

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**“Caracterización de la dieta de *Spheniscus humboldti*
“Pingüino de Humboldt” durante los años 1992, 1993 y
1996 procedentes de los alrededores de Punta San
Juan- Ica, Perú”**

Tesis para optar el Título Profesional de
Licenciada en Biología

Andrea Julia Luna Donoso

Lima, Perú

2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas involucradas en este trabajo, principalmente a Carlos Zavalaga, por permitirme trabajar sus muestras, por su tiempo y dedicación. Sin su generosa colaboración, este trabajo no hubiera sido posible.

Agradezco también a Ignacio García-Godos, quien siempre tuvo una excelente disposición y a su vez me ayudo a identificar algunas muestras, y a quienes me ayudaron durante este proceso: Patricia Ayón, Joanna Alfaro, Luis Alza, Rosario Cisneros, mi asesor José Iannacone y a mi jurado César Puicón, Pedro Huamán y Enzo Foy.

Quisiera agradecer a mi centro de trabajo, CEPES S.A. (Centro de Estudios Pesqueros – Chile), en especial a Patricia Ruiz, Alejandro Zuleta y Andrés Franco, por brindarme todas las facilidades necesarias y darme sus puntos de vista con respecto a mi trabajo.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos, quienes me apoyaron, cada quien a su estilo y forma, en todo este proceso. Agradezco especialmente a mis papás, Emilio Luna y Estrella Donoso, a mis hermanos Ruth y Jorge, a mis tíos Janet Donoso y Paul Anwandter, y a Fernando Valdez.

ÍNDICE

ÍNDICE	3
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	5
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Problema de investigación	10
1.1.1. Planteamiento del problema	10
1.1.2. Formulación del problema	10
1.1.3. Justificación de la investigación.....	11
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo General.....	12
2.2. Objetivos Específicos	12
III. MARCO TEÓRICO	13
3.1. Taxonomía	13
3.2. Descripción de la especie	13
3.3. Rango y distribución	14
3.4. Amenazas	14
3.5. Ecosistema marino peruano	17
3.6. Corriente de Humboldt.....	17
3.7. Sistema de Afloramiento Peruano	17
3.8. Depredadores superiores dentro de las redes alimenticias de los ecosistemas marinos.....	18
3.9. Aves marinas costeras	18
3.10. Dieta de aves marinas.....	18
3.11. Métodos de estudios de <i>S. humboldti</i>	19
3.12. Estructura trófica de <i>S. humboldti</i>	20
IV. ANTECEDENTES	21
V. HIPÓTESIS	24
5.1. Hipótesis nula	24
5.2. Hipótesis alternativa	24
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	25
6.1. Lugar de ejecución.....	25

6.2.	Tipo y diseño de investigación	26
6.2.1.	Tipo de investigación	26
6.2.2.	Diseño de investigación:	26
6.3.	Variables	26
6.4.	Material biológico.....	27
6.5.	Instrumentos de investigación	27
6.6.	Procedimientos.....	28
6.6.1.	Recolecta de las muestras	28
6.6.2.	Análisis de las muestras	28
6.7.	Análisis de los datos	28
6.8.	Determinación de los ítems presa:	29
6.9.	Tamaño de la muestra:	29
6.10.	Caracterización de la dieta:	30
6.11.	Análisis Numérico:	30
6.12.	Índices Ecológicos:.....	32
6.13.	Prueba de Hipótesis:	34
6.14.	Aspectos éticos	34
VII.	RESULTADOS	35
7.1.	Análisis global	35
7.2.	Caracterización de la dieta	40
7.2.1.	Análisis Numérico.....	40
7.3.	Índice de importancia numérica.....	46
7.4.	Índices Ecológicos.....	49
VIII.	DISCUSIÓN	53
IX.	CONCLUSIONES	57
X.	RECOMENDACIONES	59
XI.	REFERENCIAS CITADAS	60

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de Punta San Juan. (Elaboración propia)</i>	25
<i>Tabla 2. Variables dependientes e independientes</i>	27
Tabla 3. Número de estómagos de pingüinos de Humboldt <i>S. humboldti</i> por año y estación.	35
Tabla 4. Estadísticas descriptivas de estructuras (otolitos y mandíbulas) ítem presa de la dieta de <i>S. humboldti</i> .	36
Figura 2. Número de especies acumuladas y Número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996	37
Figura 3. Regresión lineal de especies acumuladas y Número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996.	37
Figura 4. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996. 3	38
Figura 5. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1992.	38
Figura 6. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1993.	39
Figura 7. Regresión lineal, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1996.	40
Figura 8. Porcentaje de los ítems que consumieron en el total de los años 1992,1993 y 1996.	41
Figura 9. Porcentaje de los ítems que consumieron en el año 1992.	42
Figura 10. Porcentaje de cada Especie en estómagos año 1993	43
Figura 11. Porcentaje de cada Especie en estómagos año 1996	44
Tabla 5. Frecuencia porcentual de ocurrencia de ítems presa en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.	45
Tabla 6. Índice de importancia numérica de ítems presa en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.	47
Tabla 7. Coeficiente alimentario numérico en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.	48
Tabla 8. Cálculo del índice de Shannon-Wiener interanual e interestacional de 1992-1993-1996 total de éstos.	49
Tabla 9. Cálculo del índice de Amplitud de nicho de Levin interanual e inter- estacional de 1992-1993-1996 y total de éstos.	49
Tabla 10. Índice Bray Curtis de similitud trófica interanual de 1992-1993-1996	50
Tabla 11. Índice Bray Curtis de similitud trófica interestacional de 1992-1993-1996	50
Tabla 12. Chi cuadrado de las principales especies en época invernal interanual de 1992-1993-1996	51
Tabla 13. Valor y significación estadística del Chi cuadrado en la comparación inter-estacional (invernal-estival) en 1993 de los ítems presa más representativos en la dieta de <i>S. humboldti</i> .	51

Tabla 14. Listado de especies presas consumidas por <i>S. humboldti</i> y hábitat	52
Anexo 1. Medición de vientos en los años 1990-1999 de Punta San Juan (datos de IMARPE)	69
Anexo 2. Temperatura Superficial del Mar de los años 1990-1999 de Punta San Juan (datos de IMARPE)	70

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la dieta de *Spheniscus humboldti* de los alrededores de Punta San Juan, Punta Caballa y Sombrerillo-Ica, Perú durante los años 1992, 1993 y 1996. Se estudiaron 378 estómagos provenientes de captura incidental durante operaciones de pesca artesanal de *Seriorella violacea*, utilizando redes agalleras. La alimentación de *S. humboldti* comprendió 27 especies. De acuerdo al coeficiente alimentario numérico, los ítems primarios fueron: Teuthida, *Isacia conceptionis*, *Cheilodactylus variegatus*, *Sciaena deliciosa*, *Seriorella violacea*, *Stromateus stellatus*, *Eugraulis ringens*, *Opistonema liberate*, *Normanichthys crockery*, *Odonthestes regia*, *Myctophum nitidulum*, *Merluccius gayi* y *Leuroglossus stilbius*. La dieta de *S. humboldti* se considera especialista y con amplitud de dieta. Se observaron diferencias en la dieta de *S. humboldti* interanual, debido a que en 1992 los ítem presa primarios fueron: Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. nitidulum* y *M. gayi*. En el año 1993 los ítem presa primario fueron: Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. gayi* y *L. stilbius*. En el año 1996 los ítems primarios fueron: Teuthida, *E. ringens*, *N. crockery* y *O. regia*. Se observaron ligeras diferencias en la dieta de *S. humboldti* interestacional. Los valores de Shannon-Wiener dan un rango entre 0,07 a 0,47, y el índice de amplitud de nicho de Levin fue de 0,04 a 0,13, por lo tanto, se trata de un depredador especialista. El traslapamiento de la dieta mediante el índice de Bray-Curtis indica que a nivel interestacional por años la diferencia fue de 0,20 Existieron diferencias en la dieta de *S. humboldti* en relación a los eventos oceanográficos, observándose una diferencia entre 1992 (evento de El Niño), 1996 (evento influenciado por La Niña) y 1993 (año influenciado por El Niño).

Palabras clave: dieta, El Niño, estival, invernal, La Niña, *Spheniscus humboldti*

ABSTRACT

This work aimed at characterizing the diet of the *Spheniscus humboldti* from around Punta San Juan, Punta Caballa and Sombrerillo (Ica, Peru) in 1992, 1993 and 1996. Three hundred seventy-eight stomachs from the incidental catch of *Seriorella violacea* in subsistence fishing operations using gillnets. The diet of the *S. humboldti* comprised 27 species. Per the numerical food coefficient, the primary items were the following: Teuthida, *Isacia conceptionis*, *Cheilodactylus variegatus*, *Sciaena deliciosa*, *Seriorella violacea*, *Stromateus stellatus*, *Eugraulis ringens*, *Opistonema liberate*, *Normanichthys crockery*, *Odonthestes regia*, *Myctophum nitidulum*, *Merluccius gayi* and *Leuroglossus stilbius*. The *S. humboldti* is considered a specialist species with dietary breadth. Differences were noted in the diet of the *S. humboldti* interannual, since, in 1992, the primary prey items were the following: Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. nitidulum* and *M. gayi*. In 1993, the primary prey items were Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. gayi* and *L. stilbius*. In 1996, the primary prey items were Teuthida, *E. ringens*, *N. crockery* and *O. regia*. Slight differences were noted in the interseasonal diet of the *S. humboldti*. The Shannon-Wiener index values result in a range between 0,07 and 0,47, and Levin's niche breadth ratio resulted in 0,04 to 0,13. Therefore, it is a specialized predator. The overlap in the diet, determined through the Bray-Curtis ratio, indicates that, seasonally and by year, the difference was 0,20. There were differences in the diet of the *S. humboldti* regarding oceanographic events. A difference was observed between 1992 (El Niño event), 1996 (event influenced by La Niña) and 1993 (a year influenced by El Niño).

Tags: diet, El Niño, summer, winter, La Niña, *Spheniscus humboldti*

I. INTRODUCCIÓN

Los depredadores superiores dentro de las redes alimenticias de los ecosistemas marinos son categorizados como excelentes indicadores biológicos. Debido a que los cambios que se pueden medir en su comportamiento y ecología permiten determinar cambios en el funcionamiento de los océanos en donde se alimentan (Einoder, 2009). Asimismo, los consumidores de este nivel se convierten en indicadores del impacto que las actividades antropogénicas ejercen sobre los mares (Cairns et al., 1993; Einoder 2009)

El grupo de depredadores superiores de los ecosistemas marinos más estudiado es el de las aves marinas. Las aves marinas costeras tienen un comportamiento gregario en islas y zonas del litoral para la reproducción y descanso. Este comportamiento restringe las distancias de sus zonas de alimentación (costera u oceánica) durante la reproducción y migración; debido a su dependencia directa de los recursos marinos para cubrir sus gastos energéticos y el de sus crías. Este gasto energético en la búsqueda de alimento las hace extremadamente susceptibles a cambios en el ambiente marino ya sean naturales o antropogénicos (Paredes et al., 2002; Hemicke, 2005, De la Puente et al., 2011).

El ecosistema marino peruano se caracteriza por una temperatura superficial del mar (TSM °C) baja comparada con otros sistemas marinos a similares latitudes. La baja TSM se debe a un afloramiento intenso que además cambia estacionalmente. Así mismo la termoclina se hace más profunda en el verano y superficial durante el invierno. Estas condiciones oceanográficas afectan la disponibilidad de anchoveta para sus depredadores y pesquerías. En el verano la franja de agua fría de afloramiento es más estrecha y cercana a la costa (Zuta et al., 1978; Bakun, 1987; Arntz, 1991). Este patrón oceanográfico se ve reflejado en el comportamiento de las aves marinas y puede explicar su régimen reproductivo en Perú, con el mayor pico reproductivo de varias especies en primavera-verano (Jahncke y Paz- Soldán, 1998).

Un ave marina costera estrechamente asociada a la productividad y estacionalidad del ecosistema de afloramiento peruano es el Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti* Meyen, 1834), en adelante *S. humboldti*. Este pingüino subtropical habita y extiende su distribución a lo largo de la costa del Pacífico en Sudamérica, desde la Isla Foca (5°

12°S, 81°12'W) al norte del Perú (Herling et al., 2005, Williams 1995) hasta las Islas de Guafo al sur de Chile (43°36'S, 74°43'W) (Reyes-Arriagada et al., 2009, Hiriart-Bertrand et al., 2010).

Así mismo es importante mencionar que el gobierno peruano promovió la protección del *S. humboldti* bajo el DS N°004-2014- MINAGRI caracterizándola como Especie En Peligro (EN) debido a que la población y tendencia es baja (Vianna et al., 2014), estimándose 4 425 individuos promedio entre 1999 y 2000 en Punta San Juan (Paredes, 2003). Además, forma parte de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como especie Vulnerable y se encuentra presente en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Sin embargo, a pesar de ser considerada una especie amenazada, existen muy pocos estudios sobre su ecología que indiquen su conexión dentro del ecosistema. Sobre todo, existen pocas investigaciones de su relación trófica. Estas permiten observar de forma directa la asociación y dependencia del hábitat.

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Los resultados del presente proyecto buscan responder a los vacíos en la información sobre la dieta de *S. humboldti* a lo largo del tiempo y su variación en presencia de eventos climáticos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué comieron los *Spheniscus humboldti* "Pingüino de Humboldt" procedentes de los alrededores de Punta San Juan durante los años 1992, 1993 y 1996? ¿Cambiaría su alimentación de acuerdo a los años? ¿Cambiará su alimentación de acuerdo a la estación? ¿La no disponibilidad de presa predilecta hará que los pingüinos de Humboldt sean generalistas?

1.1.3. Justificación de la investigación

Justificación ambiental: Debido a la amenaza que enfrenta el pingüino de Humboldt, *S. humboldti*, el presente proyecto contribuirá a incrementar la información a nivel trófico y además a concientizar sobre las amenazas como la captura incidental y las variaciones ambientales drásticas que los afectan, generando información para el correcto manejo y conservación de esta especie que forma parte del ecosistema del mar peruano (De la Puente et al., 2013).

Justificación científica-técnica: El presente proyecto se trataría del primer trabajo sobre la dieta de *S. humboldti* en el Perú aprovechando las muestras provenientes de pesca incidental, además de proveer una muestra significativa tomada en una zona importante donde existe la colonia más grande de *S. humboldti* en Perú (Wilson et al., 1989; De la Puente et al., 2013).

Justificación normativa: La información que se obtendrá en este proyecto, incrementará los conocimientos que se tienen sobre la dieta de esta ave marina y aportará información valiosa para la evaluación de los criterios de clasificación en las listas de especies amenazadas, de manera adyacente la importancia de su interacción con la pesca artesanal y la necesidad de llevar un control de las especies capturadas incidentalmente para la toma de futuras decisiones (Majluf et al., 2002).

Justificación socio-económica: La información obtenida en el presente proyecto servirá para promover la importancia del aprovechamiento de los datos obtenidos a través de la pesca artesanal, para fortalecer los lazos entre pescadores e investigadores (Majluf et al., 2002). También servirá para realizar educación ambiental explicando la importancia de *S.humboldti*.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Caracterizar la dieta de *S. humboldti* de los alrededores de Punta San Juan, Punta Caballa y Sombrerillo-Ica, Perú durante los años 1992, 1993 y 1996.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar el tipo de alimentación de *S. humboldti* durante los años 1992, 1993 y 1996.

Evaluar la diversidad de la dieta de *S. humboldti* durante los años 1992, 1993 y 1996.

Comparar la variación estacional e interanual de la dieta *S. humboldti* durante los años 1992, 1993 y 1996, así como su relación con eventos oceanográficos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Taxonomía

El "pingüino de Humboldt", *Spheniscus humboldti* Meyen, 1834 también es conocido como "pájaro bobo", "pájaro Niño", "pachanca" y "patranca", es una de las cuatro especies pertenecientes al género *Spheniscus*.

La posición sistemática de *S. humboldti* es (IUCN, 2016).

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Aves

Orden: Sphenisciformes

Familia: Spheniscidae

Género: *Spheniscus*

Especie: *Spheniscus humboldti* (Meyen, 1834)

3.2. Descripción de la especie

El dimorfismo sexual no es evidente, se ha encontrado que el macho es ligeramente más grande que la hembra midiendo entre 62 a 72 cm y de 4. 2 a 5 k aproximadamente, esto dependiendo del sexo, ciclo reproductivo y disponibilidad de presa. (Coker, 1919; Murphy 1936; Zavalaga y Paredes 1997a; De la Puente et al., 2013). No presentan sub especies (Williams 1995)

3.3. Rango y distribución

Se extiende desde la Isla Foca al norte del Perú ($5^{\circ} 12'S$, $81^{\circ}12'W$) (Herling et al, 2005; Williams, 1995) hasta las Islas Guafo al sur de Chile ($43^{\circ}36'S$, $74^{\circ}43'W$) (Reyes-Arriagada et al., 2009; Hiriart-Bertrand et al., 2010). Es una especie endémica de la corriente de Humboldt. Existen 41 colonias en Perú y 19 en Chile (De la Puente et al., 2013).

3.4. Amenazas

Depredadores Naturales: Los huevos y pichones son los más propensos a ser atacados por predadores como la gaviota dominicana (*Larus dominicanus*), el gallinazo cabeza roja (*Cathartes aura*), el gallinazo cabeza negra (*Coragys atratus*), la nutria (*Lontra felina*), el lobo marino chusco (*Otaria byronia*), el lobo marino fino (*Arctocephalus australis*), las orcas (*Orcinus orca*) y el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) (Araya, 1983; Hays, 1984; William, 1995). Introducción de roedores en sus colonias (Simeone y Luna-Jorquera, 2002), el zorro del desierto (*Lycalopex sechurae*) atacan a los adultos, juveniles y polluelos que se encuentran en la tierra (Williams, 1995). La caza de adultos y captura de pichones para consumo humano todavía es una práctica que se observa en varios puertos de la costa peruana (Majluf et al., 2002; Simeone et al., 2002).

Pesca Incidental: La mayoría de los pingüinos tienen actividad en un radio de 30 km alrededor de sus colonias y de una profundidad menor a 30 metros Culik et al., 1998; Luna-Jorquera y Culik 1999; Taylor et al., 2002; Boersma et al., 2007) por lo tanto son vulnerables al enredarse en las redes de la pesca objetivo pelágica comercial (Boersma y Stokes, 1995; Simeone et al., 1999; Majluf et al., 2002; Taylor et al., 2004), entre 1991 y 1996 murieron al menos 1500 pingüinos de Humboldt en Chile y Perú (Simeone et al., 1999; Majluf et al., 2002).

El Niño y variación climática: El sistema de afloramiento de la corriente de Humboldt, las afloraciones alternas y los agotamientos de productividad desencadenaron que ondas Kelvin entraran en contacto con la Costa del Pacífico de Sudamérica (Bertrand et al., 2008b). El evento El Niño produce periodos de reducción intensa de afloramiento.

Aumenta la profundidad media de la anchoveta pelágica (Bertrand et al., 2008a) y eso reduce la disponibilidad de la presa (Culik et al., 2000; Taylor et al., 2002), lo que a su vez incrementa la mortalidad de los pingüinos adultos.

Tabla 1. Clasificación de los eventos El Niño y La Niña según NOAA desde 1950-2011.

EL NIÑO				LA NIÑA		
DÉBIL	MODERADO	FUERTE	MUY FUERTE	DÉBIL	MODERADO	FUERTE
1951-52	1963-64	1957-58	1982-83	1950-51	1955-56	1973-74
1952-53	1986-87	1965-66	1997-98	1954-55	1970-71	1975-76
1953-54	1987-88	1972-73	2015-16	1964-65	1998-99	1988-89
1958-59	1991-92			1967-68	1999-00	
1968-69	2002-03			1971-72	2007-08	
1969-70	2009-10			1974-75	2010-11	
1976-77				1983-84		
1977-78				1984-85		
1979-80				1995-96		
1994-95				2000-01		
2004-05				2011-12		
2006-07						

*Fuente: NOAA

En 1992 hubo un Niño moderado por lo que es posible que el año 1993 haya estado un poco influenciado por el Niño. En 1996 hubo una Niña débil (Tabla 1).

El Niño genera un inusual aumento en la temperatura del mar y reduce el acarreo de nutrientes en las surgencias, afectando negativamente la productividad primaria y produciendo cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones de peces pelágicos, los cuales buscan zonas donde la temperatura del mar sea la adecuada para su supervivencia (Vílchez et al., 1988).

Otros factores asociados al cambio climático se ven influenciados por las ondas Kelvin, que incrementan las precipitaciones, provocan el hundimiento de los nidos, producen el aumento de los nidos abandonados, y por consiguiente aumentan la mortalidad de los polluelos (Boersma, 1978; Paredes y Zavalaga, 1998; Simeone et al., 2002). El aumento del esfuerzo de pesca, que viene desde 1950, modifica los flujos energéticos y nutricionales a través de las cadenas tróficas, reduciendo el flujo de carbono hacia los principales depredadores como las aves marinas (Jahncke et al., 2004). La introducción de la pesca industrial a una gran escala aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas y puede conducir a pérdidas en la biodiversidad e incluso al colapso ecológico (Pauly et al., 1998; Cury et al., 2000; Pauly y Palomares, 2005). A medida que la pesca comercial, tanto en Perú como en Chile, explota las especies presas principales del Pingüino de Humboldt, se produce una amenaza urgente a la conservación de las especies que dificulta aún más la capacidad de recuperar tamaños de población que sean similares a los del siglo 19 (Duffy et al., 1984; Herling et al., 2005; Birdlife International 2008).

Sobreexplotación del guano: El guano es valorado como un fertilizador orgánico derivado del excremento de Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* Lesson 1837), Piquero peruano (*Sula variegata* Tschudi 1843) y Pelícano de Humboldt (*Pelecanus thagus* Molina 1782). Los depósitos fecales de estas tres especies son los sustratos de los nidos de los Pingüinos de Humboldt en Perú (Boersma y Stokes, 1995; Battistini, 1998; Battistini y Paredes 1999; Paredes y Zavalaga, 2001). La sobreexplotación del guano perjudicó la conservación de los pingüinos debido a la reducción de los nidos en el hábitat de los pingüinos de Humboldt (Iannacone y Alvariano, 1998).

Pérdida de hábitat: El desarrollo costero reduce los lugares de crianza para los pingüinos de Humboldt. El orden Sphenisciformes se caracteriza por ser tímido al contacto humano. Podría habituarse al aumento de la presencia humana, aunque el contacto visual con los humanos aumenta el ritmo cardíaco y puede traer como resultado el

abandono de nido. El turismo no regulado es problemático para la especie. Sin embargo, su impacto en el éxito reproductivo y la mortalidad no se han cuantificado.

Enfermedad: Los cambios en la costa han sido posibles generadores de nuevas enfermedades que podrían poner en peligro aún mayor a la especie, aunque los impactos sobre la salud del pingüino de Humboldt no se han cuantificado en cambios patógenos, virus, enfermedades por contaminación sin embargo se ha descrito en Punta San Juan previamente (Smith et al., 2008).

3.5. Ecosistema marino peruano

En el ecosistema marino peruano los procesos abióticos, como la temperatura, influyen sobre la abundancia y distribución de los organismos, tienen consecuencias sobre los flujos energéticos en el sistema, representados en las redes tróficas, y sobre los procesos de mantenimiento, supervivencia, crecimiento y reproducción de los organismos (Pollard et al., 2002; Hunt et al., 1999).

3.6. Corriente de Humboldt

El Afloramiento Peruano o Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH), es uno de los ecosistemas considerado como el más productivo ya que tiene una biomasa abundante de peces pelágicos donde predomina la anchoveta peruana (*Engraulis ringers* Jenyns, 1842).

3.7. Sistema de Afloramiento Peruano

Durante el invierno austral los vientos y el afloramiento son más fuertes, lo que ocasiona que el SCH sea más ancho provocando que los cardúmenes se encuentren más profundos y dispersos, siendo menos disponibles para los depredadores superiores marinos; en cambio en el verano, los vientos del sur este y afloramiento son débiles, por lo que el sistema de afloramiento Peruano está regido por su estacionalidad produciendo

que la Corriente de Humboldt sea más concentrado produciendo más disponibilidad de especies a la costa y por ende una disminución de su hábitat (Duffy, 1994).

3.8. Depredadores superiores dentro de las redes alimenticias de los ecosistemas marinos

Como depredadores, las aves marinas son consideradas excelentes indicadores de la salud y muy útiles para determinar cambios en los ecosistemas marinos (Boyd y Camphuysen, 2006).

3.9. Aves marinas costeras

Las aves marinas presentan respuestas evidentes ante la variabilidad ambiental ya sea en aspectos reproductivos, alimenticios y de comportamiento. (Piatt et al., 2007). La dieta de las aves marinas puede verse reflejada por el cambio ambiental que afecta la disponibilidad de peces- (Aebischer et al., 1990).

3.10. Dieta de aves marinas

Estudios de aves marinas tiene como principal objetivo proveer datos sobre la interacción de éstas con el ambiente marino, los estudios de dietas de aves marinas proporcionan información sobre el traslapo entre especies de aves, elección de tamaño de la presa, el tiempo, frecuencia de alimentación (Ashmole y Ashmole, 1967). El medio de obtención de esta información es mediante dos vías:

Aves muertas: La opción menos preferente es matar aves, solo se utiliza esta opción cuando es realmente necesario por lo tanto este esfuerzo tiene que ser maximizado en información y minimizado en cantidad de número de aves.

Otras formas de obtención de muestras son: por pesca incidental, y encontrar especies de aves varadas en la playa. Éstas pueden ser una fuente razonable de obtención de muestras. Además de proporcionar información sobre el motivo de la muerte, reflejan su

dieta normal (Ogi y Tsujita, 1973; Baltz y Morejohn 1977; Ogi, 1984). Ocurre lo contrario con el bombeo gástrico, que, aunque tiene poca probabilidad de muerte, se debe realizar una serie de procedimientos y por consecuencia no se extrae completamente el contenido estomacal (Duffy y Jackson, 1986).

Los parámetros de mediciones que se utilizan para la dieta de aves, son:

Frecuencia de ocurrencia: Proporciona la variabilidad de la abundancia de especies (Asmole y Ashmole, 1967).

Abundancia numérica: Frecuencia con que comen las presas (Duffy y Jackson, 1986).

Masa y volumen: Aporte nutricional aproximado de las presas (Richard, 1963).

Estado de digestión: Tiempo de segregación de la especie presa (Wilson, 1985).

Los índices de mayor importancia para los tipos de presas individuales en los estudios de dieta son:

Índice de importancia relativo IRI: Reduce el sesgo por introducir números pequeños o muy grandes (Pinkas et al., 1971).

Índice absoluto AI: Usa las variables de igual peso (George y Hadley, 1979)

Índice de relativa importancia RII: Fija una escala de importancia de presas (Reintjes y King, 1953).

3.11. Métodos de estudios de *S. humboldti*

Se han realizado escasos estudios de dieta de *S. humboldti*, y todo mediante bombeo gástrico. El último estudio fue realizado en Chile en 2005, tomando en cuenta los parámetros de frecuencia de ocurrencia, número de individuos, masa húmeda de presa y longitud de presa (Herling et al., 2005).

Estudios anteriores tomaron en cuenta longitud de presa, abundancia relativa y porcentaje de abundancia relativa (Wilson et al., 1995).

3.12. Estructura trófica de *S. humboldti*

Muda: La época de crianza comienza después de que mudan (Zavalga y Paredes, 1997). Juveniles y polluelos son los primeros en mudar. Los machos mudan antes que las hembras. No se ha observado periodos de muda más de una vez del año. Esto se produce en enero-febrero. (Williams, 1995; De la Puente et al., 2011) En un evento El Niño, los pingüinos de Humboldt tienden a abandonar sus nidos (De la Puente et al., 2011).

Anidación: Excavan madrigueras con entradas largas y estrechas o nidos en cuevas y naturales grietas, entre los cantos rodados que caen y ocasionalmente en la superficie de áreas que estén protegidas de los depredadores terrestres. Generalmente los machos construyen los nidos utilizando plumas (Williams, 1995).

Puesta de huevos: Generalmente ponen huevos en los meses de abril y mayo y pueden hacer hasta tres intentos de puesta de huevos si es que el primero falla. Generalmente ponen dos huevos (Williams, 1995; De la Puente et al., 2011).

Incubación: Ambos sexos comparten las tareas de incubación por un periodo aproximado de 40 días (William, 1995).

Eclosión: Los huevos eclosionan asincrónicamente (William, 1995).

Éxito reproductivo: En eventos de El Niño, el éxito reproductivo es afectado drásticamente, causando alta mortalidad en juveniles, abandono de nidos y fracaso reproductivo debido a la reducción de la disponibilidad de alimento (Hays, 1986).

Comportamiento en pareja: En la naturaleza son monógamos. En cambio, en cautiverio, generalmente las hembras se vuelven a emparejar con los mismos pingüinos, evitando el cambio; mientras que los machos, por motivos de muerte o deserción de la pareja, buscan nueva pareja, siendo la decisión de la hembra. (William, 1995).

IV. ANTECEDENTES

La población de *S. humboldti* en Perú ha sido afectada desde mediados del siglo XIX con la intensificación en la extracción de guano de las islas (Hays, 1982; Duffy 1994). La falta de sustrato para construir sus nidos y la reducción de sitios óptimos de anidación provoca una reducción del éxito reproductivo (Paredes y Zavalaga 2001). La sobrepesca de anchoveta ha ocasionado una reducción de su principal presa, por lo que la competencia con la pesquería comercial sigue siendo un factor importante que impide su recuperación (Csirke et al., 1996). La caza de adultos y la captura de pichones para consumo humano es una actividad que se observa en varios puertos de la costa peruana. La captura incidental en redes de pesca artesanal causa mortalidad en adultos (Majluf et al., 2002; Simeone et al., 2002). Por último, el disturbio a las colonias por un turismo sin control (Ellenberg et al., 2006) y la introducción de roedores son situaciones importantes que afectan sus poblaciones (Simeone y Luna-Jorquera, 2002).

No existen estudios detallados sobre la dieta de *S. humboldti* en el Perú. Con base en observaciones generales, Murphy (1936) sugiere que los *S. humboldti* consumen principalmente anchovetas (*E. ringens*). Hays (1986) indica que, en los años ochenta, *S. humboldti* consumía principalmente sardinias (*Sardinops sagax sagax* Jenyns, 1842). A inicios de los años noventa, sus principales presas en Punta San Juan fueron anchovetas (*E. ringens*), pejerreyes (*Odonthestes regia*) y calamar (*Todarodes fillipovae*) (Zavalaga y Paredes, 1997). Paz y Jahncke (1998) indicaron que en dos muestras estudiadas de *S. humboldti* consumieron anchoveta, pejerrey y calamar. Estudios de Wilson et al. (1989, 1995) sobre su dieta en Chile, utilizando la técnica de bombeo gástrico, indican que *S. humboldti* se alimenta a base de agujilla (*Scomberesox* spp), anchoveta (*E. ringens*), sardina (*S. sagax*) y calamar (*T. fillipovae*). Estudios posteriores de Herling et al. (2005) afirman que se alimenta de anchoveta, sardina, pejerrey (*Odontesthes regia*), merluza (*Merluccius gayi*) y jurel (*Trachurus murphyi*). Duffy et al. (1984) sugieren investigar si *S. humboldti* cambió de presa de anchoveta por sardina debido al colapso de éstas en los años setenta. Hennicke et al. (2005) indica que *S. humboldti* debe ser capaz de ajustar su forrajeo y comportamiento a las diferentes condiciones oceanográficas de su hábitat para sobrevivir. Es importante investigar sobre su alimentación, ya que la poca

información existente podría impedir un manejo correcto de esta especie (Duffy et al., 1984).

Las aves marinas constituyen buenos indicadores del estado de salud del ecosistema marino costero. Actualmente, en la costa del Pacífico Sureste existe poca información sobre la estructura trófica de la cual se alimenta el *S. humboldti*, Estas sugieren que su alimentación es especialista en peces pelágicos basándose en la anchoveta (*E. ringens*), sardina (*S. sagax sagax*) y se cree que también de agujilla (*Scomberesox saurus scombroides* Richardson, 1843) (García-Godos 2001).

La información sobre el comportamiento de forrajeo en época no reproductiva del *S. humboldti* es escasa. Estudios realizados en Chile han demostrado que estando en época no reproductiva los adultos viajan más lejos de la colonia que las aves reproductoras (Culik y Luna-Jorquera, 1997a, 1997b; Culik et al., 1998; Culik et al., 2000; Culik, 2001), a excepción de un estudio durante El Niño, los adultos pueden cambiar su comportamiento en respuesta a los cambios en la distribución de presas (Culik et al., 2000). No se dispone de información sobre el comportamiento de búsqueda de alimento, ya sea de la profundidad o del tiempo de buceo de los *S. humboldti* no reproductores (Taylor et al., 2004). El comportamiento de forrajeo en pingüinos es difícil de observar directamente porque los individuos generalmente realizan viajes largos al mar y permanecen un tiempo considerable debajo de la superficie (Taylor et al., 2001). Condiciones como El Niño son excepcionales y las distancias que viajan los pingüinos para encontrar alimento puede ser mayor de lo habitual (Taylor et al., 2004).

En el Perú, la alta mortalidad de diferentes especies de aves marinas durante la ocurrencia de eventos El Niño ha sido bien documentada (Tovar et al., 1983, Jaksic et al., 1998; Apaza et al., 1999; Jahncke et al., 2000). Luego del evento El Niño (1982-1983) la población de *S. humboldti* en el Perú se estimó en solo 3500 individuos distribuidos en pequeños grupos aislados (Hays, 1986), incrementando su población entre 1999 y 2000 en un promedio de 4 425 individuos (Paredes, 2003). Asimismo, el efecto de la sobrepesca de anchoveta y el colapso de su pesquería a inicios de los años setenta tuvo un fuerte impacto sobre las poblaciones de aves guaneras (Csirke et al., 1996; Jahncke et al., 2001; Jahncke et al., 2008). En años recientes se han documentado eventos recurrentes de varamientos de aves marinas en algunos puntos de la costa peruana en relación con una disminución de la disponibilidad de sus presas como

consecuencia de anomalías térmicas de la superficie del mar (Vilchez et al., 1988- Apaza y Figari 1999).

El sistema de afloramiento peruano o la corriente de Humboldt, es considerado como el más productivo del mundo (Cushing, 1971), con una enorme biomasa de peces pelágicos, compuesta casi en su totalidad por la anchoveta (*E. ringens*), en la que se desarrolló la pesquería comercial más grande del mundo hasta fines de los años sesenta (Idyll, 1973). En los años setenta, las aves marinas se vieron afectadas negativamente luego del colapso del stock de la anchoveta debido a la sobrepesca y a los eventos El Niño (Duffy, 1994).

La corriente de Humboldt está regida por una variación estacional. En el verano, la temperatura superficial del mar es alta, debilitando los vientos locales y el afloramiento. Esto la convierte en una corriente más angosta, lo que produce una onda de termoclina que provoca que la anchoveta se encuentre más disponible para las pesquerías y depredadores marinos (Arntz, 1991). En el invierno, la temperatura superficial del mar es menor, Los vientos y el afloramiento son más fuertes, ocasionando que la corriente de agua fría sea más ancha y la termoclina más profunda (Bakun, 1987). Esto provoca que los cardúmenes de anchoveta se encuentren más profundos y dispersos, y estén menos disponibles para los depredadores naturales y las pesquerías (Arntz, 1986).

V. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis nula

La caracterización de la dieta de *Spheniscus humboldti* "Pingüino de Humboldt" procedentes de los alrededores de Punta San Juan-Ica no varía durante los años 1992, 1993 y 1996.

5.2. Hipótesis alternativa

La caracterización de la dieta de *Spheniscus humboldti* "Pingüino de Humboldt" procedentes de los alrededores de Punta San Juan-Ica varía durante los años 1992, 1993 y 1996.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Lugar de ejecución

Las muestras de contenido estomacal de *S. humboldti* fueron obtenidas de las zonas de pesca comprendidas entre Punta Caballas ($14^{\circ}57'47''\text{S } 75^{\circ}30'14''\text{O}$) y Sombrerillo ($15^{\circ}19'44''\text{S } 75^{\circ}09'02''\text{O}$) ubicadas en las costas del departamento de Ica, Perú (Figura 1). Las zonas de pesca abarcan 55 km de línea costera hasta 8 millas (15km) mar afuera aproximadamente. El período de recolecta de las muestras estuvo comprendido desde julio de 1992 hasta noviembre de 1993 y desde marzo hasta julio de 1996. Dichos contenidos estomacales se vaciaron y se separaron las partes duras no digeribles en la Reserva Nacional Punta San Juan, extrayendo los otolitos y picos de calamar. Los otolitos fueron analizados en el Laboratorio de Biología Marina, ubicado en el Laboratorio 106 LA-74 del pabellón de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma.

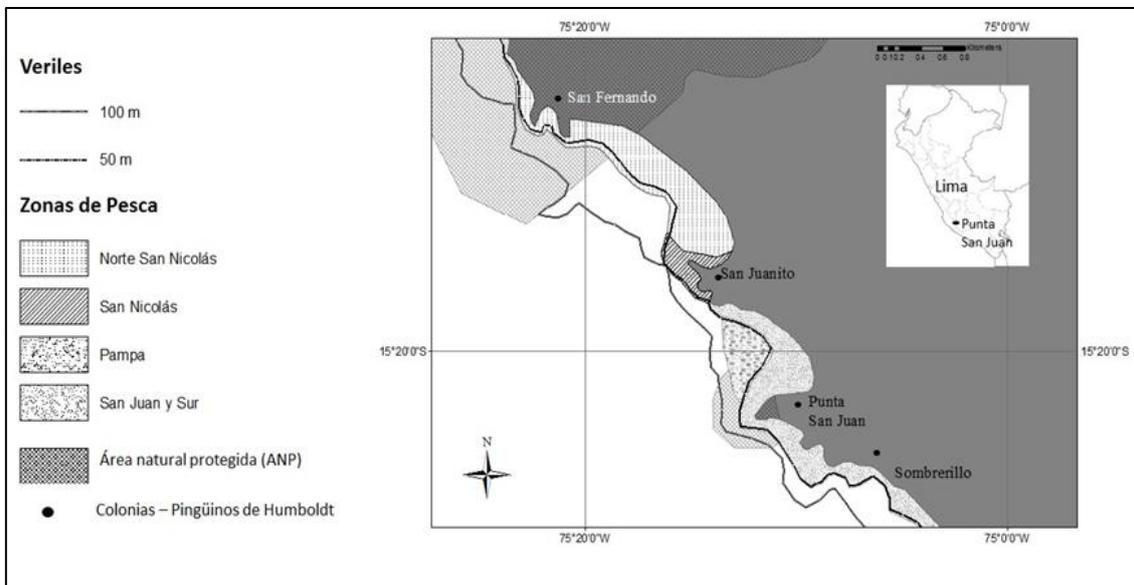


Figura 1. Mapa de Punta San Juan. (Elaboración propia)

6.2. Tipo y diseño de investigación

6.2.1. Tipo de investigación

Este estudio presenta una investigación de tipo no experimental. Las muestras fueron obtenidas como producto de la captura incidental de pescadores artesanales con redes agalleras, por lo tanto, en condiciones no controladas. Además se desarrolló un tipo de investigación descriptiva. Se ordenaron los resultados obtenidos a partir de los ítems alimenticios y la investigación analítica, se caracterizó la dieta del pingüino de Humboldt, *S. humboldti*, y se catalogó según los resultados obtenidos.

6.2.2. Diseño de investigación:

El diseño fue no experimental, ya que los datos fueron obtenidos a partir de pesca incidental en condiciones no controladas, tal como se hace en otro tipo de investigaciones.

6.3. Variables

Para evaluar el grado de especialización de la dieta en las diferentes temporadas, los ítems alimenticios se agruparon en dos temporadas, usando el concepto invernal (otoño e invierno) y estival (primavera y verano).

Variable independiente: Tiempo, los años 1992, 1993 y 1996, invernal, estival.

Variables dependientes: frecuencia y riqueza de especies (Tabla 2).

Tabla 2. Variables dependientes e independientes

Tipo de Variable	Variable	Definición conceptual	Medición
Independiente	Tiempo	Periodo en el cual se alimentaron los <i>S. humboldti</i> .	Año
Independiente	Estación	Periodo estacional en que se alimentaron los <i>S. humboldti</i> .	Invernal, Estival
Dependiente	Frecuencia de alimentación por especie	Cantidad de veces que se alimentaron los <i>S. humboldti</i> con una especie determinada.	Frecuencia de especies
Dependiente	Riqueza especies	Número de especies que se alimentaron los <i>S. humboldti</i> .	Número total de especies

6.4. Material biológico

Los 378 estómagos procedentes de individuos de *S. humboldti* provenientes de captura incidental durante operaciones de pesca artesanal de *Seriorella violácea* Guichenot, 1848 “cojinova”, utilizando redes agalleras (Majluf et al., 2002) ubicados en los alrededores de Punta San Juan en los años 1992, 1993 y 1996.

6.5. Instrumentos de investigación

Con los instrumentos necesarios, se realizaron las necropsias *in situ* de los pingüinos llevados al puerto San Juan de Marcona. El contenido estomacal fue filtrado a través de 3 tamices de 2, 4 y 6 mm. Una vez obtenidas las muestras, con el contenido estomacal en frascos debidamente etiquetados, registrados y codificados con lapicero indeleble, procedieron a la identificación utilizando pinzas y pinceles para su manipulación. En el recuento de las partes sólidas de los contenidos estomacales se utilizó la cámara Bogorov. Las muestras fueron vertidas en una placa Petri para su identificación, utilizando un microscopio estereoscópico marca Leica modelo ES2, con una magnificación de 10 a 30x. Los resultados se anotaron en un cuaderno de notas.

6.6. Procedimientos

El estudio se realizó de la siguiente manera:

6.6.1. Recolecta de las muestras

Los estómagos se recolectaron de individuos de *S. humboldti* provenientes de captura incidental durante operaciones de pesca artesanal de *Seriorella violacea* (cojinova), utilizando redes agalleras como menciona Majluf et al., 2002 del trabajo realizado entre 1991-1998. A cada individuo se le realizó una necropsia *in situ*, extrayendo el estómago completo y su contenido. A cada ejemplar se le asignó un código según la fecha y zona de colecta (Duffy y Jackson, 1986). Los contenidos estomacales fueron vaciados el mismo día en que fueron colectados, y se filtró su contenido. A partir de este proceso, se recuperaron las partes duras no digeribles e identificables, como otolitos de peces y picos de calamar. Estos fueron secados al sol y guardados en frascos etiquetados con el mismo código inicial. Todas las muestras secas se identificaron hasta la categoría taxonómica mínima utilizando las claves de identificación disponibles.

6.6.2. Análisis de las muestras

6.7. Análisis de los datos

Una vez identificadas las muestras, se contó por observación directa el número de otolitos para peces y picos para calamares. Estos datos fueron ingresados en una tabla en Excel, donde las columnas representan a las especies (presas), y las filas a los diferentes contenidos estomacales. Cada celda contiene el número de otolitos o picos. No fueron considerados los parásitos ni presas fragmentadas, como el caso de conchas de moluscos, escamas y cristalinos de peces. Para especies con taxonomía en discusión se consideró la taxonomía aceptada (Tabla 4).

6.8. Determinación de los ítems presa:

A partir de los otolitos colectados, se determinaron los peces presentes en el contenido estomacal de los pingüinos. Esto se realizó mediante observación directa de las muestras con la ayuda de un microscopio estereoscópico marca Leica modelo ES2 con una magnificación de 10x a 30x. Para la identificación de las especies de peces se empleó la guía de identificación de otolitos de García-Godos (2001) y la colección de otolitos privada de Carlos Zavalaga Reyes, que consta de 50 especies de peces del Perú (Jobling y Breiby, 1986). La identificación fue realizada al nivel taxonómico más bajo posible. Debido a la falta de una guía especializada para la identificación de especies de calamares, los picos se agruparon en un solo orden Teuthida (Duffy y Jackson, 1986).

En esta investigación se analizaron 378 contenidos estomacales colectados durante veinticinco meses. Para el año 1993 se tienen muestras para las 4 estaciones del año. Para 1992, de invierno y primavera y para 1996, de verano, otoño e invierno. Por esta razón, para objetivar datos, se determinó usar el concepto de invernical (otoño e invierno) y estival (primavera y verano).

6.9. Tamaño de la muestra:

Para determinar estadísticamente que la curva obtenida alcanzó una asíntota, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal y otro análisis de regresión logarítmica, comparando los valores de los coeficientes de determinación (R^2).

Con el fin de constatar si el número de muestras analizadas fue suficiente para describir la dieta de *S. humboldti*, con un nivel de confianza de 99% y un margen de error admitido del 2% se estudiaron 347 *S. humboldti* y se realizó una curva acumulativa en la que se graficaron los tipos de presas contra los estómagos con contenidos (Ferry y Caillet, 1996). Está descrita mediante la siguiente función matemática:

$$S_n f(n)$$

Donde S es el número de ítem presas encontrado en los estómagos analizados y n es el número de muestras analizadas.

6.10. Caracterización de la dieta:

Se determinó cuantitativamente las preferencias alimentarias de *S. humboldti*. Para esto se estimaron ocho parámetros agrupados en tres clases, análisis numérico, índices ecológicos y comprobación de hipótesis. A continuación, se describirán estas clases:

6.11. Análisis Numérico:

Método Numérico (Hyslop, 1980): Este método permite determinar la cantidad de individuos de cada especie o género que integra la dieta del *S. humboldti*. Las cantidades se expresaron en unidades y en porcentajes. Se contabilizó el número de las especies de otolitos más consumido por *S. humboldti* y el número total de las presas, se expresó con la siguiente fórmula:

$$\% N = \left(\frac{n}{NT} \right) * 100$$

En donde:

% N: Frecuencia porcentual numérica.

n = número total de cada especie de otolito identificado de mayor consumo por los *S. humboldti*.

NT = número total de presas de todas las especies consumidas por *S. humboldti*.

Frecuencia de Ocurrencia (Hyslop, 1980): Se registró el número de estómagos en los cuales se encuentra un determinado tipo de presa. Los resultados se expresaron como porcentaje de una especie, con respecto al número total de los estómagos con alimento, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% FO = \left(\frac{n}{NT} \right) * 100$$

En donde:

% FO: Frecuencia porcentual de ocurrencia.

n = número de estómagos en el que aparece un determinado ítem presa.

NT = número total de estómagos con contenido.

Índice de importancia numérica: Este índice, permite identificar la importancia que tiene cada ítem presa en la dieta. A mayor valor de este índice, mayor importancia del ítem presa.

$$INN = \sqrt{\% CN \times F}$$

En donde:

INN : Índice de importancia numérica.

% CN : Composición numérica porcentual.

F : Frecuencia de ocurrencia.

Coefficiente Alimentario Numérico (Hureau, 1970): Para analizar la importancia de los diferentes ítems presa de la dieta de *S humboldti*, se estimó además el coeficiente alimentario numérico, Q. Este coeficiente representa el aporte relativo de cada ítem a la alimentación y se estima mediante:

$$Q = CN \times F$$

Donde:

Q = Coeficiente alimentario numérico.

CN = Composición numérica.

F = Frecuencia de ocurrencia.

Este coeficiente permite clasificar el grado de importancia del ítem presa en la dieta, estableciendo para ello las siguientes categorías:

$Q < 20$: Ítem terciario

$Q > 21 - 200$: Ítem secundario

$Q > 201$: Ítem primario

Ítem primario: Ítem presa que consume principalmente el *S. humboldti*

Ítem secundario: Ítem presa que consume ocasionalmente el *S. humboldti*

Ítem terciario: Ítem presa que consume con menor frecuencia el *S. humboldti*

6.12. Índices Ecológicos:

Se emplearon índices ecológicos para caracterizar la ecología trófica de *S. humboldti*.

Diversidad de la dieta: Para verificar si existe la misma biodiversidad en la dieta de *S. humboldti* a lo largo del período de estudio, se utilizó el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener (H'). La ventaja de este índice es que es objetivo, ya que utiliza todos los ítems de las presas y presenta un valor único fácil de comparar. La desventaja es que es más sensible a las especies raras. Se comparó si existe variabilidad intraanual (estival/invernal) e interanual (1992, 1993 y 1996).

Este índice se expresa como:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Dónde:

H' : Índice de biodiversidad de Shannon-Wiener.

s : Número de ítem presa identificados.

p_i : Proporción de individuos de la i especie.

Grado de especialización en la dieta: Como una manera de determinar si *S. humboldti* es una especie especialista o generalista en términos de su dieta, se empleará el índice de Levin (B_i). La ventaja de este índice es que es objetivo ya que utiliza todos los ítems de las presas. Además, les da un mayor peso a los ítems más abundantes.

Se formula según:

$$B_i = \frac{1}{n - 1 \left\{ \left(\frac{1}{\sum j p_{ij}^2} \right) - 1 \right\}}$$

Donde:

B_i = Índice de Levin.

jp = Porcentaje del INN del ítem presa i en la dieta de *S humboldti*.

n = número ítem presas.

Los valores de este índice están comprendidos entre cero a uno, indicando que si los valores son menores a 0.6 el depredador es especialista, ya que utiliza un número bajo de recursos presentando una preferencia por ciertas presas. Valores mayores a 0,6 y cercanos a 1 indican que el depredador es generalista ya que utiliza un mayor número de recursos sin ninguna selección (Labropoulou y Eleftheriou, 1997).

Similitud trófica: La información trófica derivada de la matriz de frecuencia de ocurrencia (%FO) se utilizó para calcular la similitud trófica entre los períodos de interés previamente identificados, mediante el complemento del índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) el cual utiliza la fórmula expuesta a continuación:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})}$$

Donde:

B : Medida de disimilitud de Bray Curtis.

x_{ij} : Número de individuos de las especies i en cada muestra.

x_{ik} : Número de individuos de las especies i en cada muestra (j, k).

n : Número de especies en las muestras.

6.13. Prueba de Hipótesis:

Para comprobar la hipótesis se aplicó el análisis estadístico diferencial proveniente de la formulación de estadística descriptiva mediante el método paramétrico Chi-cuadrado (χ^2) para determinar si dos variables están relacionadas o no. En este caso, la presencia y ausencia de principales especies de la dieta de *S. humboldti* en los tres años de muestreo (1992, 1993 y 1996) en época invernal, estival y en total.

Todos los análisis serán realizados en el software estadístico R (R Development Team).

6.14. Aspectos éticos

Para la realización de esta investigación se aprovecharon los especímenes de *S. humboldti* obtenidos de capturas incidentales producto de la pesca artesanal. Por lo tanto, no se aplicaron técnicas estresantes e invasivas para los pingüinos, porque no se trabajó con animales vivos.

VII. RESULTADOS

7.1. Análisis global

De un total de 378 estómagos analizados, 73.80% provinieron de adultos, 6.55% eran juveniles y en los restantes 19.65% se desconoce la madurez sexual. Se identificaron 27 ítems presas pertenecientes a 19 familias de peces óseos y 1 orden de cefalópodos. Los pingüinos de Humboldt analizados fueron amallados en las zonas de San Nicolás, San Fernando y Pampa San Juan durante operaciones de pesca artesanal de *S. violacea*, utilizando redes agalleras como lo menciona Majluf et al. 2002, y estaban ubicados en los alrededores de Punta San Juan. El tamaño de muestra fue ordenado por años y estaciones, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de estómagos de pingüinos de Humboldt *S. humboldti* por año y estación.

Estación	Año			Total
	1992	1993	1996	
Estival	101	83	5	189
Invernal	30	117	42	189
Total	131	200	47	378

Tabla 4. Estadísticas descriptivas de estructuras (otolitos y mandíbulas) ítem presa de la dieta de *S. humboldti*.

ÍTEM PRESA	NÚMERO OTOLITOS/ MANDÍBULAS	NÚMERO ESTÓMAGOS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
TEUTHIDA	800	224	3,57	6,21
<i>Isacia conceptionis</i>	154	30	5,13	6,77
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	360	37	9,73	15,89
<i>Sciaena deliciosa</i>	50	10	5	4
<i>Serirolella violacea</i>	49	10	4,9	7,65
<i>Stromateus stellatus</i>	27	12	2,25	2,9
<i>Paralabrax humeralis</i>	1	1	1	NR
<i>Cynoscion analis</i>	1	1	1	NR
<i>Menticirrhus ophicephalus</i>	1	1	1	NR
<i>Paralonchurus peruanus</i>	1	1	1	NR
<i>Engraulis ringens</i>	3502	234	14,97	17,44
<i>Sardinop sagax</i>	13	11	1,18	0,4
<i>Opistonema libertate</i>	44	8	5,5	7,19
<i>Anchoa nasus</i>	24	7	3,43	6,43
<i>Ethmidium maculatum</i>	20	2	10	11,31
<i>Normanichthys crockery</i>	2831	73	38,78	70,93
<i>Prionotus stephanophrys</i>	9	4	2,25	1,89
<i>Scomberesox saurus scombroides</i>	2	2	1	NR2
<i>Fodiator acutus rostratus</i>	1	1	1	NR
<i>Odontesthes regia regia</i>	2277	181	12,58	17,33
<i>Myctophum nitidulum</i>	2269	20	113,45	226,2
<i>Merluccius gayi</i>	247	30	8,23	15,93
<i>Leuroglossus stilbius</i>	80	4	20	21,62
<i>Aphos porosus</i>	9	3	3	1,73
<i>Ophichthus pacifici</i>	2	2	1	NR2
<i>Genypterus maculatus</i>	4	1	4	NR
<i>Mugil cephalus</i>	1	1	1	NR

NR: No representativo por ser un solo ejemplar

NR2: No representativo por ser dos ejemplares

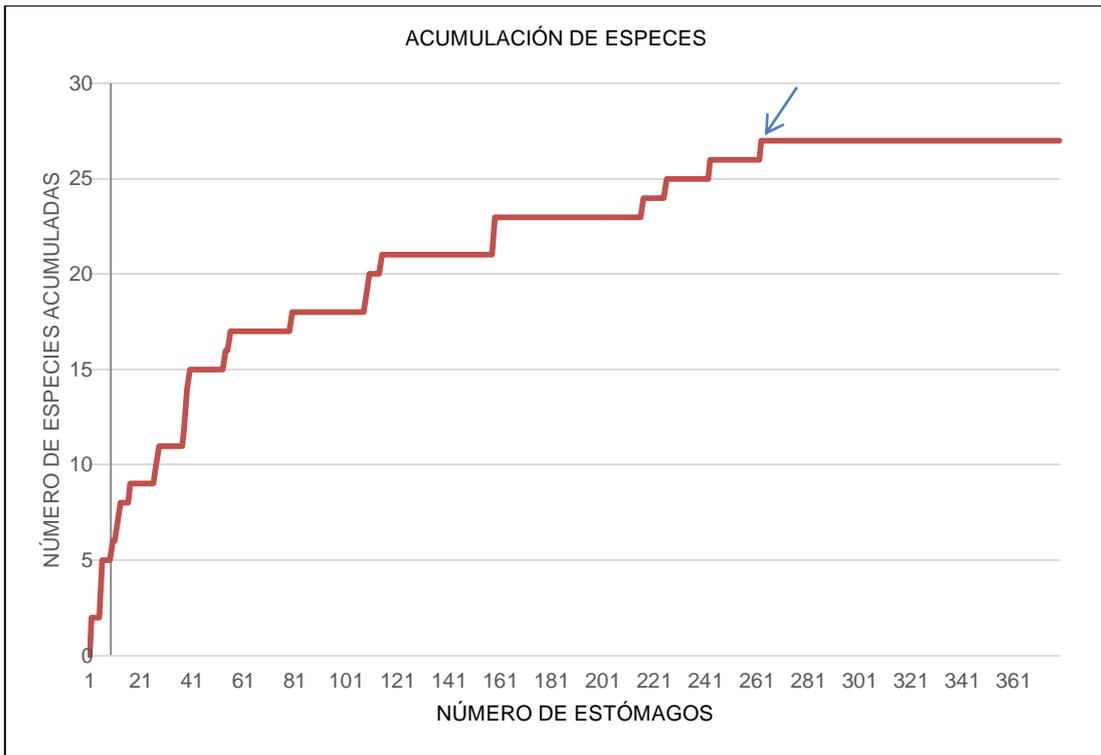


Figura 2. Número de especies acumuladas y Número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996

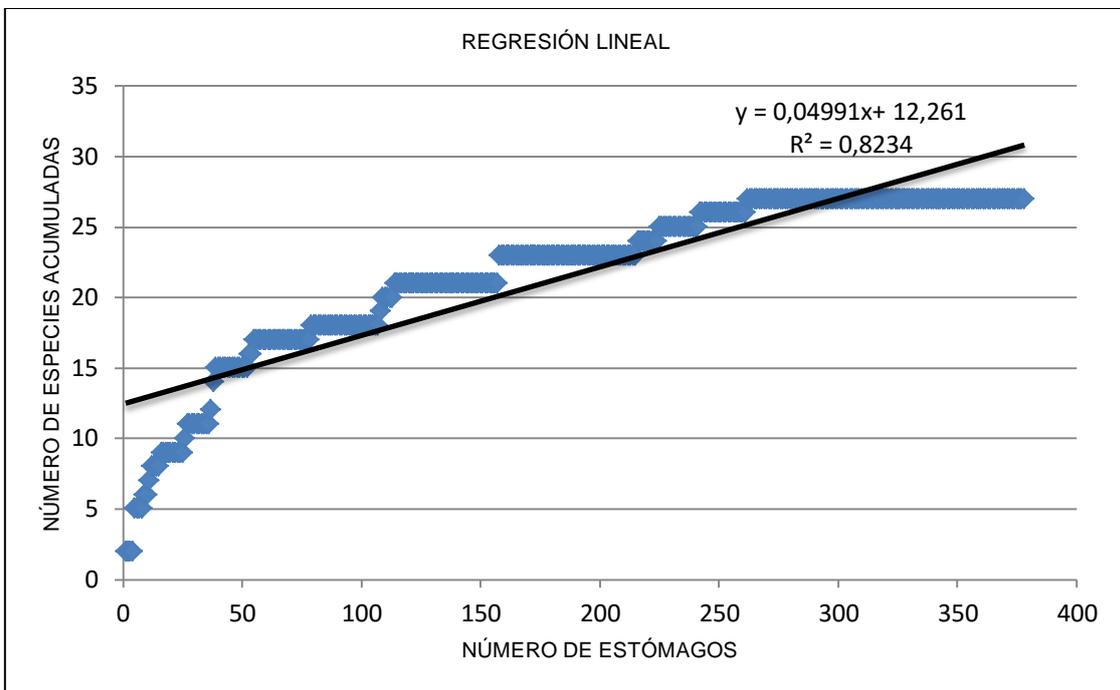


Figura 3. Regresión lineal de especies acumuladas y Número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996.

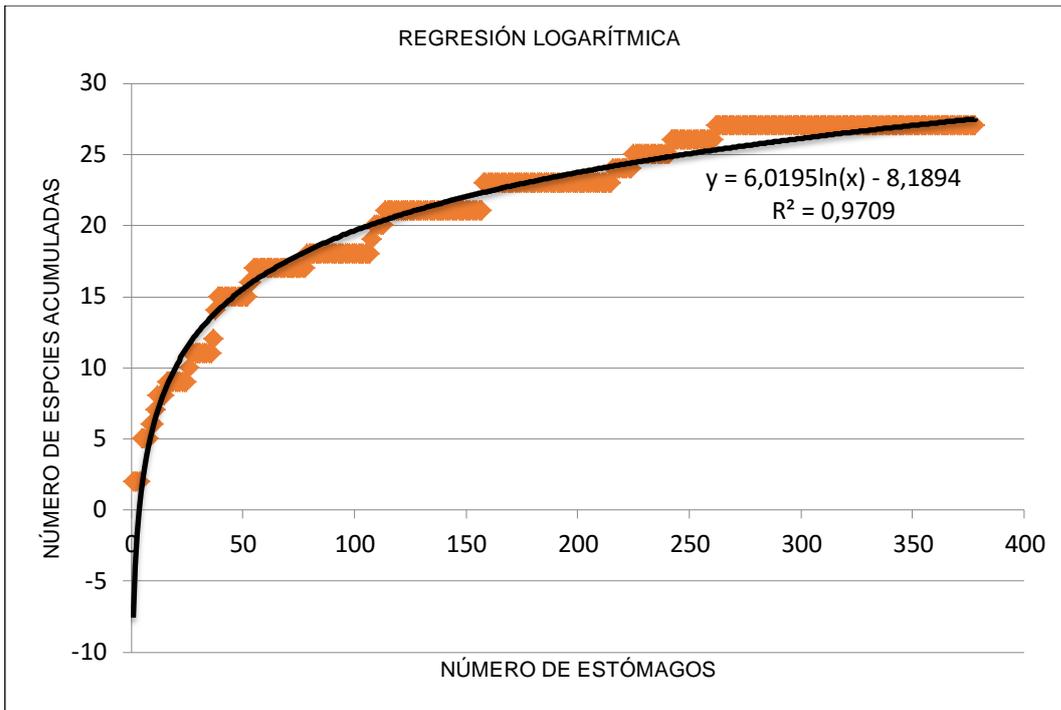


Figura 4. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas de los años 1992-1993 y 1996.

La curva llegó a su asíntota en la muestra 262 de un total de 378 estómagos. De acuerdo al R^2 obtenido se puede establecer que la regresión logarítmica ($R^2=0,9709$) es mayor a la regresión lineal ($R^2=0,8234$) estableciéndose como suficiente para determinar que la curva alcanza la asíntota (Figuras 3 y 4).

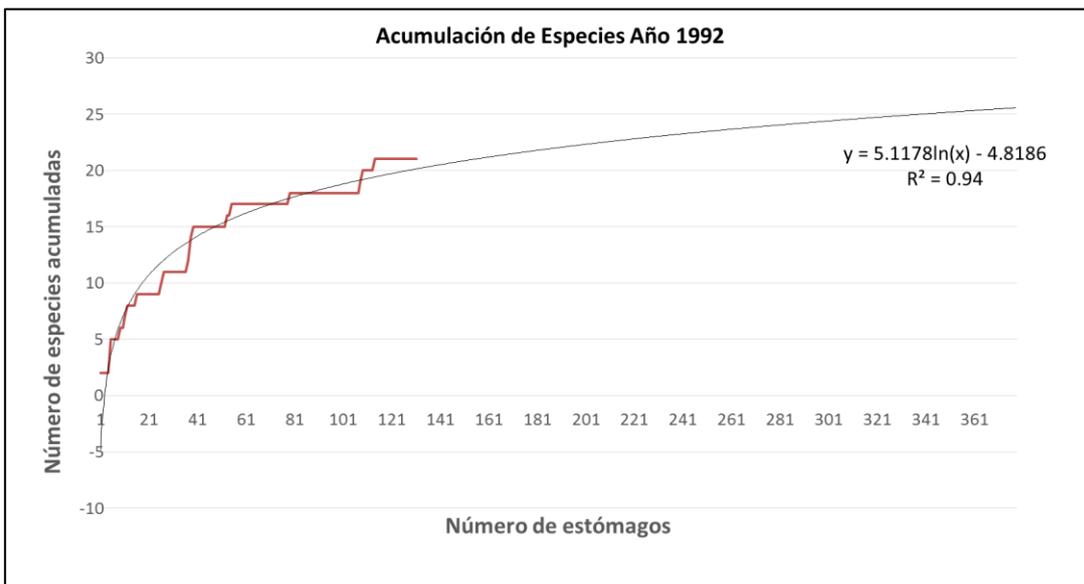


Figura 5. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1992.

En 1992 la curva llego a su asíntota en la muestra 114 de un total de 131 estómagos. De acuerdo al R^2 obtenido se puede establecer que la regresión logarítmica ($R^2=0,94$) es mayor a la regresión lineal ($R^2=0,8659$) estableciendo como suficiente para determinar que la curva alcanza la asíntota (Figura 5).

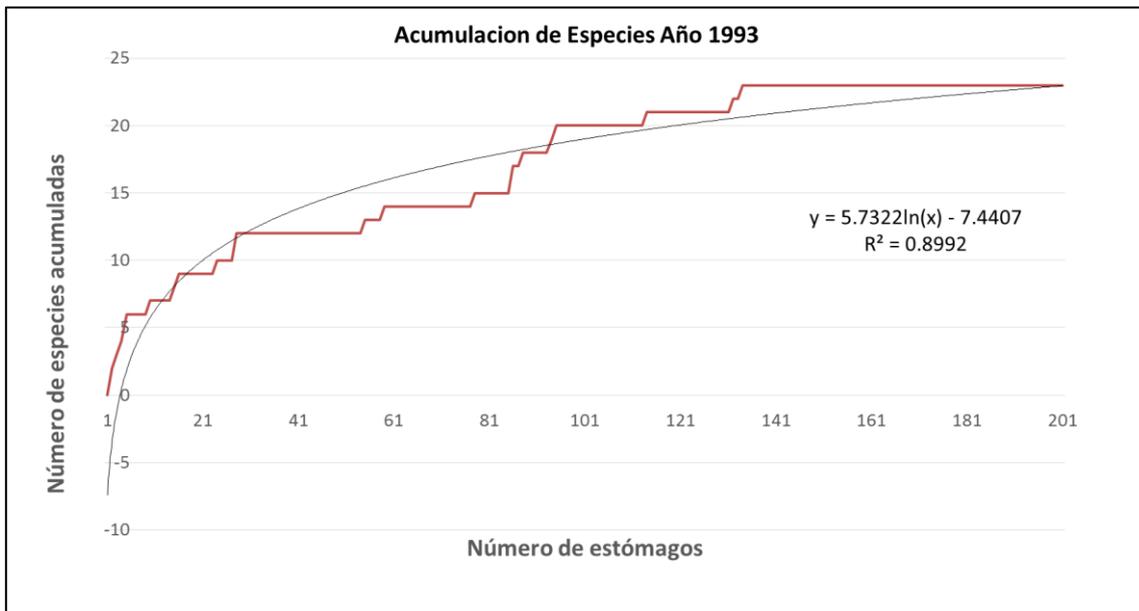


Figura 6. Regresión logarítmica, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1993.

En 1993 la curva llego a su asíntota en la muestra 93 de un total de 200 estómagos. De acuerdo al R^2 obtenido se puede establecer que la regresión logarítmica ($R^2=0,8992$) es mayor a la regresión lineal ($R^2=0,8985$) estableciendo como suficiente para determinar que la curva alcanza la asíntota (Figura 6).

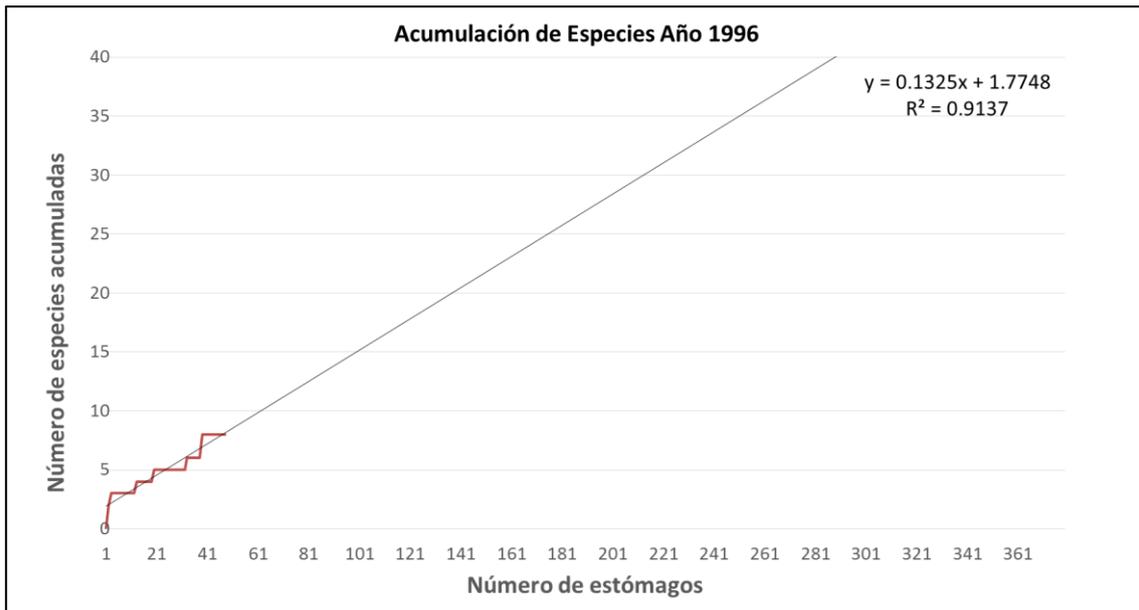


Figura 7. Regresión lineal, número de especies acumuladas y número de estómagos acumulados de muestras obtenidas del año 1996.

En 1996 la curva llegó a su asíntota en la muestra 38 de un total de 47 estómagos. De acuerdo al R^2 obtenido se puede establecer que la regresión lineal ($R^2=0,9137$) es mayor a la regresión logarítmica ($R^2=0,7839$) estableciendo como suficiente para determinar que la curva alcanza la asíntota (Figura 7).

7.2. Caracterización de la dieta

Se determinó cuantitativa las preferencias alimentarias de *S. humboldti*. Para esto se estimaron ocho parámetros agrupados en tres clases, análisis numérico, índices ecológicos y comprobación de hipótesis.

7.2.1. Análisis Numérico

Método Numérico (Hyslop, 1980): Este método permitió determinar la cantidad de especies en frecuencia porcentual. A continuación, se presenta el gráfico de frecuencia porcentual numérica dividido por año (1992, 1993 y 1996). (Figura 8)



Figura 8. Porcentaje de los ítems que consumieron en el total de los años 1992,1993 y 1996.

En el periodo de estudio completo se puede observar que por porcentaje numérico tuvieron mayor preferencia alimentándose de *Engraulis ringens*, *Normanichthys crockeri*, *Myctophum nitidulum*, *Odontesthes regia* y calamares (Figura 8).

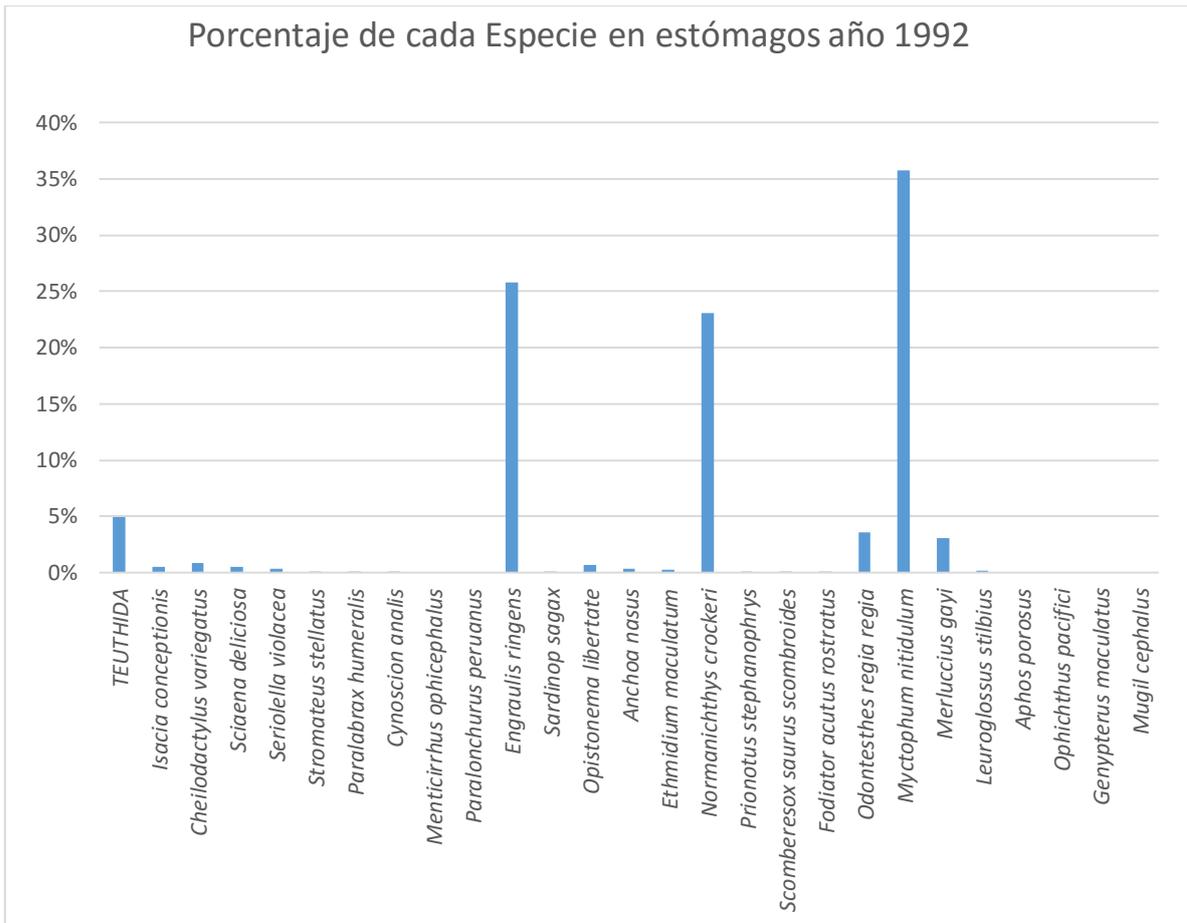


Figura 9. Porcentaje de los ítems que consumieron en el año 1992.

En el año 1992 el porcentaje de mayor preferencia fue de *M. nitidulum* *E. ringers*, *N. crockeri* y *Teuthida* (Figura 9).

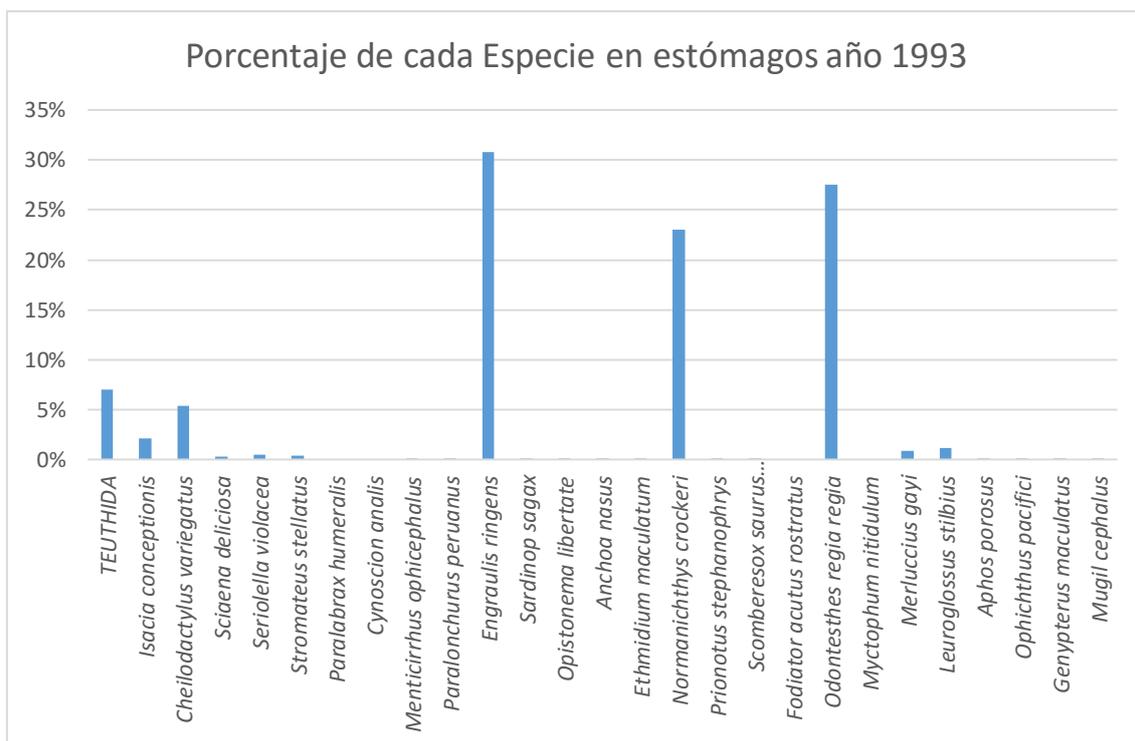


Figura 10. Porcentaje de cada Especie en estómagos año 1993

En el año 1993 el porcentaje de mayor preferencia fue de *E. ringens*, *O. regia*, *N. crockeri*, Teuthida y *Cheilodactylus variegatus* (Figura 10).

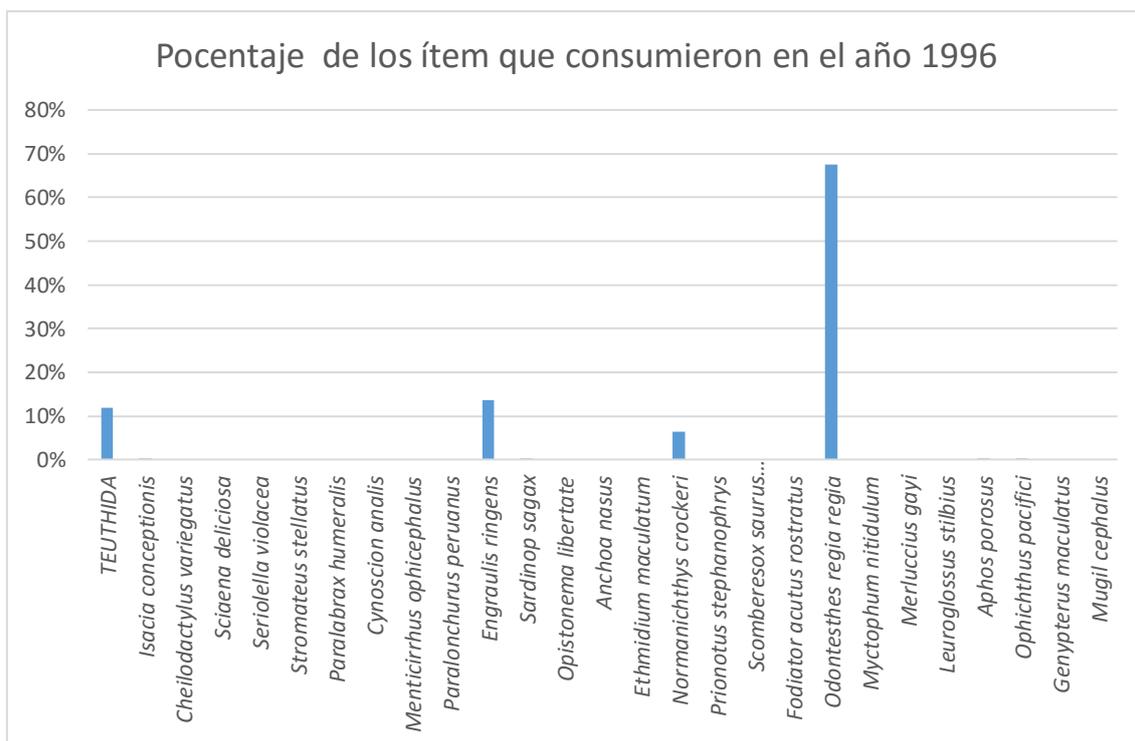


Figura 11. Porcentaje de cada Especie en estómagos año 1996

En el año 1996 el porcentaje de mayor preferencia fue de *O. regia*, *E. ringens*, Teuthida y *N. crockeri* (Figura 11).

Frecuencia de Ocurrencia (Hyslop, 1980): Porcentaje de número de estómagos en que se encuentra en las presas encontradas (Tabla 7).

Tabla 5. Frecuencia porcentual de ocurrencia de ítems presa en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.

ITEM PRESA	%FO 1992	%FO 1993	%FO 1996	%FO TOTAL
TEUTHIDA	24,13	23,77	29,63	24,59
<i>Isacia conceptionis</i>	1,27	5,12	0,93	3,29
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	4,76	4,51	0,00	4,06
<i>Sciaena deliciosa</i>	1,59	1,02	0,00	1,10
<i>Seriotelella violacea</i>	1,27	1,23	0,00	1,10
<i>Stromateus stellatus</i>	0,63	2,05	0,00	1,32
<i>Paralabrax humeralis</i>	0,32	0,00	0,00	0,11
<i>Cynoscion analis</i>	0,32	0,00	0,00	0,11
<i>Menticirrhus ophicephalus</i>	0,00	0,20	0,00	0,11
<i>Paralonchurus peruanus</i>	0,00	0,20	0,00	0,11
<i>Engraulis ringens</i>	28,25	24,59	23,15	25,69
<i>Sardinop sagax</i>	0,63	1,64	0,93	1,21
<i>Opistonema libertate</i>	1,90	0,41	0,00	0,88
<i>Anchoa nasus</i>	0,63	1,02	0,00	0,77
<i>Ethmidium maculatum</i>	0,32	0,20	0,00	0,22
<i>Normanichthys crockeri</i>	9,84	7,58	4,63	8,01
<i>Prionotus stephanophrys</i>	0,63	0,41	0,00	0,44
<i>Scomberesox saurus scombroides</i>	0,32	0,20	0,00	0,22
<i>Fodiator acutus rostratus</i>	0,32	0,00	0,00	0,11
<i>Odontesthes regia regia</i>	10,79	21,52	38,89	19,87
<i>Myctophum nitidulum</i>	6,35	0,00	0,00	2,20
<i>Merluccius gayi</i>	5,40	2,66	0,00	3,29
<i>Leuroglossus stilbius</i>	0,32	0,61	0,00	0,44
<i>Aphos porosus</i>	0,00	0,41	0,93	0,33
<i>Ophichthus pacifici</i>	0,00	0,20	0,93	0,22
<i>Genypterus maculatus</i>	0,00	0,20	0,00	0,11
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,20	0,00	0,11

Los ítems presa más presentes en los estómagos de los pingüinos de Humboldt serían Teuthida (24,59%), *E. ringens* (25,69%), *O. regia* (19,87%) y *N. crockeri* (8,01%) (Tabla 7).

7.3. Índice de importancia numérica

Con este índice se indica cuáles son las especies que consumen más en los diferentes años, y en total. En 1992 se alimentaron principalmente de *E. ringens*, *M. nitidulum*, *N. crockery* y Teuthida. En 1993 consumieron en mayor proporción *E. ringens*, *O. regia*, *N. crockery* y Teuthida. En 1996 predominó *O. regia*, Teuthida y *E. ringens*. Analizando el total de los años estudiados se puede determinar que su preferencia fue de *E. ringens*, *O. regia*, *N. crockery*, Teuthida y *M. nitidulum*, como se puede apreciar en mayor detalle en la Tabla 6.

De acuerdo a este coeficiente, se indica que, en total, los ítems presa de índole primario son: Teuthida, *Isacia conceptionis*, *C. variegatus*, *Sciaena deliciosa*, *Serirolella violacea*, *Stromateus stellatus*, *E. ringens*, *Opistonema liberate*, *N. crockery*, *Odontesthes regia*, *Myctophum nitidulum*, *Merluccius gayi*, *Leuroglossus stilbius*. En el año 1992 los ítems presa primarios son: Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. nitidulum* y *M. gayi*. En el año 1993 los ítems presa primarios son: Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. gayi* y *L. stilbius*. En el año 1996 los ítems primarios son: Teuthida, *E. ringens*, *N. crockery* y *O. regia*. En la Tabla 7 se detalla los ítems primarios, secundarios y terciarios de los años 1992, 1993, 1996 y del total de éstos.

Tabla 6. Índice de importancia numérica de ítems presa en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.

ITEM PRESA	INN 1992	INN 1993	INN 1996	INN TOTAL
TEUTHIDA	19,34	28,60	19,52	37,45
<i>Isacia conceptionis</i>	1,42	7,26	0,38	6,01
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	3,51	10,86	0,00	10,21
<i>Sciaena deliciosa</i>	1,64	1,18	0,00	1,98
<i>Seriolella violacea</i>	1,09	1,77	0,00	1,96
<i>Stromateus stellatus</i>	0,25	2,09	0,00	1,59
<i>Paralabrax humeralis</i>	0,13	0,00	0,00	0,09
<i>Cynoscion analis</i>	0,13	0,00	0,00	0,09
<i>Menticirrhus ophicephalus</i>	0,00	0,13	0,00	0,09
<i>Paralanchurus peruanus</i>	0,00	0,13	0,00	0,09
<i>Engraulis ringens</i>	47,94	60,81	18,46	80,08
<i>Sardinop sagax</i>	0,25	1,18	0,38	1,06
<i>Opisthonema liberate</i>	1,97	0,32	0,00	1,66
<i>Anchoa nasus</i>	0,77	0,66	0,00	1,15
<i>Ethmidium maculatum</i>	0,53	0,19	0,00	0,56
<i>Normanichthys crockeri</i>	26,73	29,22	5,68	40,21
<i>Prionotus stephanophrys</i>	0,25	0,49	0,00	0,53
<i>Scomberesox saurus scombroides</i>	0,13	0,13	0,00	0,18
<i>Fodiator acutus rostratus</i>	0,13	0,00	0,00	0,09
<i>Odontesthes regia</i>	11,06	53,73	53,22	56,79
<i>Myctophum nitidulum</i>	26,76	0,00	0,00	18,84
<i>Merluccius gayi</i>	7,23	3,43	0,00	7,61
<i>Leuroglossus stilbius</i>	0,44	1,88	0,00	1,58
<i>Aphos porosus</i>	0,00	0,53	0,38	0,46
<i>Ophichthus pacifici</i>	0,00	0,13	0,38	0,18
<i>Genypterus maculatus</i>	0,00	0,26	0,00	0,18
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,13	0,00	0,09

Tabla 7. Coeficiente alimentario numérico en los años 1992-1993-1996 y total de éstos.

ITEM PRESA	Q 1992	CLASIF. Q 1992	Q 1993	CLASIF. Q 1993	Q 1996	CLASIF. Q 1996	Q TOTAL	CLASIF. Q TOTAL
TEUTHIDA	23712	Primario	46980	Primario	2656	Primario	179200	Primario
<i>Isacia conceptionis</i>	128	Secundario	3025	Primario	1	Terciario	4620	Primario
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	780	Primario	6776	Primario	0	Terciario	13320	Primario
<i>Sciaena deliciosa</i>	170	Secundario	80	Secundario	0	Terciario	500	Primario
<i>Seriotelella violacea</i>	76	Secundario	180	Secundario	0	Terciario	490	Primario
<i>Stromateus stellatus</i>	4	Terciario	250	Primario	0	Terciario	324	Primario
<i>Paralabrax humeralis</i>	1	Terciario	0	Terciario	0	Terciario	1	Terciario
<i>Cynoscion analis</i>	1	Terciario	0	Terciario	0	Terciario	1	Terciario
<i>Menticirrhus ophicephalus</i>	0	Terciario	1	Terciario	0	Terciario	1	Terciario
<i>Paralanchurus peruanus</i>	0	Terciario	1	Terciario	0	Terciario	1	Terciario
<i>Engraulis ringens</i>	145693	Primario	212400	Primario	2375	Primario	819468	Primario
<i>Sardinops sagax</i>	4	Terciario	80	Secundario	1	Terciario	143	Secundario
<i>Opistonema liberate</i>	246	Primario	6	Terciario	0	Terciario	352	Primario
<i>Anchoa nasus</i>	38	Secundario	25	Secundario	0	Terciario	168	Secundario
<i>Ethmidium maculatum</i>	18	Terciario	2	Terciario	0	Terciario	40	Secundario
<i>Normanichthys crockery</i>	45291	Primario	49025	Primario	225	Primario	206663	Primario
<i>Prionotus stephanophrys</i>	4	Terciario	14	Terciario	0	Terciario	36	Secundario
<i>Scomberesox saurus scombroides</i>	1	Terciario	1	Terciario	0	Terciario	4	Terciario
<i>Fodiator acutus rostratus</i>	1	Terciario	0	Terciario	0	Terciario	1	Terciario
<i>Odontesthes regia</i>	7752	Primario	165795	Primario	19740	Primario	412137	Primario
<i>Myctophum nitidulum</i>	45380	Primario	0	Terciario	0	Terciario	45380	Primario
<i>Merluccius gayi</i>	3315	Primario	676	Primario	0	Terciario	7410	Primario
<i>Leuroglossus stilbius</i>	12	Terciario	204	Primario	0	Terciario	320	Primario
<i>Aphos porosus</i>	0	Terciario	16	Terciario	1	Terciario	27	Secundario
<i>Ophichthus pacifici</i>	0	Terciario	1	Terciario	1	Terciario	4	Terciario
<i>Genypterus maculatus</i>	0	Terciario	4	Terciario	0	Terciario	4	Terciario
<i>Mugil cephalus</i>	0	Terciario	1	Terciario	0	Terciario	1	Terciario

7.4. Índices Ecológicos

Shannon-Wiener (H'): Diversidad de la dieta

En el año 1992, 1993 y total de época estival se considera rangos normales (2-3), sin embargo, en 1996 época estival se considera rangos bajos (<2) al igual que en época invernal de total y años 1992, 1993 y 1996 (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo del índice de Shannon-Wiener interanual e interestacional de 1992-1993-1996 total de éstos.

H AÑOS Y H ESTACIÓN	TOTAL	1992	1993	1996
AÑOS	2,1	2,14	2,08	1,38
INVERNAL	1,97	1,88	1,99	1,41
ESTIVAL	2,12	2,1	2,06	0,94

Levin: Especialistas o generalistas

Tabla 9. Cálculo del índice de Amplitud de nicho de Levin interanual e interestacional de 1992-1993-1996 y total de éstos.

ESTACIÓN	1992	1993	1996
INVERNAL	0,27	0,14	0,25
ESTIVAL	0,21	0,30	0,34
TOTAL AÑOS	0,21	0,17	0,21

De acuerdo a Levin, la dieta *S. humboldti* interestacional indican que la dieta está dominada por pocas presas por lo tanto se trata de un depredador especialista (<0,5) (Tabla 9).

Tabla 10. Índice Bray Curtis de similitud trófica interanual de 1992-1993-1996

AÑOS	1992	1993	1996
1992	1	0,7	0,4
1993		1	0,6
1996			1

Según Bray Curtis, en la comparación de 1992 y 1993 respecto de la alimentación de *S. humboldti* existe traslapamiento en la dieta ($>0,5$). Entre 1992 y 1996 no se evidencia traslapamiento ($<0,5$). Entre 1993 y 1996 existe traslapamiento ligero (Tabla 10)

Tabla 11. Índice Bray Curtis de similitud trófica interestacional de 1992-1993-1996

AÑO-ESTACIÓN	1992	1992	1993	1993	1996	1996
	Invernal	Estival	Invernal	Estiva	Invernal	Estival
1992 Invernal	1	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3
1992 Estival		1	0,6	0,7	0,4	0,2
1993 Invernal			1	0,6	0,8	0,3
1993 Estival				1	0,6	0,4
1996 Invernal					1	0,5
1996 Estival						1

Según Bray Curtis existe traslapamiento ($>0,5$) en la dieta en comparación de 1992 estival y 1993 invernal, 1992 estival y 1993 estival, 1993 invernal y 1993 estival, 1993 invernal y 1996 invernal, 1993 estival y 1996 invernal (Tabla 11).

Tabla 12. Chi cuadrado de las principales especies en época invernal interanual de 1992-1993-1996

ITEM PRESA	Chi cuadrado	P
Teuthida	10,728	0,004**
<i>Engraulis ringens</i>	3,220	0,20
<i>Normanichtys crockeri</i>	5,685	0,058
<i>Odonthestes regia</i>	15,726	0,000**

**Diferencia muy significativa

No existe relación entre las principales especies en época invernal interanual de 1992-1993 y 1996 (Tabla 12).

Tabla 13. Valor y significación estadística del Chi cuadrado en la comparación interestacional (invernal-estival) en 1993 de los ítems presa más representativos en la dieta de *S. humboldti*.

ITEM PRESA	Invernal	Estival	Valor χ^2	P valor
Teuthida	60 (51,3%)	56 (67,5%)	5,223	0,022*
<i>Engraulis ringens</i>	80 (68,4%)	40 (48,2%)	8,242	0,004**
<i>Normanichtys crockeri</i>	12 (10,3%)	25 (30,1%)	12,707	0,000**
<i>Odonthestes regia</i>	64 (54,7%)	41 (49,4%)	0,548	0,459NS

*Diferencia significativa

**Diferencia muy significativa

NS: Diferencia no significativa

En comparación de los años 1992-1993 y 1996 en época invernal existe relación en las presas Teuthida, *O. regia* y en el año 1993 época interestacional si existe relación en las presas de calamares, *E. ringens* y *N. crockeri* (Tablas 12 y 13).

Tabla 14. Listado de especies presas consumidas por *S. humboldti* y hábitat

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	HÁBITAT
Calamar	TEUTHIDA	
Cabinza	<i>Isacia conceptionis</i>	Demersal costera
Pintadilla	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Bentónica
Lorna	<i>Sciaena deliciosa</i>	Bentopelágica
Cojinoba común	<i>Seriolella violacea</i>	Pelágica nerítica
Chilindrina	<i>Stromateus stellatus</i>	Pelágica nerítica
Cabrilla	<i>Paralabrax humeralis</i>	Bentopelágica
Cachema	<i>Cynoscion analis</i>	Pelágica nerítica
Bobo, mismis, señorita	<i>Menticirrhus ophicephalus</i>	Fondos costeros arenosos
Coco	<i>Paralonchurus peruanus</i>	Fondos costeros
Anchoveta	<i>Engraulis ringens</i>	Pelágica nerítica
Sardina	<i>Sardinop sagax</i>	Pelágica nerítica
Machete de hebra	<i>Opistonema liberate</i>	Pelágica nerítica
Samasa	<i>Anchoa nasus</i>	Pelágica costera y estuarina
Machete	<i>Ethmidium maculatum</i>	Pelágica nerítica
Camotillo	<i>Normanichthys crockeri</i>	Pelágica nerítica
Falso volador	<i>Prionotus stephanophrys</i>	Demersal y bentónica
Agujilla	<i>Scomberesox saurus scombroides</i>	Epipelágica nerítica
Pez volador	<i>Fodiator acutus rostratus</i>	Epipelágica nerítica
Pejerrey peruano	<i>Odontesthes regia</i>	Pelágica nerítica
Pez linterna	<i>Myctophum nitidulum</i>	Batipelágica
Merluza	<i>Merluccius gayi</i>	Bentopelágica
Esperlan de lengua suave	<i>Leuroglossus stilbius</i>	Batipelágica
Pez fraile	<i>Aphos porosus</i>	Bentónica
Anguila común	<i>Ophichthus pacifici</i>	Demersal
Congrio atigrado	<i>Genypterus maculatus</i>	Bentónica de plataforma y zona arquibentónica del talud
Lisa común	<i>Mugil cephalus</i>	Pelágica costera

VIII. DISCUSIÓN

Durante los veinticinco meses de estudio, en los años 1992, 1993 y 1996 se obtuvieron 378 estómagos de *S. humboldti* procedentes de pesca incidental (Majluf, 2001) a diferencia de los trabajos anteriores que utilizaron técnica de bombeo gástrico, la cual impide obtener la totalidad del contenido estomacal (Duffy, 1991). Por el número de muestras, este trabajo es más representativo que los realizados por Wilson (1989), quien analizó 36 muestras, Herling et al. (2005), quienes analizaron 15 muestras de 7 pingüinos de Humboldt y Paz Soldán y Jahncke (1998) que recolectaron 2 muestras.

Wilson (1989) indica que el 94% de su alimentación es de *Scomberesox sp.*, *E. ringens*, *S. sagax* y *Todarodes fillippovae*, Zavalaga y Paredes (1997), indican que se alimentan de *E. ringens* y *O. regia*. Por su parte, Herling et al. (2005), describen que se alimenta de *Scomberesox saurus*, *E. ringens*, *Trachurus murphyi*, *S. sagax* y *Strangomera bentincki*. Este último no se encuentra disponible en Perú. En el presente estudio se identificaron 27 ítems presa, de los cuales se clasificaron las siguientes especies como ítem primario: Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. deliciosa*, *S. violacea*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockeri*, *O. regia*, *M. nitidulum*, *M. gayi* y *L. stilbius*. Esto demuestra la importancia de la anchoveta en la dieta regular del pingüino de Humboldt, además de su capacidad de adaptación ante cambios eventuales de las condiciones, debido a la variedad de ítems alimenticios reportados.

Utilizando el coeficiente alimentario numérico indican que el total de ítems presa primarios son: Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *Sciaena deliciosa*, *S. violacea*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. nitidulum*, *M. gayi*, *L. stilbius*. Sin embargo, al realizar un análisis por frecuencia porcentual, se observa que hay una pequeña variación en los datos, ya que el 78.16% por frecuencia porcentual lo conforman las presas *E. ringens*, *N. crockeri*, *O. regia* y Teuthida. En 1992 estas especies conforman el 73.01%, en 1993 conforman el 77.46% y en 1996 conforman el 96.3%.

Al utilizar el coeficiente de alimentación numérica, destacan que en el año 1992 los ítems presa primarios son: Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*,

O. regia, *M. nitidulum* y *M. gayi*. En el año 1993 los ítems presa primarios son: Teuthida, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. gayi* y *L. stilbius*. En el año 1996 los ítems primarios son: Teuthida, *E. ringens*, *N. crockery* y *O. regia*.

Durante el invierno austral, los vientos y el afloramiento son más fuertes, lo que ocasiona que el SCH sea más ancho. Esto provoca que los cardúmenes se encuentren más profundos y dispersos y estén menos disponibles para los depredadores superiores marinos. En cambio, en el verano, los vientos del sureste y el afloramiento son débiles. El sistema de afloramiento peruano está regido por su estacionalidad, lo que ocasiona que la Corriente de Humboldt sea más disponible de especies a la costa y por ende ocasiona una disminución de su hábitat (Duffy, 1994). Esto se ve reflejado en la comparación de Shannon-Wiener al haber una diferencia interanual de un rango de 0.06 a 0.76, y en la comparación inter estación, un rango de 0.07 a 0.47 en los rangos de diversidad de la dieta y, más notoriamente, en los índices de amplitud de nicho de Levin, que va de un rango de 0.04 a 0.13 de diferencia interestacional y de 0.03 a 0.16 de diferencia interanual. Bray Curtis, enfocando el traslapamiento en la dieta, indica que a nivel interestacional por años la diferencia es de 0.2. En cambio, la diferencia interanual estacional es mayor en un rango de 0,1 a 0.5, chi cuadrado. En un estudio interestacional de los 3 años, indica que sí hay relación entre la cantidad de presas consumidas en época invernal y estival de 1996, lo que podría significar que sí hay una diferencia interestacional, y a la vez diferencia de estaciones por esos 3 años, ya que existe un traslape en la alimentación en la comparación de 1992 estival y 1993 invernal, 1992 estival y 1993 estival, 1993 invernal y 1993 estival, 1993 invernal y 1996 invernal, 1993 estival y 1996 invernal.

El sistema de la corriente de Humboldt tiene afloramientos alternos y agotamiento de productividad provocada por las ondas Kelvin que entran en contacto con la costa pacífica sudamericana (Bertrand, 2008). En eventos El Niño los periodos recurrentes de la intensidad de afloramientos reducidos aumentan la profundidad media del banco pelágico de anchoveta peruana (Culik et al 2000, Taylor et al 2002) e incrementan la mortalidad de pingüinos de Humboldt adulto (De la Puente 2013), lo que podría significar un cambio en su dieta, adaptándola a las presas disponibles.

El año 1992 fue considerado El Niño débil, mientras 1993 se vio influenciado por este evento con temperaturas en la superficie del mar ligeramente más alto en comparación de otros años. Los pingüinos de Humboldt consumieron una menor proporción de anchovetas y tuvieron buceos más profundos en invierno (Julio-Agosto) que en otoño (Mayo-Junio) de 1993 (Zavalaga, 1997).

En 1992 se alimentaron principalmente de Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. libertate*, *O. regia*, *M. nitidulum* y *Merluccius gayi*. En 1993 coincidieron en Teuthida, *C. variegatus*, *E. ringens*, *O. regia* y *M. gayi* diferenciando en *I. conceptions*, *Stromateus stellatus*, *N. crockeri* y *L. stilbius*.

El año 1996 fue considerado La Niña débil con temperaturas en la superficie del mar ligeramente más bajas. En la alimentación de *S. humboldti* se vio reflejado al alimentarse de Teuthida, *E. ringens*, *N. crockeri* y *O. regia*. Jimenez 2008 indica que las poblaciones de peces pelágicos aumentan, como *Scomber japonicus*, *S. sagax*, *Etrumeus teres* y *O. libertate*. En un episodio de La Niña los *Spheniscus* permanecen más tiempo en tierra, recuperando su población (Boersma 1998) y teniendo mayor disponibilidad de alimento presa. En los resultados para identificar la diversidad de la dieta, Shannon indica que los rangos son normales en los años 1992 y 1993. Sin embargo, en 1996, la diversidad de la dieta es baja, lo que podría significar que no gastan tanta energía para buscar alimento.

Los juveniles y los polluelos son los primeros en mudar. Los machos mudan antes que las hembras. Los periodos de muda se realizan una vez del año. Esto se produce en enero-febrero. (Williams, 1995; De la Puente et al., 2011) En un evento El Niño, los pingüinos de Humboldt tienden abandonar sus nidos (De la Puente et al., 2011). Esto se pudo reafirmar mediante el índice Shannon-Wiener en un estudio de diversidad de dieta interanual interestacional, que dio como resultado que en la época invernal hay más diversidad de dieta que en la época estival.

La pesca incidental en escala pequeña en Perú y Chile es un problema latente (Duffy 1983, Simeone et al 1999, Majluf et al 2002, Boersma et al 2007). La mayoría de las actividades de los *S. humboldti* se realizan en un radio de 30 kilómetros de sus colonias y a 30 metros de profundidad (Culik et al 1998, Luna-Jorquera y Culik 1999, Taylor 2002, Boersma et al 2007). Esto hace que sean vulnerables a las redes de los pescadores,

cuya pesca objetivo es comercial pelágica. El 10% de la población estimada fue capturada incidentalmente por redes de pesca de *Cilus gilberti* (Simeone et al 1999) y *Seriorella violacea* (Majluf et al 2002).

IX. CONCLUSIONES

- Del estudio realizado se desprende que la dieta de *S. humboldti* procedente de los alrededores de Punta San Juan, Punta Caballa y Sobrerillos-Ica, Perú de los años 1992, 1993 y 1996 está conformado por peces demersales, costeros, pelágicos y bentónicos (26 especies) y calamares (1 orden).
- El tipo de alimentación de *S. humboldti* está conformada por los ítems presa primarios: *Teuthida*, *I. conceptionis*, *C. variegatus*, *S. deliciosa*, *S. violacea*, *S. stellatus*, *E. ringens*, *O. liberate*, *N. crockery*, *O. regia*, *M. nitidulum*, *M. gayi* y *L. stilbius*.
- La diversidad interanual de la dieta de *S. humboldti* corresponde a parámetros normales con características de especialistas y con una amplitud de dieta.
- El índice de amplitud interanual de la dieta de *S. humboldti* es 0,21 y corresponde a depredador especialista.
- Existe evidente traslapamiento entre 1992 y 1993 (0,7), ligero traslapamiento entre 1993 y 1996 (0,6) y no se evidencia traslapamiento entre 1992 y 1996 (0,4).
- Existe ligera diferencia en la dieta de *S. humboldti* interestacional en los años 1992, 1993, 1996 y en comparación de éstos años.
- El índice de amplitud estacional de la dieta de *S. humboldti* invernal (1,97) es más baja al estival (2,12) dominada por pocas presas.
- Existe traslapamiento interestacional anual de la dieta de *S. humboldti* entre 1992 estival y 1993 invernal (0,6), 1992 estival y 1993 estival (0,7), 1993 invernal y 1993 estival (0,6), 1993 invernal y 1996 invernal (0,8), 1993 estival y 1996 invernal (0,6) indicando que sí existe una diferencia en su alimentación.
- Hay diferencia en la dieta de *S. humboldti* en relación a los eventos oceanográficos, presenta una diferencia sustancial entre lo que comieron en

1992 evento de El Niño, 1996 evento influenciado por La Niña y 1993 año influenciado por El Niño.

X. RECOMENDACIONES

- Continuar estudios sobre dieta de *S. humboldti* en eventos oceanográficos.
- Investigar la diferencia de dieta de machos y hembras de *S. humboldti*.
- Investigar otros parámetros de la dieta de *S. humboldti* como abundancia numérica, estado de digestión, masa y volumen.
- Resolver el problema de tamaño necesario de la muestra para conseguir la validez y confiabilidad de los datos analizados.
- Medir el tamaño de los otolitos consumidos por *S. humboldti* para evaluar la dimensión de las presas consumidas.
- Identificar las especies de calamares consumidas por *S. humboldti*.
- Identificar el tipo de pesca que afecta al *S. humboldti* y evaluar que herramientas tecnológicas puede evitar la pesca incidental de ésta especie.
- Trabajar con los pescadores artesanales e industriales para obtener datos de pesca incidental de *S. humboldti*.

XI. REFERENCIAS CITADAS

1. Aebischer N, Coulson J, Colebrookl J. Parallel long-term trends across four marinetrophic levels and weather. 1990; *Nature* 347: 753-755
2. Apaza M., Figari A. Mortandad de aves marinas durante "El Niño" 97-98. En el litoral Sur de Marcona Ica- Perú. *Revista Peruana de Biología*. Volumen Extraordinario. 1999; 110-117.
3. Arntz W. The two faces of El Niño 1982-83. *Meeresforschung*. 1986; 31: 1- 46.
4. Arntz W., Pearcy W., Trillmich F. Biological Consequences of the 1982-83 El Niño in the Eastern Pacific. *Ecological Studies*. 1991; 22-42.
5. Bakun, A. Monthly variability in the ocean habitat off Peru as deduced from maritime observations, 1953 to 1984. ICLARM Studies and Reviews. 1987; 15: 46-74.
6. Barber R., Chávez F. Ocean variability in relation to living resources during the 1982-83 El Niño. *Nature*. 1986; 319(6051): 279-285.
7. Boersma, P.D. Status of wild and captive penguin populations. *Trends in Ecology & Evolution*. 1976; 6:318-382.
8. Boyd I., Wanless S., Camphuysen C. Top predators in marine ecosystems. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2006; 392pp
9. Bray J., Curtis J. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 1957; 27(4): 325-349.
10. Cairns J., McCormick P., Niederlehner B. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia*. 1993; 263(1): 1-44.
11. Carey C. Avian energetics and nutritional ecology. Chapman and Hall, New York. 1996; 543 pp.

12. Chapez P. El Niño y la Oscilación del Sur. *Investigación y Ciencia*. 1987; 128: 11.
13. Chiu, A., Cardenas, S., Cardeña, M., Bussalleu, A., Guerrero, P., Sandoval, F., Tremblay, Y. La ruta del Pingüino: Uso de hábitat marino y patrón de atención al nido por el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) en Punta San Juan, Perú. *Boletín informativo UNOP*. 2013; 6(2): 21-27.
14. Coker R. Habits and economic relations of the guano birds of Peru. *Proceedings of the United States National Museum*. 1919; 56(2298): 449-511.
15. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). Apéndices I y II. United Nation Environment Programme, Nairobi. 2000.
16. Csirke, J., Guevara-Carrasco R., Cárdenas G., Ñiquen M., Cjipollini A. Situación de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con particular referencia a las regiones norte y centro de la costa peruana. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*. 1996; 15(1): 1-23.
17. Culik B. Finding food in the open ocean: foraging strategies in Humboldt penguins. *Zoology*. 2001; 104(3-4): 327-338.
18. Culik B., Luna-Jorquera G. Satellite tracking of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in northern Chile. *Marine Biology*. 1997; 128(4): 547- 556.
19. Culik B., Luna-Jorquera G., Oyarzo H., Correa H. Humboldt penguins monitored via VHF telemetry. *Marine Ecology Progress Series*. 1998; 162: 279-286.
20. Culik, B., Luna-Jorquera G. The Humboldt Penguin *Spheniscus humboldti*: a migratory bird? *Journal of Ornithology*. 1997b; 138: 325-330.
21. Culik, B., Hennicke J., Martin T. Humboldt Penguins out maneuvering El Niño. *The Journal of Experimental Biology*. 2000; 203: 2311-2322.

22. Cushing DH. Upwelling and the production of fish. *Advances in Marine Biology*. 1971; 9: 301–334.
23. De la Puente S., Bussalleu A., Cardeña M., Valdés-Velásquez A., Majluf P., Simeone A. Humboldt penguins. In *Biology and conservation of the world's penguins* (García Borboroglu, P.G. and Boersma P.D. eds.) UW Press, Seattle U.S.A. eds. University of Washington Press, Seattle U.S.A. 2011.
24. Categorización de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre. Decreto Supremo N° 004 – 2014 – MINAGRI. 2014.
25. De la Puente, S., Bussalleu, A., Cardeña, C., Valdés-Velásquez, A., Majluf, P. & Simeone, A. (2013). Chapter 15: Humboldt penguins, 265-283. In Borboroglu, P.G. & Boersma, P.D. (Eds.) *Penguins: Natural History and Conservation*. University of Washington Press, 320p.
26. Duffy D. The guano islands of Peru: the once and future management of a renewable resource. *Birdlife Conservation series*. 1994; 1: 68-79.
27. Duffy D., Hays C., Plenge M. The conservation status of Peruvian seabirds. In: Croxall, J.P., Evans, P.G.H. & Schreiber, R.W. (Eds). *Status and conservation of the world's seabirds*. International Council for Bird Protection Technical Publication. 1984; 2: 245–259.
28. Einoder L. A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fisheries Research*. 2009; 95(1): 6-13.
29. Ellenberg U., Mattern T., Seddon P., Jorquera G. Physiological and reproductive consequences of human disturbance in Humboldt penguins: The need for species-specific visitor management. *Biological Conservation*. 2006; 133(1): 95-106.
30. Ellis S., Croxall J., Cooper J. Penguin conservation assessment and management plan. Report from the workshop, Cape Town, September 1996. Apple Valley, MN: IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group; 1998.

31. Fath B., Cabezas H. Exergy and Fisher Information as ecological indices. *Ecological Modelling*. 2004; 174(1-2): 25-35.
32. Ferry L., Caillet G., MacKinlay D., Shearer, K. Feeding, ecology and nutrition in fish. *Feeding, ecology and nutrition in fish*. 1996.
33. Furness R., Monaghan P. Seabird ecology. Glasgow: Blackie; 1987.
34. García-Godos I. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. Callao, Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*. 20(1- 2): 1-83
35. Gutiérrez D., C. Grados, M. Graco, L. Vásquez, F. Velazco, S. Sanchez, P. Ayón, J. Tam, O. Morón, R. Flores, C. Quispe y L. Pizarro. *Libro de oro de IMARPE*. 2014; 34-59.
36. Hays C. Effects of the 1982–1983 El Nino on Humboldt penguin colonies in Peru. *Biological Conservation*. 1986; 36(2): 169-180.
37. Hays C. The Humboldt penguin in Peru. *Oryx*. 1984; 18(02): 92-95.
38. Hays, C. Effects of the 1982-83 El Niño on Humboldt penguin colonies in Peru. *Biological Conservation*. 1982; 36: 169-180.
39. Hennicke J., Culik B. Foraging performance and reproductive success of Humboldt penguins in relation to prey availability. *Marine Ecology Progress Series*. 2005; 296: 173-181.
40. Herling C., Culik B., Hennicke J. Diet of the Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*) in northern and southern Chile. *Marine Biology*. 2005; 147(1): 13-25.
41. Hernández R., Fernández C., Baptista P. Metodología de la investigación. México: McGraw Hill; 2006; 656pp.
42. Hiriart-Bertrand L., Simeone A., Reyes-Arriagada R., Riquelme V., Putz K., Luth B. Descripción de una colonia mixta de pingüino de Humboldt (*Spheniscus*

- humboldti*) y de Magallanes (*S. magellanicus*) en Isla Metalqui, Chiloé, sur de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología*. 2010; 16(1) 42-47.
43. Hunt G, Mehlum F, Russell R, Irons D, Decker M, Becker P. Physical processes, prey abundance, and the foraging ecology of seabirds. In: Proceedings of the International Ornithological Congress. vol. 22; 1999. p. 2040–2056.
44. Hureau J. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco*. 1970; 68(1391): 1-244.
45. Hutchinson G. The Biogeochemistry of Vertebrate Excretion. *Bulletin of the American Museum of Natural History N.Y.* 1950; 96:1-554.
46. Hyslop E. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 1980; 17(4): 411-429.
47. Iannacone J., Alvarino L. Plan de Manejo del Pingüino en la Punta Guanera San Juan de Marcona. *Boletín de Lima*. 1998.v20(no.111) p73-80.
48. Idyll C. The Anchovy Crisis. *Scientific American*. 1973; 228(6): 22-29.
49. Jahncke J, Goya E, Guillen A. Seabird By-Catch in Small-Scale Longline Fisheries in Northern Peru. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology*. 2001; 24(1): 137-141.
50. Jahncke J., Goya E. Responses of three booby species to El Niño 1997 – 1998. *Waterbirds*; 2000; 23 (1): 102-108.
51. Jahncke J., Paz-Soldán L. La Biología reproductiva de las aves guaneras y sus reacciones con la disponibilidad de anchoveta. *Boletín del Instituto del Mar Perú*. 1998; 17: 55-66.
52. Jahncke J., Saenz B., Abraham C., Rintoul C., Bradley R., Sydeman W. Ecosystem responses to short-term climate variability in the Gulf of the Farallones, California. *Progress in Oceanography*. 2008; 77(2-3):182-193.

53. Jaksic F. Las múltiples facetas del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur. *Ambiente y Desarrollo*. 1998; vol XIV- N2, 53-61.
54. Jobling M., Breiby A. The use and the abuse of fish otoliths in feeding habits studies of marine mammals. *Sarsia*. 1986; 71:265-274.
55. Labropoulou M., Elefteriou A. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology*. 1997; 50(2): 324-340.
56. Magurran A., Higham A. Information Transfer across Fish Shoals under Predator Threat. *Ethology*. 1988; 78(2): 153-158.
57. Majluf P., Babcock E., Riveros J., Schreiber M., Alderete W. Catch and Bycatch of Sea Birds and Marine Mammals in the Small-Scale Fishery of Punta San Juan, Peru. *Conservation Biology*. 2002; 16(5): 1333-1343.
58. Montevecchi W. Centurial and decadal oceanographic influences on changes in northern gannet populations and diets in the north-west Atlantic: implications for climate change. *ICES Journal of Marine Science*. 1997; 54(4): 608-614.
59. Montevecchi W., Birt V., Cairns D. Dietary changes of seabirds associated with local fisheries failures. *Biological Oceanography*. 1988; 5: 152-161.
60. Murphy R. Oceanic birds of South America. New York: Macmillan. 1936, 1245pp.
61. Paredes R., Zavalaga C. Nesting sites and nest types as important factors for the conservation of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*). *Biological Conservation*. 2001; 100(2): 199-205.
62. Paredes R., Zavalaga C., Battistini G., Majluf P., McGill P. Status of the Humboldt Penguin in Peru, 1999-2000. *Waterbirds*. 2003; 26(2): 129-256.
63. Paz-Soldán L., J. Jahncke. La población del pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti* en Isla Pachacamac y el evento El Niño 1997-1998. 1998. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*. 1998; 17 (1-2): 75-80.

64. Piatt JF, Sydeman WJ, Wiese F. Introduction: a modern role for seabirds as indicators. 2007; Inter-research nordbunte 23, D-21385 Oldendorf lue.
65. Pollard R, Bathmann U, Dubischar C, Read J, Lucas M. Zooplankton distribution and behaviour in the Southern Ocean from surveys with a towed Optical Plankton Counter. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*; 2002; 49(18):3889–3915.
66. Reyes-Arriagada R., Campos-Ellwanger P., Schilater R. Avifauna de Isla Guafo. *Boletín Chileno de Ornitología*. 2009; 15(1): 35-43.
67. Simeone A., Araya B., Bernal M., Diebold E., Grzybowski K., Michaels M. et al. Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance patterns of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in central Chile. *Marine Ecology Progress Series*. 2002; 227: 43-50.
68. Simeone A., Luna-Jorquera G. Estimating rat predation on Humboldt Penguin colonies in north-central Chile. *Journal of Ornithology*. 2012; 153(4): 1079-1085.
69. Sokal R., Rohlf J. Introducción a la bioestadística. Editorial Reverté. 1980; 365pp.
70. Taylor S., Leonard M., Bones D., Majluf P. Humboldt Penguins *Spheniscus humboldti* change their foraging behaviour breeding failure. *Marine Ornithology*. 2004 32: 63-67.
71. Taylor S., Leonard M., Boness D., Majluf P. Foraging trip duration increases for Humboldt Penguins tagged with recording devices. *Journal of Avian Biology*. 2001; 32(4): 369-372.
72. Tovar, H. y Galarza N. Fluctuaciones mensuales de las poblaciones de aves guaneras durante "El Niño" de 1972. *Informe del Instituto del Mar del Perú*. 1983; 83:5-38.
73. Vargas F., Lacy R., Johnson P., Steinfurth A., Crawford R., Dee Boersma P., et al. Modelling the effect of El Niño on the persistence of small populations: The

- Galápagos penguin as a case study. *Biological Conservation*. 2007; 137(1): 138-148.
74. Vianna, J., Cortez M., Ramos B., Sallaberry-Pincheira N., González-Acuña D., Dantas G., Morgante J., Simeone A., Luna-Jorquera G. Changes in abundance and distribution of Humboldt Penguin *Spheniscus humboldti*. *Marine Ornithology*. 2014; 42:153-159.
75. Vilchez, R., Muck P., González A. Variaciones en la biomasa y distribución de los principales recursos pelágicos del Perú entre 1983-1987. *Boletín del Instituto del Mar del Perú - Volumen Extraordinario*. 1988; 255-264.
76. Weimerskirch H. Are seabirds foraging for unpredictable resources? *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2007; 54(3-4): 211- 223.
77. Williams T., Wilson R., Boersma P., Stokes D., Davies J., Busby J. The penguins. Oxford: Oxford University Press; 1995.
78. Wilson R., Wilson M., Duffy D., Braulio M., Klages N. Diving behaviour and prey of the Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*). *Journal für Ornithologie*. 1989; 130(1): 75-79.
79. Wilson R., Duffy D., Wilson M., Araya, B. Aspects of the ecology of species replacement in Humboldt and Magellanic penguins in Chile. *Le Gerfaut*. 1995 85: 49–61.
80. Zavalaga C. Ecología reproductiva del zarcillo (*Larosterna inca*, Lesson) en Punta San Juan, Perú [Tesis de Licenciatura]. Universidad Peruana Cayetano Heredia; 1997.
81. Zavalaga C., Benvenuti S., Dall'Antonia L., Emslie S. Foraging areas of breeding blue-footed boobies *Sula nebouxii* in northern Peru, as determined by direction recorders. *Journal of Avian Biology*. 2008; 405-412.
82. Zavalaga C., Paredes R. 1997. Humboldt Penguins at Punta San Juan. *Penguin Conservation*. 1997; 10: 6–8.

83. Zuta S., Rivera T., Bustamante A. Hydrologic aspects of the main upwelling areas of Peru. Upwelling ecosystems Boje, R. and M. Tomczak (Eds.). Berlin Springer Verlag. 1978; 433pp.

Anexo 1. Medición de vientos en los años 1990-1999 de Punta San Juan (datos de IMARPE)

AÑO\MES	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC	
	DD	m/s																						
1990	135	2,5	135	2,3	135	2,2	135	2,2	135	7,3	-	-	135	7,3	90	5,4	90	4,4	90	7,0	90	6,7	90	4,9
1991	90	3,8	90	7,1	90	2,8	90	2,7	90	2,4	90	2,4	90	1,6	90	1,3	90	1,2	90	1,4	90	1,3	90	1,4
1992	135	1,5	90	1,2	90	1,3	90	1,4	90	1,2	90	1,2	90	1,4	90	1,3	90	1,2	90	1,7	90	1,0	90	1,2
1993	90	1,0	135	1,6	135	1,9	90	1,0	135	2,1	135	3,2	135	2,6	135	1,9	90	1,4	135	3,1	135	2,6	135	1,9
1994	135	1,7	135	2,1	135	2,1	135	2,3	90	1,8	135	2,5	135	1,9	135	1,8	135	1,8	135	1,5	135	1,3	135	1,2
1995	135	1,2	180	2,8	90	1,5	90	2,0	90	2,2	90	2,0	135	2,7	90	1,8	135	2,4	135	2,8	135	2,2	135	2,2
1996	135	2,3	135	2,5	135	2,4	135	4,0	135	3,2	90	2,9	90	2,7	135	3,2	90	2,7	135	3,5	135	2,9	135	2,8
1997	135	2,7	135	3,2	135	3,4	90	2,6	135	2,9	90	2,5	90	2,3	90	2,1	135	2,6	135	3,0	135	2,9	135	2,7
1998	135	2,8	135	3,3	135	3,4	90	2,9	90	2,5	90	3,0	90	3,1	90	3,3	135	3,6	135	3,2	135	3,1	135	2,8
1999	180	2,6	180	2,3	135	2,8	135	3,1	135	2,9	180	2,5	135	2,5	180	2,5	135	2,4	180	1,8	135	2,2	135	2,7

Se puede observar diferencia, ya que en 1992 predomina 90 DD, en 1993 predomina 135 DD y en 1996 predomina 135DD (ANEXO 1).

Anexo 2. Temperatura Superficial del Mar de los años 1990-1999 de Punta San Juan (datos de IMARPE)

AÑO\MES	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC	
	TSM	ATSM																						
1990	14,7	-1,05	14,5	-1,51	15	-0,88	14,6	-0,76	15,2	0,20	13,9	-0,76	13,7	-0,66	12,9	-1,01	13,4	-0,25	13,5	-0,17	13,4	-0,73	14,1	-0,81
1991	15,3	-0,45	15,9	-0,11	16,6	0,72	15,6	0,24	15	0,00	14,4	-0,26	14,5	0,14	14	0,09	14,6	0,95	14,5	0,83	15,2	1,07	15,9	0,99
1992	17,2	1,45	18,9	2,89	19,9	4,02	19,8	4,44	17	2,00	15,7	1,04	14,1	-0,26	13,8	-0,11	13,7	0,05	13,9	0,23	14,6	0,47	14,8	-0,11
1993	15,4	-0,35	16,3	0,29	15,8	-0,08	16,5	1,14	16,3	1,30	15,6	0,94	15,6	1,24	14,2	0,29	13,5	-0,15	13,4	-0,27	13,7	-0,43	14,3	-0,61
1994	15,1	-0,65	14,8	-1,21	15,4	-0,48	15	-0,36	14,8	-0,20	14,2	-0,46	14,1	-0,26	13,9	-0,01	14,1	0,45	14,3	0,63	14,2	0,07	15,1	0,19
1995	16,2	0,45	16,9	0,89	15,8	-0,08	15	-0,36	14,5	-0,50	14	-0,66	13,8	-0,56	13,5	-0,41	13,7	0,05	13,1	-0,57	13,7	-0,43	13,8	-1,11
1996	14,3	-1,45	13,9	-2,11	14,1	-1,78	14,2	-1,16	14,2	-0,80	13,9	-0,76	13,4	-0,96	13,5	-0,41	13	-0,65	13,2	-0,47	13,5	-0,63	14,1	-0,81
1997	14,2	-1,55	14,2	-1,81	14,8	-1,08	16,2	0,84	17,5	2,50	19,2	4,54	18,6	4,24	17,8	3,89	17,4	3,75	15,6	1,93	17,3	3,17	20,4	5,49
1998	22,2	6,45	21,1	5,09	19	3,12	17,5	2,14	16,2	1,20	15,7	1,04	14,5	0,14	13,3	-0,61	13	-0,65	13	-0,67	13,2	-0,93	14,2	-0,71
1999	14,8	-0,95	15,1	-0,91	14,4	-1,48	13,9	-1,46	13,7	-1,30	14,1	-0,56	13,5	-0,86	13,7	-0,21	13,1	-0,55	12,8	-0,87	13,4	-0,73	14	-0,91

En 1992, la TSM es mayor que en 1993 y esta a su vez es mayor que en 1996 (ANEXO 2).