

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES BIÓTICAS DE LA RESERVA NACIONAL DE LACHAY AL EVENTO EL NIÑO (1998-2001, 2010)

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF BIOTIC VARIABLES IN THE LACHAY NATIONAL RESERVE DURING THE EL NIÑO EVENT (1998-2001, 2010)

Liz Zaida Castañeda Córdova^{1,2}, Edgar Hugo Sánchez Infantas^{1,3} y Zulema Diana Quinteros Carlos^{1,4}

Resumen

El presente estudio nace del interés de generar una alerta temprana biológica frente al Evento El Niño, tomando como base los estudios de las herbáceas, las aves y los coleópteros que se realizaron entre 1998 al 2001 en la Reserva Nacional de Lachay. El presente estudio incorporó para el año 2002 dos muestreos para coleópteros y para el año 2010 dos muestreos para cada grupo. El objetivo de la investigación fue evaluar la variación de las variables bióticas de los tres grupos biológicos bajo el Evento El Niño entre 1998-2001 y 2010, para identificar variables indicadoras del Evento El Niño. En las parcelas se estimó la composición, la abundancia, la diversidad, los grupos funcionales para cada grupo. Adicionalmente para las herbáceas se evaluó la cobertura vegetal, la densidad, el IVI y el C_{inv} . Algunas variables (C_{inv} Abundancia, C_{inv} Cobertura, C_{inv} IVI nativas y/o endémicas y la cobertura vegetal) sugieren una relación positiva con el Niño Global porque se incrementan luego de su manifestación, desde un Evento El Niño muy fuerte a un Niño moderado, propiciando la aparición de especies herbáceas endémicas. Otras variables propuestas para su monitoreo son la abundancia y riqueza de los coleópteros, la diversidad alfa y riqueza de las aves; de los grupos funcionales el porcentaje de abundancia de caméfitas, el porcentaje de abundancia de nanofanerófitas y la abundancia del grupo depredador. Algunas especies clave como *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Fuertesimalva peruviana*, *Nicotiana paniculata* y como variable clave el IVIg.

Palabras clave: Evento El Niño, Lomas, Reserva Nacional de Lachay, Variables Bióticas.

Abstract

This study is based on the studies of herbaceous plants, birds and coleoptera that were carried out between 1998 and 2001 in the Lachay National Reserve, and is based on the interest of generating a biological early warning of the El Niño event. The present study incorporated two samples for beetles in 2002 and two samples for each group in 2010. The objective of the research was to evaluate the variation of the biotic variables of the three biological groups under the El Niño Event between 1998-2001 and 2010, to identify indicator variables of the El Niño Event. In the plots, composition, abundance, diversity, and functional groups were estimated. In addition, for herbaceous plants, vegetation cover, density, IVI and C_{inv} were evaluated. Some variables (C_{inv} Abundance, C_{inv} Coverage, C_{inv} IVI native and/or endemic and in vegetation coverage) suggest a positive relationship with the Global Niño because they increase after its manifestation, from a very strong to moderate El Niño event, favoring the appearance of endemic herbaceous species. Other variables proposed for monitoring are the abundance and richness of beetles, alpha diversity and richness of birds, as well as the percentage of abundance of chamaephytes, the percentage of abundance of nanophanerophytes, and the abundance of predatory group. Some key species are *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Fuertesimalva peruviana*, *Nicotiana paniculata*, and IVIg as key variable.

Key words: El Niño Event, Lomas, Lachay National Reserve, Biotic Variables.

Introducción

Los ecosistemas de lomas son formaciones biológicas a manera de “oasis” en el desierto costero peruano-chileno, debido principalmente a la nubosidad y a la presencia y distribución de las semillas, desarrollando una vegetación temporal en el invierno (Torres & López, 1981; Dillon, 1997; Ramírez *et al.*, 2000; Reynel *et al.*, 2013). La Reserva Nacional de Lachay es la primera Área Natural Protegida del Estado Peruano exclusivamente de lomas. Esta registra de 146

a 233 especies de plantas vasculares, su estructura influencia la distribución y la interacción de otras especies, como las aves (60 especies), entre residentes, visitantes y ocasionales; y 256 especies artrópodos, siendo los coleópteros el grupo más abundante (Aguilar, 1963; Cano *et al.*, 1999; MINAG, 2002; Arana, 2019).

Los trabajos que se tomaron de base, en el presente estudio, se iniciaron en 1998; en el grupo biológico de las herbáceas, con Teixeira & Sánchez (2006) y Tovar

et al. (2018); en los coleópteros, con la “Resiliencia de la Comunidad Epígea de Coleoptera en las Lomas de Lachay después del Evento El Niño 1997-98” (Giraldo & Arellano, 2003); y en las aves, con “Cambios espacio – temporales en la diversidad de la comunidad de aves de las lomas de Lachay luego del Evento El Niño 97-98” (Véliz *et al.*, 2002).

En las lomas se distinguen dos tipos de especies: las estructurales y las intersticiales (Huston, 1994). Las especies estructurales son las plantas que, por su baja capacidad de desplazamiento, han desarrollado estrategias y necesidades básicamente similares entre ellas. Por otro lado, las aves y los artrópodos son especies intersticiales que dependen de las estructurales previamente establecidas y por un factor de cooperación o competencia más activo.

El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es un ciclo irregular de calentamiento y enfriamiento que surge por la interacción entre el océano y la atmósfera. Se manifiesta, principalmente, en el Pacífico ecuatorial comprometiendo la región tropical y subtropical, un sistema de teleconexión de gran escala, con efectos globales, que ocurren a distintas intensidades y periodos del año cuya fase cálida puede ser llamada “El Niño” o “El Niño global”, dado que puede producir impactos remotos en todo el planeta pero cuyo calentamiento del mar no ocurre necesariamente en la costa de Perú sino en el Pacífico ecuatorial central; incluye al tipo de Niño “El Niño en el Pacífico central”, que en verano puede producir sequías en los Andes. Su fase fría es denominada “La Niña” (Morón, 2000; SENAMHI, 2016; Takahashi, 2017). Las teleconexiones suelen ser usadas como evidencia de estas relaciones entre fenómenos meteorológicos, en especial entre la región el Niño 3.4 y las precipitaciones en las regiones continentales (Giddings & Soto, 2006). En el presente estudio se define como evento El Niño a los eventos de años particulares (Tabla 1) tomando en cuenta dos índices: el ICEN (Índice costero El Niño) y el ONI (Índice de Niño Oceánico), donde algunas variables bióticas de esta investigación están más relacionadas al segundo índice.

En este estudio se evaluaron las variables como la diversidad ecológica (número de especies, abundancia relativa o índices que combinan ambas), los grupos funcionales, los dos niveles de diversidad espacial la diversidad alfa (dentro del hábitat) y la diversidad gamma (de todo el paisaje). Estas variables midieron la estructura, la riqueza y la funcionalidad. Este estudio tuvo como objetivo principal proponer variables bióticas para el monitoreo de los cambios relacionados al evento El Niño en las lomas costeras. Al depender las lomas completamente de la niebla del mar para obtener humedad (Moat *et al.*, 2021) también se evaluaron las relaciones de las variables abióticas como la precipitación, la humedad atmosférica, la captación del agua de niebla de las lomas y las ATSM (Anomalías mensuales de la Temperatura Superficial del Mar) del

Callao, de esa manera entender el comportamiento del Evento el Niño en las Lomas de Lachay, si favorece o afecta a algunas variables bióticas.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

La Reserva Nacional de Lachay se encuentra en los 11° 20' 48" L.S. y 77° 19' 48" L.O., en los distritos de Sayán, Chancay, Huacho y Huaral del Departamento de Lima, abarca una superficie total de 5 070 ha (MINAG, 1979). El área de estudio estuvo restringida a 200 ha, se mantuvo la zonificación de los anteriores estudios, en 31 parcelas con alta (A), media (M) y baja (B) afluencia de visitantes (Figura 1). El esfuerzo de muestreo en cada una de las parcelas fue el siguiente: 15 muestreos para plantas y aves, y 19 muestreos para coleópteros.

Obtención de datos abióticos

Los datos de la precipitación total mensual desde julio de 1997 hasta diciembre del 2010 (Figura 2) y la Humedad Relativa del año 2010 fueron proporcionados por el SENAMHI. Los datos de las ATSM del Callao 2000 al 2002, 2009 y 2010 (IMARPE, 2022) y la captación de agua de niebla del año 2010 en las lomas son datos de la Reserva Nacional Lomas de Lachay. Se realizó un análisis de autocorrelación mediante el PAST 2.7 (Hammer *et al.*, 2001), en tres periodos de 18 meses donde se dieron los eventos El Niño, el primer periodo fue desde julio 1997 a diciembre 1998, a este Niño se le denominó El Niño Extraordinario (1997-1998) este fue un FEN (Fenómeno El Niño) muy fuerte que correspondió a condiciones de El Niño Global, con un intenso calentamiento en el Pacífico ecuatorial este, y a condiciones de El Niño Costero de gran intensidad con altas precipitaciones en la costa peruana, actualmente también se le puede denominar FEN Global que es la conjunción de El Niño Global y el FEN; el segundo periodo fue desde junio 2002 a noviembre 2003 y el tercer periodo desde julio 2009 a diciembre 2010, a este Niño se le denominó El Niño Modoki (2002 y 2010) también “El Niño en el Pacífico Central” con un calentamiento del mar principalmente en el Pacífico central ecuatorial, actualmente también denominado “El Niño Global” (Apaéstegui *et al.*, 2015; Takahashi, 2017). Se elaboraron gráficos para los años 2000 al 2002, 2009 y 2010 de la precipitación total mensual de las Lomas de Lachay con las ATSM del Callao; y la humedad relativa con la captación de agua de niebla de las Lomas de Lachay para el año 2010.

Obtención de datos bióticos

La composición, la abundancia, la riqueza, la equidad, la diversidad, los grupos funcionales y las especies clave se evaluaron para los tres grupos biológicos en las 31 parcelas. Las herbáceas fueron evaluadas en parcelas de 1 m². Los coleópteros fueron evaluados con un esfuerzo de dos trampas pitfall por

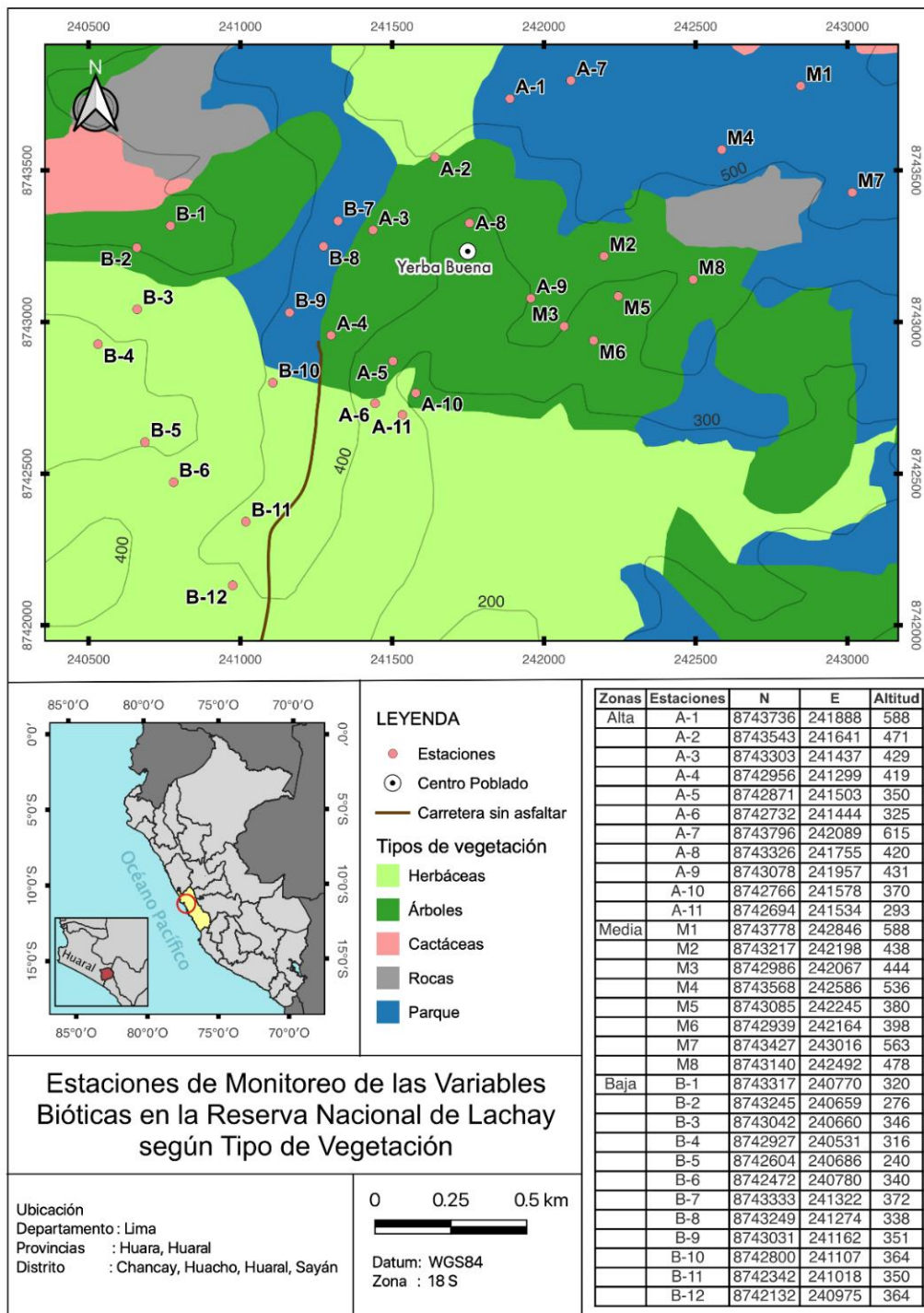


Figura 1. Mapa de las estaciones en la Reserva Nacional de Lachay 1998-2001, 2010.

siete días, llenados a la mitad de su capacidad con 10% de etilenglicol, 5% de detergente y el resto de agua, se determinaron utilizando las claves de Lawrence & Britton (1991). Las aves fueron evaluadas por puntos de conteo en un radio de 30 metros por 20 minutos, por 4 observadores entre las 7:00 y 10:00 a.m. empleando binoculares, se determinaron siguiendo las pautas incluidas en Koepcke (1964) y Schulenberg *et al.* (2010).

Análisis de los datos

Análisis de la Precipitación y Otras Variables Abióticas

Para entender los cambios o tendencias de la precipitación en las Lomas de Lachay en relación al Evento El Niño se emplearon las series temporales mediante la autocorrelación de la precipitación total mensual, los datos presentaron el componente estacional, por lo que fueron desestacionalizados

(Castañeda, 2018), se buscaba encontrar una relación entre los meses. Las variables bióticas fueron evaluadas en diferentes periodos por lo que se registraron dos tipos de El Niño los cuales se iniciaron en meses diferentes (1) el primer evento de El Niño analizado corresponde al de los años 97-98 (El Niño Extraordinario) el cual inició en marzo de 1997, con calentamientos anómalos de la región central del Pacífico ecuatorial. Los efectos de dichos eventos se empezaron a manifestar en las Lomas de Lachay en agosto retrasando el inicio de la época húmeda y (2) el tercer Evento El Niño si se considera el ICEN fue un evento débil y empezó en mayo del 2009 y si se considera el ONI fue un evento que el mayor tiempo fue un evento débil y empezó en el mes de julio del 2009 (Tabla 1), aunque varios estudios describen un Niño Fuerte o Moderado para el año 2010 (IMARPE, 2011), en el presente estudio se mantendrá el criterio de la influencia del Niño del año 2009 hasta el inicio del año 2010 (Tabla 1) en las Lomas de Lachay .

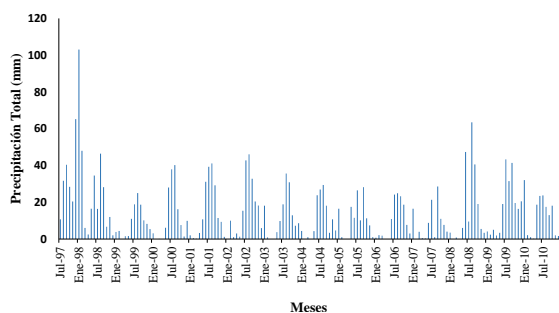


Figura 2. La precipitación total mensual desde julio de 1997 hasta diciembre del 2010 en las Lomas de Lachay.

Análisis de las variables bióticas

La diversidad de especies se calculó con el Índice de Shannon y Wiener (H') con el logaritmo en base dos (Magurran, 1988; Tovar *et al.*, 2018), para las herbáceas empleando la densidad (Fórmula 1), la cobertura, el Índice de Valor de Importancia (IVI) en parcelas de 1 m² (Fórmula 2) y el IVI de cada especie en toda la loma (IVIg, Fórmula 3) y la abundancia para coleópteros y aves. Además, solo para las herbáceas se calculó el Inverso del Índice de Simpson (Fórmula 4) para la abundancia (C_{inv} Abundancia), la cobertura (C_{inv} Cobertura) y el IVI (C_{inv} IVI), considerando el número de especies endémicas y nativas (Moreno, 2001).

Dens = Número de individuos por especie/m²

Fórmula 1.

$$IVI = (n/N + c/C)$$

Fórmula 2.

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia en parcelas de 1 m²;

n = número de individuos de una especie en una parcela;

c = cobertura de una especie en una parcela;

N = número de individuos de todas las especies en una parcela;

C = cobertura de todas las especies en una parcela.

$$IVIg = (n/N_t + c/C_t)$$

Fórmula 3.

Donde:

IVIg = IVI de cada especie en toda la loma;

n = número de individuos de una especie en un muestreo;

c = Cobertura de una especie en un muestreo;

N_t = número de individuos totales en un muestreo;

C_t = cobertura total de todas las especies en un muestreo.

$$C_{inv} = 1 / [\sum pi^2]$$

Fórmula 4.

Donde:

C_{inv} = Inverso del Índice de Simpson;

i = 1, 2, ..., S = número de especies.

Además, la evolución temporal de la diversidad gamma dens, gamma IIVIg, C_{inv} Abundancia, C_{inv} Cobertura y C_{inv} IVI. Para los coleópteros y las aves se evaluó la abundancia S (el número de especies), D_{Mn} (el índice de riqueza de Menhinick, Fórmula 5), J' (el Índice de equidad de Pielou, Fórmula 6), la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma (Magurran, 1988). Los intervalos de confianza para la diversidad gamma de coleópteros y aves se obtuvieron mediante el programa PAST 2.7 (Hammer *et al.*, 2001) realizándose el "Bootstrap" a un nivel de 95% de confianza.

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N}$$

Fórmula 5.

Donde:

D_{Mn} = índice de riqueza de Menhinick;

S = número de especies;

N = número de individuos.

$$J' = H/H_{max}$$

Fórmula 6.

Donde:

J' = Índice de equidad de Pielou;

$H_{max} = \log_2 S$;

S = número de especies.

En plantas se realizaron gráficos de la evolución temporal de la densidad, la cobertura y la diversidad

(alfa Dens, alfa IVI, S, D_{Mn} y J') con sus respectivos intervalos de confianza para poder observar la estacionalidad.

El presente monitoreo estuvo diseñado para evaluar a las herbáceas, por lo que las formas de vida están representadas por 8 grupos funcionales. Para identificar los grupos funcionales en la vegetación primero se diferenció por el hábito de crecimiento (hierbas y arbustos) y luego por las formas de vida, una modificación del sistema de Raunkiaer. Se seleccionó a las fanerófitas, nanofanerófitas, caméfitas, geófitas, hemicriptófitas, terófitas, epífitas y lianas (Cabrera & Willink, 1973), empleándose la literatura especializada (Vásquez, 2008; Mostacero *et al.*, 2009; Jiménez & Deza, 2011; Manrique, 2011). Los coleópteros fueron clasificados en 6 categorías tróficas: omnívoro, fitófago, depredador, micetófago, saprófago y depredador facultativo (Elgueta & Arriagada, 1989; Marinoni, 2001; Ruiz & Montiel, 2001; Ribera & Beutel, 2012; Anteparra *et al.*, 2013; Giraldo, 2014; Porrini *et al.*, 2014; Verdugo, 2014). Las especies clave fueron elegidas de los grupos funcionales más importantes para observar los cambios relacionados al Evento El Niño, a la época húmeda o a la época seca, siendo las especies más abundantes de cada grupo funcional elegido y en el caso de *Nicotiana paniculata* también respaldada por la Bibliografía (Torres, 1984; Dillon & Rundel, 1990; Cano *et al.*, 1999).

Resultados

Precipitación y otras variables abióticas

En la presente evaluación los tres eventos El Niño se iniciaron en meses diferentes (Tabla 1), de los cuales dos series presentaron comportamientos similares (1) el Niño extraordinario 1997-1998 volvió la serie temporal en ruido blanco (componente aleatorio), apreciándose una mayor oferta de agua (Figura 2), pero a la vez lloviendo de manera aleatoria (Figura 3a); y (2) el tercer Evento El Niño presentó una tendencia a enrojarse (componente tendencia) aunque mostró un comportamiento similar al Niño extraordinario 1997-1998 (Figura 3b) lloviendo de manera variable y generando más entropía, permitiendo condiciones para la presencia de algunas especies, como *Nicotiana paniculata*. Algo similar sucedió en el Evento El Niño de 1983, donde la loma fue inicialmente cubierta por *Nasa urens* y luego por *Nicotiana paniculata* (Dillon & Rundel, 1990).

Para entender los posibles impactos de los eventos El Niño sobre las Lomas de Lachay se evaluaron las variables abióticas precipitación y humedad atmosférica y su relación con las ATSM del Callao, que muestran la diferencia de la Temperatura del momento con la Temperatura que normalmente existe en esa época del año en ese lugar (Woodman, 1998). Esta área del mar de la costa central es una de las zonas de afloramiento (Morón, 2000) y presenta aguas de origen ecuatorial que interactúan con las Aguas Costeras Frías

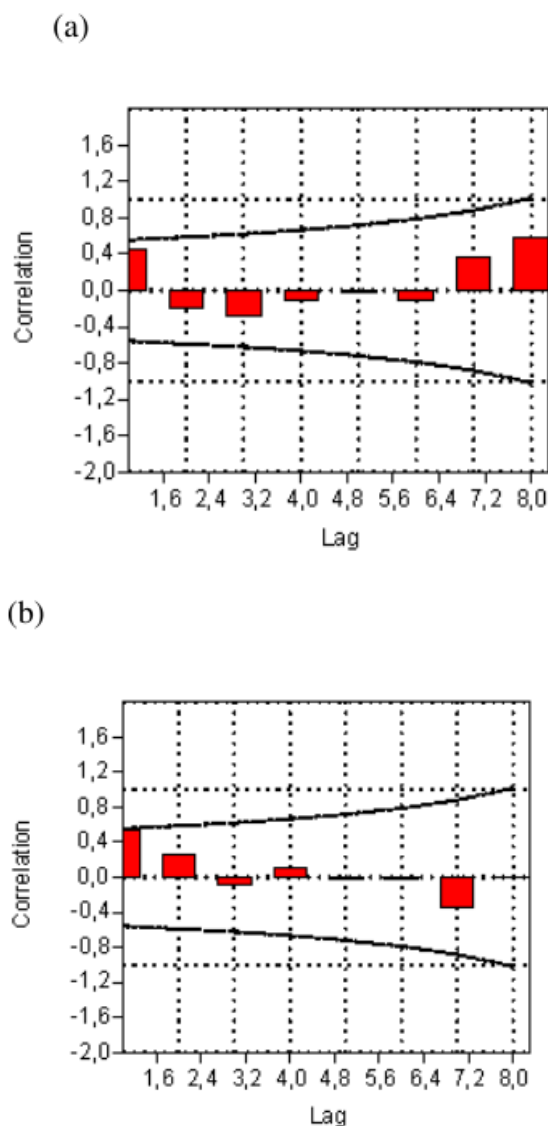


Figura 3. La autocorrelación de la precipitación total mensual en las Lomas de Lachay. (a) desde julio 1997 a diciembre 1998 y (b) desde julio 2009 a diciembre 2010.

(ACF) de este afloramiento costero (Flores *et al.*, 2013). En las Figuras 4 (a, b, c, d, e) se muestran las ATSM para los años disponibles (2000, 2001, 2002, 2009 y 2010) relacionados con la precipitación total mensual, cada año presenta comportamientos diferentes de la precipitación en las lomas con respecto a las ATSM, destaca para el mes de enero del 2010 las ATSM más altas (3.05) y los valores más altos de precipitación (32.1 mm), pero a la vez este valor es muy alto para un mes de enero, esto se da porque se observa la continuación de un año 2009 con mayores condiciones húmedas y la entrada de ondas kelvin, posiblemente relacionado al Niño Global, además la humedad relativa para el mes de enero (95.55%) presenta valores altos, no sucede lo mismo con la captación de agua de niebla, donde los valores más

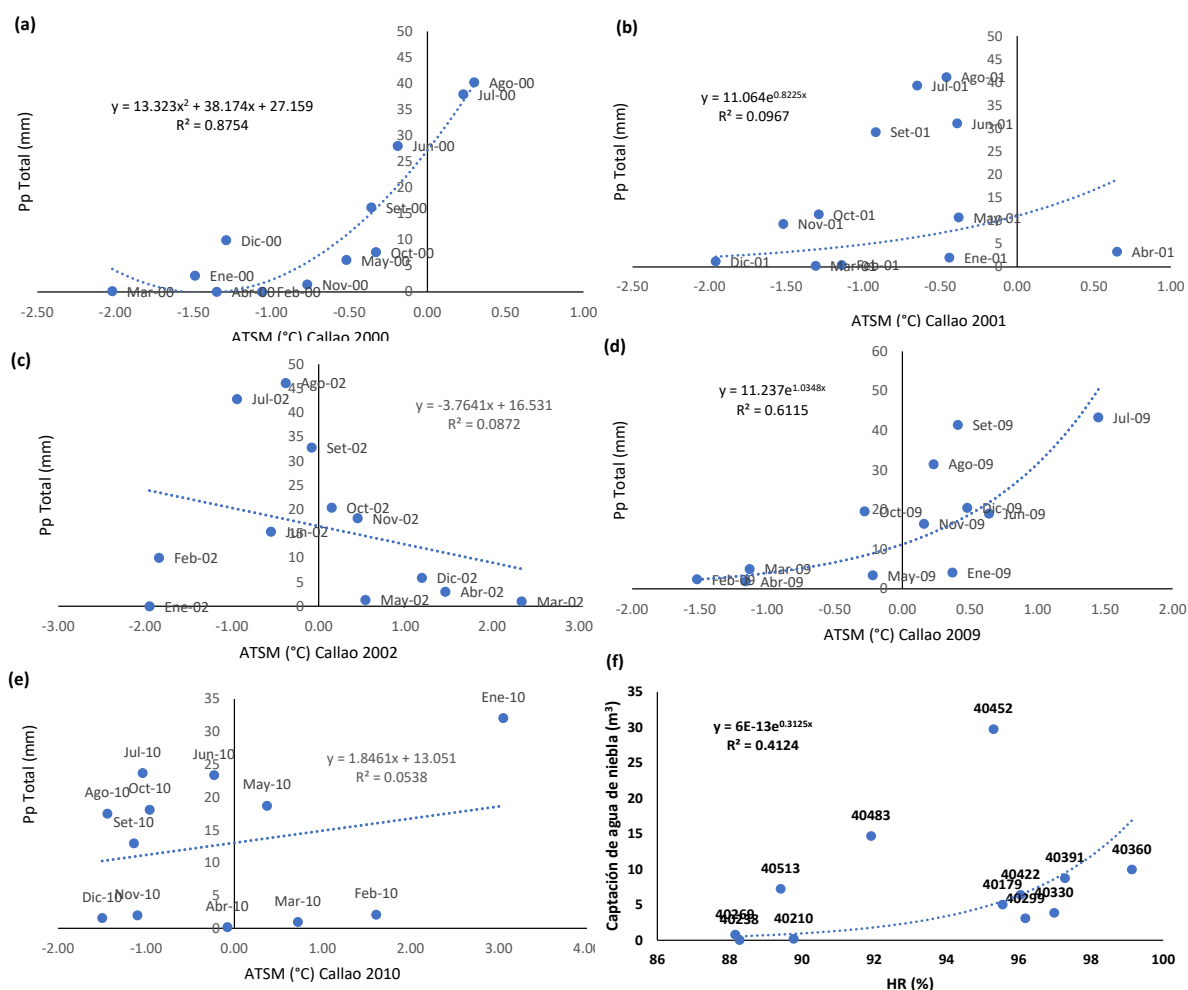


Figura 4. Relación de la (a) precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2000 (b) precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2001 (c) precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2002 (d) precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2009 (e) precipitación total mensual (mm) y la ATSM (°C) del Callao, 2010 (f) la humedad relativa mensual y la captación de agua de niebla, 2010.

altos se dan en los meses de octubre y noviembre, periodo donde se dan condiciones frías (Figura 4f). Esta información respalda los resultados similares para la cobertura vegetal promedio entre los meses evaluados en común para los años 1998 y 2010 (Figura 5), porque la ocurrencia de los eventos El Niño en estos dos periodos alteran la estacionalidad debido a que producen garúas de verano que favorecen el inusual desarrollo de vegetación (MINAG, 2002).

Variables bióticas

De todas las variables evaluadas la mayoría de ellas no presentan un comportamiento o patrón notorio, por lo que se puede sugerir que la falta de patrón es el metapatrón en las Lomas de Lachay. Las variables abióticas evaluadas presentan una alta variabilidad, por lo que se sugiere que la estocasticidad ambiental (Naoki, 2012; Gonzales & Villasante, 2019) influencia los resultados en la mayoría de las variables bióticas (variación estocástica). En otros estudios se observó

cómo El Niño y la variabilidad climática tienen una directa e indirecta influencia en las lomas, causando cambios en los patrones de la vegetación, alterando la dinámica de las plantas y el establecimiento de las especies. Así mismo esto depende de que tan frecuente e intenso es el inicio de El Niño, la vegetación puede aumentar o disminuir su cobertura vegetal debido a la disponibilidad de agua (Dillon & Rundel, 1990; Gutiérrez *et al.*, 2000; Jaksic, 2001; Manrique, 2011).

Aun así, se dan algunas relaciones que nos permiten sugerir algunas variables a monitorear y tomar en cuenta su evolución. En las lomas de Lachay a partir de los 300 metros se pueden encontrar asociadas las siguientes especies *Croton ruizianus*, *Nasa urens*, *Nicotiana paniculata*, *Fuertesimalva peruviana* y *Solanum montanum* (Rundel *et al.*, 1991), estas especies se han agrupado en sus respectivos grupos funcionales. La vegetación asociada a los eventos El Niño 1998 y 2010 fueron de preferencia especies

nativas, es decir originarias del Perú. De los 8 grupos funcionales las terófitas (Th) y las caméfitas (Ch) estuvieron más relacionadas al Evento el Niño 1998 y las terófitas al Evento el Niño 2010. De los grupos funcionales se sugiere monitorear considerando el Evento El Niño el porcentaje de abundancia de caméfitas (Figura 6a) y tomando en cuenta la época seca se sugiere evaluar el porcentaje de abundancia de las nanofanerófitas (Np) especies estructurales más abundantes en la época seca (Figura 6b). De los grupos funcionales de las terófitas, las especies a elegir son: *Crassula connata*, *Fuertesimalva peruviana* y *Nicotiana paniculata*; y de las nanofanerófitas, son: *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides*; por lo que algunas especies clave propuestas son: *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Fuertesimalva peruviana* y *Nicotiana paniculata*; y de las geófitas, las especies clave: *Solanum montanum* y *Clinanthus coccineus*.

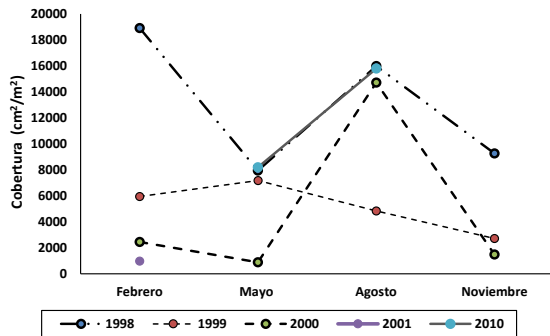


Figura 5. Evolución temporal de la cobertura vegetal promedio para cada año.

Estas especies pertenecen a diferentes categorías de distribución, desde especies como *Crassula connata*, de amplia distribución desde el norte al sur de América (pantropical), a *Croton ruizianus* y *Trixis cacalioides* de presencia amplia en Sudamérica (Bolivia, Ecuador y Perú), *Fuertesimalva peruviana* principalmente en el Perú, *Nicotiana paniculata* principalmente en la costa y sierra peruana, *Solanum montanum* principalmente en las lomas del centro y sur del Perú, y *Clinanthus coccineus* principalmente en las Lomas de Lachay.

En relación a la evaluación del grupo taxonómico de coleópteros el grupo funcional depredador (D) está más relacionado a los eventos el Niño 1998 y 2002, y el Omnívoro (O) al Evento el Niño 2010. De los grupos funcionales se sugiere monitorear la abundancia del grupo depredador (Figura 7a) y para la época seca la abundancia del grupo saprófago (Figura 7b). Además, la abundancia (Figura 8a) y la riqueza de especies (Figura 8b) de los coleópteros, permiten observar el comportamiento del Evento el Niño 2002. En relación a la evaluación del grupo biológico de aves *Zonotrichia capensis* y *Zenaida auriculata* están relacionadas a los eventos el Niño 1998 y 2010

respectivamente, la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma (Figura 9a) y la riqueza de especies de las aves (Figura 9b) permiten observar el comportamiento del Evento el Niño 1998.

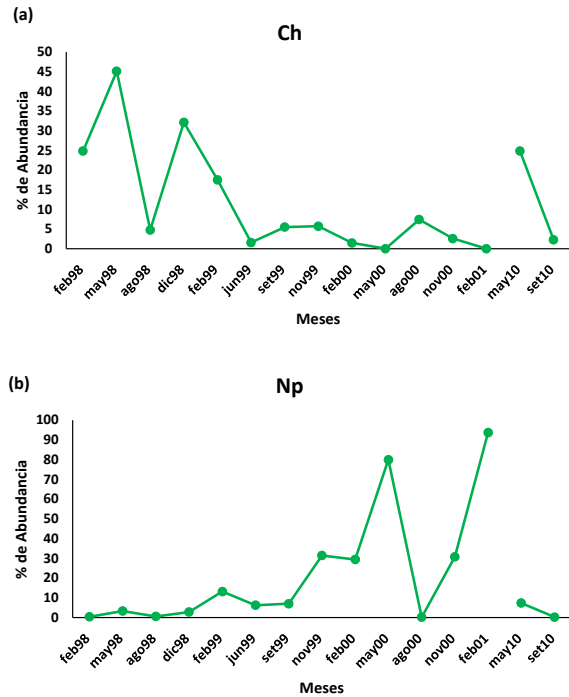


Figura 6. (a) Porcentaje de abundancia de las Caméfitas (Ch) y (b) Porcentaje de abundancia de las Nanofanerófitas (Np), entre febrero de 1998 y febrero de 2001, mayo y septiembre de 2010.

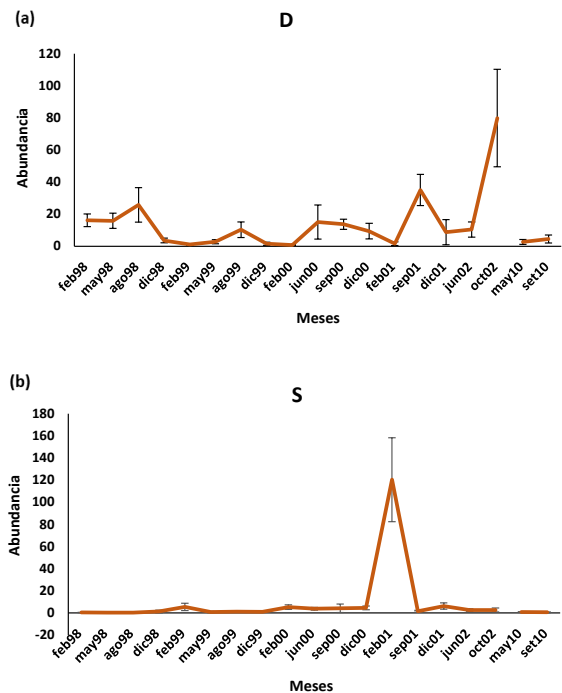


Figura 7. (a) Abundancia del grupo Depredador (D) y (b) Abundancia del grupo Saprófago (S), entre febrero de 1998 y febrero de 2001, mayo y septiembre de 2010.

de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre de 2010.

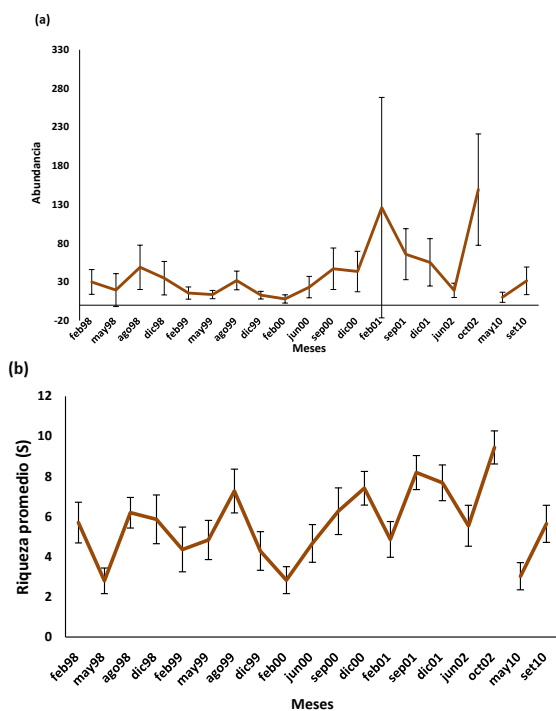


Figura 8. (a) Abundancia y (b) Riqueza de los coleópteros, entre febrero de 1998 y octubre del 2002, mayo y septiembre de 2010.

Al evaluar en el tiempo, las variables claves más importantes son la cobertura vegetal promedio y el IVI_g de la vegetación. Para los tres C_{inv} (Inverso del Índice de Simpson) son más abundantes más especies nativas para el Perú y de una a dos especies endémicas; solo en dos ocasiones aparece una especie exótica en las variables abundancia e IVI del C_{inv} . Si bien al observar a los tres C_{inv} , se puede elegir al C_{inv} IVI como el más integrador (Figura 10), se puede resaltar que cuando se evalúa el C_{inv} cobertura solo predominan especies nativas y endémicas, y hay una ligera influencia del Niño 1998 en su permanencia hasta setiembre de 1999. Por lo que se puede notar, la loma presenta momentos donde hay un mayor aporte de las especies endémicas luego de un ENOS; se aprecia esto en el último muestreo donde se tiene el mayor número de especies endémicas, siete por su cobertura y cuatro por su IVI. Por ello se sugiere que el Niño Global es activador de la memoria histórica de los ecosistemas de lomas para la variable biótica vegetación, y eso se da porque responde positivamente a la reproducción de las semillas preexistentes, probablemente porque es muy importante para el mantenimiento a largo plazo de los bancos de semillas, siendo las características morfológicas y fisiológicas de las semillas, importantes para los años en que solo la niebla proporciona humedad (Leiva *et al.*, 2014).

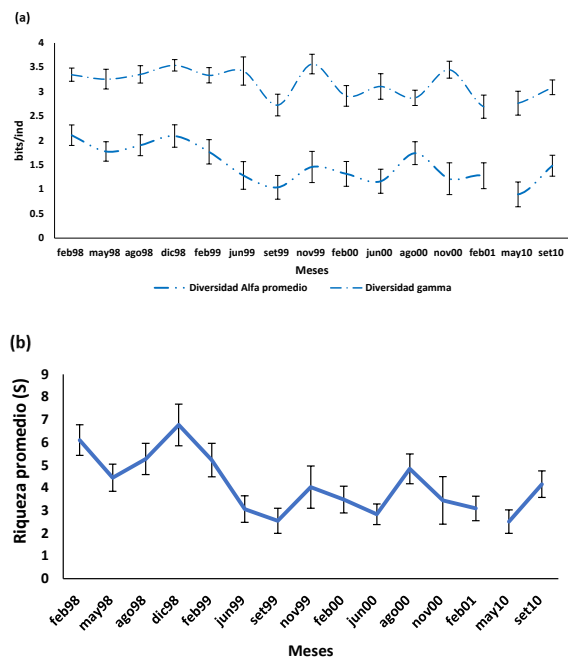


Figura 9. Evolución temporal (a) de la diversidad alfa promedio y la diversidad gamma y (b) Riqueza de las aves, entre febrero de 1998 y febrero de 2001, mayo y septiembre de 2010.

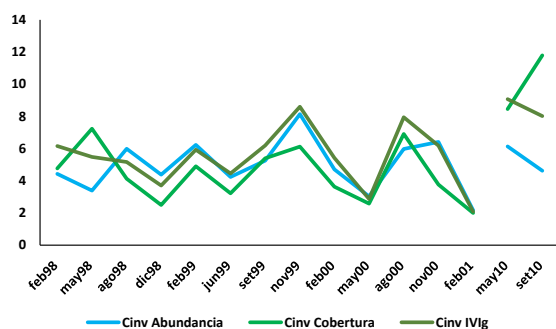


Figura 10. Evolución temporal del Índice Inverso de Simpson (C_{inv} Abundancia), el Índice Inverso de Simpson (C_{inv} Cobertura) y el Índice Inverso de Simpson (C_{inv} IVI_g) de las herbáceas nativas y/o endémicas, entre febrero de 1998 y febrero de 2001, mayo y septiembre de 2010.

Discusión

El Niño extraordinario 1997-1998 presentó una de las precipitaciones más altas de los registros históricos (Tovar *et al.*, 2018) en las Lomas de Lachay, por lo que no se parece a ningún otro, en el presente estudio se pudo notar que cada Niño fue diferente. Según Huertas (1993) cada Niño tiene sus propias leyes tanto en su origen como en su desarrollo, por lo tanto, cada uno de ellos puede afectar de forma diferente a los ecosistemas, en el caso de las lomas Lachay, ese efecto puede ser favorable cuando se inicia antes o en la época seca promoviendo su expansión, notándose en el incremento de la cobertura vegetal mostrando similitud entre los eventos el Niño 1998 y el Niño 2010. Por lo

que se aprecia que la precipitación y las ATSM muestran una posible teleconexión para el Niño Global 2009-2010, que reconoce la entrada de ondas kelvin a fines del 2009, los datos se relacionan mejor con el ONI (Índice de Niño Oceánico), a diferencia de los estudios en *Prosopis pallida* en los bosques secos de la costa Norte que están más relacionados al Índice 1+2 (Salazar *et al.*, 2018) y que presentan una alta correlación entre los datos de precipitación con las anomalías de la TSM en la región 1+2 (Lagos *et al.*, 2008). Además, las Lomas de Lachay comparada con otras lomas es menos árida (índice medio de 0.0672) las cuales se ubican en la zona hiperárida con la aridez media a menudo muy por debajo del umbral hiperárido (Moat *et al.*, 2021).

Ambos índices el ONI (Índice de Niño Oceánico) y el ICEN (Índice Costero El Niño) permiten el monitoreo de El Niño en el Perú debido los impactos locales (lluvias en la costa, perturbaciones al ecosistema marino, etc.), como remotos a través de teleconexiones atmosféricas (tendencia a menores precipitaciones en los Andes y Amazonía). Sin embargo, en la costa central no está clara esta tendencia (Lavado-Casimiro & Espinoza, 2014), por lo que se sugiere para este estudio que la precipitación no necesariamente tiene una relación directa con la nubosidad, pero la precipitación si con el Niño Global que en muchas ocasiones también es un Evento El Niño para el territorio peruano.

En el caso de los eventos El Niño y La Niña de baja magnitud para esta evaluación son atenuados por otros efectos como el comportamiento del anticiclón del Pacífico Sur que se ve expresado en los flujos climáticos interanuales y anuales (Moat *et al.*, 2021).

En el presente estudio la variación de las variables bióticas por la estacionalidad no es lo más característico sino los efectos del Evento el Niño 1998 y luego del Evento el Niño 2010 seguido de un evento La Niña (Tabla 1), sugiriendo que la interacción entre ambos puede promover una mayor riqueza específica en las herbáceas, debido a que este tipo de formaciones vegetales, no son estáticas, su composición está en constante cambio, mientras que algunas especies son constantes, otras van y vienen en cada estación, las especies raras suelen registrarse durante y después de fuertes eventos de El Niño y no pueden ser encontradas en los años intermedios (Leiva *et al.*, 2014). Mientras que las aves al ser especies intersticiales pueden migrar cuando no se dan condiciones favorables en especial para su alimentación lo que se refleja en la disminución de la riqueza, las diversidades alfa promedio y gamma.

Se encontró una alta variabilidad temporal en las variables abióticas evaluadas por lo que se recomienda en futuros estudios caracterizar su variabilidad espacial e incorporar la evaluación de la humedad y la textura del suelo. Además, una alta variabilidad espacial y temporal de las variables bióticas por lo que se recomienda una caracterización del paisaje. El

ecosistema de las Lomas de Lachay es actualmente uno de los laboratorios de la naturaleza más importantes para entender los procesos en la Costa Central tanto de los eventos El Niño y La Niña, el Cambio Climático y la generación de nuevos conocimientos sobre las relaciones intra e interespecíficas de sus especies, de manera crucial las especies que benefician o promueven la vida, como un estudio actual donde se observó como las aves fosoriales promueven la germinación de las semillas (Rengifo-Faiffer & Arana, 2019).

Conclusiones

Este estudio permite obtener un alcance sobre El Niño Global y su relación con algunas variables abióticas y bióticas en las Lomas de Lachay.

Las variables abióticas como la precipitación total presentan una alta variabilidad temporal, lo que explica en parte porque la mayoría de las variables bióticas evaluadas presentan una alta variabilidad temporal, no mostrando una relación o patrón definido con el Niño para el periodo de evaluación en las Lomas de Lachay.

Las variables bióticas propuestas para monitorear los cambios relacionados al Evento El Niño, cuando se presenta El Niño un poco antes o al iniciar la época seca, son C_{inv} Abundancia, C_{inv} Cobertura, C_{inv} IVI nativas y/o endémicas y la cobertura vegetal que se incrementan luego de su manifestación en las Lomas de Lachay. Se plantea una relación positiva con el Niño Global, porque promueve la aparición de especies herbáceas endémicas, este tipo de comportamiento y la teleconexión con las lomas se aprecia cuando se da un Evento El Niño muy fuerte a Niño moderado. En contraste se sugiere que cuando se da el Evento El Niño leve son los vientos del Anticiclón del Pacífico Sur más importantes para la dinámica de las lomas.

Las variables bióticas propuestas a monitorear en época húmeda o en condiciones húmedas son los grupos funcionales el porcentaje de abundancia de caméfitas y la abundancia del grupo depredador; la abundancia y riqueza de los coleópteros, la diversidad alfa y riqueza de las aves. Algunas especies estructurales clave propuestas son *Croton ruizianus*, *Trixis cacalioides*, *Crassula connata*, *Fuertesimalva peruviana*, *Nicotiana paniculata* y como variable clave el IVIg. En época seca o en condiciones secas son el porcentaje de abundancia de nanofanerófitas, la abundancia del grupo saprófago, de las geófitas las especies estructurales clave son *Solanum montanum* y *Clinanthus coccineus*.

Agradecimientos

Al personal de la Reserva Nacional de Lachay por las facilidades brindadas en todos los muestreos realizados. A todas las personas y estudiantes de Biología de la UNALM que apoyaron en el muestreo de campo y en la fase de laboratorio. A todos los investigadores que realizaron los primeros estudios, en

especial a Claudia Véliz, Alfredo Giraldo y Germán Arellano; al SENAMHI por los datos brindados de la estación meteorológica y al IMARPE por los datos de las ATSM del Callao. A D'yanira Olenka Patiño Vela por la elaboración del mapa.

Literatura citada

- Aguilar P. 1963. Los artrópodos de las lomas de los alrededores de Lima (Resumen). *Revista Peruana de Entomología*, 6(1): 109-114.
<https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/revperuentomol/article/view/365>
- Anteparra M., Redolfi I. & Arellano C. 2013. *Parepitragus pulverulentus* and *Epitragopsis olivaceus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in an ecological olive grove (*Olea europaea* L.) in the central coast of Peru. *Aporte Santiaguino*, 6(1): 98-107.
DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2013.v6.n1.522>.
- Apaéstegui J., Takahashi K., Ortlieb L., Sifeddine A. & Macharé J. 2015. El Fenómeno El Niño durante el último milenio. *Boletín Técnico El Niño*, 2(2): 4-8.
http://met.igp.gob.pe/publicaciones/Divulgacion_PPR_El_Niño_IGP_201502.pdf.
- Arana A. 2019. Ecología y Biogeografía de las plantas vasculares de las lomas del Perú Central. Tesis para optar grado de Magister en Botánica Tropical con mención en Taxonomía y Sistemática Evolutiva. Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10859?show=full>.
- Cabrera A.L. & Willink A. 1973. Biogeografía de América Latina. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 1ra ed. Washington, D.C.
- Cano A., Roque J., Arakaki M., Arana C., La Torre M., Llerena N. & Refulio N. 1999. Diversidad florística de las lomas de Lachay (Lima) durante el evento "El Niño 1997-98". *En: Tarazona J. & E. Castillo (eds.). El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre. Revista Peruana de Biología*, 6(3): 125-132. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8438>
- Castañeda L. 2018. Propuesta de monitoreo de variables comunitarias al Evento El Niño (1998-2001, 2010) en las Lomas de Lachay, Perú. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3811>.
- Dillon M.O. & Rundel P.W. 1990. The Botanical Response of the Atacama and Peruvian Desert Floras to the 1982-83 El Niño Event. *In: Glynn P.W. (ed.) Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation (Volume 52)*. 487-504. Elsevier Oceanography Series. Amsterdam. DOI: 10.1016/S0422-9894(08)70047-3.
- Dillon M.O. 1997. Lomas Formations-Peru. *In: Davis S.D., Heywood V.H., Herrera-McBryde O., Villa-Lobos J. & Hamilton A. C. (eds.) Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy for their Conservation. Volume 3/3*. 519-527. WWF, Information Press. Oxford, U.K.
<https://portals.iucn.org/library/node/6865>.
https://www.researchgate.net/profile/Michael-Dillon/publication/315707245_Lomas_Formations_-_Peru/links/58dd85fb92851cd2d3e36e10/Lomas-Formations-Peru.pdf.
- Elgueta M. & Arriagada G. 1989. Estado actual del conocimiento de los coleópteros de Chile (Insecta: Coleoptera). *Rev. Chilena Ent.*, 17: 5-60.
http://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/1989v17/Elgueta_Arriagada_1989.pdf.
- Flores R., Espino M., Luque G. & Quispe J. 2013. Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. *En: Csirke J., Guevara-Carrasco R. & M. Espino (eds.) Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú. Revista Peruana de Biología*, 20(1): 21-28. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v20i1.2630>
- Giddings L. & Soto M. 2006. Teleconexiones y precipitación en América del Sur. *Revista de Climatología*, 6: 13-20.
<http://www.climatol.eu/reclim/reclim06b.pdf>.
- Giraldo A. & Arellano G. 2003. Resiliencia de la Comunidad Epígea de Coleoptera en las Lomas de Lachay después del Evento El Niño 1997-98. *Ecología Aplicada*, 2(1-2): 59-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v2i1-2.248>.
- Giraldo-Mendoza A.E. 2014. Nuevos registros de *Blennidus Motschulsky, 1865* y *Calleida Dejean, 1825* (Coleoptera: Carabidae) para Perú. *Rev. Peru. Entomol.*, 49(1-2): 143-148. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/revperuentomol/article/view/245>.
- Gonzales F.N. & Villasante F. 2019. Estado de conservación de *Myrcianthes ferreyrae* un árbol endémico de las lomas costeras del sur del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(2): 235-242.
DOI: <http://doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16380>.
- Gutiérrez J.R., Arancio G. & Jaksic F.M. 2000. Variation in vegetation and seed bank in a Chilean semi-arid community affected by ENSO 1997. *Journal of Vegetation Science*, 11(5): 641-648.
DOI: <https://doi.org/10.2307/3236571>.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): Art. 4.
http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Huertas L. 1993. Anomalías Cíclicas de la Naturaleza y su impacto en la sociedad "El Fenómeno El Niño". *Bull. Inst. fr. études andines*, 22(1): 345-393.
https://www.persee.fr/doc/bifea_0303-7495_1993_num_22_1_1119.
- Huston M. 1994. Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
<https://www.cambridge.org/pe/academic/subjects/life-sciences/ecology-and-conservation/biological-diversity-coexistence-species?format=PB>.
- IMARPE. 2011. Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Vol 10. Enero - Diciembre 2010. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). Callao, Perú.
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/1966>.
- IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 2022. Datos de la temperatura superficial del mar y sus anomalías térmicas - Estación Costera del Callao. *En: Grados C. & Vásquez K. Temperatura Superficial del Mar en el litoral peruano: 1970-2017 (En preparación)*. Consultado entre febrero y marzo de 2021 de:
<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/servicios/time-series>

- Jaksic F.M. 2001. Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of Western South America. *Ecography*, 24(3): 241-250.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2001.tb00196.x>.
- Jiménez R. & Deza C. 2011. Flora Vascular de las lomas de Iguanil. Cuaderno de Investigación – Jardín Botánico Parque de las Leyendas, 2: 5-15.
<https://leyendas.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/2-Cuaderno-Jard%C3%ADn-Bot%C3%A1nico-Web.pdf>.
- Koepcke M. 1964. Las Aves del Departamento de Lima. Talleres Gráfica Morson S.A. Lima, Perú.
- Lagos P., Silva Y., Nickl E. & Mosquera K. 2008. El Niño - related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences*, 14: 231-237.
<https://doi.org/10.5194/adgeo-14-231-2008>.
- Lavado-Casimiro W. & Espinoza J.C. 2014. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(2): 171-182.
<https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>.
- Lawrence J. F. & Britton E.B. 1991. Coleoptera (Beetles). *In*: Division of Entomology Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (eds). *The insects of Australia*. 543-683. 2nd ed. Melbourne University Press. Carlton, Victoria.
https://www.publish.csiro.au/ebook/chapter/9780643101111_01.
- Leiva S., Zapata M., Gayoso G., Chang L., Dillon M. & Quipuscoa V. 2014. Diversidad Florística de la Loma Cerro Campana, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad-Perú. *Arnaldoa*, 21(1): 187-220.
http://www.sacha.org/Campana_Arnaldoa2014.pdf.
- Magurran A. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. 1st ed. Princeton. Princeton University Press. New Jersey.
<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>.
- Manrique R. 2011. El Niño Southern Oscillation and its effect on fog oases along the peruvian and chilean coastal deserts. Ph.D. Thesis in Environmental Science: Protection and Management of Natural Resources. Alma Mater Studiorum-Università di Bologna.
http://amsdottorato.unibo.it/3436/1/Manrique_Rosa_tesi.pdf.
- Marinoni R. 2001. Os grupos tróficos em Coleoptera. *Rvta bras. Zool.* 18(1): 205-224.
<https://www.scielo.br/j/rbzool/a/8prNB4KXCywXBpvKnxSTcgq/?format=pdf&lang=pt>.
- MINAG. 1979. Plan Maestro Reserva Nacional de Lachay. MINAG (Ministerio de Agricultura). Lima, Perú.
- MINAG. 2002. Plan Maestro de la Reserva Nacional de Lachay 2003-2007. INRENA. Lima, Perú.
- Moat J., Orellana-García A., Tovar C., Arakaki M., Arana C., Cano A., Faundez L., Gardner M., Hechenleitner P., Hepp J., Lewis G., Mamani J.M., Miyasiro M. & Whaley O. 2021. Seeing through the clouds – Mapping desert fog oasis ecosystems using 20 years of MODIS imagery over Peru and Chile. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 103: 102468.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102468>.
- Moreno C. 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Primera edición. Editado por: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. Zaragoza, España.
https://www.researchgate.net/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad.
- Morón O. 2000. Características del Ambiente Marino frente a la Costa Peruana. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 179-204.
<https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/152>.
- Mostacero J., Mejía F. & Gamarra O. 2009. *Fanerógamas del Perú: Taxonomía, Utilidad y Ecogeografía*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica –CONCYTEC. Trujillo, Perú.
- Naoki K. 2012. El pasado, presente y futuro en el uso de la estadística en estudios ecológicos en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 47(2): 79-87.
<https://ecologiaenbolivia.com/documents/Editorial472final.pdf>.
- Porrini D., Castro A. & Cicchino A. 2014. Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) asociados a los remanentes de bosque nativo en la Reserva Natural Municipal Laguna de los Padres, Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 73(1-2): 35-48.
<https://www.redalyc.org/pdf/3220/322031114004.pdf>.
- Ramírez D., Sánchez E. & Quinteros Z. 2000. El muestreo como herramienta en el monitoreo de la diversidad y cobertura vegetal de la Loma “Morro Quemado”, Reserva Nacional de Paracas, Pisco-Perú. *Arnaldoa*, 7 (1-2): 49-64.
- Rengifo-Faiffer M.C. & Arana C. 2019. Fossorial birds help shape the plant community of a Peruvian desert. *Journal of Arid Environments*, 169: 29-33.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104011>.
- Reynel C., Pennington R. & Särkinen T. 2013. *Cómo se formó la Diversidad Ecológica del Perú*. Primera edición. Impresión: Jesús Bellido M. Lima, Perú.
http://www.aprodes.org/pdf/diversidad_ecologica.pdf.
- Ribera I. & Beutel R. 2012. Coleópteros. *En*: Vargas P. & R. Zardoya (Eds.). *El Árbol de la Vida: Sistemática y evolución de los seres vivos*. 313-322. Madrid.
<https://bibdigital.rjb.csic.es/duurl/1/1742751>.
- Ruiz M. & Montiel A. 2001. Introducción al conocimiento de la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén. Aspectos Cuantitativos (II). *Bol. San. Veg. Plagas.*, 27: 531-560.
<https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/bsvp-27-04-531-560.pdf>.
- Rundel P. W., Dillon M. O., Palma B., Mooney H.A., Gulmon S. L. & Ehleringer J.R. 1991. The Phytogeography and Ecology of the Coastal Atacama and Peruvian Deserts. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 13(1): Art. 2. DOI: 10.5642/aliso.19911301.02.
- Salazar P., Navarro-Cerrillo R., Ancajima E., Duque J., Rodríguez R., Ghezzi I. & Mabres A. 2018. Effect of climate and ENSO events on *Prosopis pallida* forests along a climatic gradient. *Forestry*, 91(5): 552-562.
DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy014>.

- SENAMHI. 2016. Índices de Monitoreo y Predicción del ENOS. Subdirección de Predicción Climática. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). Perú. Consultado en febrero de 2022 de: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/391/Indices-monitoreo-predicci%C3%B3n-ENOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Schulenberg T., Stotz D., Lane D., O'Neill J. & Parker T. 2010. Aves de Perú. Field Museum of Natural History. Innovación Gráfica S.A. Lima, Perú.
- Takahashi K. 2017. Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”. Boletín Técnico Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño, 4(4): 4-7. IGP (Instituto Geofísico del Perú). Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5101>.
- Teixeira V. & Sánchez E. 2006. Patrones poblacionales de las principales especies herbáceas en la Reserva Nacional de Lachay. Ecología Aplicada, 5(1-2): 23-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.313>.
- Torres J. & López C. 1981. Productividad Primaria en las Lomas de la Costa Central del Perú. Boletín de Lima, 3(14). <https://www.boletindelima.com/1981-14.htm>.
- Torres J. 1984. Anomalías observadas en la vegetación y sus factores físicos determinantes en las Lomas de la Costa Central durante el verano (Enero-Abril) de 1983. En: Vega M. (ed.). Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental: El Fenómeno “El Niño”. 625-642. CONCYTEC. Lima.
- Tovar C., Sánchez E. & Teixeira V. 2018. Plant community dynamics of lomas fog oasis of Central Peru after the extreme precipitation caused by the 1997 – 98 El Niño event. PLoS ONE, 13(1): e0190572. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190572>.
- Vásquez M. 2008. Comparación de dos métodos de muestreo para el estudio de la comunidad herbácea de las Lomas. Zonas Áridas, 12(1): 166-183. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/196>.
- Véliz C., Sánchez E. & Tori W. 2002. Cambios espacio – temporales en la diversidad de la comunidad de aves de las lomas de Lachay luego del Evento El Niño 97-98. Ecología Aplicada, 1(1-2): 75-79. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v1i1-2.233>.
- Verdugo A. 2014. Morfología de los estadios inmaduros, biología y comportamiento de *Trox cotodognanensis* Compte, 1986 en Cádiz (Coleoptera: Scarabaeoidea: Trogidae). Revista gaditana de Entomología, 5(1): 211-224. <https://www.biotaxa.org/RGDE/article/view/8752>.
- Woodman R.F. 1998. El Fenómeno El Niño y el Clima en el Perú. En: Congreso de La República (Ed.) Ciclo de Conferencias de la Primera Legislatura Extraordinaria, 1997. 1-29. Ediciones del Congreso de la Republica & Instituto Geofísico del Perú, Sector Educación. Consultado en febrero de 2022 de: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/587>.

Tabla 1. Lista de El Niño y La Niña, Duración y Magnitud de acuerdo a las Categorías del ICEN y el ONI, desde marzo de 1997 hasta diciembre del 2010.

Año Inicial	Mes Inicial	Año Final	Mes Final	Duración (meses)	Magnitud (Categoría ICEN)	Magnitud (Categoría ONI)
1997	Marzo	1998	Setiembre	19	Niño Extraordinario	
1997	Mayo	1998	Mayo	13		Niño Muy Fuerte
1998	Julio	1998	Octubre	4		Niña Moderado
1998	Noviembre	1999	Enero	3		Niña Fuerte
1999	Febrero	1999	Octubre	9		Niña Moderado
1999	Octubre	1999	Octubre	1	Fría Débil	
1999	Noviembre	2000	Enero	3		Niña Fuerte
2000	Febrero	2000	Marzo	2		Niña Moderado
2000	Abril	2001	Febrero	11		Niña Débil
2001	Setiembre	2001	Noviembre	3	Niña Débil	
2002	Marzo	2002	Mayo	3	Niño Débil	
2002	Junio	2002	Agosto	3		Niño Débil
2002	Setiembre	2002	Diciembre	4		Niño Moderado
2002	Octubre	2002	Diciembre	3	Niño Débil	
2003	Enero	2003	Febrero	2		Niño Débil
2004	Julio	2005	Marzo	8		Niño Débil
2005	Noviembre	2006	Marzo	5		Niña Débil
2006	Agosto	2007	Enero	6	Niño Débil	
2006	Setiembre	2007	Enero	5		Niño Débil
2007	Abril	2007	Diciembre	9	Niña Moderado	
2007	Junio	2007	Agosto	3		Niña Débil
2007	Setiembre	2007	Octubre	2		Niña Moderado
2007	Noviembre	2008	Febrero	4		Niña Fuerte
2008	Marzo	2008	Setiembre	7	Niño Débil	
2008	Marzo	2008	Abril	2		Niña Moderado
2008	Mayo	2008	Junio	2		Niña Débil
2008	Noviembre	2009	Marzo	5		Niña Débil
2009	Mayo	2009	Setiembre	5	Niño Débil	
2009	Julio	2009	Setiembre	3		Niño Débil
2009	Octubre	2009	Noviembre	2		Niño Moderado
2009	Diciembre	2010	Enero	2		Niño Fuerte
2010	Febrero	2010	Febrero	1		Niño Moderado
2010	Marzo	2010	Marzo	2		Niño Débil
2010	Junio	2010	Junio	1		Niña Débil
2010	Julio	2010	Agosto	2		Niña Moderado
2010	Agosto	2010	Noviembre	4	Niña Moderado	
2010	Setiembre	2010	Diciembre	5		Niña Fuerte

Fuente: Elaboración propia adaptado del IGP (ICEN) y de la NOAA (ONI).

¹ Laboratorio de Ecología de Procesos (LEP). Departamento Académico de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina S/N. Apartado postal 15-024, Lima – Perú.

² lizcastaneda@lamolina.edu.pe, ORCID: 0000-0001-7233-2336.

³ esi@lamolina.edu.pe, ORCID: 0000-0002-4880-6922.

⁴ zquinteros@lamolina.edu.pe, ORCID: 0000-0003-2362-1339.