouping factor. For each model, non-

significant variables ($p > 0.05$) were excluded and the non-overdispersion assumption was checked. The choice of the most appropriate model was performed through an information-theoretic approach (Akaike information criterion - AIC), taking into account the differences between AIC values (Δ_i) and the Akaike weights (ω_i , [68]).

Unlike the five variables abovementioned, transparency of seawater (T) data were measured by section of the CPCV highway and not by pole-cable. Therefore, the correlation analysis was performed separately, using a logistic regression (logit link function, *stats* R package [69]) with the presence or absence of NECOs on pole-cables as the response variable. For that purpose, on the same day of data collection, the set of 20 pole-cables located perpendicular to each transect was categorized with a value of presence (1) or absence (0) of NECOs.

Correlations and other statistical analyses were performed in R software with a significance level of $\alpha = 0.05$. The averages are expressed ± 1 SD.

V. RESULTS

In the section of the CPCV highway studied, 651 public lighting poles were identified, of which 47% were concentrated in only two districts (Miraflores and Barranco, S1 Table), since more than half of the total length of the CPCV highway corresponds to these districts (6.7 km). Of the total poles, the largest number were single arm (55%) and double arm (40%) poles, and were distributed throughout the six districts. In respect of the groynes, Miraflores held 7 of the 12 that exist throughout Costa Verde, followed by Barranco (three groynes) and Chorrillos (two groynes), while in the other districts, these rocky structures were absent (S1 Table, Fig 1). In addition to the NECOs and Franklin's Gulls, other bird species were present on the pole-cables in smaller numbers during the

study period. In all counts, a daily maximum of 69 Band-tailed Gulls (*Larus belcheri*), 13 Rock Doves (*Columba livia*), 11 Black Vultures (*Coragyps atratus*), five Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) and three Zenaida Doves (*Zenaida sp*) were recorded in the CPCV highway. It must be taken into account that these quantities are minimal since these species could also be present on beaches or other habitats in Costa Verde.

S1 Table. Number and type of lighting poles, length of the highway and number of groynes per district along the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru.

District	Number of poles	Type of pole			Length of the CPCV highway (km)	Number of groynes
		No arm	Single arm	Double arm		
Chorrillos	85	0	71	14	1.0	2
Barranco	105	15	44	46	2.1	3
Miraflores	202	14	97	91	4.6	7
San Isidro	57	0	45	12	0.7	0
Magdalena del Mar	109	0	45	64	2.3	0
San Miguel	93	0	57	36	2.0	0
TOTAL	651	29	359	263	12.7	12

1. Spatial distribution and temporal variation of the number of NECOs

During the entire study period, the average number of NECOs of all the counts in the CPCV highway was 232.4 ± 106.7 individuals. The highest number of NECOs was recorded on November 27, 2019 (457 birds), and the lowest on February 28, 2019 (46 birds, Fig 3). Of the 651 pole-cables present on this highway, only 17% were occupied by at least one NECO, while the rest were always empty. These occupied pole-cables were located only in the districts of Miraflores (78%) and Barranco (22%).

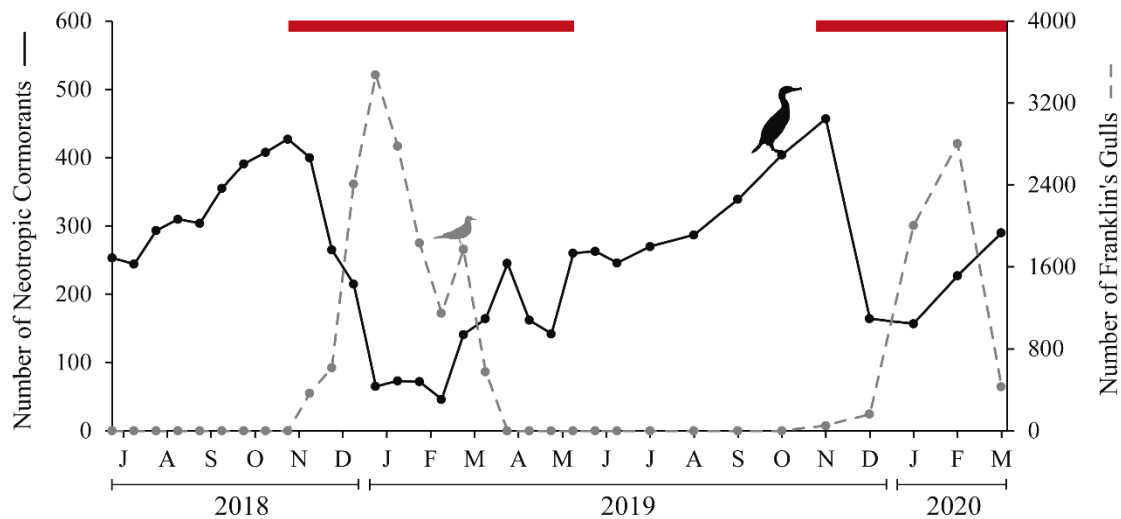


Fig 3. Temporal variation of the daily maximum number of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) and Franklin's Gulls (*Leucophaeus pipixcan*) in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru. The red bars at the top of the graph corresponds to the breeding season of the Neotropic Cormorants, which was defined based on records in two coastal wetlands of the central zone of Peru (Los Pantanos de Villa [70] and El Paraíso [71]) and other studies that describe the duration of the stages of their reproductive cycle in different locations of the Peruvian coast [72-74].

1.1 *Variations in spatial distribution*

The spatial distribution of the NECOs was significantly clustered along the CPCV highway for each of the count hours: 0600 h (global Moran index, $GMI = 0.439$, $z = 11.86$, $p < 0.001$); 1000 h ($GMI = 0.416$, $z = 11.13$, $p < 0.001$); 1400 h ($GMI = 0.41$, $z = 10.97$, $p < 0.001$) and 1800 h ($GMI = 0.438$, $z = 11.83$, $p < 0.001$; Fig 1). At 0600 h and 1800 h, two hotspots were observed, located in Miraflores and Barranco, which gathered 93% of the total number of NECOs (Fig 1). In contrast, at 1000 h and 1400 h, the number of hotspots increased to five (four in Miraflores and one in Barranco) and gathered 84% of the total number of NECOs. The remaining percentage for the four count hours was distributed in other sections of the CPCV highway, in pole-cables with less than two NECOs on average (Fig 1). The differences in the number of hotspots reflect changes in the aggregation of NECOs per pole-cable. This aggregation was significantly different when comparing the count hours with two hotspots (0600 and 1800 h) with respect to the count hours with five hotspots (1000 h and 1400 h; KS test for each of the four paired comparisons, $D \geq 0.036$, $p < 0.001$; Fig 4). At 0600 h and 1800 h, there were higher numbers of NECOs per pole-cable; more than 98% of the NECOs recorded in all counts during the study period (cumulative numbers, $N_{0600\text{ h}} = 6,373$ birds, $N_{1800\text{ h}} = 6,838$ birds) occupied pole-cables up to 22 individuals each (Fig 4A and 4D). In contrast, at 1000 h and 1400 h, more than 96% of these birds (cumulative numbers, $N_{1000\text{ h}} = 7,825$ birds, $N_{1400\text{ h}} = 7,728$ birds) occupied pole-cables with at most 14 individuals each, so the level of aggregation was lower (Fig 4B and 4C).

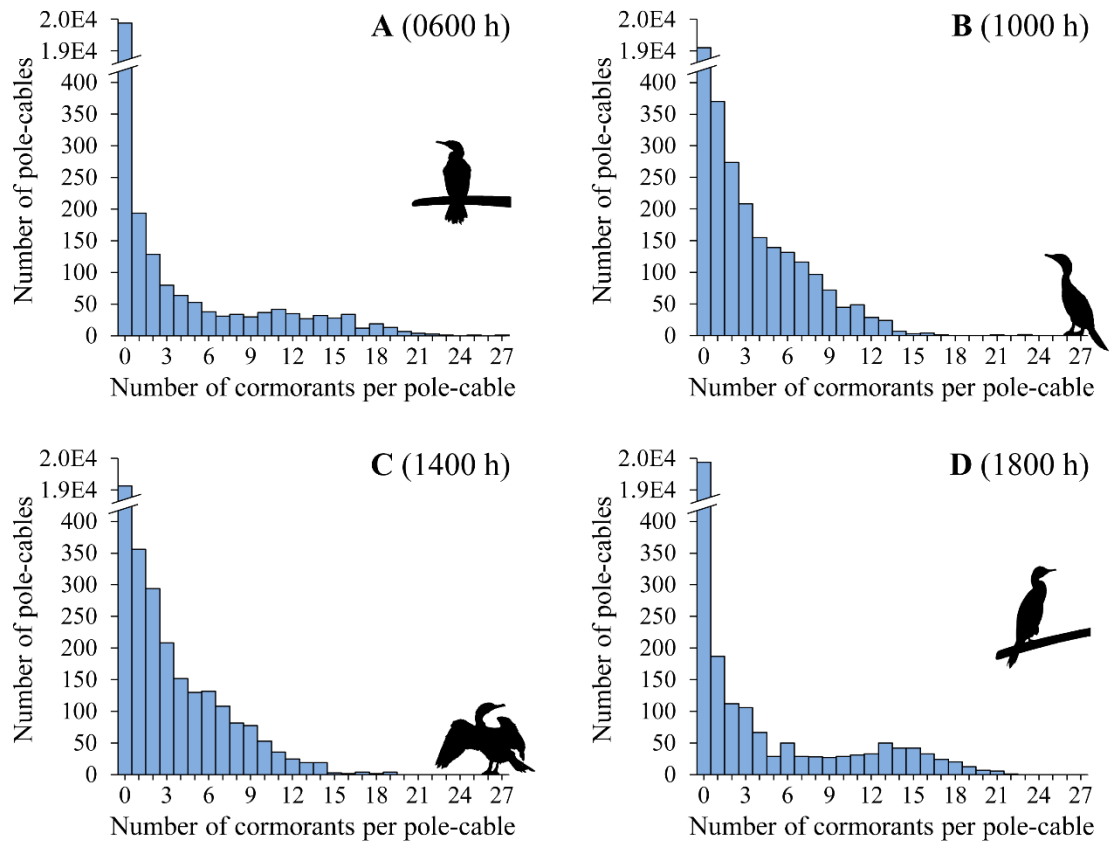


Fig 4. Frequency of the number of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) per pole-cable, recorded from all surveys during the study period in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru. (A) 0600 h. (B) 1000 h. (C) 1400 h. (D) 1800 h.

1.2 Temporal variation

The number of NECOs in the CPCV highway varied significantly between count hours within the same day (GLM, $F_3 = 3.46$, $p = 0.019$), with the highest numbers of these birds at 1000 h (251.1 ± 110.7 individuals) and at 1400h (248.4 ± 111.6 individuals, Fig 5). On the other hand, the variation in the number of NECOs between seasons was also significant (GLM, $F_3 = 62.56$, $p < 0.001$; Fig 5). In austral spring (Sep - Nov), a greater number of birds was observed in both 2018 and 2019. In summer (Jan - Feb) of 2019, the number of NECOs was the lowest recorded during the study period (Fig 3). The

interaction between count hour and season was not significant (GLM, $F_9 = 0.15$, $p = 1$), showing that the differences in the number of NECOs between count hours were maintained regardless of the season of the year (Fig 5).

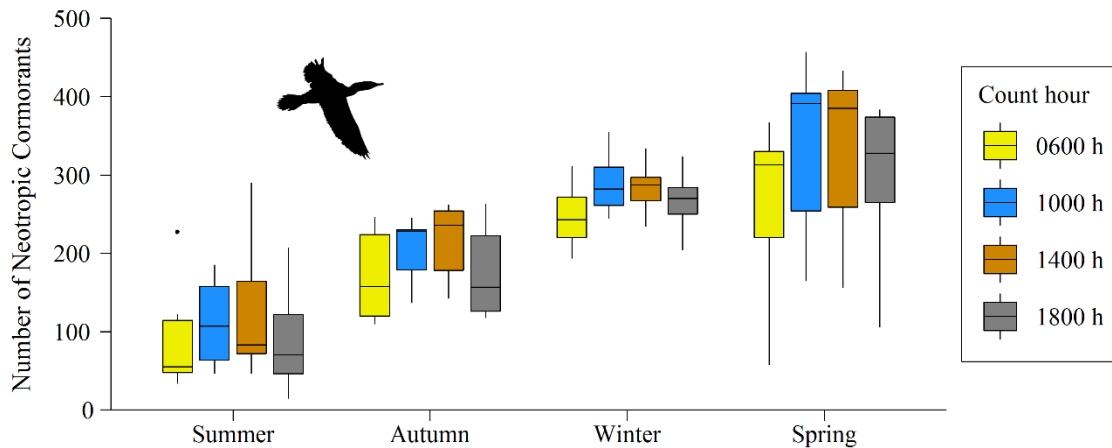


Fig 5. Temporal variation of the number of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) by count hour and season of the year in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru.

Franklin's Gulls showed a typical pattern of a boreal migratory species. These birds were absent from the CPCV highway in the winter of 2018 and in the autumn and winter of 2019 (Fig 3). The first individuals began to appear in late November in both years, reaching peaks of 3,475 and 2,804 individuals during the summer (Jan - Mar) of 2019 and 2020, respectively. There was a significant inverse correlation between the number of NECOs and Franklin's Gulls (GLM, $F_{1,30} = 19.79$, $p < 0.001$), with this relationship being similar between the period 2018-2019 and the period 2019-2020 (GLM, $F_{1,30} = 1.98$, $p = 0.17$, Fig 3). It should be noted that during the study period, the presence of Franklin's Gulls was recorded on more than 90% of the pole-cables that were once occupied by a NECO (N = 111).

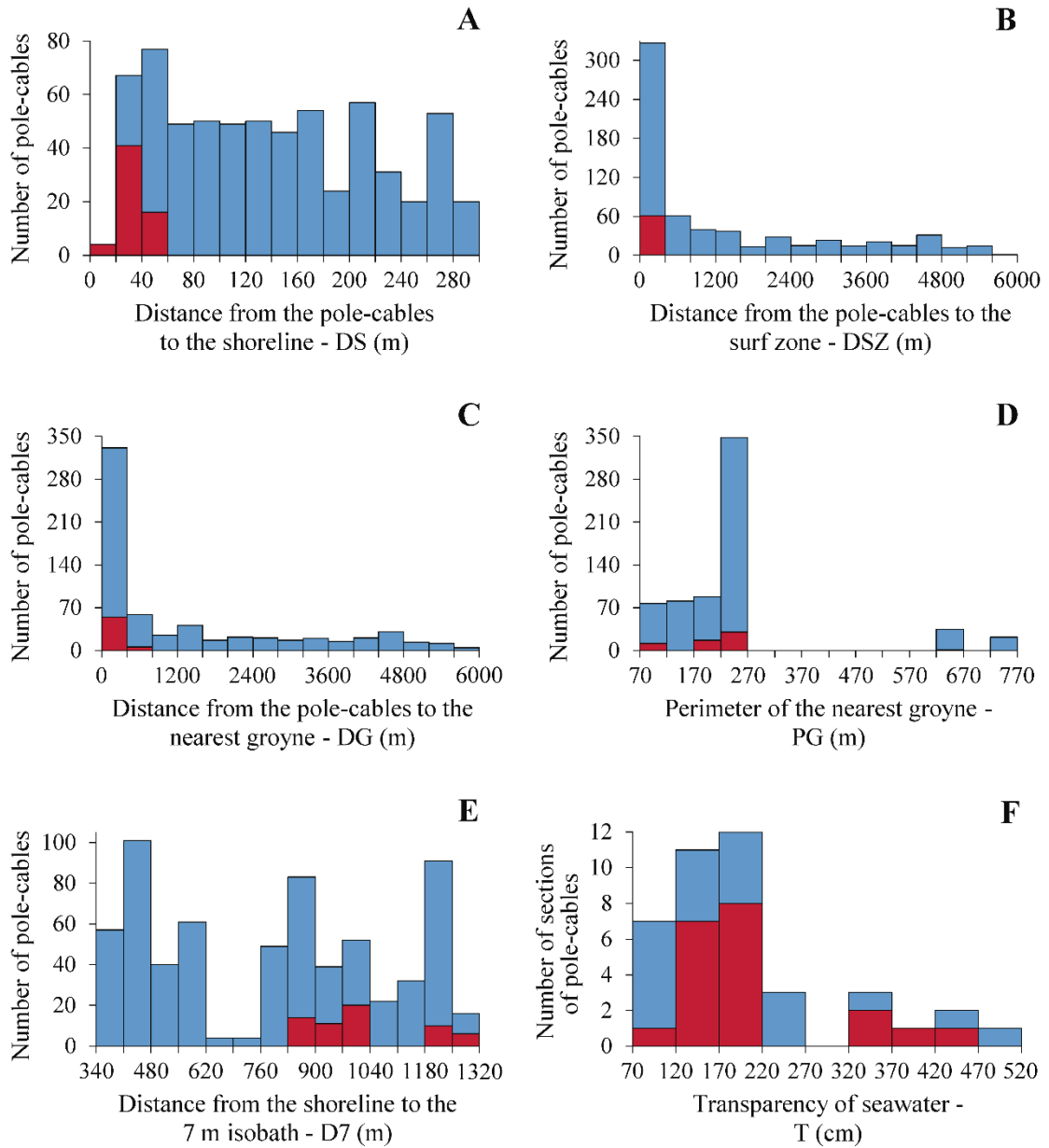
2. Correlations with explanatory variables

The distances from the pole-cables to the shoreline (DS) ranged from 16 m to 290 m (Table 1), but the NECOs were located only in pole-cables at distances <60 m (Figure A in S1 File). The distances from the pole-cables to the surf zone (DSZ) presented a distribution very similar to the distances from the pole-cables to the nearest groyne (DG), with 50% of the data included between 18 and 400 m in both cases, and with NECOs perched on pole-cables at distances up to 280 m (DSZ, Figure B in S1 File) and 490 m (DG, Figure C in S1 File). On the other hand, 91% of the pole-cables were located near groynes with a perimeter between 87 and 270 m; the groynes of the remaining percentage (9%) had a perimeter greater than 635 m (Figure D in S1 File). The distance from the shoreline to the 7 m isobath (D7) had a multimodal behavior, with most of the values at approximately 445, 865 and 1215 m; in addition, almost 75% (N = 45) of the pole-cables occupied by NECOs were located in front of distances (D7) between 830 and 995 m, and the rest (N = 16 pole-cables) from 1195 m onwards (Figure E in S1 File). Finally, the transparency of seawater data (T) ranged from 74 cm to 515 cm depth (Table 1) and were distributed asymmetrically to the right, with 75% of the values between 74 and 208 cm depth (Figure F in S1 File); the T values associated with sections of the CPCV highway with presence of NECOs were also skewed to the right (Figure F in S1 File).

Table 1. Descriptive statistics of the variables used to explain the spatial distribution of the Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru.

Variable	N	Mean \pm SD	Range	Median
DS (m)	651	138.7 \pm 79.9	15.8 - 289.6	132.3
DSZ (m)	651	1297.9 \pm 1600.7	18.5 - 5615.8	396.5
DG (m)	651	1349.5 \pm 1640.3	20.1 - 5719.3	386.7
PG (m)	12	259.8 \pm 201.6	87.4 - 747.8	196.6
D7 (m)	651	796.6 \pm 295.8	349.7 - 1254.6	843.9
T (cm)	40	200.4 \pm 104.4	74.0 - 514.3	172.5

DS: distance from the pole-cables to the shoreline, DSZ: distance from the pole-cables to the surf zone, DG: distance from the pole-cables to the nearest groyne, PG: perimeter of the groyne, D7: distance from the shoreline to the 7 m isobath, T: transparency of seawater.



S1 File. Frequency distributions of the number of pole-cables used (red bars) or not used (blue bars) by Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) at 1000 h in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru. (A) Distance from the pole-cables to the shoreline. (B) Distance from the pole-cables to the surf zone. (C) Distance from the pole-cables to the nearest groyne. (D) Perimeter of the nearest groyne. (E) Distance from the shoreline to the 7 m isobath. (F) Transparency of seawater.

According to the Akaike’s information-theoretic approach, the models with individual variables had relatively high AIC values compared to the other models (Table 2), so they could not explain by themselves the spatial distribution of the NECOs in the CPCV highway. In contrast, the best model with lower AIC was M5 (DS [distance to shoreline] + DSZ:DS ratio [distance to surf zone:distance to shoreline ratio] + PG [perimeter of nearest groyne]; Table 2). The other proposed models presented AIC values differences greater than 2 with respect to the M5 model, so they were not taken into account. Additionally, the M5 model was given a higher Akaike weight ($\omega_i = 0.67$) compared to the other models (Table 2), which reaffirms its choice.

Table 2. Poisson generalized linear mixed models to explain the spatial distribution of the Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru.

Model	Description of the model	AIC	Δ_i	ω_i
M5	DS + DSZ:DS ratio + PG	9861.3	0.0	0.67
M4	DS + DG:DS ratio	9864.2	2.9	0.15
M6	DS + DSZ:DS ratio	9864.3	3.0	0.15
M1	DS	9867.7	6.4	0.03
M2	DSZ:DS ratio	10046.8	185.5	0.0
M3	D7	10048.1	186.8	0.0

AIC: Akaike values, Δ_i : Akaike values differences, ω_i : Akaike weights, DS: distance from the pole-cables to the shoreline, DSZ: distance from the pole-cables to the surf zone, DG: distance from the pole-cables to the nearest groyne, PG: perimeter of the nearest groyne, D7: distance from the shoreline to the 7 m isobath.

According to the chosen model, the number of NECOs per pole-cable was significantly negatively related to DS (Poisson GLMM, $\beta = -0.174 \pm 0.017$ SE, $z = -10.38$, $p < 0.001$), and to DSZ:DS ratio ($\beta = -0.247 \pm 0.099$ SE, $z = -2.497$, $p = 0.013$; S2 Table). On the other hand, PG had also a significant but weak negative effect on the number of NECOs per pole-cable compared to the other variables ($\beta = -0.003 \pm 0.002$ SE, $z = -2.229$, $p = 0.026$; S2 Table). It should be mentioned that, as a result of having created DSZ:DS ratio as a new variable to meet the assumption of non-collinearity, it remained highly correlated in respect to DSZ ($r = 0.95$, $p < 0.001$).

S2 Table. Statistical results of the fixed effects of the Poisson model: DS + DSZ:DS ratio + PG, better selected to explain the spatial distribution of the Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in the Circuito de Playas de la Costa Verde highway in Lima, Peru.

	β estimate	Standard error	z value	p value
Intercept	5.965	0.951	6.274	< 0.001
DS	-0.174	0.017	-10.38	< 0.001
DSZ:DS ratio	-0.247	0.099	-2.497	0.013
PG	-0.003	0.002	-2.229	0.026

DS: distance from the pole-cables to the shoreline, DSZ: distance from the pole-cables to the surf zone, PG: perimeter of the nearest groyne.

The correlation between the presence of NECOs on pole-cables and the transparency of seawater (T) was not significant (Logistic regression, χ^2 Wald = 0.11, $p = 0.74$).

VI. DISCUSSION

Our results show that hundreds of NECOs congregate on pole-cables in a maximum of five hotspots along the CPCV highway, in the districts of Miraflores and Barranco.

1. Presence of NECOs in the CPCV highway

In the coast of Peru, NECOs frequently occupy areas with artificial structures where they can perch and reproduce, such as metal beams under docks [75], metal ladders for access to breakwaters [25], wooden winches (structures to support pulleys) [31, 76], beams of load in ports [25], and public lighting poles [27]. They are also found in parks [77] and wetlands [32]. The presence of NECOs in Costa Verde is not a recent event, and their persistence through years could be explained by the implementation of urban projects in Metropolitan Lima, including its coastal strip [78]. The construction of vehicular roads and touristic-recreational infrastructure has favored that these birds use structures such as pole-cables along the CPCV highway for resting [27]. Also, this permanency of the NECOs in Costa Verde suggests that the features of the Miraflores bay favor the presence of different prey from which these birds feed. It should be noted that possibly part of the population of NECOs has been displaced from nearby natural environments such as Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla (wetlands), Isla El Frontón and Isla San Lorenzo (islands), probably due to food shortage or loss of their habitat.

2. Number of NECOs in the CPCV highway

The daily number of NECOs recorded in the CPCV highway during the study period ranged between 46 and 457 individuals. NECOs are also present in different guano islands and headlands along the coast of Peru, where the number of birds in 11 of these

locations rarely exceeds 400 individuals (e.g., [75, 76, 79-81]). For example, between 1990 and 2016, the population of NECOs recorded in Islas Lobos de Afuera and Punta Salinas varied to a maximum of 450 and 472 birds, respectively [79, 82]. These numbers are very similar to those found in this study, which suggests that the CPCV highway colony is representative.

While the daily variations in the number of NECOs in the CPCV highway may respond to diurnal activity patterns related to their foraging behavior, its seasonal variations may be linked to their annual life cycle. The greatest numbers of NECOs on the pole-cables were found between mid-morning and mid-afternoon, suggesting that these birds spend most of the day on these structures resting or in plumage maintenance and drying activities [83-85]. Unlike other colonies [41, 83, 84], in the CPCV highway most of the NECOs kept roosting on the pole-cables during the nighttime. It is possible that a low percentage of these birds moved to other overnight places nearby the CPCV highway (e.g., boat structures in the Chorrillos dock), which could explain their lower number recorded at dawn and dusk. The marked variations in the number of NECOs between seasons in the CPCV highway seem to respond to the phenology of its annual life cycle. Low numbers of birds were recorded from the end of austral spring to the beginning of autumn, which corresponds to their breeding season in the central zone of the Peruvian coast [70, 71]. In addition, adult individuals with reproductive plumage were observed in the CPCV highway in November 2018 and December 2019, as well as several juveniles from November 2019 to March 2020 as a result of a possible good reproduction in 2019. The gradual increase of NECOs from the month of March onwards may be related to a progressive arrival of juveniles and adults from their breeding sites, as happens in other regions [41]. It is important to mention that one of these sites closest to Costa Verde is

the wetland Pantanos de Villa [70], located 7-14 km away, so it is completely feasible that the birds of the CPCV highway move to that area and vice versa. The seasonal variations in the number of NECOs have also been observed in colonies of other regions, but with a different phenology [41, 84, 86, 87]. Another nonmutually excluding hypothesis that explains the seasonal variation in the number of NECOs in the CPCV highway is the strong inverse relationship with the number of Franklin's Gulls. These boreal migratory seabirds arrive at the CPCV highway in mid-November, reaching a peak of 3,475-2,804 individuals between December and March, months in which the number of NECOs decreases considerably. Franklin's Gulls make extensive use of pole-cables and occupy different sections of the CPCV highway, including those with presence of NECOs. Thus, there could be competition between both species for perching space on pole-cables.

3. Variables related to the distribution patterns of the NECOs in the CPCV highway

This study has shown that higher numbers of NECOs on pole-cables were closely related to a shorter distance from their perching sites to the shoreline. In other regions, the preference of these birds to perch in structures close to coastal and freshwater bodies has also been reported [40, 41, 88]. In the case of the CPCV highway, the 13 m-high lighting poles located between 15 and 60 m from the shoreline would offer the NECOs the best vantage points towards the sea. This, in turn, could favor the detection of feeding opportunities through the observation of other congeners or other predators that feed at sea [89, 90]. Because NECOs feed near their colonies (<2.5 km, [35]), their position on the pole-cables would make it possible to visualize much of the range of their feeding areas.

The high and positive linear correlation between DSZ:DS ratio and DSZ allows a clearer interpretation of the results. In this sense, closer distances from the pole-cables to the surf zone were associated with higher numbers of NECOs on these perching structures. This behavior could be because these areas are characterized by being quite biodiverse and promoting fish concentration [51, 91]. In fact, during the development of the study, some NECOs were observed swimming and diving among the waves of the surf zone, which agrees with previous observations in Costa Verde [42].

4. Eco-friendly proposals for managing the environmental problem

Besides possible public health problems, traffic accidents or corrosion damage to vehicles and infrastructure, it has been evidenced throughout the study period that the feces of the NECOs do generate discomfort to people, esthetic problems (white spots of excrement on the road and sidewalk) and pestilence, as occurs in coastal cities of Chile [26]. These facts highlight the importance of proposing solutions to this environmental problem.

On the basis of the strategies to limit the interaction between cormorants and fishing activities [92], some of these could be adapted to the case of the NECOs in the CPCV highway. These strategies range from nonlethal deterrent methods to direct hunting. In some regions, the application of the latter to reduce populations of NECOs has been considered as a noneffective method [22, 93]. On the other hand, the use of nonlethal deterrents, such as sound stressors (e.g, sound-emitting bird scarers, noise-making devices such as cannons, guns and fireworks), has led to a habituation of the NECOs, and therefore to a null effectiveness [26, 93]. It should be mentioned that neither direct poaching nor noise-making devices (projectiles) would be adequate for the CPCV

highway due to the possibility of harming people and because their application would be unethical. Visual stressors, such as silhouettes that emulate their predators, may also not be effective since no predators of this species are known in Costa Verde. The installation of perch deterrents (e.g., steel spikes, steel inverted-Y structures, dented triangular structures) on the lighting poles could reduce the perching activity of the NECOs, as has been reported with birds of prey in electrical transmission lines [94, 95] and with cormorants and gulls in oyster cages in Canada [96]. Nevertheless, experiences with NECOs on lighting poles on the coastal edge of the city of Antofagasta, Chile, have shown that this species rests without difficulty on these spikes and even bends them [26]. Taking into consideration both the preference of the NECOs to settle in areas near the shoreline and the surf zone, and the fact that in Costa Verde the nearest distances between the surf zone and the groynes are relatively short (range from 0 to 154 m), we propose the construction of structures with multiple perches located on the groynes, so as not to interfere with the activities of people on the beaches and let their feces fertilize the sea [97]. Simultaneously, decoys and vocalizations could be used to attract the NECOs to the new structures, which is effective for various seabird species [98, 99].

VII. CONCLUSIONS

This study is the first to elucidate the factors that influence the spatial distribution of a seabird species in coastal urban areas in Peru. The presence of NECOs on pole-cables is not unnoticed in Costa Verde since their droppings fall into the road, cars, sidewalks and passers-by, causing discomfort, pestilence and esthetic problems (white spots of excrement on the road and sidewalks). Despite these negative effects, the nuisance has not escalated to municipal action yet. However, with the development of new urban

projects in Costa Verde (e.g., on February 27, 2020, an additional northern section of 2.7 km of the CPCV highway was inaugurated), the information of this research becomes increasingly relevant for better planning and reduction of conflicts between NECOs and people. The best management proposal that is offered based on the results of this study is to discourage these birds from using the poles and cables of the CPCV highway and at the same time relocate them to new perching structures on nearby groynes. It is recommended to continue with the monthly monitoring of the number of NECOs in the CPCV highway, studies of characterization of microbiota in their excrements, and pilot projects to evaluate the aforementioned management proposals. Likewise, it is important to update and increase the physical-environmental studies in Costa Verde in order to have a better understanding of this coastal ecosystem and its dynamics.

VIII. REFERENCES

1. Neumann B, Ott K, Kenchington R. Strong sustainability in coastal areas: A conceptual interpretation of SDG 14. *Sustain Sci.* 2017;12: 1019-1035. doi: 10.1007/s11625-017-0472-y
2. Dias MP, Martin R, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, et al. Threats to seabirds: A global assessment. *Conserv Biol.* 2019;237: 525-537. doi: 10.1016/j.biocon.2019.06.033
3. Croxall JP, Butchart SHM, Lascelles B, Stattersfield AJ, Sullivan B, Symes A, et al. Seabird conservation status, threats and priority actions: A global assessment. *Bird Conserv Int.* 2012;22(1): 1-34. doi: 10.1017/s0959270912000020
4. BirdLife International. *State of the world's birds: Taking the pulse of the planet.* Cambridge: BirdLife International; 2018.

5. Pedrocchi V, Oro D, González-Solís J, Ruiz X, Jover LI. Differences in diet between the two largest breeding colonies of Audouin's Gulls: The effects of fishery activities. *Sci Mar*. 2002;66(3): 313-320.
6. González D, Marinao C, Yorio P. Importancia de los descartes pesqueros en la dieta de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en el Golfo San Jorge, Patagonia. *Ornitol Neotrop*. 2017;28: 103-111.
7. Sherley RB, Ladd-Jones H, Garthe S, Stevenson O, Votier SC. Scavenger communities and fisheries waste: North Sea discards support 3 million seabirds, 2 million fewer than in 1990. *Fish Fish*. 2019;00: 1-14. doi: 10.1111/faf.12422
8. Giaccardi M, Yorio P & Lizurume ME. Patrones estacionales de abundancia de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en un basural patagónico y sus relaciones con el manejo de residuos urbanos y pesqueros. *Ornitol Neotrop*. 1997;8: 77-84.
9. Silva MP, Bastida R, Darrieu C. Dieta de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitol Neotrop*. 2000;11: 331-339.
10. Roby DD, Collis K, Lyons DE, Craig DP, Adkins JY, Myers AM, et al. Effects of colony relocation on diet and productivity of Caspian Terns. *J Wildl Manage*. 2002;66(3): 662-673. doi: 10.2307/3803132
11. Weitzman J, Steeves L, Bradford J, Filgueira R. Far-field and near-field effects of marine aquaculture. In: Sheppard C, editor. *World seas: An environmental evaluation*. 2nd ed. Vol. III: Ecological issues and environmental impacts. Academic Press; 2019. pp. 197-220. doi: 10.1016/B978-0-12-805052-1.00011-5
12. Furness RW, Monaghan P. *Seabird ecology*. 1st ed. Glasgow and London: Blackie; 1987.

13. Contreras AJ, Tejeda AG, García JA. Las aves como plaga, controles y manejo. *Ciencia UANL*. 2003;6(1): 93-98.
14. Diel DG, Miller PJ, Wolf PC, Mickley RM, Musante AR, Emanuelli DC, et al. Characterization of Newcastle disease viruses isolated from cormorant and gull species in the United States in 2010. *Avian Dis*. 2012;56(1): 128-133. doi: 10.1637/9886-081111-reg.1
15. Mukerji S, Stegger M, Truswell AV, Laird T, Jordan D, Abraham RJ, et al. Resistance to critically important antimicrobials in Australian Silver Gulls (*Chroicocephalus novaehollandiae*) and evidence of anthropogenic origins. *J Antimicrob Chemother*. 2019;74: 2566-2574. doi: 10.1093/jac/dkz242
16. Franklin AB, Ramey AM, Bentler KT, Barrett NL, McCurdy LM, Ahlstrom CA, et al. Gulls as sources of environmental contamination by colistin-resistant bacteria. *Sci Rep*. 2020;10: 4408. doi: 10.1038/s41598-020-61318-2
17. Mallory ML, Mahon L, Tomlik MD, White C, Milton GR, Spooner I. Colonial Marine birds influence island soil chemistry through biotransport of trace elements. *Water Air Soil Pollut*. 2015;226: 31. doi: 10.1007/s11270-015-2314-9
18. Belant JL. Gulls in urban environments: Landscape-level management to reduce conflict. *Landscape Urban Plan*. 1997;38: 245-258. doi: 10.1016/s0169-2046(97)00037-6
19. Rock P. Urban gulls: Problems and solutions. *Br Birds*. 2005;98: 338-355.
20. Sodhi NS. Competition in the air: Birds versus aircraft. *Auk*. 2002;119(3): 587-595. doi: 10.2307/4089960
21. Kitowski I. Civil and military birdstrikes in Europe: An ornithological approach. *J Appl Sci*. 2011;11(1): 183-191. doi: 10.3923/jas.2011.183.191

22. Guevara EA, Santander T, Mueces T, Terán K, Henry P. Population growth and seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at highland lakes in Ecuador. *Waterbirds*. 2011;34(4): 499-503. doi: 10.1675/063.034.0413
23. Burr PC, Avery JL, Street GM, Strickland BK, Dorr BS. Piscivorous bird use of aquaculture and natural water bodies in Mississippi. *J Wildl Manage*. 2020; 1-10. doi: 10.1002/jwmg.21948
24. Marzano M, Carss DN, Cheyne I. Managing European cormorant-fisheries conflicts: Problems, practicalities and policy. *Fish Manag Ecol*. 2013;20(5): 401-413. doi: 10.1111/fme.12025
25. Chamorro A, Contreras C, Raschio G. Evaluación rápida del ecosistema marino desarrollado en la zona de carga de la Planta Pampa Melchorita de Perú LNG. Report. Lima: Ecosystem Services LLC; 2014 Jul. Available from: <http://hdl.handle.net/1834/8420>
26. Guerra-Correa C, Guerra-Castro Ch, Páez-Godoy J. Diagnóstico, plan de seguimiento y control de cormorán yeco (*Phalacrocorax brasilianus*) en la ciudad de Antofagasta. Report. Chile: Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental, Universidad de Antofagasta; 2013. Available from: <http://yecoproyecto.wix.com/yeco#!documentos>
27. Majluf P (Fundación Cayetano Heredia, Lima). Identificación de ecosistemas y servicios ecosistémicos dentro del ámbito de la Costa Verde. Report. Lima: Centro para la Sostenibilidad Ambiental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2014 Jul. Proceso de Selección N° 002-2014-MML-APCV-GA/AA. Available from: <http://hdl.handle.net/1834/8419>

28. Murphy RC. Oceanic birds of South America: A study of species of the related coasts and seas, including the American quadrant of Antarctica, based upon the Brewster-Sanford collection in the American Museum of Natural History. Vol. II. New York: The Macmillan Company, The American Museum of Natural History; 1936. doi: 10.5962/bhl.title.11916
29. Orta J. Family Phalacrocoracidae (cormorants). In: Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, editors. Handbook of the birds of the world. Vol. 1: Ostrich to ducks. Barcelona: Lynx Edicions; 1992. pp. 326-353.
30. Tovar H. Áreas de reproducción y distribución de las aves marinas en el litoral peruano. Bol Inst Mar Perú. 1968;1(10): 524-546.
31. Tovar H, Cabrera D. Conservación y manejo de aves guaneras. Lima: Asamblea Nacional de Rectores, Universidad Nacional Agraria La Molina; 2005.
32. Barrio J, Guillén C. Aves de los humedales de la costa peruana. 1st ed. Lima: Corbidi; 2014.
33. Goodall JD, Johnson AW, Philippi RA. Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres. Buenos Aires: Platt Establecimientos Gráficos; 1951.
34. Coker RE. Habits and economic relations of the guano birds of Peru. Proc US Nat Mus. 1919;56(2298): 449-529. doi: 10.5479/si.00963801.56-2298.449
35. Quintana F, Yorio P, Lisnizer N, Gatto A, Soria G. Diving behavior and foraging areas of the Neotropic Cormorant at a marine colony in Patagonia, Argentina. Wilson Bull. 2004;116(1): 83-88. doi: 10.1676/0043-5643(2004)116[0083:DBAFAO]2.0.CO;2

36. Fagan J, Komar O. Peterson field guide to birds of Northern Central America: Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras. New York: Houghton Mifflin Harcourt; 2016.
37. Muñoz J, Marín G, Andrade J, Alzola R. Notas sobre la dieta de la cotúa olivácea (*Phalacrocorax olivaceus*) en una laguna marino-costera de la Península de Araya, Venezuela. *Saber*. 2008;20(2): 253-258.
38. Petracci PF, Cereghetti J, Martín J, Obed YS. Dieta del biguá (*Phalacrocorax olivaceus*) durante la primavera en el estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *Hornero*. 2009;24(2): 73-78.
39. Muñoz-Gil J, Marín-Espinoza G, Andrade-Vigo J, Zavala R, Mata A. Trophic position of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*): Integrating diet and stable isotope analysis. *J Ornithol*. 2012;154: 13-18. doi: 10.1007/s10336-012-0863-x
40. Morrison ML, Douglas R, Shanley Jr E. Age and foraging ability relationships of Olivaceous Cormorants. *Wilson Bull*. 1978;90(3): 414-422. doi: 10.2307/4161091
41. Barquete V, Vooren CM, Bugoni L. Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *Hornero*. 2008;23(1): 15-22.
42. Koepcke M. Corte ecológico transversal en los Andes del Perú central con especial consideración de las aves. Parte I: Costa, Vertientes occidentales y Región altoandina. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1954.
43. Castillo R (Convenio Autoridad del Proyecto Costa Verde (APCV) - Instituto Metropolitano de Planificación (IMP), Lima). Plan maestro de desarrollo de la Costa Verde 1995-2010. Vol. A, D. Report. Lima: Municipalidad Metropolitana de

- Lima; 1995 Aug. Acuerdo de Consejo No. 079 APCV. Available from:
<http://www.apcvperu.gob.pe/index.php/plan-maestro>
44. Verdugo C, Pinto A, Ariyama N, Moroni M, Hernandez C. Molecular identification of avian viruses in Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in Chile. J Wildl Dis. 2019;55(1): 105-112. doi: 10.7589/2017-10-256
45. Contreras A, Gómez-Martín A, Paterna A, Tatay-Dualde J, Prats-Van Der Ham M, Corrales JC, et al. Papel epidemiológico de las aves en la transmisión y mantenimiento de zoonosis. Rev Sci Tech. 2016;35(3): 845-862. doi: 10.20506/rst.35.3.2574
46. Banse T. Cormorants are protected. But their poop is corroding a bridge across the Columbia River. KUOW Public Radio. 2019 Jun 12 [Cited 2020 Feb 12]. Available from: <https://www.kuow.org/stories/cormorants-flock-by-the-thousands-to-a-columbia-river-bridge-where-they-re-unwanted>
47. Frankowicz K. On the Astoria Bridge, a cormorant kingdom grows. Thousands of birds at home on the span. The Astorian. 2019 May 31 [Cited 2019 Nov 1]. Available from: https://www.dailyastorian.com/news/local/on-the-astoria-bridge-acormorant-kingdom-grows/article_97d11218-823b-11e9-99f7-af1fcb15e4ee.html
48. Casaux RJ, Di Prinzio CY, Bertolin ML, Tartara MA. Diet of the Neotropic Cormorant *Phalacrocorax olivaceus* at West Chubut, Patagonia, Argentina. Waterbirds. 2009;32(3): 444-449. doi: 10.1675/063.032.0310
49. Esri Inc. ArcGIS Desktop. Version 10.5 [software]. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute; 2016. Available from: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>

50. Dally WR. Surf zone processes. In: Finkl CW, Makowski C, editors. Encyclopedia of coastal science. Living ed. Encyclopedia of earth sciences series. Cham: Springer; 2018. doi: 10.1007/978-3-319-48657-4_306-2
51. McLachlan A, Defeo O. The ecology of sandy shores. 3rd ed. London: Academic Press; 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-809467-9.00010-2
52. Google LLC. Google Earth Pro. Version 7.3 [software]. Mountain View, California: Google LLC; 2019. Available from: <https://www.google.es/earth/versions/>
53. Martin D, Bertasi F, Colangelo MA, de Vries M, Frost M, Hawkins SJ, et al. Ecological impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna: Evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coast Eng.* 2005;52(10-11): 1027-1051. doi: 10.1016/j.coastaleng.2005.09.006
54. Dugan JE, Airoidi L, Chapman MG, Walker SJ, Schlacher T. Estuarine and coastal structures: Environmental effects, a focus on shore and nearshore structures. In: Wolanski E, McLusky D, editors. *Treatise on estuarine and coastal science*. Vol. 8: Human-induced problems (uses and abuses). London: Academic Press; 2011. pp. 17-41. doi: 10.1016/B978-0-12-374711-2.00802-0
55. Anton IA, Panaitescu M, Panaitescu F-V, Ghiță S. Impact of coastal protection systems on marine ecosystems. *E3S Web Conf.* 2019;85: 07011. doi: 10.1051/e3sconf/20198507011
56. Morrison ML, Shanley Jr E, Slack RD. The food of nestling Olivaceous Cormorants. *Southwest Nat.* 1977;22(3): 321-326. doi: 10.2307/30054799

57. Marina de Guerra del Perú, Dirección de Hidrografía y Navegación. Bahía Miraflores [nautical chart]. Callao: Marina de Guerra del Perú; 2013. Available from: <https://www.dhn.mil.pe/vemana/index.php?cat=Productos>
58. Duffy DC, Wilson RP, Wilson M-P, Velasquez C. Plunge-diving by Olivaceous Cormorants in Chile. *Wilson Bull.* 1986;98(4): 607-608.
59. Gatto A, Quintana F, Yorio P. Feeding behavior and habitat use in a waterbird assemblage at a marine wetland in Coastal Patagonia, Argentina. *Waterbirds.* 2008;31(3): 463-471. doi: 10.1675/1524-4695-31.3.463
60. Shealer DA. Foraging behavior and food of seabirds. In: Schreiber EA, Burger J, editors. *Biology of marine birds.* 1st ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2001. pp. 137-177. doi: 10.1201/9781420036305
61. Henkel LA. Effect of water clarity on the distribution of marine birds in nearshore waters of Monterey Bay, California. *J Field Ornithol.* 2006;77(2): 151-156. doi: 10.1111/j.1557-9263.2006.00035.x
62. Instituto Geográfico Nacional. Base de datos Perú - shapefile - *.shp - MINAM - IGN - límites políticos: Límite distrital [Internet]. Lima: GEO GPS PERÚ E.I.R.L.; c2019 [cited 2019 Mar 19]. Available from: <https://www.geogpsperu.com/2014/03/base-de-datos-peru-shapefile-shp-minam.html>
63. Marsaglia G, Tsang WW, Wang J. Evaluating Kolmogorov's distribution. *J Stat Softw.* 2003;8(18): 1-4. doi: 10.18637/jss.v008.i18
64. Chambers JM, Freeny AE, Heiberger RM. Analysis of variance; designed experiments. In: Chambers JM, Hastie TJ, editors. *Statistical models in S.* Pacific Grove (CA): Wadsworth & Brooks/Cole; 1992. pp. 145-193.

65. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing and graphics. Version 3.5.1 [software]. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing; 2018. Available from: <https://www.r-project.org/>
66. Fox J, Weisberg S. An R companion to applied regression. 3rd ed. Thousand Oaks (CA): Sage; 2018.
67. Brooks ME, Kristensen K, van Benthem KJ, Magnusson A, Berg CW, Nielsen A, et al. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *R J.* 2017;9(2): 378-400. doi: 10.3929/ETHZ-B-000240890
68. Burnham KP, Anderson DR. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. 2nd ed. New York: Springer; 2002. doi: 10.1007/b97636
69. Venables WN, Ripley BD. Modern applied statistics with S. 4th ed. Statistics and Computing series. New York: Springer; 2002. doi: 10.1007/978-0-387-21706-2
70. Amaro L, Goyoneche G. Anidación de aves en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa 2007-2009, Lima-Perú. *The Biologist (Lima).* 2017;15(1): 155-171. doi: 10.24039/rtb2017151151
71. Quiñonez AS, Hernandez F. Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Rev Peru Biol.* 2017;24(2): 175-186. doi: 10.15381/rpb.v24i2.13494
72. Galarza N. Informe sobre estudios ornitológicos realizados en el laboratorio de La Puntilla (Pisco) en setiembre de 1965/66. Report. Lima: Instituto del Mar del

- Perú; 1968 Sep. Serie de Informes Especiales N° IM-31. Available from:
<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1461>
73. Johnsgard PA. Cormorants, darters and pelicans of the world. 1st ed. Washington DC: Smithsonian Institution Press; 1993.
74. Stucchi M, Figueroa J, Mori G, Flores F. Revisión y actualización de la avifauna de las islas Lobos de Afuera (Perú). Bol Inf UNOP. 2011;6(1): 14-27.
75. Figueroa J, Roca M, Torres D, Guillermo E, Paredes F, Barraza D. Caracterización de la fauna terrestre: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Coles (Moquegua). 1st ed. Lima: SERNANP; 2016. pp. 13-114.
76. Figueroa J, Guillermo E, Álvarez A, Ipanaqué M, Hernández W, Valdivia L. Caracterización de la fauna terrestre de la isla Don Martín: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islote Don Martín (Lima). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 9-111.
77. Carazas N, Salazar R, Podestá J. Avifauna silvestre del Parque de las Leyendas, Lima, Perú. The Biologist (Lima). 2019;17(1): 19-30. doi: 10.24039/rtb2019171289
78. Castillo RF. La planificación urbana de Lima-Callao 1949-2013: Del urbanismo funcionalista a la planificación del desarrollo urbano sostenible. Paideia XXI. 2013;3(4): 20-32. doi: 10.31381/paideia.v3i4.925

79. Figueroa J, Llica M, Ordoñez J, Chugnas L, Salinas V, Flores H, et al. Caracterización de la fauna terrestre de Punta Salinas, Isla Huampanú e Isla Mazorca: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Salinas, Isla Huampanú e Isla Mazorca (Lima). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 10-208.
80. Figueroa J, Tomairo M, Flores A, Jaime M, Melgarejo I, Hernández W, et al. Caracterización de la fauna terrestre de las Islas Guañape: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islas Guañape (La Libertad). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 10-137.
81. Aguilar RE, Llapapasca MA, Quiñones J, Rivadeneyra SB, Torres D. Depredadores superiores en Isla Lobos de Tierra, Perú. Evaluación de línea base (GEF-UNDP 2014). Inf Inst Mar Perú. 2020;47(1): 37-64.
82. Figueroa J, Timaná L, Gutiérrez C, Roca M, Hernández W, Ramírez R. Caracterización de la fauna terrestre de las Islas Lobos de Afuera: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islas Lobos de Afuera (Lambayeque). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 8-132.

83. Branco JO, Braun JRR, Verani JR. Seasonal variation in the abundance of seabirds in areas of mariculture. *Braz Arch Biol Technol.* 2001;44(4): 395-399. doi: 10.1590/s1516-89132001000400009
84. Branco JO, Evangelista CL, Lunardon-Branco MJ, Azevedo-Júnior SM, Larrazábal ME. Atividade diária de *Phalacrocorax brasilianus* (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil. *Ornithologia.* 2009;3(2): 73-82.
85. Da Silva TL, Cabral RBG, Ferreira I. Behavior and seasonal abundance of Neotropic Cormorant *Nannopterum brasilianus* (Gmelin, 1789) in southeastern, Brazil. *Rev Bras Ornitol.* 2018;26(4): 219-226. doi: 10.1007/BF03544434
86. Branco JO. Flutuações sazonais na abundância de *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Rev Bras Zool.* 2002;19(4): 1057-1062. doi: 10.1590/S0101-81752002000400010
87. Barbieri E, Paes ET. The birds at Ilha Comprida beach (São Paulo state, Brazil): A multivariate approach. *Biota Neotrop.* 2008;8(3): 41-50. doi: 10.1590/S1676-06032008000300003
88. Rutigliano A. Aves y mamíferos del cantón Cotacachi. 1st ed. Cotacachi: Asamblea de Unidad Cantonal de Cotacachi (AUC); 2006.
89. Weimerskirch H, Bertrand S, Silva J, Marques JC, Goya E. Use of social information in seabirds: Compass rafts indicate the heading of food patches. *PLoS One.* 2010;5(3): e9928. doi: 10.1371/journal.pone.0009928
90. Thiebault A, Mullers RHE, Pistorius PA, Tremblay Y. Local enhancement in a seabird: Reaction distances and foraging consequence of predator aggregations. *Behav Ecol.* 2014;25(6): 1302-1310. doi: 10.1093/beheco/aru132

91. Olds AD, Vargas-Fonseca E, Connolly RM, Gilby BL, Huijbers CM, Hyndes GA, et al. The ecology of fish in the surf zones of ocean beaches: A global review. *Fish Fish.* 2017;19(1): 78-89. doi: 10.1111/faf.12237
92. Russell I, Broughton B, Keller T, Carss D. The INTERCAFE cormorant management toolbox: Methods for reducing Cormorant problems at European fisheries. INTERCAFE COST Action 635 Final Report III. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST; 2012. doi: 10.13140/2.1.5061.2481
93. Bechard MJ, Márquez-Reyes C. Mortality of wintering Ospreys and other birds at aquaculture facilities in Colombia. *J Raptor Res.* 2003;37(4): 292-298.
94. Lammers WM, Collopy MW. Effectiveness of avian predator perch deterrents on electric transmission lines. *J Wildl Manage.* 2007;71(8): 2752-2758. doi: 10.2193/2005-752
95. Slater SJ, Smith JP. Effectiveness of raptor perch deterrents on an electrical transmission line in southwestern Wyoming. *J Wildl Manage.* 2010;74(5): 1080-1088. doi: 10.2193/2008-525
96. Comeau LA, St-Onge P, Pernet F, Lanteigne L. Deterring coastal birds from roosting on oyster culture gear in eastern New Brunswick, Canada. *Aquac Eng.* 2009;40: 87-94. doi: 10.1016/j.aquaeng.2008.11.003
97. Gil-Weir K, Weir E, Casler CL, Aniyar S. Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environ Dev Econ.* 2011;16(5): 553-572. doi: 10.1017/S1355770X11000179

98. Kress SW. The use of decoys, sound recordings, and gull control for re-establishing a tern colony in Maine. *Col Waterbirds*. 1983;6: 185-196. doi: 10.2307/1520987
99. Williams DR, Pople RG, Showler DA, Dicks LV, Child MF, zu Ermgassen EKHJ, Sutherland WJ. Bird conservation: Global evidence for the effects of interventions. *Synopses of conservation evidence series*. Exeter: Pelagic Publishing; 2012. doi: 10.13140/2.1.1927.3924

I. INTRODUCCIÓN

La sobrepesca, mortalidad en aparejos de pesca, destrucción de hábitat, introducción de especies invasoras, cacería, contaminación, entre otros, han ocasionado disminuciones drásticas en el número y cambios en la distribución de diversas especies de aves marinas en el mundo [1, 2], muchas de ellas (42%) consideradas en alguna categoría de extinción [3, 4]. Contrariamente, otras especies de aves marinas se han visto favorecidas ante el incremento de alimento disponible en los descartes pesqueros [5-7], la presencia de basurales costeros [8, 9] y la industria acuícola [10, 11]. Esto ha ocasionado que las aves marinas interactúen más frecuentemente con los humanos y que en algunos casos sean consideradas como plagas [12, 13]. Se ha evidenciado que algunas especies de gaviotas pueden propagar enfermedades [14-16], transportar contaminantes [17], dañar la infraestructura urbana [18, 19], y colisionar con aviones [20, 21]. Por otro lado, algunas especies de cormoranes obtienen su alimento de piscigranjas [22, 23], generan conflictos con pesquerías [24]. En Perú, las deyecciones de

cormoranes, entre otras especies de aves marinas, causan deterioro en instalaciones portuarias [25]. En ciudades costeras de Chile, las deyecciones del cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*, en adelante “NECO”), presente en árboles y postes de alumbrado público, ocasionan perjuicios a la actividad humana, la infraestructura y la vegetación de parques y avenidas [26]. Un problema similar con esta especie ocurre en la franja costera de la bahía de Miraflores en la ciudad de Lima, Perú, también llamada Costa Verde [27], a través de la cual se prolonga la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde (CPCV) que une los distritos del Callao, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, Miraflores, Barranco y Chorrillos.

El NECO es una especie de amplia distribución en el continente americano, desde el sur de Estados Unidos hasta el Cabo de Hornos [28, 29]. Está presente en una gran variedad de ecosistemas costeros, amazónicos y altoandinos [30-32], desde el nivel del mar hasta altitudes que alcanzan los 4800 msnm [28, 33]. Por lo general, se alimenta en aguas poco profundas [34, 35], tanto en cuerpos de agua continentales como marinos [29, 36], y su dieta se compone de una gran variedad de presas, principalmente peces bentónicos [37-39]. Frecuenta lugares con estructuras de percha tales como árboles, postes, cables, boyas o rocas, donde realizan actividades de acicalamiento, secado de plumas y reposo diurno [40, 41].

Los primeros registros de la presencia de NECOs ocupando árboles altos y postes de alumbrado en la parte superior del acantilado de la Costa Verde datan de mediados de la década de los 50s [42]. Sin embargo, con el transcurso de los años, la construcción de vías vehiculares, playas, espigones rocosos, e infraestructura destinada a la recreación de las personas, ha conllevado a que estas aves utilicen los postes de alumbrado público

y cables de teléfono que se prolongan a lo largo de la autopista CPCV para descansar y acicalarse [27, 43]. Esto ha favorecido el contacto de sus heces con infraestructura, pistas, automóviles y transeúntes. Se especula que sus deyecciones podrían causar problemas de salud pública debido al posible contenido de patógenos en ellas [44], tal como sucede con las aves en general [45]. Las deyecciones podrían ocasionar también accidentes de tránsito al caer sobre el parabrisas de los autos, o daño a vehículos y estructuras mediante la corrosión causada por sus excrementos, tal como ocurre con el cormorán orejado (*Phalacrocorax auritus*) en el puente del río Columbia (Astoria), Estados Unidos, [46, 47]. Al igual que ocurrió en la ciudad de Antofagasta, Chile, [26], estos problemas se podrían intensificar o trasladarse a otras zonas con los años debido a que la Costa Verde se encuentra sometida a una creciente implementación de proyectos de carácter urbanístico.

Actualmente, la ausencia de soluciones frente a esta problemática ambiental trae consigo la necesidad de evaluar y establecer propuestas ecoamigables, las cuales han de ser incluidas en el diseño a futuro de proyectos en la Costa Verde. Existen medidas de mitigación empleadas en Arica e Iquique, Chile, que han tenido resultados variables; entre estas se puede mencionar la reubicación de colonias, uso de proyectiles, destrucción de nidos, eliminación de individuos, uso de estresores sonoros y visuales, entre otros [26]. En la provincia de Chubut, Argentina, la eliminación de NECOs y el hostigamiento de sus colonias son utilizados como métodos frente a presuntos impactos de esta especie en actividades de pesca y acuicultura [48]. Para el caso peruano, para determinar las propuestas de manejo más adecuadas, primero es importante conocer cómo y por qué estas aves se encuentran presentes a lo largo de la autopista CPCV.

En este estudio se realizaron conteos bimensuales y mensuales entre julio 2018 y marzo 2020 en los poste-cables que estas aves usan como percha a lo largo de toda la autopista CPCV. Los objetivos de este estudio fueron: (1) evaluar la distribución espacial y variación temporal en el número de NECOs en la autopista CPCV; (2) examinar la correlación de su distribución espacial con características físicas de la Costa Verde y la zona marina aledaña. En base a los resultados, se propusieron soluciones ecoamigables frente a la problemática ambiental causada por sus deyecciones.

En el Perú, este es el primer estudio enfocado en la resolución de problemas causados por aves marinas en zonas urbano-costeras.

II. MÉTODOS

1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la franja costera de la ciudad de Lima, Perú, conocida como la Costa Verde (Fig. 1). Este es un espacio turístico-recreativo con gran afluencia de vehículos y personas durante todo el año, sobre todo en la época de verano. Presenta playas, parques, complejos deportivos, restaurantes, clubes, zonas de parqueo aledañas a las playas e infraestructura para el tránsito peatonal y vehicular (Fig. 2A y 2B). A lo largo de la Costa Verde se prolonga la autopista CPCV, la cual está limitada al este por acantilados de hasta 100 m de altura y al oeste por playas de arena, grava y canto rodado, por lo general estrechas, que presentan espigones rocosos perpendiculares a la línea costera ([43], Fig 2A). El tramo de esta autopista que fue estudiado en esta investigación comprende desde la entrada al Club de Regatas Lima por el sur ($12^{\circ}10'0.2''S$, $77^{\circ}1'48''W$) hasta la bajada Escardó por el norte ($12^{\circ}5'14.4''S$, $77^{\circ}5'38.8''W$; Fig. 1). Este tramo posee una longitud de 12.7 km, y de dos a tres carriles

para tránsito vehicular tanto en la pista de ida como de vuelta (Fig. 2C). Se caracteriza por presentar postes de alumbrado público y cables de teléfono que favorecen la percha del NECO y otras aves tales como gaviotas y gallinazos (Fig. 2D).

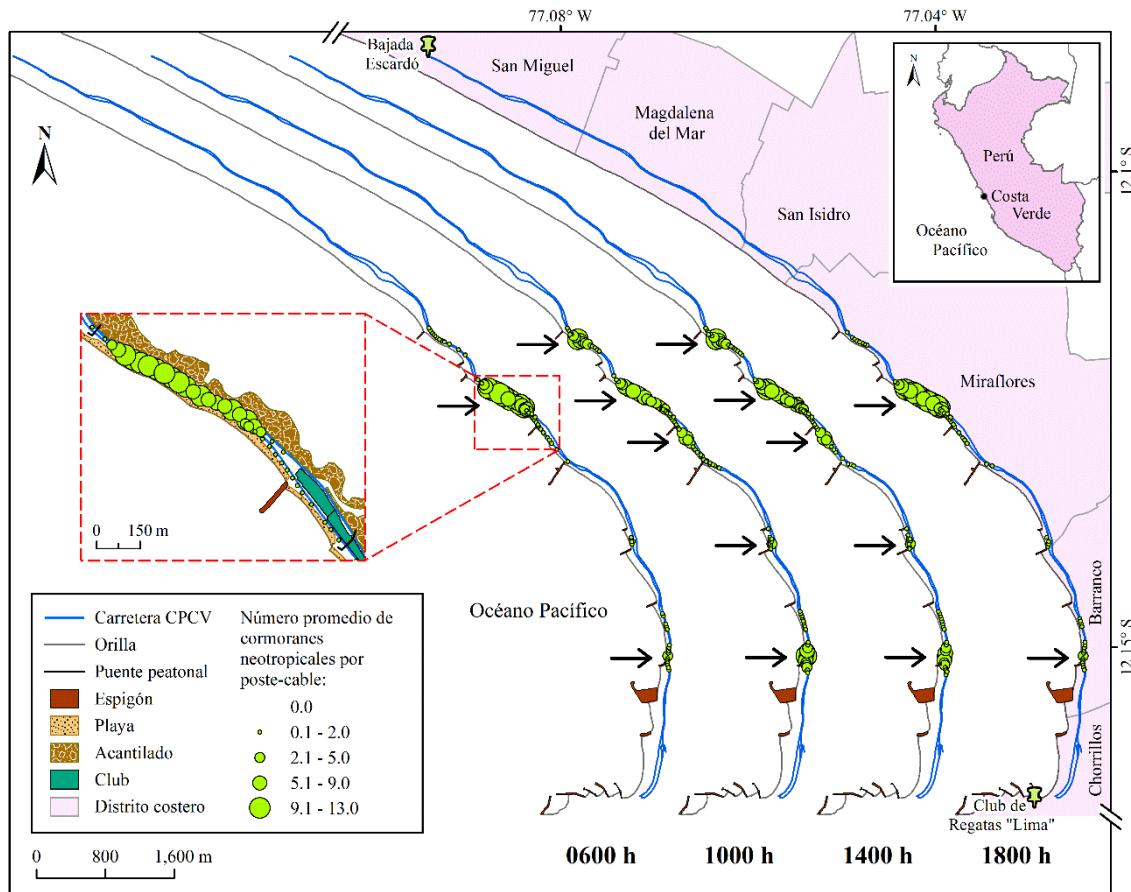


Figura 1. Distribución espacial de los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) por bloque horario en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú. El tamaño de los círculos verdes está en función del número promedio de cormoranes por poste-cable durante el período de estudio. Las flechas indican los puntos de agregación de las aves.



Figura 2. Características de la Costa Verde. (A) Acantilados, clubes, espigones, y playas de canto rodado. (B) Infraestructura para el tránsito peatonal. (C) Camino vehicular con presencia de heces alrededor de cada poste de luz (señalado por flechas negras). (D) Cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) posados en postes de alumbrado y cables telefónicos.

Mediante el software ArcGIS v.10.5 [49] y a partir de imágenes de World Imagery (proyectadas en UTM 18S) del servicio ArcGIS Online, se digitalizaron diferentes atributos de la Costa Verde, tales como postes de alumbrado público, vías vehiculares, puentes peatonales, acantilado, espigones, playas y la orilla del mar. Esto permitió el cálculo de posición y distancia de diferentes atributos requeridos en el análisis de datos. Cada poste-cable fue identificado con un código único.

2. Conteos

Se realizaron visitas a la autopista CPCV bimensualmente (a mediados y al final de cada mes), desde el 14 de julio 2018 hasta el 30 de junio 2019, y mensualmente (al final de cada mes), entre el 31 de julio 2019 y el 27 de marzo 2020. En todos los casos se realizaron 4 conteos diarios: 0600 h, 1000 h, 1400 h y 1800 h, de tal forma que en total se llevaron a cabo 96 conteos bimensuales y 33 mensuales (el 27 de marzo de 2020 los NECOs solo se contaron a las 1000 h). El conteo de las 0600 h se realizó al amanecer (0530-0630 h), tan pronto como la iluminación fue suficiente para contabilizar los NECOs y así registrar su número y distribución antes que empiecen a movilizarse. En el caso de las 1800 h, el conteo se realizó lo más tarde posible (1740-1840 h), antes que la falta de iluminación lo impidiese; esto para registrar su número y distribución al retornar a su lugar de pernocte. Para determinar con precisión las horas de la salida y puesta del sol a lo largo del período de estudio, se utilizó una tabla para la ciudad de Lima (<http://www.salidaypuestadelsol.com/sun/lima>).

El número de NECOs en la autopista CPCV se determinó por conteo directo de las aves registradas en videos de alta resolución. Para esto, se utilizó una cámara GoPro HERO6 (4K/60fps) adherida al techo de un automóvil con un desplazamiento por la autopista a < 30 km/h. El lente de la cámara apuntó a la parte alta de los postes y cables. En los conteos no se incluyeron playas u otras zonas aledañas ya que estas no fueron ocupadas por los NECOs durante el período de estudio. El conteo de individuos se realizó por poste de alumbrado público, y ese número fue asociado al código del poste. En el caso de los NECOs presentes en cables telefónicos, la longitud del cable entre postes fue dividida en dos partes iguales y los NECOs en cada mitad fueron asignados al poste más cercano. Por ello, en adelante se utiliza el término “poste-cable” como unidad de conteo y

análisis. La gaviota de Franklin (*Leucophaeus pipixcan*), una especie migratoria estacional y muy abundante, también se contó de la misma forma. Otras especies de aves presentes en menor número en poste-cables también fueron identificadas y contadas.

No se necesitaron permisos y aprobaciones específicas para la recopilación de datos sobre el terreno, ya que la Costa Verde es una zona pública y no además no se realizaron experimentos con animales.

3. Definición y medición de variables explicativas

La presencia de postes a lo largo de 12.7 km de la autopista CPCV es constante y regular. Ni los postes ni los cables telefónicos presentan elementos de disuasión que eviten que las aves los ocupen, tales como púas u otros, por lo que estos factores no actuaron como limitantes de la distribución de los NECOs en ciertos tramos de autopista. En cambio, su número en postes-cables fue examinada mediante variables de características físicas de la Costa Verde y la zona marina aledaña (< 1 km de la orilla), que podrían estar relacionadas con la accesibilidad a sus presas y el comportamiento de forrajeo de los NECOs:

3.1 *Distancia de los postes-cables a la orilla del mar (DS)*

La distancia a la orilla del mar de los poste-cables varía a lo largo de la autopista CPCV. Pevio al período de estudio, se observó en diversas ocasiones que en tramos de la autopista CPCV más cercanos a la orilla había un mayor número de NECOs en postes-cables. Para examinar este efecto, se calculó en ArcGIS la distancia mínima desde cada poste-cable (representado por las coordenadas UTM del poste) a la orilla del mar (línea que pasa entre las marcas de pleamar y bajamar).

3.2 *Distancia de los postes-cables a la zona de rompientes (DSZ)*

La zona de rompientes es la franja relativamente estrecha que colinda con las playas del océano y abarca desde la orilla hasta la última ola rompiente mar adentro [50]. Es una zona muy dinámica y productiva, pues alberga una gran variedad de formas de vida [51]. En la Costa Verde, su amplitud varía a lo largo de la costa, y podrían representar zonas preferidas por los NECOs para forrajear.

Se utilizaron cinco imágenes satelitales de la Costa Verde obtenidas del historial de Google Earth Pro v.7.3 [52] con fechas coincidentes al período de estudio (Oct. y Dic. 2018, Mar y Abr 2019, Feb 2020), las cuales fueron georreferenciadas en ArcGIS. En cada imagen, y utilizando como guía la orilla del mar, se digitalizó una capa de los tramos frente a aquellas zonas de rompientes con amplitud mayor a 70 m (desde la orilla hasta la última ola rompiente mar adentro). Una vez generadas las capas de las cinco imágenes, se superpusieron para definir los tramos con presencia de zona de rompientes (presencia en tres imágenes como mínimo). A continuación, se halló la distancia mínima desde cada poste-cable (representado por las coordenadas UTM del poste) al tramo más cercano.

3.3 *Distancia de los postes-cables al espigón más cercano (DG)*

Las estructuras de blindaje costero, como los espigones, alteran los regímenes hidrodinámicos y características sedimentarias de la zona costera [53], lo que puede conducir a modificaciones en el hábitat, distribución y abundancia de peces y aves marinas [54]. Esto podría generar zonas de alimentación preferidas por los NECOs. Por ello, se midió en ArcGIS la distancia mínima desde cada poste-cable (representado por

las coordenadas UTM del poste) al extremo conectado a la orilla del espigón más cercano.

3.4 *Perímetro del espigón más cercano (PG)*

En las estructuras de blindaje costero como los espigones, el sustrato duro permite que los organismos sésiles se asienten y crezcan [54, 55]. Esto significaría una fuente de alimento para el NECO y, además, los espigones más grandes y cuyo contorno tenga más contacto con el agua generarían una mayor área de alimentación. Por tal motivo, a cada poste-cable le fue asignado la longitud del contorno (en contacto con el agua) del espigón más cercano.

3.5 *Distancia de la orilla del mar a la isóbata de 7 m (D7)*

Según diversos autores, los NECOs tienen preferencia por zonas aledañas a la costa [28], donde se alimentan en aguas poco profundas cercanas a la orilla [34, 48, 56]. En la Costa Verde, su abundancia en postes y cables telefónicos podría estar asociada a una preferencia por áreas marinas de poca profundidad, las cuales son más extensas en zonas con una mayor distancia de la orilla del mar a las isóbatas (líneas de igual profundidad del fondo marino).

Las isóbatas del área marina de la Costa Verde fueron obtenidas de la carta náutica digitalizada No. 2237, correspondiente a la Bahía Miraflores [57]. A continuación, se halló en ArcGIS la distancia mínima desde la orilla del mar (frente a cada poste-cable) a la línea isobática de 7 m. La elección de esta isóbata está basada en registros de la preferencia de los NECOs a alimentarse en aguas con profundidades menores a 10 m [35, 58, 59].

3.6 *Transparencia del agua de mar (T)*

Las aves marinas son a menudo abundantes donde hay abundancia de presas [60]. Sin embargo, su accesibilidad a estas depende de variables como la claridad del agua [61]. Por ello, posibles cambios en la transparencia del agua de mar podrían influir en la presencia de NECOs en la autopista CPCV.

Esta variable fue medida entre los meses de octubre 2018 a enero 2019 (una medición por mes), en fechas coincidentes con días de conteo de NECOs. Estas mediciones se realizaron con un disco Secchi desde una embarcación, en zonas con profundidades de entre 5 y 8 m, y a una distancia aproximada de 500 m de la orilla del mar debido a que, de no ser así, la presencia de oleaje imposibilitaría esta tarea. Se tomaron datos al inicio, centro y final de transectos de 400 m perpendiculares a la orilla del mar, frente a cinco tramos con presencia y cinco tramos con ausencia de NECOs (cada tramo de 15 postes-cables). Finalmente, se promedió los valores obtenidos por transecto, obteniendo así un total de 40 datos de transparencia del agua de mar a lo largo del período de evaluación de esta variable.

4. Análisis de la distribución espacial y variación temporal en el número de NECOs

La distribución espacial de NECOs fue examinada para determinar su carácter aleatorio o agregado a lo largo de la autopista CPCV y definir las zonas con mayor ocurrencia de esta ave marina. Asimismo, con la finalidad de plantear propuestas de planificación y manejo de estas aves en relación al problema ambiental ocasionado por sus deyecciones, se analizó el número de NECOs según distritos (la capa de límites distritales se obtuvo del portal de GEO GPS PERÚ [62]).

Para cada bloque horario (0600 h, 1000 h, 1400 h y 1800 h) se promedió el número de NECOs por poste-cable de todos los conteos. Estos promedios fueron procesados en ArcGIS para generar mapas y definir los “focos” de agregación de los NECOs. Se consideró como “foco” al conjunto de poste-cables consecutivos con dos o más NECOs en cada uno. Finalmente, a esta información se superpuso las capas de los diferentes atributos de la Costa Verde.

Para demostrar si la distribución espacial de los NECOs fue aleatoria o agregada, se aplicó mediante ArcGIS la medida de autocorrelación espacial de Moran (I de Moran global) a los datos de cada bloque horario. Asimismo, se utilizó gráficos de frecuencias del número de NECOs por poste-cable y el test Kolmogorov-Smirnov (K-S, paquete R *stats* [63]) de dos muestras para determinar si el nivel de agregación entre los bloques horarios fue similar o diferente.

La variación temporal en el número de NECOs tanto entre bloques horarios (0600 h, 1000 h, 1400 h y 1800 h), como entre estaciones del año (verano, otoño, invierno y primavera), y la interacción entre ambos, fue analizada por medio de un Modelo Lineal Generalizado (GLM, paquete R *stats* [64]). Adicionalmente, se examinó la correlación entre el número de NECOs y el número de gaviotas de Franklin (máximo número de gaviotas y NECOs en postes-cables durante el día) mediante otro GLM (paquete R *rstatix*), incluyendo como covariable el año de conteo.

Los análisis estadísticos se efectuaron con el software R v.3.5.1. [65], con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Los promedios son expresados ± 1 DE.

5. Correlaciones con variables explicativas

A diferencia de cinco de las seis variables explicativas (DS, DSZ, DG, PG y D7), los datos de transparencia del agua de mar (T) se midió por sección de la autopista CPCV y no por poste-cable. Por lo tanto, el análisis de correlación para esta última se realizó por separado. La colinealidad entre las cinco variables antes mencionadas se examinó mediante diagramas por pares (asociaciones bidireccionales) y factores de inflación de la varianza (VIF, colinealidad de alta dimensión, paquete R *car* [66]). La covariación se evaluó utilizando el umbral de 0.65 para el coeficiente de correlación y 3 para el VIF. Con el fin de reducir la covariación entre DG y DS (correlación de Pearson, $r = 0.8$), y entre DSZ y DS ($r = 0.8$), y basándose en el hecho de que tanto DG como DSZ incluían la mayor cantidad de información extra en relación con DS, se crearon nuevas variables controlando para DS (cociente DG:DS, cociente DSZ:DS). Debido a que las dos variables creadas estaban altamente correlacionadas ($r = 0.92$), ninguna de ellas se utilizó en el mismo modelo. D7 también mostró una alta correlación con respecto a las otras variables, excepto la PG ($r = 0.04$), por lo que se analizó por separado. Finalmente, las variables de cada conjunto [(DS, cociente DG:DS, PG), (DS, cociente DSZ:DS, PG) y (D7, PG)] mostraron VIFs inferiores a 2.

Se realizó un análisis de modelo lineal generalizado mixto (GLMM) (paquete R *glmmTMB* [67]) con una distribución de Poisson para los datos del número de NECO por poste-cable a las 1000 h como variable de respuesta; se eligió esta hora de conteo porque registró un mayor número de NECO durante el día y porque era una de las horas de conteo de la actividad diurna de los NECO con mayor ocupación de postes-cables. Se generaron diferentes modelos que incluían las variables explicativas, según un enfoque de hipótesis *ad hoc*. El código del poste se incluyó como un efecto aleatorio para hacer

frente a la pseudorreplicación, ya que cada poste-cable se midió repetidamente durante el período de estudio. Para tomar en consideración la autocorrelación encontrada en los residuos, se incluyó una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden (AR1), con el "código del poste + 0" como matriz de diseño y la fecha de conteo como factor de agrupación. En cada modelo se excluyeron las variables no significativas ($p > 0.05$) y se comprobó el supuesto de no sobredispersión. La elección del modelo más apropiado se realizó mediante un enfoque teórico de la información (criterio de información de Akaike - AIC), teniendo en cuenta las diferencias entre los valores de AIC (Δ_i) y los pesos de Akaike (ω_i , [68]).

Para los datos de la transparencia del agua de mar, se realizó un modelo de regresión logística (función de enlace logístico, paquete R *stats* [69]) con la presencia o ausencia de NECO en los postes-cables como variable de respuesta. Para ello, el mismo día de la recogida de datos, el conjunto de 15 postes-cables situados perpendicularmente a cada transecto se clasificó con un valor de presencia (1) o ausencia (0) de NECOs.

Las correlaciones y otros análisis estadísticos se realizaron en el programa informático R con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$. Los promedios se expresan ± 1 DE.

III. RESULTADOS

En el tramo de estudio de la autopista CPCV se identificaron 651 postes de alumbrado público con cables telefónicos, de los cuales el 47% se concentraron en solo 2 distritos (Miraflores y Barranco, Tabla S1) debido a que más de la mitad de la longitud total de la autopista CPCV corresponde a estos distritos (6.7 km). Del total de postes, la mayor cantidad fueron de brazo simple (55%) y brazo doble (40%), y estuvieron distribuidos en los seis distritos. En cuanto a los espigones, Miraflores alberga 7 de los 12 que existen

en toda la Costa Verde, seguido por Barranco (3 espigones), y Chorrillos (2 espigones), mientras que en los otros distritos estas estructuras rocosas estuvieron ausentes (Tabla S1, Fig. 1). A parte de los NECOs y gaviotas de Franklin, estuvieron presentes en los poste-cables otras especies de aves en menor número durante el período de estudio. Los números máximos registrados por día en la autopista CPCV en todos los conteos fueron: 69 gaviotas peruanas (*Larus belcheri*), 13 palomas domésticas (*Columba livia*), 11 gallinazos de cabeza negra (*Coragyps atratus*), 5 gaviotas dominicanas (*Larus dominicanus*) y 3 tórtolas (*Zenaida sp*). Hay que tomar en consideración que estas cifras son mínimas, ya que estas especies pudieron estar también presentes en playas u otros hábitats de la Costa Verde.

Tabla S1. Características de los postes y espigones presentes a lo largo de la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú.

Distrito	Número de postes	Tipo de poste			Extensión de la autopista CPCV (km)	Número de espigones
		Brazo nulo	Brazo simple	Brazo doble		
Chorrillos	85	0	71	14	1.0	2
Barranco	105	15	44	46	2.1	3
Miraflores	202	14	97	91	4.6	7
San Isidro	57	0	45	12	0.7	0
Magdalena del Mar	109	0	45	64	2.3	0
San Miguel	93	0	57	36	2.0	0
TOTAL	651	29	359	263	12.7	12

1. Distribución espacial y variación temporal en el número de NECOs

Durante todo el período de estudio, el número promedio de NECOs presentes en la autopista CPCV fue de 232.4 ± 106.7 individuos, con un máximo de 457 aves el 27 de noviembre 2019, y un mínimo de 46 aves el 28 de febrero 2019 (Fig. 3). De los 651 poste-cables presentes en esta autopista, tan solo el 17% fue ocupado por al menos un NECO, mientras que el resto se mantuvo siempre vacío. Estos poste-cables ocupados se localizaron en los distritos de Miraflores (78%) y Barranco (22%).

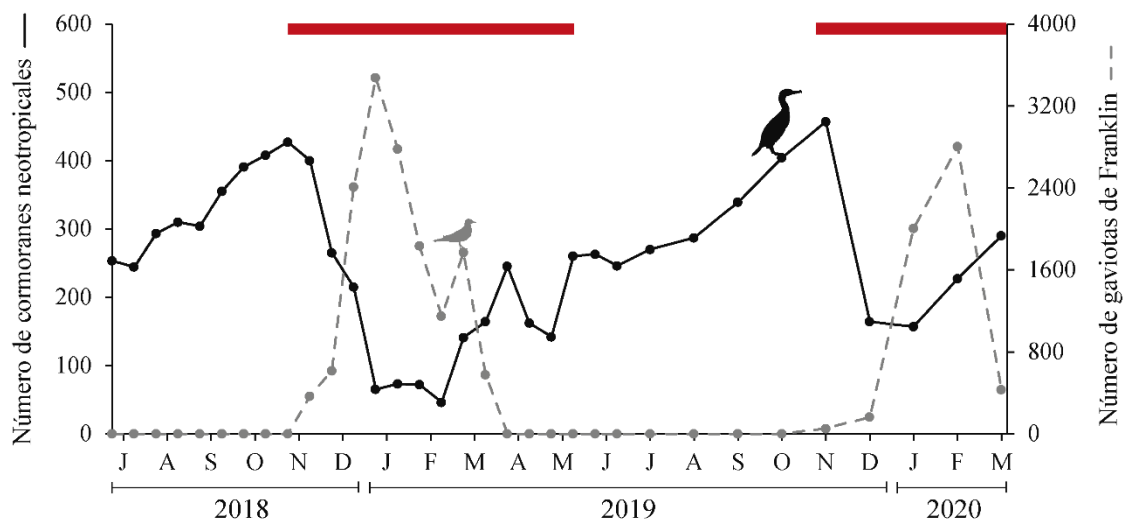


Figura 3. Variación temporal del máximo número diario de cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) y gaviotas de Franklin (*Leucophaeus pipixcan*) en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú. Las barras rojas en la parte superior del gráfico corresponden al período reproductivo de los cormoranes neotropicales que se definió en base a los registros en dos humedales costeros de la zona central del Perú: Los Pantanos de Villa [70] y El Paraíso [71], además de otros estudios que describen la duración de las etapas de su ciclo reproductivo en diferentes localidades de la costa peruana [72-74].

1.1 Variaciones en la distribución espacial

La distribución espacial del NECO fue significativamente agregada a lo largo de la autopista CPCV para cada uno de los bloques horarios: 0600 h (Índice de Moran global, $IMG = 0.439$, $z = 11.86$, $p < 0.001$); 1000 h ($IMG = 0.416$, $z = 11.13$, $p < 0.001$); 1400 h ($IMG = 0.41$, $z = 10.97$, $p < 0.001$) y 1800 h ($IMG = 0.438$, $z = 11.83$, $p < 0.001$; Fig. 1). A las 0600 h y 1800 h se identificaron dos focos de agregación, localizados en Miraflores y Barranco, y que reunieron al 93% del total de NECOs (Fig. 1). En cambio, a las 1000 h y 1400 h el número de focos se incrementó a cinco, cuatro en Miraflores y uno en Barranco, y reunieron el 84% del total de NECOs. El porcentaje restante de los cuatro bloques horarios se distribuyó en otras secciones de la autopista CPCV, en postes-cables con menos de dos NECOs en promedio (Fig. 1). Las diferencias en el número de focos antes mencionadas se traducen en cambios en la agregación de los NECOs por poste-cable. Esta agregación fue significativamente diferente al comparar los bloques horarios con dos focos (0600 y 1800 h) con respecto a los bloques horarios con cinco focos (1000 h y 1400 h; prueba de KS para cada una de las cuatro pruebas pareadas, $D \geq 0.036$, $p \leq 0.001$; Fig. 4). A las 0600 y 1800 h los NECOs estuvieron más agregados por poste-cable; más del 98% de los NECOs registrados en todos los conteos durante el período de estudio (números acumulados, $N_{0600\text{ h}} = 6373$ aves, $N_{1800\text{ h}} = 6838$ aves) ocuparon postes-cables hasta 22 individuos cada uno (Fig. 4A y 4D). En cambio, a las 1000 h y 1400 h, más del 96% de estas aves (números acumulados, $N_{1000\text{ h}} = 7825$ aves, $N_{1400\text{ h}} = 7728$ aves) ocuparon postes-cables con un máximo de 14 individuos cada uno, por lo que el nivel de agregación fue menor (Fig. 4B y 4C).

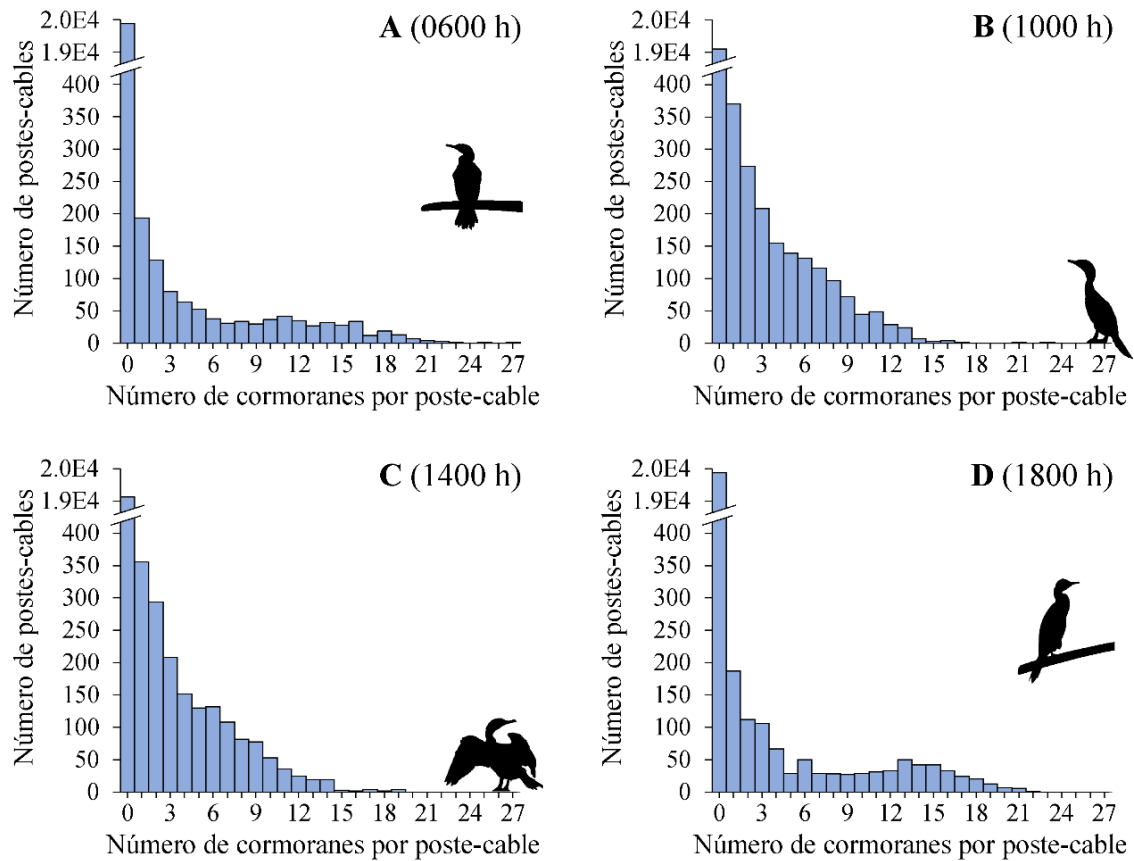


Figura 4. Frecuencia de los postes-cables ocupados por los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) registrados en todos los recuentos durante el período de estudio en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima Perú. (A) Bloque horario de 0600 h. (B) Bloque horario de 1000 h. (C) Bloque horario de 1400 h. (D) Bloque horario de 1800 h.

1.2 Variación temporal del número de NECOs

El número de NECOs en la autopista CPCV varió significativamente entre bloques horarios dentro de un mismo día (GLM, $F_3 = 3.46$, $p = 0.019$), con los números más alto de estas aves a las 1000 h (251.1 ± 110.7 individuos) y a las 1400 h (248.4 ± 111.6 individuos, Fig. 5). Por otro lado, la variación del número de NECOs entre estaciones del año fue también significativa (GLM, $F_3 = 62.56$, $p < 0.001$, Fig. 5). En la primavera austral (Sep - Nov) se observó un mayor número de aves tanto en 2018 como 2019. En verano

(Ene - Feb) de 2019, el número de NECOs fue el menor registrado durante el periodo de estudio (Fig. 3). La interacción bloque horario x estación fue no significativa en el número de NECOs (GLM, $F_9 = 0.15$, $p = 1$), mostrando que las diferencias en el número total de aves entre bloques horarios se mantuvieron independientemente de la estación del año (Fig. 5).

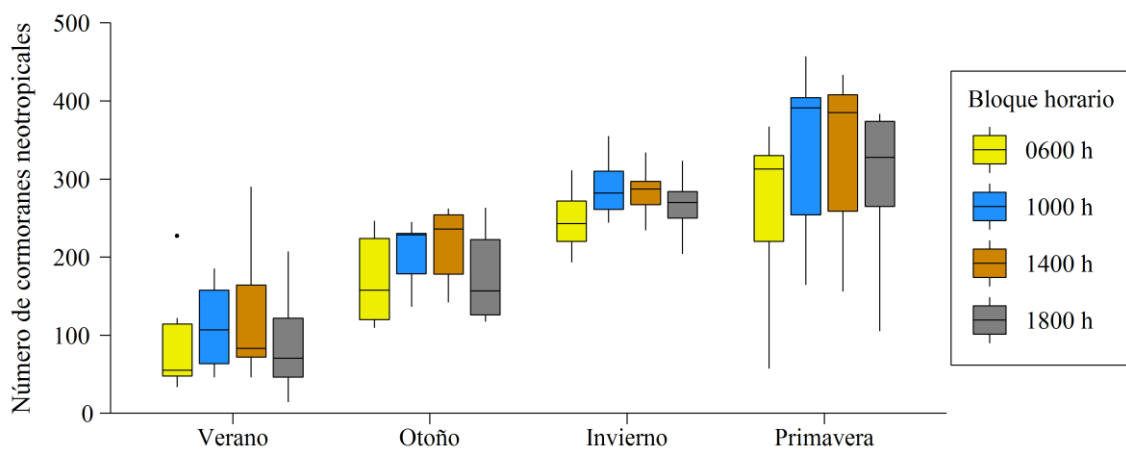


Figura 5. Variación temporal del número de cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) por bloque horario de conteo y estación del año en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú.

Las gaviotas de Franklin mostraron un patrón típico de una especie migratoria boreal. Estas aves estuvieron ausentes de la autopista CPCV en otoño de 2019 y en invierno de 2018 y 2019 (Fig. 3). Los primeros individuos empezaron a aparecer a finales de noviembre en ambos años, alcanzando picos de 3475 y 2804 individuos durante el verano (Ene - Mar) de 2019 y 2020, respectivamente. Hubo una relación inversa significativa entre el número de NECOs y gaviotas de Franklin (GLM, $F_{1,30} = 17.79$, $p < 0.001$), siendo esta relación similar entre el período 2018-2019 y el período 2019-2020 (GLM, $F_{1,30} = 1.98$, $p = 0.17$, Fig. 3). Cabe resaltar que durante el período de estudio la

presencia de esta gaviota se registró en más del 90% de los poste-cables que estuvieron ocupados alguna vez por un NECO (N = 111).

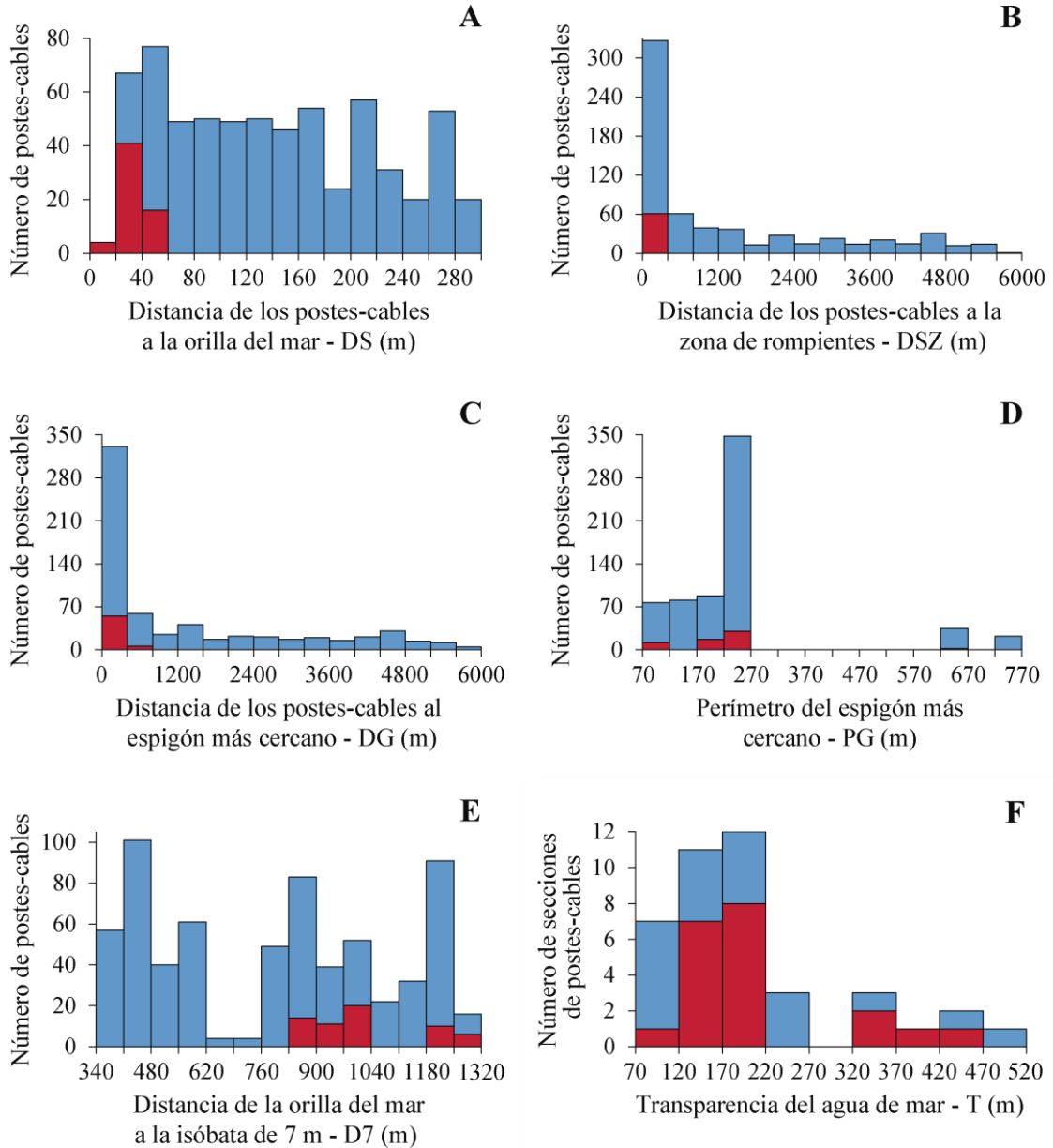
2. Correlaciones con variables explicativas

Las distancias de los postes-cables a la orilla del mar (DS) abarcan desde los 16 m hasta los 290 m (Tabla 1), pero los NECOs se ubicaron en poste-cables a distancias < 60 m (Fig. A en Archivo S1). En cuanto a las distancias de los poste-cables a la zona de rompientes (DSZ), estas presentan una distribución muy semejante a las distancias de los poste-cables al espigón más cercano (DG), con el 50% de los datos comprendidos entre 18 y 400 m, en ambos casos, y con NECOs aposentados en postes-cables hasta los 280 m (DSZ, Fig. B en Archivo S1) y 490 m (DG, Fig. C en Archivo S1). Por otro lado, el 91% de los poste-cables se localizaron cerca a espigones con un perímetro de entre 87 y 270 m; en cambio, los espigones del porcentaje restante (9%) poseen un perímetro superior a los 635 m (Fig. D en Archivo S1). La distancia de la orilla del mar a la isóbata de 7 m (D7) tiene un comportamiento multimodal, con picos alrededor de los 445, 865 y 1215 m; además, casi el 75% (N = 45) de los postes-cables ocupados por NECOs se ubicaron frente a distancia (D7) entre 830 y 995 m, y el resto (N =16 postes-cables) a partir de 1195 m (Fig. E en Archivo S1). Por último, los datos de transparencia del agua de mar (T) abarcan desde los 74 cm hasta los 515 cm (Tabla 1), y se distribuyen de manera asimétrica hacia la derecha, con el 74% de los valores comprendidos entre 74 y 208 cm (Fig. F en Archivo S1); los valores de T asociados a las secciones de la autopista CPCV con presencia de NECOs también se distribuyeron asimétricamente a la derecha (Fig. F en Archivo S1).

Tabla 1. Resúmenes de las variables utilizadas para explicar la distribución espacial de los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú.

Variable	N	Rango	Mediana	Promedio \pm DE
DS (m)	651	15.8 - 289.6	132.3	138.7 \pm 79.9
DSZ (m)	651	18.5 - 5615.8	396.5	1297.9 \pm 1600.7
DG (m)	651	20.1 - 5719.3	386.7	1349.5 \pm 1640.3
PG (m)	12	87.4 - 747.8	196.6	259.8 \pm 201.6
D7 (m)	651	349.7 - 1254.6	843.9	796.6 \pm 295.8
T (cm)	40	74.0 - 514.3	172.5	200.4 \pm 104.4

DS: distancia de los postes-cables a la orilla del mar, DSZ: distancia de los postes-cables a la zona de rompientes, DG: distancia de los postes-cables al espigón más cercano, PG: perímetro de espigón, D7: distancia de la orilla del mar a la isóbata de 7 m, T: transparencia del agua de mar.



Archivo S1. Histogramas de las variables utilizadas para explicar la distribución espacial de los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) en la autopista del Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú. Las barras rojas corresponden a los postes-cables (o tramos de postes-cables [transparencia del agua de mar]) con presencia de cormoranes a las 1000 h, y las barras azules a los que tienen su ausencia a la misma hora de conteo.

Según el enfoque teórico de la información de Akaike, los modelos con variables individuales tenían valores de AIC relativamente altos en comparación con los otros modelos (Tabla 2), por lo que no podían explicar por sí mismos la distribución espacial de los NECO en la autopista CPCV. Por el contrario, el mejor modelo con un AIC más bajo fue el M5 (DS [distancia a la orilla] + cociente DSZ:DS [cociente distancia a la zona de oleaje:distancia a la orilla] + PG [perímetro del espigón más cercano]; Tabla 2). Los demás modelos propuestos presentaron diferencias de valores de AIC superiores a 2 con respecto al modelo M5, por lo que no se tuvieron en cuenta. Además, se dio al modelo M5 un peso Akaike mayor ($\omega_i = 0.67$) en comparación con los otros modelos (Tabla 2), lo que reafirma su elección.

Tabla 2. Modelos lineales generalizados mixtos para explicar la distribución espacial de los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) en la autopista del Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú.

Modelo	Descripción del modelo	AIC	Δ_i	ω_i
M5	DS + cociente DSZ:DS + PG	9861.3	0.0	0.67
M4	DS + cociente DG:DS	9864.2	2.9	0.15
M6	DS + cociente DSZ:DS	9864.3	3.0	0.15
M1	DS	9867.7	6.4	0.03
M2	cociente DSZ:DS	10046.8	185.5	0.0
M3	D7	10048.1	186.8	0.0

AIC: valores de Akaike, Δ_i : diferencias de AIC, ω_i : pesos de Akaike, DS: distancia de los postes-cables a la orilla del mar, DSZ: distancia de los postes-cables a la zona de rompientes, DG: distancia de los postes-cables al espigón más cercano, PG: perímetro del espigón más cercano, D7: distancia de la orilla del mar a la isóbata de 7 m.

Según el modelo elegido, el número de NECOs por poste-cable estuvo significativamente relacionado de manera negativa con DS (Poisson GLMM, $\beta = -0.174 \pm 0.017$ SE, $z = -10.38$, $p < 0.001$), y con el cociente DSZ:DS ($\beta = -0.247 \pm 0.099$ SE, $z = -2.497$, $p = 0.013$; Tabla S2). Por otra parte, PG tuvo también un efecto negativo significativo pero débil en el número de NECOs por poste-cable comparado con las otras variables ($\beta = -0.003 \pm 0.002$ SE, $z = -2.229$, $p = 0.026$; Tabla S2). Cabe mencionar que, como resultado de haber creado la relación DSZ:DS como una nueva variable para cumplir con el supuesto de no colinealidad, esta mantuvo una alta correlación con respecto a la DSZ ($r = 0.95$, $p < 0.001$).

Tabla S2. Efectos fijos del modelo elegido para explicar la distribución espacial de los cormoranes neotropicales (*Phalacrocorax brasilianus*) en la autopista Circuito de Playas de la Costa Verde en Lima, Perú.

	Coefficiente	Error estándar	Valor z	Valor p
Intercepto	5.965	0.951	6.274	< 0.001
DS	-0.174	0.017	-10.38	< 0.001
cociente DSZ:DS	-0.247	0.099	-2.497	0.013
PG	-0.003	0.002	-2.229	0.026

DS: distancia de los postes-cables a la orilla del mar, DSZ: distancia de los postes-cables a la zona de rompientes, PG: perímetro del espigón más cercano.

La correlación entre la presencia de NECO en los postes-cables y la transparencia del agua de mar (T) no fue significativa (Regresión logística, χ^2 Wald = 0.11, $p = 0.74$).

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de los conteos bimensuales y mensuales en este estudio muestran que los cientos de NECOs en la autopista CPCV no se encuentran ni aleatoria, ni uniformemente distribuidos. Por el contrario, estas aves se congregan en postes-cables en un máximo de cinco secciones de la autopista, localizadas en los distritos de Miraflores y Barranco.

1. Presencia de NECOs en la autopista CPCV

En el Perú, los NECOs ocupan con frecuencia zonas con estructuras artificiales en donde pueden perchar y reproducirse, tales como vigas de metal por debajo de muelles [75], escaleras metálicas de acceso a rompeolas [25], cabrias de madera (estructuras para soporte de poleas) [31, 76], vigas de carga en puertos [25] y postes de alumbrado público [27]. También se les encuentra en parques [77] y en humedales [32]. La presencia de NECOs en la Costa Verde no es un evento reciente, y su persistencia a lo largo de los años podría explicarse por la implementación de proyectos urbanos en Lima Metropolitana, incluyendo su franja costera [78]. La construcción de carreteras vehiculares e infraestructura turístico-recreativa ha favorecido que estas aves utilicen estructuras como postes-cables a lo largo de la autopista CPCV para sus actividades de descanso y acicalamiento [27]. Además, esta permanencia de los NECOs en la Costa Verde sugiere que las características de la bahía de Miraflores ofrecen condiciones ideales para la presencia de diferentes especies marinas de los cuales se alimentan los NECOs. Cabe señalar que posiblemente parte de la población de los NECOs ha sido desplazada de los entornos naturales cercanos como los Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla, Isla El Frontón e Isla San Lorenzo, probablemente debido a la escasez de alimentos o a la pérdida de su hábitat.

2. Número de NECOs en la autopista CPCV

El número diario de NECOs registrado en la autopista CPCV durante el período de estudio osciló entre 46 y 457 individuos. Es interesante notar, que los NECOs se encuentran presentes en diferentes islas y puntas guaneras de la costa del Perú, en donde el número de aves en 11 de estas localidades raramente excede los 400 individuos (e.g. [75, 76, 79-81]). Por ejemplo, entre los años 1990 y 2016, la población de NECOs registrada en Islas Lobos de Afuera y Punta Salinas varió hasta un máximo de 450 y 472 aves, respectivamente [79, 82]. Estos números son muy similares a los encontrados en este estudio, lo que sugiere que la colonia de la autopista CPCV es representativa.

Las variaciones diarias y estacionales en el número de NECOs en la autopista CPCV pueden responder a patrones de actividad diurnos relacionados a su comportamiento de forrajeo y a cambios en el comportamiento relacionados a su ciclo anual de vida. El mayor número de NECOs en los poste-cables se encontraron entre media mañana y media tarde, sugiriendo que estas aves pasan la mayor parte del día en estas estructuras descansando o en actividades de mantenimiento y secado de plumaje [83-85]. A diferencia de lo que sucede en colonias de otras regiones [41, 83, 84], la mayoría de los NECOs permanecieron posados en los postes-cables durante la noche. Es posible que un bajo porcentaje de estas aves se desplacen a otros lugares de pernocte cercanos a la autopista CPCV (por ejemplo, estructuras de embarcaciones en el muelle de Chorrillos), lo que podría explicar su menor número registrado al amanecer y al atardecer. Como se ha mencionado anteriormente, las variaciones marcadas del número de NECOs entre estaciones del año en la autopista CPCV parecen responder a la fenología de su ciclo anual de vida. Se registró números bajos de aves desde el final de la primavera austral

hasta el comienzo de otoño, época que corresponde a la temporada de reproducción en la zona centro de la costa peruana [70, 71]. Además, se observó individuos adultos con plumaje reproductivo en noviembre 2018 y diciembre 2019 en la autopista CPCV, así como también varios juveniles desde noviembre 2019 hasta marzo 2020, como resultado de una posible buena reproducción en el 2019. El aumento gradual de los NECOs a partir del mes de marzo podría estar relacionado con una llegada progresiva de juveniles y adultos desde sus lugares de reproducción como ocurre en otras regiones [41]. Hay que tener en cuenta que la zona de reproducción de estas aves más cercana a la autopista CPCV son los Pantanos de Villa [70], ubicada a 7-14 km de distancia, por lo que es completamente factible que las aves de la autopista CPCV se trasladen hacia esa zona y viceversa. Estas variaciones estacionales en el número de NECOs en las colonias se han observado también en otras regiones, pero con una fenología diferente [41, 84, 86, 87]. Otra hipótesis no mutuamente excluyente que explica la variación estacional en el número de NECOs en la autopista CPCV es la fuerte relación inversa con el número de gaviotas de Franklin. Estas gaviotas son migratorias boreales, llegando a la autopista CPCV a partir de mediados de noviembre y alcanzando un pico de 3475-2804 individuos entre diciembre y marzo, meses en que el número de NECOs disminuye considerablemente. Las gaviotas hacen uso extensivo de los poste-cables y ocupan diferentes zonas de la autopista CPCV, incluyendo aquellas con presencia de NECOs. Así pues, podría haber una competencia por los espacios de descanso entre ambas especies.

3. Variables relacionadas a los patrones de distribución de NECOs en la autopista CPCV

Este estudio ha demostrado que un mayor número de NECOs en los postes-cables estuvo estrechamente relacionado con una distancia más corta de sus sitios de percha

a la orilla del mar. En otras regiones, también se ha reportado la preferencia de estas aves por posarse en estructuras cercanas al mar [40, 41, 88]. En el caso de la autopista CPCV, los postes de alumbrado de 13 m de altura situados entre 15 y 60 m de la costa ofrecerían a los NECO las mejores posiciones de observación hacia el mar. Esto, a su vez, podría favorecer la detección de oportunidades de forrajeo a través de la observación de otros congéneres u otros depredadores que se alimentan en el mar [89, 90]. Debido a que los NECOs se alimentan cerca de sus colonias (<2,5 km, [35]), su posición en los postes-cables permitiría visualizar gran parte del rango de sus zonas de alimentación.

La alta y positiva correlación lineal entre el cociente DSZ:DS y la DSZ permite una interpretación más clara de los resultados. En este sentido, las distancias más cercanas de los postes-cables a la zona de surf se asociaron con un mayor número de NECOs en estas estructuras de perchas. Este comportamiento podría deberse a que estas áreas se caracterizan por ser bastante biodiversas y por promover la concentración de peces [51, 91]. De hecho, durante el desarrollo del estudio, se observó a algunos NECOs nadando y buceando entre las olas de la zona de surf, lo que concuerda con observaciones anteriores en Costa Verde [42].

4. Propuestas ecoamigables de manejo del problema ambiental

Aparte de los posibles problemas de salud pública, accidentes de tráfico o daños por corrosión en vehículos e infraestructura, a lo largo del período de estudio se ha evidenciado que las heces de los NECOs sí generan molestias a las personas, problemas estéticos (manchas blancas de excrementos en la autopista y en la acera) y pestilencia, como ocurre en las ciudades costeras de Chile [26]. Estos hechos realzan la importancia de proponer soluciones a este problema ambiental.

En base a las estrategias para limitar la interacción entre los cormoranes y la actividad pesquera [92], algunas de ellas podrían adaptarse al caso de los NECOs en la autopista CPCV. Estas estrategias van desde los métodos de disuasión no letales hasta la caza directa. En algunas regiones, la aplicación de estos últimos para reducir las poblaciones de NECOs se ha considerado un método ineficaz [22, 93]. Por otro lado, el uso de elementos disuasorios no letales, como los estresores sonoros (por ejemplo, aparatos que emiten sonidos, dispositivos que producen ruido como cañones, pistolas y fuegos artificiales), ha llevado a una habituación de los NECO a ellos y, por lo tanto, a una eficacia nula [26, 93]. Cabe mencionar que ni la caza directa ni los dispositivos que producen ruido (proyectiles) serían adecuados para la autopista CPCV debido a la posibilidad de dañar a las personas y porque su aplicación estaría mal vista. Los estresores visuales, como las siluetas que emulan a sus depredadores, también pueden no ser eficaces, ya que no se conocen depredadores de esta especie en la Costa Verde. La instalación de elementos disuasorios (e.g., púas de acero, estructuras de acero en Y invertida, estructuras triangulares abolladas) en postes de alumbrado podría reducir la actividad de percha de los NECOs, como se ha reportado con aves rapaces en líneas de transmisión eléctrica [94, 95] y con cormoranes y gaviotas en jaulas de ostras en Canadá [96]. Sin embargo, las experiencias con los NECO en postes de alumbrado en el borde costero de la ciudad de Antofagasta (Chile) han demostrado que esta especie descansa sin dificultad sobre estas púas e incluso las dobla, lo que podría resultar en un soporte para sus nidos [26]. Teniendo en cuenta tanto la preferencia de los NECO por asentarse en zonas cercanas a la costa y a la zona de surf, como el hecho de que en Costa Verde las distancias más cercanas entre la zona de surf y los espigones son relativamente cortas (oscilan entre 0 y 154 m), proponemos la construcción de estructuras con

múltiples perchas situadas junto a los espigones, para no interferir con las actividades de los bañistas en las playas, y dejar que sus heces caigan al mar, que se enriquece con sus nutrientes [97]. Simultáneamente, se podrían utilizar señuelos y vocalizaciones para atraer a los NECOs a las nuevas estructuras, lo cual es efectivo para varias especies de aves [98, 99].

V. CONCLUSIONES

Este estudio es el primero en dilucidar los factores que influyen en la distribución espacial de una especie de ave marina en zonas urbanas en el Perú. La presencia de NECOs en los postes de alumbrado público y cables telefónicos no pasa desapercibida en la autopista CPCV ya que sus deyecciones caen en la berma central de la pista, la calzada, automóviles y transeúntes, lo que ha traído consigo principalmente molestias, pestilencia y problemas estéticos. A pesar de estas interacciones negativas, las molestias no han escalado a la toma de acciones municipales hasta el día de hoy. El tema de las deyecciones de los NECOs no es aún un tema ambiental prioritario para la Autoridad del Proyecto de la Costa Verde o las municipalidades de Miraflores y Barranco. Sin embargo, con el avance de nuevos proyectos urbanísticos en la Costa Verde (e.g., el 27 de febrero 2020 se inauguró un tramo norte adicional de 2.7 km de la autopista CPCV), y otros próximos (e.g., el mantenimiento de espigones en Miraflores), la información de esta investigación se hace cada vez más relevante para una mejor planificación y reducción de conflictos entre estos cormoranes y las personas. La mejor propuesta de manejo que se ofrece en base a los resultados obtenidos es el de disuadir a estas aves de utilizar los postes y cables de la autopista CPCV, y al mismo tiempo relocalizarlas en nuevas perchas junto a los espigones. Se recomienda seguir con los monitoreos mensuales del número

de NECOs en la autopista CPCV, estudios de identificación de microbiota en sus deyecciones, y proyectos piloto para evaluar las propuestas de manejo antes mencionadas. Asimismo, es importante actualizar e incrementar los estudios físico-ambientales en la Costa Verde para tener un mejor conocimiento de este ecosistema costero y su dinámica.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Neumann B, Ott K, Kenchington R. Strong sustainability in coastal areas: A conceptual interpretation of SDG 14. *Sustain Sci.* 2017;12: 1019-1035. doi: 10.1007/s11625-017-0472-y
2. Dias MP, Martin R, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, et al. Threats to seabirds: A global assessment. *Conserv Biol.* 2019;237: 525-537. doi: 10.1016/j.biocon.2019.06.033
3. Croxall JP, Butchart SHM, Lascelles B, Stattersfield AJ, Sullivan B, Symes A, et al. Seabird conservation status, threats and priority actions: A global assessment. *Bird Conserv Int.* 2012;22(1): 1-34. doi: 10.1017/s0959270912000020
4. BirdLife International. *State of the world's birds: Taking the pulse of the planet.* Cambridge: BirdLife International; 2018.
5. Pedrocchi V, Oro D, González-Solís J, Ruiz X, Jover LI. Differences in diet between the two largest breeding colonies of Audouin's Gulls: The effects of fishery activities. *Sci Mar.* 2002;66(3): 313-320.
6. González D, Marinao C, Yorio P. Importancia de los descartes pesqueros en la dieta de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en el Golfo San Jorge, Patagonia. *Ornitol Neotrop.* 2017;28: 103-111.

7. Sherley RB, Ladd-Jones H, Garthe S, Stevenson O, Votier SC. Scavenger communities and fisheries waste: North Sea discards support 3 million seabirds, 2 million fewer than in 1990. *Fish Fish*. 2019;00: 1-14. doi: 10.1111/faf.12422
8. Giaccardi M, Yorio P & Lizurume ME. Patrones estacionales de abundancia de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en un basural patagónico y sus relaciones con el manejo de residuos urbanos y pesqueros. *Ornitol Neotrop*. 1997;8: 77-84.
9. Silva MP, Bastida R, Darrieu C. Dieta de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitol Neotrop*. 2000;11: 331-339.
10. Roby DD, Collis K, Lyons DE, Craig DP, Adkins JY, Myers AM, et al. Effects of colony relocation on diet and productivity of Caspian Terns. *J Wildl Manage*. 2002;66(3): 662-673. doi: 10.2307/3803132
11. Weitzman J, Steeves L, Bradford J, Filgueira R. Far-field and near-field effects of marine aquaculture. In: Sheppard C, editor. *World seas: An environmental evaluation*. 2nd ed. Vol. III: Ecological issues and environmental impacts. Academic Press; 2019. pp. 197-220. doi: 10.1016/B978-0-12-805052-1.00011-5
12. Furness RW, Monaghan P. *Seabird ecology*. 1st ed. Glasgow and London: Blackie; 1987.
13. Contreras AJ, Tejeda AG, García JA. Las aves como plaga, controles y manejo. *Ciencia UANL*. 2003;6(1): 93-98.
14. Diel DG, Miller PJ, Wolf PC, Mickley RM, Musante AR, Emanuelli DC, et al. Characterization of Newcastle disease viruses isolated from cormorant and gull species in the United States in 2010. *Avian Dis*. 2012;56(1): 128-133. doi: 10.1637/9886-081111-reg.1

15. Mukerji S, Stegger M, Truswell AV, Laird T, Jordan D, Abraham RJ, et al. Resistance to critically important antimicrobials in Australian Silver Gulls (*Chroicocephalus novaehollandiae*) and evidence of anthropogenic origins. *J Antimicrob Chemother.* 2019;74: 2566-2574. doi: 10.1093/jac/dkz242
16. Franklin AB, Ramey AM, Bentler KT, Barrett NL, McCurdy LM, Ahlstrom CA, et al. Gulls as sources of environmental contamination by colistin-resistant bacteria. *Sci Rep.* 2020;10: 4408. doi: 10.1038/s41598-020-61318-2
17. Mallory ML, Mahon L, Tomlik MD, White C, Milton GR, Spooner I. Colonial Marine birds influence island soil chemistry through biotransport of trace elements. *Water Air Soil Pollut.* 2015;226: 31. doi: 10.1007/s11270-015-2314-9
18. Belant JL. Gulls in urban environments: Landscape-level management to reduce conflict. *Landscape Urban Plan.* 1997;38: 245-258. doi: 10.1016/s0169-2046(97)00037-6
19. Rock P. Urban gulls: Problems and solutions. *Br Birds.* 2005;98: 338-355.
20. Sodhi NS. Competition in the air: Birds versus aircraft. *Auk.* 2002;119(3): 587-595. doi: 10.2307/4089960
21. Kitowski I. Civil and military birdstrikes in Europe: An ornithological approach. *J Appl Sci.* 2011;11(1): 183-191. doi: 10.3923/jas.2011.183.191
22. Guevara EA, Santander T, Mueces T, Terán K, Henry P. Population growth and seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at highland lakes in Ecuador. *Waterbirds.* 2011;34(4): 499-503. doi: 10.1675/063.034.0413

23. Burr PC, Avery JL, Street GM, Strickland BK, Dorr BS. Piscivorous bird use of aquaculture and natural water bodies in Mississippi. *J Wildl Manage.* 2020; 1-10. doi: 10.1002/jwmg.21948
24. Marzano M, Carss DN, Cheyne I. Managing European cormorant-fisheries conflicts: Problems, practicalities and policy. *Fish Manag Ecol.* 2013;20(5): 401-413. doi: 10.1111/fme.12025
25. Chamorro A, Contreras C, Raschio G. Evaluación rápida del ecosistema marino desarrollado en la zona de carga de la Planta Pampa Melchorita de Perú LNG. Report. Lima: Ecosystem Services LLC; 2014 Jul. Available from: <http://hdl.handle.net/1834/8420>
26. Guerra-Correa C, Guerra-Castro Ch, Páez-Godoy J. Diagnóstico, plan de seguimiento y control de cormorán yeco (*Phalacrocorax brasilianus*) en la ciudad de Antofagasta. Report. Chile: Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental, Universidad de Antofagasta; 2013. Available from: <http://yecoproyecto.wix.com/yeco#!documentos>
27. Majluf P (Fundación Cayetano Heredia, Lima). Identificación de ecosistemas y servicios ecosistémicos dentro del ámbito de la Costa Verde. Report. Lima: Centro para la Sostenibilidad Ambiental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2014 Jul. Proceso de Selección N° 002-2014-MML-APCV-GA/AA. Available from: <http://hdl.handle.net/1834/8419>
28. Murphy RC. Oceanic birds of South America: A study of species of the related coasts and seas, including the American quadrant of Antarctica, based upon the Brewster-Sanford collection in the American Museum of Natural History. Vol. II.

- New York: The Macmillan Company, The American Museum of Natural History; 1936. doi: 10.5962/bhl.title.11916
29. Orta J. Family Phalacrocoracidae (cormorants). In: Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, editors. Handbook of the birds of the world. Vol. 1: Ostrich to ducks. Barcelona: Lynx Edicions; 1992. pp. 326-353.
30. Tovar H. Áreas de reproducción y distribución de las aves marinas en el litoral peruano. Bol Inst Mar Perú. 1968;1(10): 524-546.
31. Tovar H, Cabrera D. Conservación y manejo de aves guaneras. Lima: Asamblea Nacional de Rectores, Universidad Nacional Agraria La Molina; 2005.
32. Barrio J, Guillén C. Aves de los humedales de la costa peruana. 1st ed. Lima: Corbidj; 2014.
33. Goodall JD, Johnson AW, Philippi RA. Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres. Buenos Aires: Platt Establecimientos Gráficos; 1951.
34. Coker RE. Habits and economic relations of the guano birds of Peru. Proc US Nat Mus. 1919;56(2298): 449-529. doi: 10.5479/si.00963801.56-2298.449
35. Quintana F, Yorio P, Lisnizer N, Gatto A, Soria G. Diving behavior and foraging areas of the Neotropic Cormorant at a marine colony in Patagonia, Argentina. Wilson Bull. 2004;116(1): 83-88. doi: 10.1676/0043-5643(2004)116[0083:DBAFAO]2.0.CO;2
36. Fagan J, Komar O. Peterson field guide to birds of Northern Central America: Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras. New York: Houghton Mifflin Harcourt; 2016.

37. Muñoz J, Marín G, Andrade J, Alzola R. Notas sobre la dieta de la cotúa olivácea (*Phalacrocorax olivaceus*) en una laguna marino-costera de la Península de Araya, Venezuela. *Saber*. 2008;20(2): 253-258.
38. Petracci PF, Cereghetti J, Martín J, Obed YS. Dieta del biguá (*Phalacrocorax olivaceus*) durante la primavera en el estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *Hornero*. 2009;24(2): 73-78.
39. Muñoz-Gil J, Marín-Espinoza G, Andrade-Vigo J, Zavala R, Mata A. Trophic position of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*): Integrating diet and stable isotope analysis. *J Ornithol*. 2012;154: 13-18. doi: 10.1007/s10336-012-0863-x
40. Morrison ML, Douglas R, Shanley Jr E. Age and foraging ability relationships of Olivaceous Cormorants. *Wilson Bull*. 1978;90(3): 414-422. doi: 10.2307/4161091
41. Barquete V, Vooren CM, Bugoni L. Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *Hornero*. 2008;23(1): 15-22.
42. Koepcke M. Corte ecológico transversal en los Andes del Perú central con especial consideración de las aves. Parte I: Costa, Vertientes occidentales y Región altoandina. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1954.
43. Castillo R (Convenio Autoridad del Proyecto Costa Verde (APCV) - Instituto Metropolitano de Planificación (IMP), Lima). Plan maestro de desarrollo de la Costa Verde 1995-2010. Vol. A, D. Report. Lima: Municipalidad Metropolitana de Lima; 1995 Aug. Acuerdo de Consejo No. 079 APCV. Available from: <http://www.apcvperu.gob.pe/index.php/plan-maestro>

44. Verdugo C, Pinto A, Ariyama N, Moroni M, Hernandez C. Molecular identification of avian viruses in Neotropical Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in Chile. *J Wildl Dis.* 2019;55(1): 105-112. doi: 10.7589/2017-10-256
45. Contreras A, Gómez-Martín A, Paterna A, Tatay-Dualde J, Prats-Van Der Ham M, Corrales JC, et al. Papel epidemiológico de las aves en la transmisión y mantenimiento de zoonosis. *Rev Sci Tech.* 2016;35(3): 845-862. doi: 10.20506/rst.35.3.2574
46. Banse T. Cormorants are protected. But their poop is corroding a bridge across the Columbia River. *KUOW Public Radio.* 2019 Jun 12 [Cited 2020 Feb 12]. Available from: <https://www.kuow.org/stories/cormorants-flock-by-the-thousands-to-a-columbia-river-bridge-where-they-re-unwanted>
47. Frankowicz K. On the Astoria Bridge, a cormorant kingdom grows. Thousands of birds at home on the span. *The Astorian.* 2019 May 31 [Cited 2019 Nov 1]. Available from: https://www.dailyastorian.com/news/local/on-the-astoria-bridge-a-cormorant-kingdom-grows/article_97d11218-823b-11e9-99f7-af1fcb15e4ee.html
48. Casaux RJ, Di Prinzio CY, Bertolin ML, Tartara MA. Diet of the Neotropical Cormorant *Phalacrocorax olivaceus* at West Chubut, Patagonia, Argentina. *Waterbirds.* 2009;32(3): 444-449. doi: 10.1675/063.032.0310
49. Esri Inc. ArcGIS Desktop. Version 10.5 [software]. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute; 2016. Available from: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>

50. Dally WR. Surf zone processes. In: Finkl CW, Makowski C, editors. Encyclopedia of coastal science. Living ed. Encyclopedia of earth sciences series. Cham: Springer; 2018. doi: 10.1007/978-3-319-48657-4_306-2
51. McLachlan A, Defeo O. The ecology of sandy shores. 3rd ed. London: Academic Press; 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-809467-9.00010-2
52. Google LLC. Google Earth Pro. Version 7.3 [software]. Mountain View, California: Google LLC; 2019. Available from: <https://www.google.es/earth/versions/>
53. Martin D, Bertasi F, Colangelo MA, de Vries M, Frost M, Hawkins SJ, et al. Ecological impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna: Evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coast Eng.* 2005;52(10-11): 1027-1051. doi: 10.1016/j.coastaleng.2005.09.006
54. Dugan JE, Airoidi L, Chapman MG, Walker SJ, Schlacher T. Estuarine and coastal structures: Environmental effects, a focus on shore and nearshore structures. In: Wolanski E, McLusky D, editors. *Treatise on estuarine and coastal science*. Vol. 8: Human-induced problems (uses and abuses). London: Academic Press; 2011. pp. 17-41. doi: 10.1016/B978-0-12-374711-2.00802-0
55. Anton IA, Panaitescu M, Panaitescu F-V, Ghiță S. Impact of coastal protection systems on marine ecosystems. *E3S Web Conf.* 2019;85: 07011. doi: 10.1051/e3sconf/20198507011
56. Morrison ML, Shanley Jr E, Slack RD. The food of nestling Olivaceous Cormorants. *Southwest Nat.* 1977;22(3): 321-326. doi: 10.2307/30054799

57. Marina de Guerra del Perú, Dirección de Hidrografía y Navegación. Bahía Miraflores [nautical chart]. Callao: Marina de Guerra del Perú; 2013. Available from: <https://www.dhn.mil.pe/vemana/index.php?cat=Productos>
58. Duffy DC, Wilson RP, Wilson M-P, Velasquez C. Plunge-diving by Olivaceous Cormorants in Chile. *Wilson Bull.* 1986;98(4): 607-608.
59. Gatto A, Quintana F, Yorio P. Feeding behavior and habitat use in a waterbird assemblage at a marine wetland in Coastal Patagonia, Argentina. *Waterbirds.* 2008;31(3): 463-471. doi: 10.1675/1524-4695-31.3.463
60. Shealer DA. Foraging behavior and food of seabirds. In: Schreiber EA, Burger J, editors. *Biology of marine birds.* 1st ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2001. pp. 137-177. doi: 10.1201/9781420036305
61. Henkel LA. Effect of water clarity on the distribution of marine birds in nearshore waters of Monterey Bay, California. *J Field Ornithol.* 2006;77(2): 151-156. doi: 10.1111/j.1557-9263.2006.00035.x
62. Instituto Geográfico Nacional. Base de datos Perú - shapefile - *.shp - MINAM - IGN - límites políticos: Límite distrital [Internet]. Lima: GEO GPS PERÚ E.I.R.L.; c2019 [cited 2019 Mar 19]. Available from: <https://www.geogpsperu.com/2014/03/base-de-datos-peru-shapefile-shp-minam.html>
63. Marsaglia G, Tsang WW, Wang J. Evaluating Kolmogorov's distribution. *J Stat Softw.* 2003;8(18): 1-4. doi: 10.18637/jss.v008.i18
64. Chambers JM, Freeny AE, Heiberger RM. Analysis of variance; designed experiments. In: Chambers JM, Hastie TJ, editors. *Statistical models in S.* Pacific Grove (CA): Wadsworth & Brooks/Cole; 1992. pp. 145-193.

65. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing and graphics. Version 3.5.1 [software]. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing; 2018. Available from: <https://www.r-project.org/>
66. Fox J, Weisberg S. An R companion to applied regression. 3rd ed. Thousand Oaks (CA): Sage; 2018.
67. Brooks ME, Kristensen K, van Benthem KJ, Magnusson A, Berg CW, Nielsen A, et al. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *R J.* 2017;9(2): 378-400. doi: 10.3929/ETHZ-B-000240890
68. Burnham KP, Anderson DR. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. 2nd ed. New York: Springer; 2002. doi: 10.1007/b97636
69. Venables WN, Ripley BD. Modern applied statistics with S. 4th ed. Statistics and Computing series. New York: Springer; 2002. doi: 10.1007/978-0-387-21706-2
70. Amaro L, Goyoneche G. Anidación de aves en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa 2007-2009, Lima-Perú. *The Biologist (Lima).* 2017;15(1): 155-171. doi: 10.24039/rtb2017151151
71. Quiñonez AS, Hernandez F. Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Rev Peru Biol.* 2017;24(2): 175-186. doi: 10.15381/rpb.v24i2.13494
72. Galarza N. Informe sobre estudios ornitológicos realizados en el laboratorio de La Puntilla (Pisco) en setiembre de 1965/66. Report. Lima: Instituto del Mar del

- Perú; 1968 Sep. Serie de Informes Especiales N° IM-31. Available from:
<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1461>
73. Johnsgard PA. Cormorants, darters and pelicans of the world. 1st ed. Washington DC: Smithsonian Institution Press; 1993.
74. Stucchi M, Figueroa J, Mori G, Flores F. Revisión y actualización de la avifauna de las islas Lobos de Afuera (Perú). Bol Inf UNOP. 2011;6(1): 14-27.
75. Figueroa J, Roca M, Torres D, Guillermo E, Paredes F, Barraza D. Caracterización de la fauna terrestre: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Coles (Moquegua). 1st ed. Lima: SERNANP; 2016. pp. 13-114.
76. Figueroa J, Guillermo E, Álvarez A, Ipanaqué M, Hernández W, Valdivia L. Caracterización de la fauna terrestre de la isla Don Martín: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islote Don Martín (Lima). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 9-111.
77. Carazas N, Salazar R, Podestá J. Avifauna silvestre del Parque de las Leyendas, Lima, Perú. The Biologist (Lima). 2019;17(1): 19-30. doi: 10.24039/rtb2019171289
78. Castillo RF. La planificación urbana de Lima-Callao 1949-2013: Del urbanismo funcionalista a la planificación del desarrollo urbano sostenible. Paideia XXI. 2013;3(4): 20-32. doi: 10.31381/paideia.v3i4.925

79. Figueroa J, Llica M, Ordoñez J, Chugnas L, Salinas V, Flores H, et al. Caracterización de la fauna terrestre de Punta Salinas, Isla Huampanú e Isla Mazorca: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Salinas, Isla Huampanú e Isla Mazorca (Lima). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 10-208.
80. Figueroa J, Tomairo M, Flores A, Jaime M, Melgarejo I, Hernández W, et al. Caracterización de la fauna terrestre de las Islas Guañape: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islas Guañape (La Libertad). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 10-137.
81. Aguilar RE, Llapapasca MA, Quiñones J, Rivadeneyra SB, Torres D. Depredadores superiores en Isla Lobos de Tierra, Perú. Evaluación de línea base (GEF-UNDP 2014). Inf Inst Mar Perú. 2020;47(1): 37-64.
82. Figueroa J, Timaná L, Gutiérrez C, Roca M, Hernández W, Ramírez R. Caracterización de la fauna terrestre de las Islas Lobos de Afuera: Aves, mamíferos y reptiles. In: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), editor. Línea base biológica terrestre y marina de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Islas Lobos de Afuera (Lambayeque). 1st ed. Lima: SERNANP; 2019. pp. 8-132.

83. Branco JO, Braun JRR, Verani JR. Seasonal variation in the abundance of seabirds in areas of mariculture. *Braz Arch Biol Technol.* 2001;44(4): 395-399. doi: 10.1590/s1516-89132001000400009
84. Branco JO, Evangelista CL, Lunardon-Branco MJ, Azevedo-Júnior SM, Larrazábal ME. Atividade diária de *Phalacrocorax brasilianus* (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil. *Ornithologia.* 2009;3(2): 73-82.
85. Da Silva TL, Cabral RBG, Ferreira I. Behavior and seasonal abundance of Neotropic Cormorant *Nannopterum brasilianus* (Gmelin, 1789) in southeastern, Brazil. *Rev Bras Ornitol.* 2018;26(4): 219-226. doi: 10.1007/BF03544434
86. Branco JO. Flutuações sazonais na abundância de *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Rev Bras Zool.* 2002;19(4): 1057-1062. doi: 10.1590/S0101-81752002000400010
87. Barbieri E, Paes ET. The birds at Ilha Comprida beach (São Paulo state, Brazil): A multivariate approach. *Biota Neotrop.* 2008;8(3): 41-50. doi: 10.1590/S1676-06032008000300003
88. Rutigliano A. Aves y mamíferos del cantón Cotacachi. 1st ed. Cotacachi: Asamblea de Unidad Cantonal de Cotacachi (AUC); 2006.
89. Weimerskirch H, Bertrand S, Silva J, Marques JC, Goya E. Use of social information in seabirds: Compass rafts indicate the heading of food patches. *PLoS One.* 2010;5(3): e9928. doi: 10.1371/journal.pone.0009928
90. Thiebault A, Mullers RHE, Pistorius PA, Tremblay Y. Local enhancement in a seabird: Reaction distances and foraging consequence of predator aggregations. *Behav Ecol.* 2014;25(6): 1302-1310. doi: 10.1093/beheco/aru132

91. Olds AD, Vargas-Fonseca E, Connolly RM, Gilby BL, Huijbers CM, Hyndes GA, et al. The ecology of fish in the surf zones of ocean beaches: A global review. *Fish Fish.* 2017;19(1): 78-89. doi: 10.1111/faf.12237
92. Russell I, Broughton B, Keller T, Carss D. The INTERCAFE cormorant management toolbox: Methods for reducing Cormorant problems at European fisheries. INTERCAFE COST Action 635 Final Report III. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST; 2012. doi: 10.13140/2.1.5061.2481
93. Bechard MJ, Márquez-Reyes C. Mortality of wintering Ospreys and other birds at aquaculture facilities in Colombia. *J Raptor Res.* 2003;37(4): 292-298.
94. Lammers WM, Collopy MW. Effectiveness of avian predator perch deterrents on electric transmission lines. *J Wildl Manage.* 2007;71(8): 2752-2758. doi: 10.2193/2005-752
95. Slater SJ, Smith JP. Effectiveness of raptor perch deterrents on an electrical transmission line in southwestern Wyoming. *J Wildl Manage.* 2010;74(5): 1080-1088. doi: 10.2193/2008-525
96. Comeau LA, St-Onge P, Pernet F, Lanteigne L. Deterring coastal birds from roosting on oyster culture gear in eastern New Brunswick, Canada. *Aquac Eng.* 2009;40: 87-94. doi: 10.1016/j.aquaeng.2008.11.003
97. Gil-Weir K, Weir E, Casler CL, Aniyar S. Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environ Dev Econ.* 2011;16(5): 553-572. doi: 10.1017/S1355770X11000179

98. Kress SW. The use of decoys, sound recordings, and gull control for re-establishing a tern colony in Maine. *Col Waterbirds*. 1983;6: 185-196. doi: 10.2307/1520987
99. Williams DR, Pople RG, Showler DA, Dicks LV, Child MF, zu Ermgassen EKJ, Sutherland WJ. *Bird conservation: Global evidence for the effects of interventions. Synopses of conservation evidence series*. Exeter: Pelagic Publishing; 2012. doi: 10.13140/2.1.1927.3924

PLOS ONE: Notification of co-authorship on manuscript - [EMID:f1238ee32b6a6d99]



Traducir mensaje a: Español | No traducir nunca de: Inglés



PLOS ONE <em@editorialmanager.com>

Jue 5/11/2020 13:30

Para: Usted



PONE-D-20-34870

Nonrandom spatial distribution of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) along a coastal highway in Lima, Peru

Dr. Carlos Braxtzo Zavalaga

Dear BSc Sebastián Lozano-Sanllehi,

You are receiving this email because you have been listed as an author on a manuscript recently submitted to PLOS ONE, which is entitled "Nonrandom spatial distribution of Neotropic Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) along a coastal highway in Lima, Peru".

The corresponding author for the submission process is: Dr. Carlos Braxtzo Zavalaga

The full author list for the submission is: Sebastián Lozano-Sanllehi; Carlos Braxtzo Zavalaga, Ph.D.

You are not required to confirm your co-authorship of this submission, but if you would like to add an ORCID iD please click the link below to confirm co-authorship and link your ORCID iD.

[Yes, I am affiliated.](#)

Please note that if you would like to link your ORCID iD to the submission, you will need to log in to your Editorial Manager account to do so. If you do not have an Editorial Manager account, you can register here: <http://www.editorialmanager.com/pone/Default.aspx>.

If you are not aware of this submission, or if you should not be listed as a co-author, then please contact the journal office at plosone@plos.org. For more information on PLOS ONE's authorship requirements, please visit: <http://journals.plos.org/plosone/s/authorship>.

Kind regards,

PLOS ONE

<https://www.editorialmanager.com/pone>

Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis.



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE ACEPTACIÓN E INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS Y NOMBRAMIENTO DEL ASESOR DE LA INVESTIGACIÓN

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°163-2018-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Lima, 24 de julio del 2018

VISTO:

El informe técnico del Comité de Investigación de la Facultad, se aprueba el proyecto de tesis: **“Distribución espacio-temporal del Cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) en el circuito de playas de la Costa Verde, Lima – Perú, y propuestas de solución eco-amigables frente a la problemática ambiental de sus deyecciones”** presentado por doña **Sebastián Lozano Sanllehi** con código de matrícula N°100010410.


CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento de Estudios de Pregrado vigente, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental** en la Facultad de Ciencias Ambientales/Carrera de Ingeniería Ambiental, el bachiller de la especialidad de **Ingeniería y Gestión Ambiental** debe desarrollar la tesis titulada **“Distribución espacio-temporal del Cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) en el circuito de playas de la Costa Verde, Lima – Perú, y propuestas de solución eco-amigables frente a la problemática ambiental de sus deyecciones”**, que la Bachiller ha presentado los expedientes correspondientes y efectuado los pagos respectivos. Estando a lo dispuesto por el Reglamento de Estudios de Pregrado vigente, las disposiciones vigentes y en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de la Facultad.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado **“Distribución espacio-temporal del Cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) en el circuito de playas de la Costa Verde, Lima – Perú, y propuestas de solución eco-amigables frente a la problemática ambiental de sus deyecciones** del Bachiller **Sebastián Lozano Sanllehi** con código de Matrícula N° 100010410; así como, nombrar como el Asesor para el desarrollo de la Tesis en mención al **PhD. Carlos Braxtzo Phil Zavalaga Reyes**.

Regístrese, comuníquese y archívese


Mag. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental



T // (51) 610 6400
opción 2
www.cientifica.edu.pe

Campus
Panamericana Sur
km 19 - Lima 42