

DISTRIBUCIÓN DEL AVE FRAGATA COMÚN (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) DURANTE EVENTOS ANÓMALOS POSITIVOS EN EL LITORAL NORTE CENTRO DEL PERÚ. 2015 - 2019

DISTRIBUTION OF THE MAGNIFICENT FRIGATEBIRD (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) DURING POSITIVE ANOMALOUS EVENTS IN THE PERUVIAN NORTH-CENTRAL COAST (2015 - 2019)

Manuel Ochoa¹

Marilú Bouchon

Javier Quiñones

<https://doi.org/10.53554/boletin.v36i1.318>

RESUMEN

OCHOA M, BOUCHON M, QUIÑONES J. 2021. Distribución del ave fragata común (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) durante eventos anómalos positivos en el litoral norte centro del Perú. 2015 - 2019. Bol Inst Mar Perú. 36(1) 44-53.- El presente trabajo está basado en el análisis espacio-temporal del ave fragata (*Fregata magnificens*) relacionado a temperatura y salinidad superficial del mar y el índice ICEN, mediante el análisis multivariado de componentes principales, cuya respuesta es la distribución espacio temporal de la especie, explicando la asociación de la distribución con los eventos anómalos positivos El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017. El área de estudio comprendió desde 4°S al norte de Paita hasta 12°S frente a Callao, de octubre 2015 a diciembre 2019. A la especie se observó hasta 7°S, relacionado con la intromisión de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) desde el norte y al acercamiento de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) desde el oeste hasta 20 mn de la costa. La importancia de la distribución espacio-temporal del ave fragata radica en la evidencia de que se trataría de un indicador biológico ante el calentamiento progresivo de las aguas superficiales y el ambiente durante eventos anómalos como El Niño.

PALABRAS CLAVE: *Fregata magnificens*, ave fragata, El Niño, Perú

ABSTRACT

OCHOA M, BOUCHON M, QUIÑONES J. 2021. Distribution of the magnificent frigatebird (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) during positive anomalous events in the Peruvian north-central coast (2015 - 2019). Bol Inst Mar Peru. 36(1) 44-53.- In this work, we considered the spatio-temporal analysis of the magnificent frigatebird (*Fregata magnificens*), based on sea surface temperature and salinity, together with the ICEN index. Therefore, a multivariate principal component analysis was performed, whose response is the spatio-temporal species distribution, which would explain the association of such distribution with the positive anomalous events of El Niño 2015-2016 and El Niño Costero 2017. From October 2015 to December 2019, we studied the area between 4°S north of Paita to 12°S off Callao. The species was observed up to 7°S, which was related to the intrusion of Surface Equatorial Waters (SEW) from the north and the approach of Surface Subtropical Waters (SSW) from the west up to 20 nm offshore. The importance of the spatio-temporal distribution of the magnificent frigatebird lies in the evidence that it would be a biological indicator of the progressive warming of surface waters and the environment during anomalous events such as El Niño.

KEYWORDS: *Fregata magnificens*, magnificent frigatebird, El Niño, Peru

1. INTRODUCCIÓN

Las aves en general, han sido utilizadas desde hace mucho tiempo como indicadores por excelencia, principalmente porque cumplen la mayoría de las exigencias, como: ser suficientemente sensibles para detectarseñalesde cambio,son fácilmente manejables, además que su estudio permite diferenciar entre ciclos naturales y sus tendencias (COOPERRIDER *et al.*, 1986). También, pueden indicar ciertas características del hábitat, así como su presencia o ausencia puede ayudar a discernir patrones o umbrales de impactos ambientales, debido a que algunas especies persisten a lo largo de gradientes de disturbio mientras que, otras desaparecen (BRYCE & HUGHES, 2002).

1. INTRODUCTION

Birds, in general, have been used for a long time as indicators par excellence, mainly because they meet most of the requirements, such as being sensitive enough to detect signs of change, they are easily manageable, and their study allows differentiation between natural cycles and their patterns (COOPERRIDER *et al.*, 1986). They can indicate certain habitat characteristics, and their presence or absence can help us to discern patterns or thresholds of environmental impacts since some species persist along disturbance gradients while others disappear (BRYCE & HUGHES, 2002).

1 Dirección General de Investigaciones de Recursos Pelágicos-IMARPE, mochoa@imarpe.com.pe

Las aves marinas, por ser depredadores, se las considera como excelentes indicadores de la salud de los ecosistemas marinos y útiles para determinar sus cambios (BOYD *et al.*, 2006), como sería el ave fragata común (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) perteneciente a la familia Fregatidae, orden Pelecaniformes.

Es conocida también como ave pirata de mar, porque roba el alimento a otras especies de aves marinas, persiguiéndolas en vuelo con mucha habilidad hasta hacerlas vomitar (LE CORRE & JOUVENTIN, 1997; BULLUCK & BULLUCK, 2008). Sin embargo, también se alimentan de los desechos pesqueros, limpiando así caletas y puertos de pesca a lo largo de la costa, fertilizando las aguas de los manglares con sus deposiciones, contribuyendo de esa forma, con nutrientes que utilizan los diferentes tipos de vegetaciones (ZAVALAGA, 2015).

La Familia Fregatidae, incluye cinco especies de aves marinas; en el océano Índico se presentan: el ave fragata de Christmas (*Fregata andrewsi*) que anida en las islas de Christmas (Australia) al sur oeste de la isla de Java (HILL & DUNN, 2004). En el Indo - Pacífico se ha registrado el ave fragata menor (*Fregata ariel*) la cual anida en las islas Aldabras, en Seychelles y en la costa norte de Australia, también se han registrado en el archipiélago de Kiribati en el Pacífico Oeste (DIAMOND, 1975); el ave fragata de Ascensión (*Fregata aquila*) que nidifica en la isla Ascensión con distribución en el océano Atlántico tropical (RATCLIFFE *et al.*, 2008); ave fragata grande (*Fregata minor*) la cual tiene cinco sub especies y se reproduce en una serie de islas del Pacífico como en Hawái, Galápagos y Nueva Caledonia, en el océano Índico en las islas Aldabras, Christmas, Maldivas y Mauricio y en el océano Atlántico también se ha registrado en las costas de Brasil (PAZ *et al.*, 2019).

El ave fragata real (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) que se caracteriza por ser la más grande y la más costera (ZAVALAGA, 2015) se distribuye principalmente en mares tropicales, en el Pacífico desde California (Estados Unidos de Norte América) hasta el Ecuador (incluidas las islas Galápagos) y en el Atlántico desde Florida hasta el sur de Brasil, pasando por todo el Mar Caribe (BIRDLIFE INTERNACIONAL, 2019). Incluso, ha sido registrada hasta Mar del Plata-Argentina (PAZ *et al.*, 2019).

La población anidante total de esa especie fue calculada de 59.000 a 71.000 pares reproductivos (DIAMOND & SCHREIBER, 2002) y las mayores colonias se encuentran en Baja California y el Pacífico este (48.000 - 58.000 pares) (LINDSEY *et al.*, 2000;

Seabirds, since they are predators, are considered excellent indicators of the health of marine ecosystems and are useful to determine their changes (BOYD *et al.*, 2006), such as the magnificent frigatebird (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) which belongs to the family Fregatidae, order Pelecaniformes.

It is also known as a pirate of the sky, because it steals food from other seabird species, chasing them in flight with great skill until they vomit (LE CORRE & JOUVENTIN, 1997; BULLUCK & BULLUCK, 2008). However, they also feed on fishing waste, thus cleaning coves and fishing ports along the coast, fertilizing the mangrove waters with their droppings, thereby contributing nutrients used by the different types of vegetation (ZAVALAGA, 2015).

The Family Fregatidae includes five seabird species. In the Indian Ocean, the Christmas frigatebird (*Fregata andrewsi*) nests on the Christmas Islands (Australia) southwest of Java Island (HILL & DUNN, 2004). In the Indo-Pacific, the lesser frigatebird (*Fregata ariel*) has been recorded nesting in the Aldabras Islands, Seychelles, and the north coast of Australia, and has also been recorded in the Kiribati Archipelago in the West Pacific (DIAMOND, 1975); the Ascension frigatebird (*Fregata aquila*) nests on Ascension Island with distribution in the tropical Atlantic Ocean (RATCLIFFE *et al.*, 2008); the great frigatebird (*Fregata minor*) which has five subspecies and breeds on several Pacific islands such as Hawaii, Galapagos, and New Caledonia, in the Indian Ocean on the islands of Aldabras, Christmas, Maldives, and Mauritius and in the Atlantic Ocean has also been recorded off the Brazilian coast (PAZ *et al.*, 2019).

The magnificent frigatebird (*Fregata magnificens* Mathews, 1914), which is characterized by being the largest and most coastal (ZAVALAGA, 2015), is mainly distributed in tropical seas, in the Pacific from California (United States of North America) to Ecuador (including the Galapagos Islands) and in the Atlantic from Florida to southern Brazil, including the entire Caribbean Sea (BIRDLIFE INTERNACIONAL, 2019). It has even been recorded as far as Mar del Plata, Argentina (PAZ *et al.*, 2019).

The total nesting population of this species was estimated at 59,000 to 71,000 reproductive pairs (DIAMOND & SCHREIBER 2002) and the largest colonies are found in Baja California and the Eastern Pacific (48,000 - 58,000 pairs) (LINDSEY *et al.*, 2000; SCHREIBER & LEE, 2000; MORENO &

SCHREIBER & LEE, 2000; MORENO & CARMONA, 1988). Otras colonias menores se encuentran en la costa de Sinaloa e islas Revillagigedo en México (EVERETT & ANDERSON, 1991) y las costas de Ecuador continental hasta las islas Galápagos (MURPHY, 1936). Su rango de distribución se superpone con el ave fragata grande (*F. minor*) en las islas Galápagos y en Centroamérica. Las parejas construyen nidos de ramas en los árboles o arbustos y los machos proporcionan el material mientras que las hembras construyen el nido (ZAVALAGA, 2015).

La perturbación humana y los depredadores introducidos han eliminado muchas colonias históricas y esto probablemente continuará a medida que se desarrollen más áreas costeras (DIAMOND & SCHREIBER, 2002).

En el Perú, la única colonia de *Fregata magnificens* anidante se encuentra en la isla de Los Pájaros, dentro del Santuario Nacional Manglares de Tumbes, donde se registraron 1.643 nidos activos (ZAVALAGA, 2015).

Su principal característica es la tendencia a perseguir otras aves marinas, como los piqueros que son sus principales presas, aplicando la estrategia del cleptoparasitismo, persiguiéndolos y estresándolos hasta hacerlos regurgitar para quitarles el alimento (LE CORRE & JOUVENTINE, 1997).

A pesar de los pocos estudios sobre esta especie, se conoce que se alimenta principalmente de peces voladores (Exoecotidae) y calamares (Ommastrephidae), también incluye en su dieta medusas, crías de tortuga, huevos y polluelos de aves marinas, despojos y restos de pescado (DEL HOYO *et al.*, 1992; CALIXTO-ALBARRAN & OSORNO, 2000). En cuanto al evento El Niño, se conoce que es un evento generador de cambios en las condiciones oceanográficas del mar peruano, puede afectar fuertemente a los recursos pesqueros (ÑIQUEN *et al.*, 1999).

En ese contexto y dentro de las actividades que realiza el IMARPE, se creó el Programa de Presupuesto por Resultados (PPR) "El Niño", cuya información proviene del monitoreo mensual de las operaciones bio-oceanográficas, dentro del cual, desde octubre 2015, se realizan avistamientos de aves marinas.

El objetivo de este trabajo es mostrar evidencias de la presencia del ave fragata durante los últimos eventos "El Niño", que la tipifiquen como un indicador de eventos anómalos en el litoral peruano, en relación con su mayor o menor desplazamiento latitudinal hacia el sur.

CARMONA, 1988). Other smaller colonies are found on the coast of Sinaloa and Revillagigedo Islands in Mexico (EVERETT & ANDERSON, 1991) and the coasts of continental Ecuador up to the Galapagos Islands (MURPHY, 1936). Its range overlaps with the great frigatebird (*F. minor*) in the Galapagos Islands and Central America. Pairs build nests made of branches in trees or bushes and the males provide the material while the females build them (ZAVALAGA, 2015).

Anthropogenic disturbance and introduced predators have eliminated many historical colonies and this is likely to continue as more coastal areas are developed (DIAMOND & SCHREIBER, 2002).

In Peru, the only nesting colony of *Fregata magnificens* is located on Los Pájaros Island, within the Manglares de Tumbes National Sanctuary, where 1,643 active nests have been recorded (ZAVALAGA, 2015).

Its main characteristic is the tendency to chase other seabirds, such as boobies, which are its main prey. It applies the strategy of kleptoparasitism, by chasing them and stressing them until they regurgitate to take away their food (LE CORRE & JOUVENTINE, 1997).

Despite the few studies on this species, it is known that it feeds mainly on flying fish (Exoecotidae) and squid (Ommastrephidae), and also includes in its diet jellyfish, turtle hatchlings, seabird eggs and chicks, offal and fish remain (DEL HOYO *et al.*, 1992; CALIXTO-ALBARRAN & OSORNO, 2000). Regarding the El Niño event, it is known that it is an event that generates changes in the oceanographic conditions of the Peruvian sea and may strongly affect fishery resources (ÑIQUEN *et al.*, 1999).

In this context and within the activities carried out by IMARPE, the Budget by Results Program (PPR in Spanish) "El Niño" was created, whose information comes from the monthly monitoring of bio-oceanographic operations. Since October 2015, seabird sightings have been carried out as part of this program.

This work aims to show evidence of the presence of the magnificent frigatebird during the last "El Niño" events, as an indicator of anomalous events in the Peruvian coast, concerning its greater or lesser latitudinal displacement southwards.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de muestreo

La investigación se realizó dentro de las actividades “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres (PPR 0068)”, “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”, correspondiendo al IMARPE el “Estudio y Monitoreo de los Efectos de El Niño en el ecosistema marino frente al Perú”.

El área de estudio se localizó entre 4°S y 12°S, desde la costa frente al Callao hasta 100 mn frente a las líneas oceanográficas de Paita y Chicama (Fig. 1), desde octubre 2015 hasta diciembre 2019, con salidas mensuales, para el monitoreo oceanográfico de indicadores biológicos de masas de agua.

Información de datos biológicos y oceanográficos

La información biológica se obtuvo del monitoreo bio-oceanográfico PPR 068. Se observaron aves durante el recorrido de la línea oceanográfica, utilizando binoculares con 50X de aumento y GPS para localización de las especies. Para la determinación de la especie se utilizó la guía de aves de HARRISON (1983), además se tomaron fotografías para corroborar la identificación específica, con el apoyo de especialistas de la Oficina de Depredadores Superiores de IMARPE.

2. MATERIAL Y METHODS

Sampling area

The research was carried out as part of the activities “Vulnerability reduction and emergency response to disasters (PPR 0068)”, “Generation of information and monitoring of the El Niño phenomenon”. IMARPE was responsible for the “Study and monitoring of the effects of El Niño on the marine ecosystem off the Peruvian coast”.

From October 2015 to December 2019, the study area was located between 4°S and 12°S, from the coast off Callao to 100 nm off the oceanographic lines of Paita and Chicama (Fig. 1). Monthly trips were made for oceanographic monitoring of biological indicators of water masses.

Biological and oceanographic data information

Biological information was obtained from bio-oceanographic monitoring (PPR 068). Birds were observed along the oceanographic line, using 50X magnification binoculars and GPS to locate the species. We used the HARRISON bird guide (1983), to determine the species, and photographs were taken to corroborate the species identification, with the support of specialists from IMARPE’s Office of Top Predators.

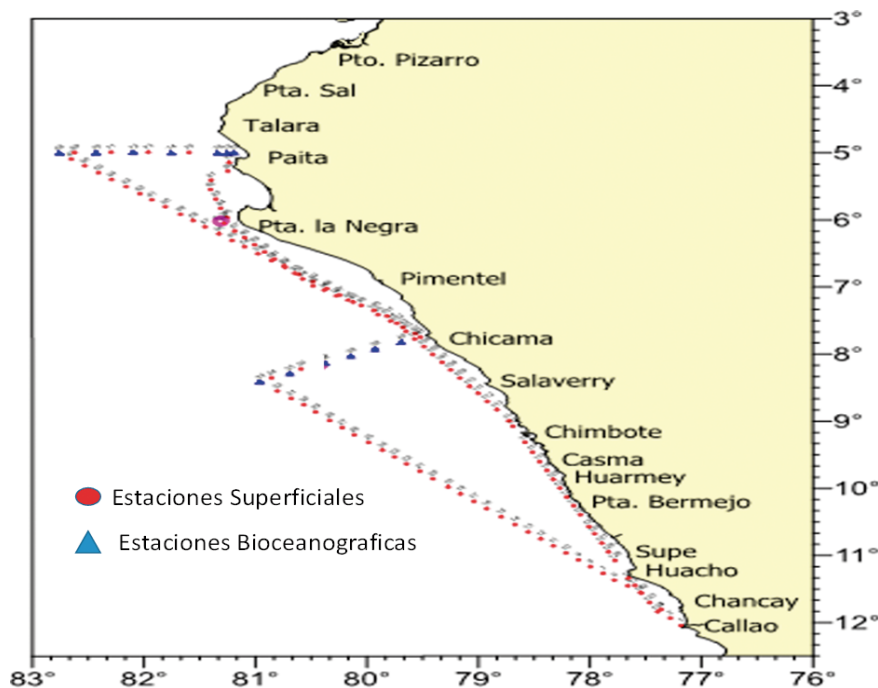


Figura 1.- Mapa de estaciones oceanográficas de las líneas Paita y Chicama, trayecto del recorrido del Monitoreo Bio-Oceanográfico. Norte del litoral peruano frente a Chicama y Paita. 2015-2019

Figure 1. Map of oceanographic stations of the Paita and Chicama lines, route of the Bio-Oceanographic Monitoring. Northern Peruvian coast off Chicama and Paita (2015-2019)

También, se tuvo acceso a la información de los registros de avistamiento de los cruceros de Evaluación Hidroacústica desde el 2015 al 2019. Las localizaciones fueron georreferenciadas con un GPS (Furuno) y visualizados en el programa VAISALA.

La data oceanográfica se obtuvo con un sensor de temperatura marca Furuno, instalado en el casco del barco y un termómetro superficial de mercurio, registrándose la temperatura superficial del mar (TSM) durante cada avistamiento. Los datos de salinidad superficial se obtuvieron con el modelo oceanográfico HYCOM que está georreferenciado con cada avistamiento de aves y el índice costero El Niño (ICEN) que es la media móvil de tres meses consecutivos de anomalía de temperatura superficial del mar en la región 1 + 2. (TAKAHASHI *et al.*, 2014).

Análisis multivariados

Este análisis se desarrolló con el paquete estadístico ade4 (DRAY *et al.*, 2020) del programa R. Se utilizó el análisis de componentes principales, para determinar la relación de las variables oceanográficas y distancia a la costa, que den respuesta al espacio-tiempo de la fragata versus los eventos anómalos positivos El Niño 2015 -2016 y El Niño Costero 2017. Se efectuaron los mapas de distribución latitudinal y se usó el diagrama de Hovmöller con la información de temperatura superficial del mar, para observar la relación de los puntos georreferenciados de la especie con la información oceanográfica.

3. RESULTADOS

Observación de la fragata

En el periodo octubre 2015 - diciembre 2019 se obtuvo 73 avistamientos de aves fragata, entre 04°S y 10°S. Mayor número de individuos se observó en Paita (5°S) y Bayovar (6°S) (Tabla 1).

Also, we had access to sighting record information from the Hydroacoustic Assessment cruises from 2015 to 2019. The locations were georeferenced with a GPS (Furuno) and visualized in the VAISALA software.

Oceanographic data was obtained with a Furuno temperature sensor installed on the hull of the ship and a mercury surface thermometer, thus recording the sea surface temperature (SST) during each sighting. Surface salinity data were obtained with the HYCOM oceanographic model, which is georeferenced with each bird sighting, and the coastal El Niño index (ICEN in Spanish), three-month average cumulative of the monthly SST anomalies in the 1+2 region (TAKAHASHI *et al.*, 2014).

Multivariate analysis

This analysis was developed with the ade4 statistical package (DRAY *et al.*, 2020) of the R software. We used principal component analysis to determine the relationship of oceanographic variables and distance to the coast, which respond to the space-time of the magnificent frigatebird versus the positive anomalous events of El Niño 2015 -2016 and El Niño Costero 2017.

Latitudinal distribution maps were made and the Hovmöller diagram was used with the sea surface temperature information, to observe the relationship of the species' georeferenced points with the oceanographic information.

3. RESULTS

Observation of the magnificent frigatebird

Between October 2015 and December 2019, a total of 73 sightings of magnificent frigatebirds were obtained between 04°S and 10°S. The highest number of individuals was observed in Paita (5°S) and Bayovar (6°S) (Table 1).

Tabla 1.- Avistamientos y número de ejemplares del ave fragata. Octubre 2015 -diciembre 2019

Table 1. Sightings and number of magnificent frigatebird specimens (October 2015 - December 2019)

| Grados/ Degrees (°S) | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | | Total | |
|----------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. | Avist. Sight. | Ejemp. Spec. |
| 4° | 5 | 26 | 4 | 16 | 6 | 34 | 3 | 135 | 8 | 28 | 26 | 239 |
| 5° | 2 | 6 | 3 | 11 | 15 | 107 | 5 | 193 | 13 | 66 | 38 | 383 |
| 6° | | | 2 | 5 | 3 | 8 | | | | | 5 | 13 |
| 7° | | | 1 | 5 | 3 | 6 | | | | | 4 | 11 |
| Total | 7 | 32 | 10 | 37 | 27 | 155 | 8 | 328 | 21 | 94 | 73 | 646 |

Monitoreos Bio-oceanográficos y Cruceros de evaluación hidroacústica.- La distribución espacial de la fragata desde 3°S hasta 12°S, desde setiembre 2015 hasta diciembre 2019 fue mayor entre 4°S y 5°S. Sin embargo, durante el verano 2016 (finales de El Niño 2015-16) y verano del 2017 (El Niño Costero), incluyendo marzo y abril, se avistaron hasta 8°S (Fig. 2).

Bio-oceanographic monitoring and hydroacoustic assessment cruises.- From September 2015 to December 2019, the spatial distribution of the magnificent frigatebird, generally from 3°S to 12°S, was greatest between 4°S and 5°S. However, in summer 2016 (late El Niño 2015-16) and summer 2017 (El Niño Costero), including March and April, it was sighted up to 8°S (Fig. 2).

Análisis espacio-temporal

Mayor presencia de fragatas en vuelo ocurrió durante horas de luz, de 06:00 a 18:00 horas; mayor abundancia se dio a las 06:00 horas (179 individuos) y 10:00 horas (171 individuos) (Fig. 3). La mayoría se encontró cerca al litoral en 4°S, 5°S y 7°S, dentro de las 10 millas y en 6°S fuera de las 20 millas. Es importante mencionar que algunos individuos fueron observados lejos de la costa en 4°S y 5°S en busca de alimento por lo que su distribución espacio temporal es amplia en esos dos grados (Fig. 4).

Spatio-temporal analysis

The greatest presence of flying magnificent frigatebirds occurred during daylight hours, from 06:00 to 18:00 hours. The highest abundance occurred at 06:00 hours (179 individuals) and 10:00 hours (171 individuals) (Fig. 3). Most were found close to the coastline at 4°S, 5°S, and 7°S, within 10 miles and at 6°S outside 20 miles. It is noteworthy that some individuals were observed far from the coast (4°S and 5°S) in search of food, so their spatio-temporal distribution is wide in those two degrees (Fig. 4).

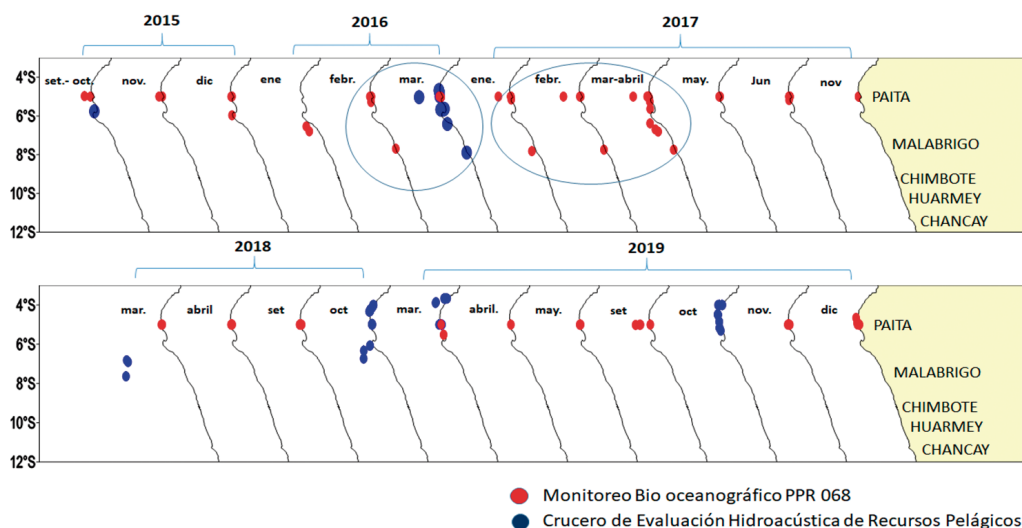


Figura 2.- Distribución de *Fregata magnificens*, por grado latitudinal. Octubre 2015 - diciembre 2019. Monitoreos mensuales Bio-oceanográficos y Cruceros de Evaluación Hidroacústica

Figure 2. Distribution of *Fregata magnificens*, by latitudinal degree (October 2015 - December 2019). Monthly bio-oceanographic monitoring and hydroacoustic assessment cruises

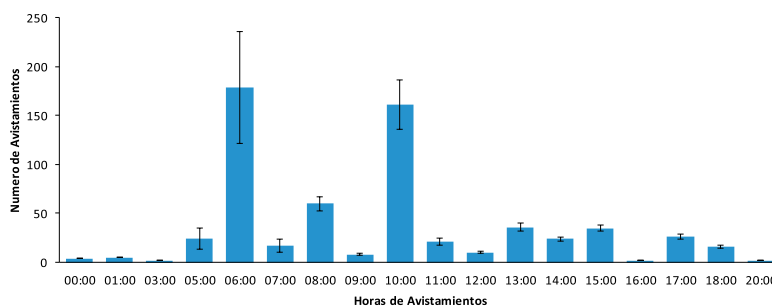


Figura 3.- Número de avistamientos de fragata por horas. Monitoreos mensuales. Octubre 2015- diciembre 2019

Figure 3. Number of magnificent frigatebird sightings per hour, monthly monitoring (October 2015- December 2019)

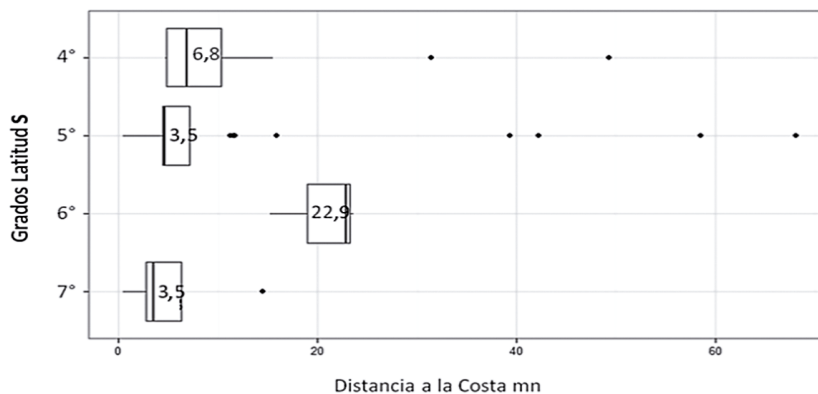


Figura 4.- Gráfico de mediana distancia a la costa de observación de *Fregata magnificens*. Monitoreos mensuales. Octubre 2015 - diciembre 2019

Figure 4. Graph of median distance to the coast of observation of *Fregata magnificens*. Monthly monitoring (October 2015 - December 2019)

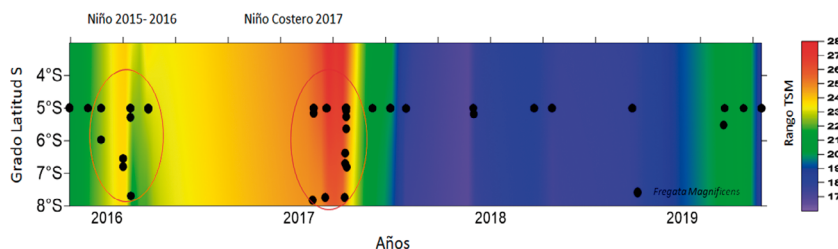


Figura 5.- Diagrama de Hovmöller. Temperatura superficial del mar (TSM) asociada al desplazamiento latitudinal de *Fregata magnificens*. Octubre 2015- diciembre 2019

Figure 5. Hovmöller diagram. Sea surface temperature (SST) associated with the latitudinal displacement of *Fregata magnificens* (October 2015- December 2019)

La distribución espacio temporal del diagrama de Hovmöller, demostró que *Fregata magnificens* llegó hasta 8°S frente a Chicama, durante El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017, asociado a la variable oceanográfica de temperatura superficial del mar, la que tuvo mayor intensidad en marzo-abril; sin embargo, a partir de mayo 2017 hasta diciembre 2019, la especie solo fue registrada hasta 5°S, asociada a temperaturas con valores cercanos a 19 y 20 °C (Fig. 5)

The spatio-temporal distribution of the Hovmöller diagram showed that *Fregata magnificens* reached up to 8°S off Chicama, during El Niño 2015- 2016 and El Niño Costero 2017. This was associated with the oceanographic variable of sea surface temperature, which had greater intensity in March-April; however, from May 2017 to December 2019, the species was only recorded up to 5°S, associated with temperatures with values close to 19 and 20 °C (Fig. 5)

El análisis multivariado de componentes principales mostró que la fragata se encontró en tres escenarios:

The multivariate principal components analysis showed that the magnificent frigatebird was found in three scenarios:

- a. durante los años 2018 y 2019 fue avistada en 4°S y 5°S, con variabilidad en los vectores de ICEN de salinidad y temperatura,
- b. durante El Niño Costero 2017 (marzo - abril) fue avistada en 6°S con mayor distancia a la costa asociado al mayor incremento de temperatura,
- c. durante El Niño 2015-2016 fue observada hasta 7°49'S, asociada a masas de agua de salinidades mayores de 35,1 ups y con mayor índice en el ICEN.

- a. in 2018 and 2019, it was sighted at 4°S and 5°S, with variability in the ICEN vectors of salinity and temperature,
- b. during El Niño Costero 2017 (March - April), it was sighted at 6°S with greater distance to the coast, which was associated with higher temperature increase,
- c. during El Niño 2015-2016, it was observed up to 7°49'S, associated with water masses of salinities greater than 35.1 PSU and with higher index in ICEN.

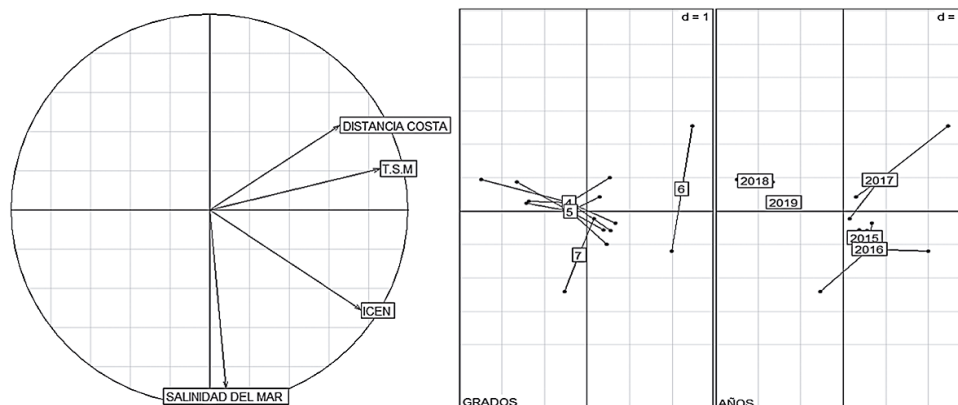


Figura 6.- Gráfico de análisis en componentes principales explicando la distribución espacio-temporal de *Fregata magnificens*, asociados a los vectores de TSM, ICEN, salinidad del mar y distancia. Monitoreos mensuales. Octubre 2015 - diciembre 2019

Figure 6. Principal component analysis plot explaining the spatio-temporal distribution of *Fregata magnificens*, associated to SST, ICEN, sea salinity, and distance vectors. Monthly monitoring (October 2015 - December 2019)

Es importante precisar que el porcentaje de inercia para los dos primeros componentes fue de 77,16%. (Fig. 6).

It is worth noting that the percentage of inertia for the first two components was 77.16%. (Fig. 6).

4. DISCUSIÓN

4. DISCUSSION

Durante el periodo octubre 2015 - diciembre 2019, la mayor distribución de la fragata fue registrada entre 4°S y 5°S, lo que podría haberse debido a la distancia que hay entre sus colonias, viajando en gran parte cerca de la costa por la disponibilidad de alimento cercano a los puertos de actividad pesquera (ZAVALAGA, 2015).

Between October 2015 - December 2019, the greatest distribution of the magnificent frigatebird was recorded between 4°S and 5°S, which could have been due to the distance between its colonies, thus traveling largely close to the coast because of the availability of food near fishing ports (ZAVALAGA, 2015).

La amplitud de la distribución latitudinal de la especie, presentó relación directa con el incremento de TSM, sobre todo durante los eventos El Niño (Figs. 2 y 5). Ello, podría estar asociado con zonas térmicas de aire y vientos cálidos ascendentes a grandes alturas, lo que aprovecharía para realizar gastos mínimos de energía (WOODCOCK, 1940; PENNYCUICK, 1982; WEIMERSKIRCH *et al.*, 2003; ZAVALAGA, 2015). PENNYCUICK (1982) indica que estas aves son capaces de permanecer en vuelos prolongados día y noche, por su tipo de vuelo y su morfología.

Nevertheless, the amplitude of the latitudinal species distribution was directly related to the increase in SST, especially during El Niño events (Figs. 2 and 5). This could be associated with air thermal zones and rising warm winds at high altitudes, which would be used for minimal energy expenditure (WOODCOCK, 1940; PENNYCUICK, 1982; WEIMERSKIRCH *et al.*, 2003; ZAVALAGA, 2015). PENNYCUICK (1982) indicates that these birds can remain in prolonged flights day and night, due to their type of flight and their morphology.

Los resultados de los análisis de componentes principales concuerdan con que la incidencia de fragatas llegó hasta gran parte de 7°S y en 6°S se avistó hasta 22 millas durante El Niño Costero 2017, cuando hubo altas temperaturas sobre el nivel del mar en febrero, marzo y abril, que estuvieron relacionadas con desplazamientos al sur de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) que alcanzó las 20 mn de la costa frente a Chicama (7°42'S). todo lo cual generó el repliegue de las Aguas Costeras Frías (ACF) (ENFEN, 2017).

The results of the principal component analysis are consistent with the occurrence of magnificent frigatebirds reaching as far as much of 7°S and in 6°S, it was sighted up to 22 miles during El Niño Costero 2017, when there were high temperatures above sea level in February, March, and April, which were related to southward displacements of the Surface Equatorial Water (SEW) that reached 20 nm off Chicama (7°42'S), resulting in the retreat of the Cold Coastal Waters (CCW) (ENFEN, 2017).

También la presencia de esta especie ocurre durante El Niño 2015-2016 debido a la llegada de varias series de ondas Kelvin cálidas que desplazan las masas de aguas Sub tropicales (ASS) hacia la costa con altas salinidades e incremento de los índices ICEN en enero (+1,68 °C) y febrero (+1,36°C) 2016 (ENFEN, 2016).

Esta presencia del ave fragata, a su vez, coincide con lo observado por PULIDO y BERMÚDEZ (2018), quienes registraron fragatas en periodos “El Niño” hasta los Pantanos de Villa en Lima (12°S), área que no corresponde a su distribución espacial normal. También, en *Birding* Perú (www.birdingperu.com), se reportaron avistamientos esporádicos de fragata frente a Lambayeque y Arequipa. Nuestros resultados y observaciones hechas por otros investigadores, estarían indicando que la fragata es un indicador de eventos anómalos positivos como El Niño.

Entre todas las aves del mundo, las fragatas presentan la menor proporción entre el peso corporal y el área total de las alas, una característica conocida como carga alar (PENNYCUICK, 1987; BREWER y HERTEL, 2007). Es justamente esta reducida carga alar lo que les permite despegar con mucha facilidad y permanecer en el aire planeando continuamente por horas en zonas térmicas elevadas, debido a sus patas cortas, grandes alas y reducción en el tamaño de la glándula uropigeal (cuyo aceite impermeabiliza las plumas), a las fragatas nunca se las ve descansando sobre el agua, por lo que obtienen su alimento de la superficie (ZAVALAGA, 2015)

5. CONCLUSIONES

La mayor distribución de la fragata en el periodo octubre 2015-diciembre 2019, se registró entre 4°S y 5°S, extendiéndose hasta 7°S, asociada directamente a eventos cálidos y anómalos positivos ocurridos durante El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017.

El incremento de temperatura superficial del mar, índices mayores de ICEN y asociación de masas de aguas cálidas que llegan hasta el sur, replegando a las ACF frente a Chicama coincidió con presencia del ave fragata que expandió su distribución espacio-temporal hasta esas latitudes con eventuales desplazamientos al sur.

Also, the presence of this species occurs during El Niño 2015-2016 due to the arrival of several series of warm Kelvin waves that move the subtropical water masses (SSW) coastwards with high salinities and increased ICEN indexes in January (+1.68°C) and February (+1.36°C) 2016 (ENFEN, 2016).

In turn, this presence of the magnificent frigatebird coincides with what was observed by PULIDO & BERMÚDEZ (2018), who recorded *F. magnificens* during “El Niño” periods as far as Pantanos de Villa in Lima (12°S), an area that does not correspond to their normal spatial distribution. Also, in *Birding* Peru (www.birdingperu.com), sporadic sightings were reported off Lambayeque and Arequipa. Our results and the observations made by other researchers would indicate that the magnificent frigatebird is an indicator of positive anomalous events such as El Niño.

Among all birds in the world, magnificent frigatebirds have the lowest ratio between body weight and total wing area, a characteristic known as wing loading (PENNYCUICK, 1987; BREWER & HERTEL, 2007). Precisely, this reduced wing loading allows them to take off very easily and remain in the air gliding continuously for hours in high thermal zones. Given their short legs, large wings, and reduced size of the uropygial gland (whose oil waterproofs the feathers), magnificent frigatebirds are never seen resting on the water, so they obtain their food from the surface (ZAVALAGA, 2015)

5. CONCLUSIONS

The largest distribution of the magnificent frigatebird between October 2015-December 2019, was recorded between 4°S and 5°S, extending up to 7°S, which is directly associated with warm and anomalous positive events that occurred during El Niño 2015-2016 and El Niño Costero 2017.

The increase in sea surface temperature, higher ICEN indexes, and the association of warm water masses southwards, resulting in the retreat of the CCW off Chicama, coincided with the presence of the magnificent frigatebird, which expanded its spatio-temporal distribution to those latitudes with eventual movements to the south.

REFERENCIAS / REFERENCES

- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2019. IUCN Red list for birds. Disponible en <http://www.birdlife.org> Birding Perú. Bird Data Base. Descargado de <http://www.birding Perú>.
- BRYCE S A, HUGHES R M. 2002. Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. Environmental Management. 30 (2): 294-310.
- BOYD I, WANLESS S, CAMPHUYSEN C. 2006. Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management, Cambridge, Cambridge University press. Conservation Biology. 12: 1-44.
- BREWER M L, HERTEL F. 2007. Wing morphology and flight behavior of Pelecaniform seabirds. Journal of Morphology. 268(10): 866-877.
- BULLUCK L P, BULLUCK J F. 2008. Age-related differences in kleptoparasitic behavior of magnificent frigatebirds. Southeastern Naturalist. 7(1): 19-26.
- CALIXTO-ALBARRAN I, OSORNO J L. 2000. The diet of the Magnificent Frigatebird during chick rearing. The Condor. 102(3): 569-576.
- COOPERRIDER A Y, BOYD R J, STUART H R. 1986. Inventory and monitoring of wildlife habitat. U.S. Dept. Inter., Bur. Land Manage. Service Center. Denver, Co., USA. 858 pp.
- DEL HOYO J, ELLIOTT A, SARGATAL J. 1992. Handbook of the Birds of the World, Vol. 1: Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona, Spain. 696 pp.
- DIAMOND A. 1975. Biology and behaviour of frigatebirds *Fregata* spp. on Aldabra Atoll. Ibis. 117: 302-323.
- DIAMOND A W, SCHREIBER E A. 2002. Magnificent frigatebird (*Fregata magnificens*) the birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca, Cornell Lab of Ornithology. 28 pp.
- DRAY S, DUFOUR A B, THIOULOUSE J. 2020. Package 'ade4' Analysis of Ecological Data: Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences, version 1.7-15 [Document WWW]. Accessible in URL: <https://cloud.r-project.org/> and <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4> (view 05/04/2020)
- ENFEN. 2016. Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno el Niño. Comunicado oficial N° 4.
- ENFEN. 2017. Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno el Niño. Comunicado oficial N° 7.
- EVERETT W T, ANDERSON D W. 1991. Status and conservation of the breeding seabirds on offshore pelagic islands of Baja and the Gulf of California. In: Seabird status and conservation: a supplement (J. P. Croxall, ed.). ICBP Cambridge, U.K. Tech. Publ. 11: 115-140.
- HARRISON P. 1983. Seabirds an Identification Guide. Houghton Mifflin Company. Boston, Massachusetts. 448 pp.
- HILL R, DUNN A. 2004. National Recovery Plan for the Christmas Island Frigatebird *Fregata andrewsi*. Commonwealth of Australia, Canberra. 18 pp.
- LE CORRE M, JOUVENTIN P. 1997. Kleptoparasitism in Tropical Sea birds: Vulnerability and Avoidance Responses of a Host Species. The Red Footed Booby. The Condor. 99(1): 162-168.
- LINDSEY K, HORWITH B, SCHREIBER E A. 2000. Status of the Magnificent Frigatebird in the Caribbean. Pp. 58-64. In Status and conservation of West Indian seabirds (E. A. Schreiber and D. S. Lee, eds.). Soc. Caribb. Ornithol. Spec. Publ. no. 1, Ruston, LA.
- MORENO L A, CARMONA R. 1988. Ecología reproductiva de *Fregata magnificens* en Isla Santa Margarita, B.C.S. Tesis para obtener título de biólogo marino (B.Sc. tesis), Univ. Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 74 pp.
- MURPHY R C. 1936. Oceanic birds of South America. Am. Mus. Nat. Hist., New York. Vol 2: 641 -1245p + 72 Ilust.
- ÑIQUEÑO M, ESPINO M, BOUCHON M. 1999. Análisis de la población de la anchoveta peruana durante el periodo 1966-1999. Bol Inst Mar Perú. 19 (1-2): 103-107.
- PAZ J, COPELLO S, MARIANO R, RANZONI, VEIGA J, SECO J. 2019. Nuevos Registros de ave Fragata *Fregata magnificens* en la costa Atlántica, provincial de Buenos Aires, Argentina Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Segunda serie. 261: 1-6.
- PENNYCUICK C J. 1983. Thermal soaring compared in three dissimilar tropical bird species, *Fregata magnificens*, *Pelecanus occidentalis* and *Coragyps atratus*. Great Britain. J. exp. Biol. 102: 307-325.
- PULIDO V, BERMÚDEZ L. 2018. Patrones de estacionalidad de las especies de aves residentes y migratorias de los Pantanos de Villa. Lima, Perú. Arneloa. 25(3): 1107-1128.
- RATCLIFFE N, PELEMBE T, WHITE R. 2008. Resolving the population status of Ascension Frigatebird *Fregata aquila* using a 'virtual ecologist' model. Ibis 150(2): 300-330.
- SCHREIBER E A, LEE D S. 2000. West Indian sea-birds, a disappearing natural resource. In: Status and conservation of West Indian seabirds (E. A. Schreiber and D. S. Lee, eds.). Soc. Caribbean Ornithol. Spec. Publ. 1: 1-10.
- TAKAHASHI K, MOSQUERA K, REUPO J. 2014. El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y Actualización. Boletín técnico. 1(2): 8 - 9.
- WEIMERSKIRCH H, CHASTEL O, BARBRAUD C, TOSTAIN O. 2003. Frigatebirds ride high on thermals. Nature Publishing Group. 421: 333-334.
- WOODCOCK A H. 1940. Convection and soaring over the open sea. J. marine Research. 3: 248-253.
- ZAVALAGA C. 2015. Proyecto Fragata Karoon, Tumbes 2012-2013. Informe sobre los resultados del estudio biológico de las aves fragatas magnificas en la isla de Los Pájaros, Manglares de Puerto Pizarro, KEI (Perú Z-38 Sucursal del Perú JW Impresiones S.A.C. Lima, Perú. 106 pp.