



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