

Riqueza de flora vascular de los humedales costeros de Lima: Una aproximación utilizando estimadores no paramétricos

Richness of vascular flora of the coastal wetlands of Lima: An approximation using nonparametric estimators

Héctor Aponte

Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur. Antigua Carretera
Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador, Lima 42, PERÚ. Laboratorio de Florística,
Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Avenida
Arenales 1256, Jesús María, Apartado 14-0434, Lima 14, PERÚ
haponte@cientifica.edu.pe

Antony Apeño

Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur. Antigua Carretera
Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador, Lima 42, PERÚ
antony13may@gmail.com



Resumen

Los estudios sobre la diversidad de la vegetación de los humedales costeros de Lima registran un total de 113 especies de plantas vasculares. Con la finalidad de conocer qué porcentaje de plantas se conocen para esta región de estudio, se utilizaron estimadores no paramétricos de la diversidad total (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap), así como análisis de la cobertura de la información, los cuales permiten obtener una referencia del potencial máximo de especies que se encuentran en esta región y cuán completa es la diversidad que se conoce por medio de las evaluaciones florísticas. Basados en esos estimadores podemos indicar que se conoce alrededor del 70 % de la riqueza de especies de plantas vasculares, dándonos un rango de especies probable para esta región entre 134 y 185 especies de plantas vasculares. Se discuten las implicancias de estos resultados y la posibilidad de que la flora que aún no se conoce pueda estar compuesta por especies oportunistas o puede encontrarse en localidades aún no muestreadas.

Palabras clave: cobertura, conservación, flora, humedales, riqueza.

Abstract

A total of 113 species of vascular plants are reported for the coastal wetlands of Lima. In order to know the percentage of plants that are known for this study region, nonparametric estimators of the total diversity (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 and Bootstrap) and completeness were used. These algorithms allow the obtention of a reference of the maximum potential of species that are found in this region and how complete is the diversity that is known through floristic evaluations. Based on these estimators, we can indicate that about 70 % of the richness of vascular plant species is known, giving us a range of species likely for this region between 134 and 185 species of vascular plants. We discuss the implications of these results and the possibility that the flora that is not yet known may be composed of opportunistic species or may be found in localities not yet sampled.

Keywords: completeness, conservation, flora, wetlands, richness.

Citación: Aponte, H. & A. Apeño. 2019. Riqueza de flora vascular de los humedales costeros de Lima: Una aproximación utilizando estimadores no paramétricos. *Arnaldoa* 26 (1): 131 - 138. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26107>

Introducción

Los humedales de la costa de Lima son ecosistemas importantes en el desierto peruano-chileno. Por su cercanía con las poblaciones humanas, parte de esta importancia está íntimamente relacionada a los procesos que los humedales mantienen y que son servicios ecosistémicos fundamentales para el ser humano: la mantención del ciclo del carbono por medio la captura del CO₂ y su funcionamiento en la regulación del ciclo del agua, son solo algunos de los importantes procesos que allí ocurren y nos benefician directa o indirectamente (Aponte, 2017b; Costanza *et al.*, 1997). Esta

misma cercanía con los seres humanos hace que estos ecosistemas se encuentren constantemente amenazados por impactos humanos como el arrojo de desperdicios, los incendios y el constante cambio del uso de suelo que muchas veces destruye por completo estos ecosistemas (Ramírez *et al.*, 2018; Young, 1998). A pesar de estas condiciones, estos humedales albergan una gran riqueza de especies entre aves, mamíferos (grupo en el que recientemente se han encontrado potenciales especies nuevas para la ciencia), protozoarios y plantas vasculares (Cano *et al.*, 1998; Guillén *et al.*, 2013; Iannacone *et al.*, 2015).

En estos humedales, se reportan

históricamente más de 123 especies de plantas vasculares, donde destacan las monocotiledóneas; y dentro de ellas la familia Poaceae (Aponte & Cano, 2013). El recambio de plantas vasculares entre localidades es alto, por lo que la diversidad beta regional de plantas vasculares en estos ecosistemas es también alta, siendo inclusive mayor que la reportada para aves en la misma región (Aponte, 2017a; 2017c). A la fecha, se siguen realizando muestreos y análisis de algunas localidades lo que hace que este valor histórico esté cambiando constantemente (por ejemplo, con los estudios recientes realizados en el humedal de Carquín-Hualmay, el valor histórico aumentó en 2 especies; Aponte & Cano, 2018). El trabajo mencionado sobre el humedal de Carquín-Hualmay (Aponte & Cano, 2018) no solo plantea la posibilidad de que en estos humedales se albergue aún una mayor diversidad, sino también muestra el potencial que tienen los humedales pequeños para albergar un gran número de especies (a la fecha, este humedal es el que tiene mayor cantidad de especies por área de toda la costa de Lima). ¿Cuántas especies de plantas vasculares más faltan coleccionar? ¿Será necesario seguir realizando esfuerzos para monitorear estos humedales? ¿Qué porcentaje de la diversidad conocemos? Todas estas preguntas que tienen la misma respuesta: No se sabe.

Una forma de conocer el porcentaje de especies conocidas consiste en realizar análisis de cobertura o completitud (del inglés *completeness*). La cobertura de la riqueza cuantifica la fracción de la diversidad que se conoce, permitiéndonos analizar cuán completo es nuestro conocimiento de una región determinada (Gotelli & Chao, 2013). Utilizando estos métodos es posible tener una aproximación

del porcentaje de especies que se conoce y de la cantidad que está pendiente por coleccionar. Estos análisis nos brindan herramientas para tomar decisiones de gestión e investigación ya que, en función de los resultados, se puede decidir si aumentar o no el esfuerzo de muestreo del taxón y área geográfica evaluados.

En ese contexto, el objetivo del presente trabajo consiste en tener una estimación de la riqueza de especies de plantas vasculares en esta región, estableciendo a partir de ella una discusión sobre los pasos a seguir para su mejor conocimiento y conservación en los próximos años.

Material y métodos

Area de estudio

En el presente estudio se trabajó con los datos de siete humedales de la costa central del Perú (Humedales de Puerto Viejo, Pantanos de Villa, Humedales de Ventanilla, Humedales de Santa Rosa, Laguna El Paraíso, Humedal Carquín-Hualmay y Albuferas de Medio Mundo), ubicados entre los 10°58'05.15"S y los 12°34'16.77"S, desde el nivel del mar hasta altitudes no mayores de 25 m (Fig. 1).

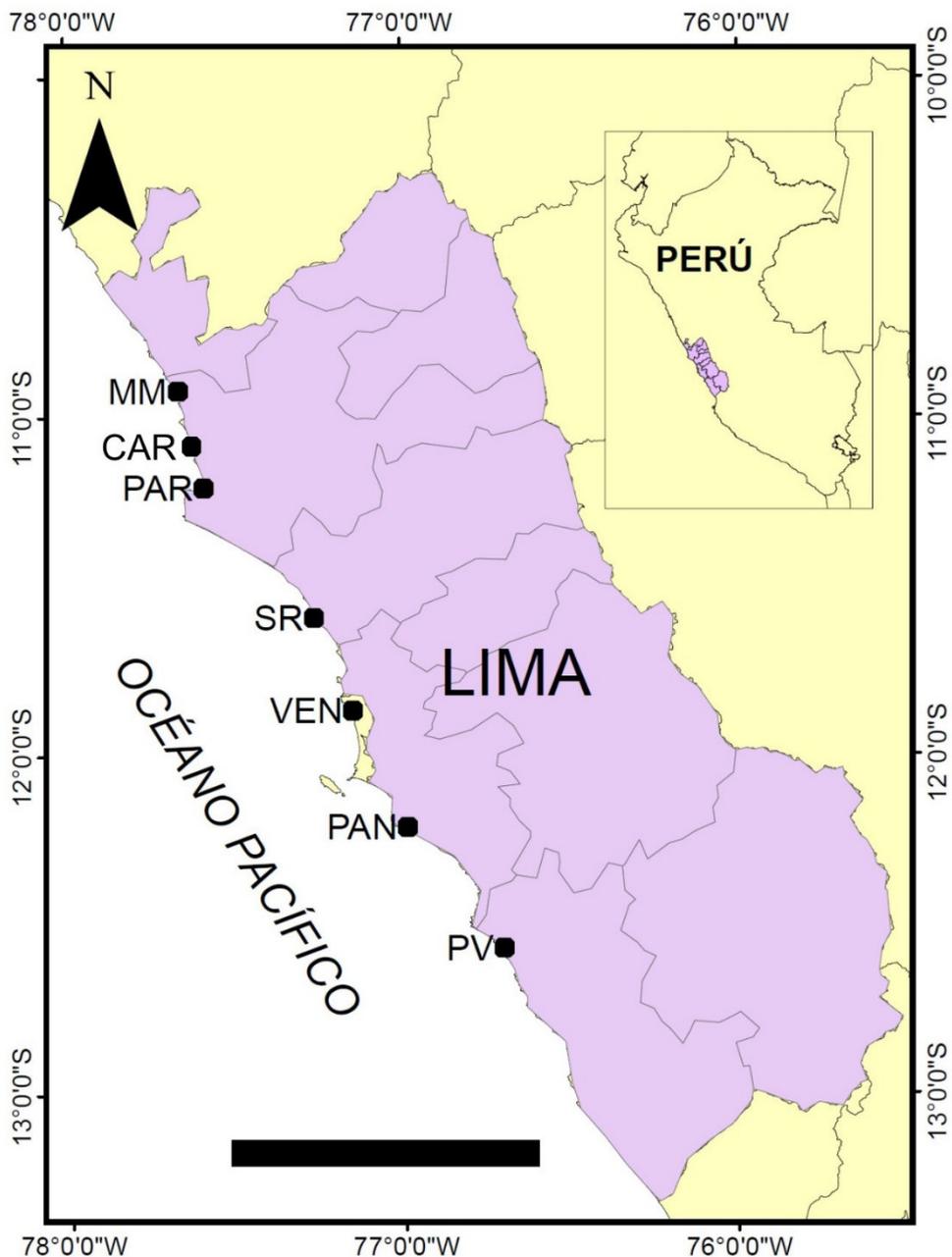


Fig. 1. Mapa de distribución de los seis humedales estudiados. MM=Albufera de Medio Mundo, CAR=Humedal de Carquín - Hualmay; PAR=Laguna El Paraíso; SR=Humedales de Santa Rosa; VEN=Humedales de Ventanilla; PAN=Pantanos de Villa; PV=Humedales de Puerto Viejo. Escala=100km.

Métodos

Se utilizaron los datos de la riqueza de plantas vasculares actualizados a la última fecha de colecta: Aponte & Cano (2013) para los humedales de Paraíso, Santa Rosa, Medio Mundo y Puerto Viejo; Aponte & Ramirez (2014) para los humedales de Ventanilla; Ramirez & Cano, (2010) para Pantanos de Villa y Aponte & Cano (2018) para el Humedal de Carquín; aquí se engloban 113 especie de plantas vasculares).

Se utilizaron los estimadores de diversidad total no paramétricos Chao 2; Jackknife 1; Jackknife 2 y Bootstrap los cuales utilizan los singletons (especies únicas por localidad) y doubletons (especies que se presentaron en dos localidades) para estimar la riqueza total de especies potenciales (en este caso de los humedales de la región costera de Lima; puede verse el detalle de los algoritmos en (Burnham & Overton, 1978, 1979; Chao, 1987; Colwell & Coddington, 1994; Heltshe & Forrester, 1983; Smith & van Belle, 1984). Todos estos estimadores utilizan datos de presencia y ausencia de las especies en una determinada localidad.

La cobertura de la muestra fue calculada de dos maneras: a) estableciendo la proporción de especies conocidas a partir de la división de las especies observadas y el número de especies que sugiere cada estimador de diversidad y b) mediante la técnica de rarefacción/extrapolación con incidencia de especies por localidad utilizando iNEXT (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016; Chao & Jost, 2012; Colwell *et al.*, 2012 para antecedentes y métodos de rarefacción y extrapolación utilizados por el programa, se consideró 1000 repeticiones con un 95% de intervalo de confianza) de la cual también se obtuvo

una estimación más de la diversidad total.

Resultados

La Tabla 1 muestra la estimación obtenida con los estimadores Chao 2; Jackknife 1; Jackknife 2 y Bootstrap; mostrando valores de cobertura se encuentran entre el 60,8% (para el estimador Jackknife 2) y 84,3% (para Bootstrap), dándonos un rango de especies probable para esta región entre 134 y 185 especies de plantas vasculares. La curva de rarefacción/extrapolación nos indica que los datos observados corresponden al 82% de cobertura, con un estimado de especies totales de 168 especies (Fig. 2).

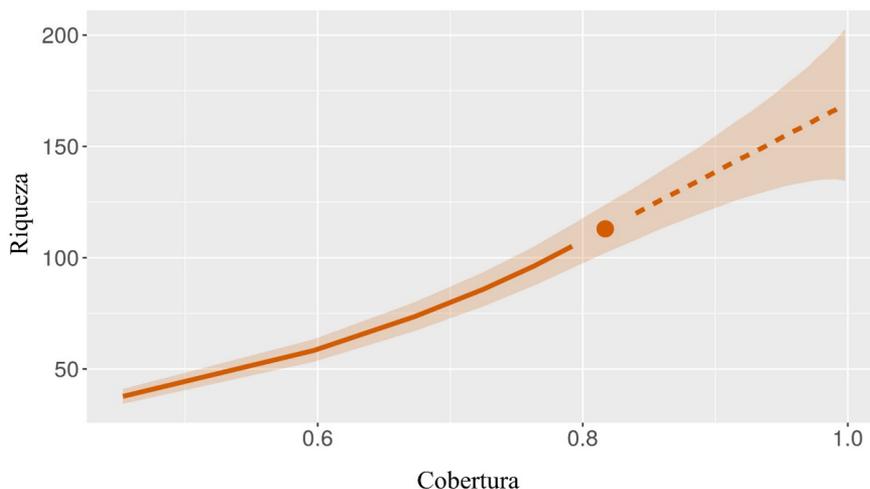


Fig. 2. Número de especies y cobertura de la muestra obtenido con iNEXT. Las líneas punteadas representan valores extrapolados. Las regiones sombreadas representan los límites inferior y superior con un 95% de confiabilidad.

Tabla 1. Cobertura de la riqueza de especies de plantas vasculares para los humedales costeros de Lima, obtenida a partir del uso de estimadores no paramétricos. Se muestra la Riqueza estimada \pm la desviación estándar (excepto para *, donde no se puede hallar la desviación estándar por la naturaleza de los algoritmos).

Estimador	Riqueza estimada (Número de especies)	Cobertura de la riqueza (%)
Chao 2	166.03 \pm 19.33	68.1
Jackknife 1	160.14 \pm 19.65	70.6
Jackknife 2*	185.73	60.8
Bootstrap*	134.11	84.3

Discusión

Los resultados nos indican que, a la fecha se conoce entre el alrededor del 70% de la composición de flora vascular de la región para esos ecosistemas (según el estimador que utilizamos). Probablemente, existen localidades aún no muestreadas que guardan una riqueza específica distinta a la ya conocida, lo que refuerza la idea de la alta complementariedad y baja similitud de estas localidades anteriormente descrita

(Aponte & Ramírez 2014; Aponte, 2017). Esto, nos lleva a pensar en dos posibles hipótesis:

1. Las especies que faltan coleccionar se encuentran en las localidades ya conocidas y son fruto del recambio temporal de especies. En las investigaciones realizadas se ha notado que este recambio se da principalmente a nivel de las especies oportunistas (denominadas también invasoras, invasoras potenciales o malezas), grupo de plan-

tas que representan el mayor porcentaje de especies en estos ecosistemas (60% según Aponte & Cano, 2013). Ello no significa que la riqueza que se desconoce es poco importante, sino más bien es una muestra del potencial de estos ecosistemas para albergar a plantas de este tipo, los cuales llegan a los humedales fruto de las actividades humanas.

2. Las especies de plantas vasculares que faltan coleccionar para estos ecosistemas se encuentran en otras localidades de esta región costera que aún no se han muestreado o que están muy poco evaluadas. Un ejemplo de este tipo de localidades es la Laguna la Encantada, un humedal costero que hasta la fecha no cuenta con listados publicados para su flora vascular.

Según el resultado de cobertura (o completitud) más alto obtenido en el presente trabajo, conocemos en promedio el 84% de la riqueza de especies de plantas vasculares. Ello, nos lleva a pensar que es necesario mantener los programas de monitoreo (evaluando de esta manera el recambio temporal de especies), investigar la procedencia de las especies (para entender los procesos que están influyendo en las variaciones de diversidad vegetal) y evaluar localidades que aún no se conocen, a fin de completar el conocimiento en este grupo de organismos en los humedales de la costa de Lima.

Agradecimientos

El presente estudio se realizó gracias al apoyo logístico de la Universidad Científica del Sur. Agradezco también a los revisores del presente manuscrito por sus valiosos aportes y comentarios.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Literatura citada

- Aponte, H.** 2017a. Diversidad beta en los humedales costeros de Lima, Perú: estimación con índices de presencia/ausencia y sus implicancias en conservación. *Biologist* (Lima), 15 (1), 9–14.
- Aponte, H.** 2017b. Humedales de la Costa central del Perú: Un diagnóstico de los humedales de Santa Rosa, laguna El Paraíso y Albufera de Medio Mundo. Lima - Perú: Cooperación.
- Aponte, H.** 2017c. Un ajuste a la diversidad beta en los humedales costeros de Lima. *The Biologist*, 15(2): 479-481
- Aponte, H. & A. Cano.** 2013. Estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa central del Perú: Actualización y nuevos retos para su conservación. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 3(2): 15–27.
- Aponte, H. & A. Cano.** 2018. Flora vascular del Humedal de Carquín - Hualmay, Huaura (Lima, Perú). *Ecología Aplicada*, 17(1), 69–76. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1175>
- Aponte, H. & D. W. Ramirez.** 2014. Riqueza florística y estado de conservación del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla (Callao, Perú). *Biologist* (Lima), 12(2): 270–282.
- Burnham, K. P. & W. S. Overton.** 1978. Estimation of the Size of a Closed Population when Capture Probabilities vary Among Animals. *Biometrika*, 65(3): 625–633.
- Burnham, K. P. & W. S. Overton.** 1979. Robust Estimation of Population Size When Capture Probabilities Vary Among Animals. *Ecology*, 60(5): 927–936.
- Cano, A.; M. I. La Torre; B. León; J. Roque & M. Arakaki.** 1998. Estudio comparativo de la Flora vascular de los Principales Humedales de las Zona Costera del Departamento de Lima, Perú. In Asunción Cano & Young (Eds.), *Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación* (pp. 181–190). Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Chao, A.** 1987. Estimating the Population Size for Capture-Recapture Data with Unequal Catchability. *Biometrics*, 43(4): 783–791.
- Chao, A.; N. J. Gotelli; T. C. Hsieh; E. L. Sander; K. H. Ma; R. K. Colwell & A. M. Ellison.** 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1): 45–67.
- Chao, A. & L. Jost.** 2012. Coverage-based rarefaction

- tion and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12): 2533–2547.
- Chao, A.; K. H. Ma & T. C. Hsieh.** 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide publicado en http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/. (accedido 14/10/2018)
- Colwell, R. K.; A. Chao; N. J. Gotelli; S. Y. Lin; C. X. Mao; R. L. Chazdon & J. T. Longino.** 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1): 3–21.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington.** 1994. Biodiversity: measurement and estimation - Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 345(1311): 101–118.
- Costanza, R.; R. d'Arge; R. de Groot; S. Farber; M. Grasso; B. Hannon; ... Belt; M. van den.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630): 253–260.
- Gotelli, N. J. & A. Chao.** 2013. Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. En S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd ed., Vol. 5, pp. 195–211). Australia: Waltham, MA: Academic Press.
- Guillén, G.; E. Morales & R. Severino.** 2013. Adiciones a la fauna de protozoarios de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(2): 175–182.
- Heltsh, J. F. & N. E. Forrester.** 1983. Estimating Species Richness Using the Jackknife Procedure. *Biometrics*, 39(1): 1–11.
- Iannacone, J.; J. Mansilla & K. Ventura.** 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1): 116–124.
- Pacheco, V.; A. Zevallos; K. Cervantes; J. Pacheco & J. Salvador.** 2015. Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre Los pantanos de Villa, Lima, Perú. *Científica*, 12(1): 26–41.
- Ramirez, D. & A. Cano.** 2010. Estado de la diversidad de la flora vascular de los Pantanos de Villa (Lima - Perú). *Revista Peruana de Biología*, 17(1): 111–114.
- Ramirez, D. W.; H. Aponte; G. Lertora & F. Gil.** 2018. Incendios en el humedal Ramsar Los Pantanos de Villa (Lima-Perú): Avances en su conocimiento y perspectivas futuras. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3): 347–360.
- Smith, E. P. & G. van Belle.** 1984. Nonparametric Estimation of Species Richness. *Biometrics*, 40(1): 119–129.
- Young, K.** 1998. El Ecosistema. En Asuncion Cano & K. Young (Eds.), *Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación* (pp. 3–20). Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.