

DIETA DE LA TORTUGA VERDE DEL PACIFICO ESTE *Chelonia mydas agassizii* (BOUCORT, 1868) EN EL ESTUARIO DE VIRRILÁ, SECHURA – PERÚ. 2013 – 2018

DIET OF THE GREEN SEA TURTLE *Chelonia mydas agassizii* (BOUCORT, 1868) IN THE VIRRILÁ ESTUARY, SECHURA – PERU (2013-2018)

Javier Quiñones¹ Sixto Quispe² Massiel Manrique¹ Evelyn Paredes³

<https://doi.org/10.53554/boletin.v36i1.321>

RESUMEN

QUIÑONES J, QUISPE S, MANRIQUE M, PAREDES E. 2021. Dieta de la tortuga verde del Pacífico este *Chelonia mydas agassizii* (Boucort, 1868) en el estuario de Virrilá, Sechura-Perú. 2013-2018. *Bol Inst Mar Perú*. 36(1): 85-105.- Se estudiaron los hábitos alimentarios de la tortuga verde del Pacífico Este *Chelonia mydas agassizii* (Boucort, 1868) durante el periodo 2013 - 2018 en el estuario de Virrilá, Sechura. Se practicó la técnica de lavado esofágico a 119 ejemplares vivos. La mayoría de los ejemplares analizados fueron sub - adultos (61,9%), seguidos por juveniles (29,2%) y adultos (8,8%). Las tortugas presentaron hábitos omnívoros, pero con alta predominancia de consumo de materia vegetal. Se identificaron 47 ítems alimentarios, agrupados en nueve Phylum, siendo las algas verdes *Ulva* sp. y *Caulerpa filiformis* los ítems principales con (Ai = 18%; Ip = 57%) y (Ai = 11%; Ip = 22%), respectivamente. Seguimiento de pasto marino *Ruppia maritima* (Ai = 11%; Ip = 13%), restos de cnidarios como anémonas *Actinia* sp. (Ai = 4%; Ip = 0,3%). Existió marcada estacionalidad en el consumo de presas, en verano - otoño se consumió *C. filiformis* (Ip = 78,4%), en invierno - primavera *Ulva* sp. (Ip = 52,3%) y *R. maritima* (Ip = 39,9%). También se encontró fragmentos de plástico (24%). El estuario de Virrilá representa una importante área de alimentación para tortugas verdes en etapas medias de desarrollo ontogénico, con predominancia de sub-adultos, convirtiéndose en área prioritaria para la conservación de esta especie amenazada.

PALABRAS CLAVE: *Chelonia mydas agassizii*, tortuga verde, estuario de Virrilá, dieta

ABSTRACT

QUIÑONES J, QUISPE S, MANRIQUE M, PAREDES E. 2021. Diet of the green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* (Boucort, 1868) in the Virrilá estuary, Sechura-Peru (2013-2018). *Bol Inst Mar Peru*. 36(1): 85-105.- From 2013 to 2018, we studied the feeding habits of the green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* (Boucort, 1868) in the Virrilá estuary, Sechura. The esophageal lavage technique was practiced on 119 live specimens. Most of the specimens analyzed were sub-adults (61.9%), followed by juveniles (29.2%), and adults (8.8%). The turtles were omnivorous but with a high predominance of vegetable matter consumption. A total of 47 food items were identified, clustered in nine phyla, with green algae *Ulva* sp. and *Caulerpa filiformis* being the main items with (Ai = 18%; Ip = 57%) and (Ai = 11%; Ip = 22%) respectively, followed by seagrass *Ruppia maritima* (Ai = 11%; Ip = 13%), and cnidarian remains such as anemones *Actinia* Sp (Ai = 4%; Ip = 0.3%). There was a noticeable seasonality in prey consumption. In summer-autumn *C. filiformis* (Ip = 78.4%) was consumed (Ip = 78.4%), in winter-spring, *Ulva* sp. (Ip = 52.3%) and *R. maritima* (Ip = 39.9%) were the most consumed; we also found plastic fragments (24%). The Virrilá estuary is an important feeding area for green sea turtles at mid ontogenetic stages of development, with a predominance of sub-adults, which makes it a priority area for the conservation of this endangered species.

KEYWORDS: *Chelonia mydas agassizii*, green sea turtle, Virrilá estuary, diet

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas habitan en todas las cuencas oceánicas del mundo, incluso se tiene conocimiento que la tortuga laúd incursiona en aguas polares, con excepción de la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) y aplanada (*Natator depressus*), el resto de especies son cosmopolitas en su distribución (MEYLAN & MEYLAN, 2000). Estos quelonios pasan años madurando en zonas costeras luego de estar los primeros años de su vida en zonas oceánicas durante los “años perdidos” (LUSCHI *et al.*, 2003).

1. INTRODUCTION

Sea turtles inhabit all of the world's ocean basins, including the leatherback sea turtle, which is known to venture into polar waters, except for the Atlantic Ridley (*Lepidochelys kempii*) and the flatback sea turtle (*Natator depressus*), the remaining species are cosmopolitan in their distribution (MEYLAN & MEYLAN, 2000). These chelonians spend years maturing in coastal areas after spending the first years of their lives in oceanic areas during the “lost years” (LUSCHI *et al.*, 2003).

1 IMARPE, Oficina de Investigaciones en Depredadores Superiores, Gral. Gamarra y Valle S/N Chucuito, Callao. jquinones@imarpe.gob.pe

2 IMARPE, Laboratorio Costero de Pisco, Av. Los Libertadores A-12, Urb. El Golf, Paracas, Ica, Perú

3 Ghent University, Marine Biology Research Group, Marine Training Platform, Krijgslaan 281/ S8, 9000 Ghent, Belgium

En el Pacífico este una de las tortugas más abundantes es la tortuga verde (*Chelonia mydas agassizii*), cuyas principales zonas de reproducción están en las islas Galápagos, Ecuador (GREEN, 1984; SEMINOFF, 2004), Michoacán, México (ALVARADO-DIAZ *et al.*, 2001), Nor Oeste de Costa Rica (BLANCO *et al.*, 2012; SANTIDRIAN – TOMILLO *et al.*, 2015) e islas Revillagigedo, México (HOLROYD & TREFRY, 2010). Posteriormente ya como juvenil esta especie se recluta en zonas costeras en el Pacífico este, que son importantes áreas de alimentación para la especie (DE PAZ *et al.*, 2007; VELEZ-ZUAZO *et al.*, 2014).

En Perú, se reportan cinco de las siete especies de tortugas marinas existentes en el mundo, la tortuga verde del Pacífico Este (*Chelonia mydas agassizii*), la laúd o dorso de cuero (*Dermochelys coriacea*), tortuga golfina o pico de loro (*Lepidochelys olivacea*), tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y la tortuga cabezona o amarilla (*Caretta caretta*) (ARANDA y CHANDLER, 1989; ALFARO-SHIGUETO *et al.*, 2004; IMARPE, 2011).

Las especies más comunes son la tortuga verde y la tortuga golfina (SANTILLÁN, 2008). De éstas, la tortuga verde del Pacífico este se encuentra clasificada “En Peligro” según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la legislación peruana (D.S. N° 004-2014-MINAGRI). Además, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) la sitúa en el Apéndice I, prohibiendo su comercialización y la Comisión para la Conservación de Especies Migratorias (CMS) la clasifica también en el Apéndice I.

Las principales amenazas están asociadas a la pérdida y degradación de hábitat, pesca incidental, sobreexplotación para consumo humano, enfermedades y colisiones con embarcaciones (SEMINOFF, 2004; VELEZ-ZUAZO *et al.*, 2014). Todas las especies de tortugas que se registran en nuestras costas están protegidas por la R.M. N° 103-95-PE y D.S. N° 004-2014-MINAGRI.

El Pacífico sureste sostiene gran agregación de tortugas verdes (ALFARO-SHIGUETO *et al.*, 2011) reclutadas de diferentes áreas de anidamiento de la región ecuatorial. En Perú esta especie se encuentra en varias zonas de alimentación a lo largo de la costa como la bahía de Paracas, Pisco y San Andrés (~13°45'S), Tambo de Mora (~13,3°S) (HAYS-BROWN & BROWN, 1982; ARANDA y CHANDLER, 1989; DE PAZ *et al.*, 2002; QUIÑONES *et al.*, 2017), isla Lobos de Tierra (~6,5°S) (QUIÑONES *et al.*, 2015), bahía de Sechura (~5,7°S) (CÁCERES *et al.*, 2013; SANTILLÁN, 2008; JIMÉNEZ *et al.*, 2017), Casitas y Punta Restin (~4,5°S) y varias zonas

In the eastern Pacific, the green sea turtle (*Chelonia mydas agassizii*) is one of the most abundant turtles, whose main reproductive areas are in the Galapagos Islands, Ecuador (GREEN, 1984; SEMINOFF, 2004), Michoacán, México (ALVARADO-DIAZ *et al.*, 2001), northwestern Costa Rica (BLANCO *et al.*, 2012; SANTIDRIAN – TOMILLO *et al.*, 2015), and Revillagigedo Islands, Mexico (HOLROYD & TREFRY, 2010). Then, as a juvenile, this species is recruited in coastal areas in the eastern Pacific, which are important feeding areas for the species (DE PAZ *et al.*, 2007; VELEZ-ZUAZO *et al.*, 2014).

Five of the seven species of sea turtles in the world are reported in Peru: the green sea turtle (*Chelonia mydas agassizii*), the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*), olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*), hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*), and the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) (ARANDA & CHANDLER, 1989; ALFARO-SHIGUETO *et al.*, 2004; IMARPE, 2011).

Green sea turtles and olive ridley sea turtles are the most common species (SANTILLÁN, 2008). The green sea turtle is classified as “Endangered” according to the International Union for Conservation of Nature (IUCN) red list and Peruvian legislation (D.S. N° 004-2014-MINAGRI). In addition, the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) places it in Appendix I, prohibiting its commercialization, and the Commission for the Conservation of Migratory Species (CMS) also classifies it in Appendix I.

The main threats are associated with habitat loss and degradation, bycatch, overexploitation for human consumption, diseases, and collisions with vessels (SEMINOFF, 2004; VELEZ-ZUAZO *et al.*, 2014). All turtle species recorded on our coasts are protected by R.M. N° 103-95-PE and D.S. N° 004-2014-MINAGRI.

The southeastern Pacific supports a large aggregation of green sea turtles (ALFARO-SHIGUETO *et al.*, 2011) recruited from different nesting areas in the equatorial region. In Peru, we found this species in several feeding areas along the coast such as Paracas Bay, Pisco, and San Andrés (~13°45'S), Tambo de Mora (~13.3°S) (HAYS-BROWN & BROWN, 1982; ARANDA & CHANDLER, 1989; DE PAZ *et al.*, 2002; QUIÑONES *et al.*, 2017), Lobos de Tierra Island (~6,5°S) (QUIÑONES *et al.*, 2015), Sechura Bay (~5,7°S) (CÁCERES *et al.*, 2013; SANTILLÁN, 2008; JIMÉNEZ *et al.*, 2017), Casitas and Punta Restin (~4,5°S), and

en Tumbes (Punta Sal, Punta Mero, Bocapán, Puerto Pizarro) (~3,5-4°S) (ROSALES *et al.*, 2010).

La dieta de esta especie está directamente relacionada con su buen crecimiento y reproducción (CARR & CARR, 1970; HADJICHRISTOPHOROU & GROVE, 1983) y se sabe que la utilización de los recursos cambia según disponibilidad de los mismos (BJORNDAL, 1980; ROSS, 1985). Modelos de optimización de forrajeo indican que los animales van a seleccionar recursos de alta calidad sobre otros de baja calidad (KREBS & DAVIES, 1993); BJORNDAL (1980) afirma que las tortugas verdes muestran habilidad para seleccionar los ítems alimentarios más nutritivos. Sin embargo, la selectividad de presas puede variar de acuerdo a la oferta alimenticia y los consumidores tienen que adaptarse al cambio, lo que puede ser un proceso largo y no siempre exitoso (BJORNDAL, 1997; MAYR, 1970).

Los estudios de dieta de tortugas marinas permiten investigar su ecología trófica y fisiología (SANTILLÁN, 2008), los que pueden ayudar a comprender la utilización del hábitat, fisiología digestiva, factores energéticos, contaminantes presentes en la dieta, endoparásitos y la salud de esos animales (FORBES, 2000).

VELEZ-ZUAZO *et al.* (2014) observaron en la bahía de Paracas (13°45'S), costa centro - sur del Perú, que la tortuga verde almacena energía en forma de grasa mientras se alimenta, posteriormente se desplaza hacia el norte, donde alcanza la madurez sexual quedando apta para reproducirse. El estuario de Virrilá, provincia de Sechura, Región Piura (05°48'S, 80°51'W), es una de las zonas más importantes en el norte del Perú donde la especie continúa las fases finales de su desarrollo antes de reproducirse. En este estuario se han registrado constantes agregaciones hasta 20 km tierra adentro (PAREDES y QUIÑONES, 2016; PAREDES-CORAL, 2017).

Los estudios de ecología trófica de tortugas marinas en áreas de alimentación se realizan en base a estudios de hábitat (BRAND-GARDNER *et al.*, 1999; LAL *et al.*, 2010), telemetría acústica (SEMINOFF *et al.*, 2002), análisis de isótopos estables (SEMINOFF *et al.*, 2006; LEMONS *et al.*, 2011) y análisis de la dieta (AMOROCHO y REINA, 2007). El análisis de la dieta se efectúa mediante lavados esofágicos, que son simples, confiables, económicos y ha sido usado exitosamente en ejemplares vivos sin perjuicio de ellos (CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010).

En el marco del proyecto "Ocurrencia de tortugas marinas y Ecología alimentaria en Piura" del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), se llevaron

several areas in Tumbes (Punta Sal, Punta Mero, Bocapán, Puerto Pizarro) (~3,5-4°S) (ROSALES *et al.*, 2010).

The species diet is directly related to its good growth and reproduction (CARR & CARR, 1970; HADJICHRISTOPHOROU & GROVE, 1983) and we know that resource utilization changes according to resource availability (BJORNDAL, 1980; ROSS, 1985). Models of foraging optimization indicate that animals will select high-quality resources over low-quality ones (KREBS & DAVIES, 1993). BJORNDAL (1980) states that green sea turtles show the ability to select the most nutritious food items. However, prey selectivity may vary according to food supply and consumers have to adapt to change, which can be a long and not always successful process (BJORNDAL, 1997; MAYR, 1970).

Studies on sea turtle diet allow us to research their trophic ecology and physiology (SANTILLÁN, 2008), which can help us understand habitat utilization, digestive physiology, energetic factors, dietary pollutants, endoparasites, and the health of these animals (FORBES, 2000).

VELEZ-ZUAZO *et al.* (2014) observed in Paracas Bay (13°45'S), central-southern coast of Peru, that green sea turtles store energy in the form of fat while feeding, then move northward, where they reach sexual maturity and are ready to reproduce. The Virrilá estuary, province of Sechura, Piura Region (05°48'S, 80°51'W), is one of the most important areas in northern Peru where the species continues the final stages of its development before reproducing. In this estuary, constant aggregations have been recorded up to 20 km inland (PAREDES & QUIÑONES, 2016; PAREDES-CORAL, 2017).

Trophic ecology studies of sea turtles in feeding areas are performed based on habitat studies (BRAND-GARDNER *et al.*, 1999; LAL *et al.*, 2010), acoustic telemetry (SEMINOFF *et al.*, 2002), stable isotope analysis (SEMINOFF *et al.*, 2006; LEMONS *et al.*, 2011), and dietary analysis (AMOROCHO & REINA, 2007). Dietary analysis is performed by esophageal lavage, which is simple, reliable, inexpensive, harmless, and has been successfully used in live specimens (CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010).

As part of the project "Occurrence of sea turtles and Food Ecology in Piura" of the Instituto del Mar del Perú (IMARPE), several aquatic surveys were carried out to catch sea turtles in the Virrilá estuary between 2013-2018. The estuary is an

a cabo varias prospecciones acuáticas para realizar capturas de tortugas marinas en el estuario de Virrilá en el periodo 2013 – 2018. El estuario constituye un Área de Conservación Ambiental (ACA), fue creado el 24 de octubre del 2019 con la Ordenanza Regional N° 445-2019-CR/GOB.REG.PIURA.

A pesar de haberse realizado estudios puntuales sobre la dieta de la tortuga verde en el Perú, en su mayoría fueron realizados con ejemplares muertos o esporádicamente en pocos ejemplares vivos, lo cual podría no reflejar la dieta de organismos saludables y no permitiría evaluar su variación en el tiempo.

Este estudio se realizó del 2013 al 2018 analizando la dieta de individuos vivos en su medio silvestre, que permitirá reflejar aspectos de su ecología alimentaria. En el presente trabajo se presenta información sobre la ecología alimentaria de *Chelonia mydas agassizii*, destacando sus componentes alimentarios, estrategia de alimentación, alimentos preponderantes en la dieta y su variabilidad estacional.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Estuario de Virrilá, provincia de Sechura, Región Piura se origina en la confluencia de dos ramales alimentados por la laguna La Niña, conocida como divisoria (05°46'S; 80°52'W), donde nace la parte interna del estuario y se ubica a más de 20 km tierra adentro en medio del desierto de Sechura, que se caracteriza por el árbol de algarrobo (*Prosopis pallida*) y los árboles achaparrados como el sapote (*Capparis scabrida*) y el vichayo (*Capparis crotonoides*), dentro de la fauna, el zorro de Sechura (*Pseudalopex sechurae*) (GÁLVEZ *et al.*, 2006). Este ecosistema desemboca en la bahía de Sechura en el puerto de Parachique (05°46'S; 80°52'W).

El estuario presenta profundidad variable, de 1,5 m a 6 m, la zona donde se realizaron las capturas de ejemplares vivos fue en la isla (05°49'S; 80°51'W) ubicada al norte del puente Virrilá (Fig. 1). A cinco metros de profundidad se tendió la red de enmalle para la captura de los ejemplares de tortuga verde.

Capturas y obtención de muestras

Se utilizó una red agallera cortinera de 180 m de longitud, el tamaño de malla fue 60-65 cm, medida usada en Pisco para capturar tortugas. Las redes trabajaron de manera pelágica en la columna de agua. La operación de pesca consiste en tender la red atravesando el curso del estuario de oeste a este, con una balsilla el pescador va desenredando las tortugas amalladas en la red y las transporta a la orilla.

Environmental Conservation Area (ECA), which was created on October 24, 2019, with the Regional Ordinance N° 445-2019-CR/GOB.REG.PIURA.

Although specific studies on the diet of green sea turtles in Peru have been carried out, most of them were conducted on dead specimens or sporadically on a few live specimens, which may not reflect the diet of healthy organisms and would not allow us to evaluate its variation over time.

This study was conducted from 2013 to 2018. We analyzed the diet of live individuals in the wild, which will allow us to reflect on aspects of their feeding ecology. This paper provides information on the feeding ecology of *Chelonia mydas agassizii*, including its dietary components, feeding strategy, predominant foods in the diet, and its seasonal variability.

2. MATERIAL Y METHODS

Study area

The Virrilá Estuary, province of Sechura, Piura Region, has its origin at the confluence of two branches fed by the La Niña Lagoon, known as the divisoria (05°46'S; 80°52'W), where the inner part of the estuary originates and is located more than 20 km inland in the middle of the Sechura desert, which is characterized by the American carob (*Prosopis pallida*) and stunted trees such as the caper bushes *Capparis scabrida* and *Capparis crotonoides*. Among the fauna, we found the Sechuran fox (*Pseudalopex sechurae*) (GÁLVEZ *et al.*, 2006). This ecosystem flows into Sechura Bay at the port of Parachique (05°46'S; 80°52'W).

The depth of the estuary varies from 1.5 m to 6 m. The area where the live specimens were caught was the island (05°49'S; 80°51'W) located to the north of the Virrilá bridge (Fig. 1). The gill net was set at a depth of five meters to catch the green sea turtle specimens.

Catches and sample collection

A 180 m long curtain net was used. The mesh size was 60-65 cm, which is the size used in Pisco to catch turtles. The nets worked pelagically in the water column. The fishing operation consists of setting the net across the course of the estuary from west to east, with a raft, the fisherman untangles the turtles in the net and transports them to the shore.



Figura 1.- Estuario de Virrilá, provincia de Sechura, se localiza la isla principal donde se realizaron las capturas y análisis de dieta de las tortugas verdes del Pacífico Este (*Chelonia mydas agassizii*). 2013 – 2018

Figure 1. Virrilá Estuary, province of Sechura, is located on the main island where the catches and dietary analysis of the green sea turtles were carried out (*Chelonia mydas agassizii*). 2013 – 2018

Se colocaron toallas húmedas sobre el animal para evitar su deshidratación; se realizaron medidas biométricas como Longitud Curva del Caparazón (LCC). Siguiendo la metodología de ZÁRATE *et al.* (2013), los individuos con tamaño mínimo de hembras anidantes (<69 cm LCC) son clasificados como juveniles; con tallas entre el mínimo y el tamaño medio (≥ 69 y ≤ 85 cm LCC) como subadultos y, ejemplares con LCC mayor que la media (>85 cm LCC) como adultos.

Si las condiciones del animal (Índice de Condición Corporal) fueron adecuadas y el animal pesó más de 35 kg, se realizó la extracción del contenido esofágico con una bomba de agua manual, siguiendo la técnica y protocolo de FORBES & LIMPUS (1993), la que fue practicada inmediatamente después de la captura del ejemplar.

Las muestras obtenidas se fijaron en formol al 10% y fueron colocadas en frascos plásticos para ser almacenadas en un ambiente oscuro a fin de evitar la decoloración.

Identificación de las presas en la dieta

Para identificar los ítems alimentarios se utilizó un microscopio estereoscópico. La identificación de algas se efectuó consultando el trabajo de ACLETO (1986) en el caso de algas deterioradas se realizaron cortes histológicos. Para identificar invertebrados se revisó

Wet towels were placed over the animal to avoid dehydration; biometric measurements such as curved carapace length (CCL) were taken. Based on the methodology developed by ZÁRATE *et al.* (2013), individuals with a minimum size of nesting females (<69 cm CCL) are classified as juveniles; those with sizes between the minimum and the mean size (≥ 69 and ≤ 85 cm CCL) as sub-adults, and specimens with CCL greater than the mean (>85 cm CCL) as adults.

If the animal's condition (Body Condition Index) was adequate and the animal weighed more than 35 kg, the esophageal contents were extracted with a manual water pump, following the technique and protocol of FORBES & LIMPUS (1993), which was performed immediately after the catching of the individual.

The samples obtained were fixed in 10% formalin and placed in plastic bottles to be stored in a dark environment to avoid discoloration.

Prey identification in the diet

We used a stereoscopic microscope to identify food items. ACLETO (1986) was used to identify algae and histological sections were made in the case of deteriorated algae. To identify invertebrates, the works of ALAMO & VALDIVIESO (1997), MORANDINI

los trabajos de ALAMO y VALDIVIESO (1997), MORANDINI y MARQUES (2010) y SANAMYAN *et al.* (2004). El nivel taxonómico de cada ítem estuvo condicionado por el grado de digestión que presentó la muestra.

Las muestras fueron ordenadas en ítems alimentarios y utilizando el método gravimétrico se pesaron por separado obteniendo el peso seco, para lo cual las muestras se mantuvieron a 70 °C en una estufa de vacío ($P = 0,05$ bar) (PAREDES, 2015), luego se pesaron en balanza analítica con aproximación de tres dígitos decimales.

Análisis de la composición de la dieta

Para el cálculo de la Frecuencia de Ocurrencia, se empleó una modificación del método tradicional de COSTELLO (1990) que permite una visualización bidimensional de la abundancia de presas y la frecuencia de ocurrencia (F_i) (AMUNDSEN *et al.*, 1996; DEUS & PETRERE-JUNIOR, 2003), se utilizó la siguiente fórmula:

$$F_i = (N_i/N) \times 100$$

Donde F_i es la frecuencia de ocurrencia, N_i es el número de ejemplares con la presa i en la muestra de lavado, N es el número total de ejemplares con contenido en la muestra de lavado.

El porcentaje del contenido total de un ítem alimentario en una muestra fue definido como abundancia relativa por Costello. El cual podría expresarse en volumen o peso. Amundsen presenta una variación en el análisis, en el cual la "abundancia específica de la presa" (P_i), toma en cuenta sólo a las muestras que realmente contengan un determinado ítem alimentario, de la siguiente manera:

$$P_i = (\Sigma S_i / \Sigma S_{Ti}) \times 100$$

Donde P_i es la Abundancia Específica de la presa i ; S_i es el contenido de la muestra con la presa i , y S_{Ti} es el contenido total de las muestras que sólo contienen específicamente la presa i .

Al graficar la frecuencia de ocurrencia contra la abundancia específica de la presa se obtiene el gráfico de dispersión bidimensional "estrategia de alimentación".

El producto $F_i \times P_i$ representa la abundancia media de cada tipo de ítem alimentario (A_i), de la siguiente manera:

$$A_i = F_i \times P_i$$

& MARQUES (2010), and SANAMYAN *et al.* (2004) were reviewed. The taxonomic level of each item was conditioned by the degree of digestion of the sample.

The samples were sorted into food items and, using the gravimetric method, they were weighed separately obtaining the dry weight, for which the samples were kept at 70 °C in a vacuum oven ($P = 0.05$ bar) (PAREDES, 2015). Then, they were weighed in the analytical balance with a three decimal digit approximation.

Dietary composition analysis

We used a modification of the traditional method of COSTELLO (1990) to estimate the Frequency of Occurrence, which allows a two-dimensional visualization of prey abundance and frequency of occurrence (F_i) (AMUNDSEN *et al.*, 1996; DEUS & PETRERE-JUNIOR, 2003). The following formula was used:

$$F_i = (N_i/N) \times 100$$

Where F_i is the frequency of occurrence, N_i is the number of specimens with prey i in the washed sample, N is the total number of specimens with content in the washed sample.

Costello defined the percentage of the total content of a food item in a sample as relative abundance. It could be expressed in volume or weight. Amundsen presents a variation in the analysis, in which the "prey-specific abundance" (P_i) only considers samples that contain a given food item, as follows:

$$P_i = (\Sigma S_i / \Sigma S_{Ti}) \times 100$$

Where P_i is the Specific Abundance of prey i ; S_i is the content of the sample with prey i , and S_{Ti} is the total content of the samples containing only prey i specifically.

When plotting the frequency of occurrence versus the specific abundance of the prey, we obtain the two-dimensional scatter plot "feeding strategy".

The product $F_i \times P_i$ represents the mean abundance of each type of food item (A_i), as follows:

$$A_i = F_i \times P_i$$

Donde A_i es la Abundancia Media de la Presa i ; F_i es la Frecuencia de Ocurrencia de la Presa i ; P_i es la Abundancia Específica del ítem alimentario i (AMUNDSEN *et al.*, 1996).

Índice de preponderancia

Este índice ($\%Ip$) emplea la frecuencia de ocurrencia y el peso en conjunto, permitiendo estudiar las preferencias alimentarias, además ofrece ventajas cuando se clasifican los ítems alimentarios, sobre todo cuando se investigan especies de mar abierto donde los animales tienen acceso a diverso tipo de presa (NATARAJAN & JHINGRAN, 1961). La estimación de ocurrencia da una idea general de los principales ítems alimentarios consumidos, pero como no se rige por la cantidad, número o tamaño de las presas su utilidad es limitada.

Se calculó la Frecuencia de Ocurrencia Corregida ($\%Fc$) de acuerdo con ROSECCHI y NOUAZE (1987) usando la siguiente fórmula:

$$\% Fc = F_i / \Sigma F_i \times 100$$

Donde F_i es el número total ocurrencias de un ítem i y ΣF_i es la suma de las ocurrencias de todos los ítems consumidos

La Frecuencia de Peso ($\%W$) se calculó de acuerdo con HYSLOP (1980) usando la fórmula:

$$\%W = W_i \times 100 / W_t$$

Donde W_i es el peso total de un ítem i y W_t es el peso total de todos los ítems.

Finalmente se obtuvo el Índice de Preponderancia ($\%Ip$), usando la siguiente fórmula:

$$\%Ip = \frac{\%Fc \times \%W}{\Sigma(\%Fc \times \%W)} \times 100$$

Para el cálculo de este índice se excluyeron los elementos abióticos consumidos de manera incidental como plástico, arena, grava o piedritas, etc.

Diagrama de estrategia de alimentación

PAREDES (2015) basándose en AMUNDSEN *et al.* (1966) indica que "El porcentaje de abundancia aumenta a lo largo de la diagonal desde la parte inferior izquierda a la esquina superior derecha y se representa como isolíneas (Fig. 2a). De esta forma, proporciona una medida de la importancia de la presa, con la presa dominante en la parte superior, y la presa rara o poco importante en el extremo inferior. Se debe hacer hincapié en que la importancia de la presa (o abundancia)

Where A_i is the Mean Abundance of Prey i ; F_i is the Frequency of Occurrence of Prey i ; P_i is the Specific Abundance of food item i (AMUNDSEN *et al.*, 1996).

Index of preponderance

This index ($\%Ip$) uses the frequency of occurrence and weight together, allowing the study of food preferences, and offers advantages when classifying food items, especially when investigating open sea species where animals have access to different types of prey (NATARAJAN & JHINGRAN, 1961). Occurrence estimation gives a general idea of the main food items consumed, but as it is not governed by the quantity, number, or size of prey, its usefulness is limited.

The Corrected Frequency of Occurrence ($\%Fc$) was estimated according to ROSECCHI & NOUAZE (1987) using the following formula:

$$\% Fc = F_i / \Sigma F_i \times 100$$

Where F_i is the total number of occurrences of item i and ΣF_i is the sum of the occurrences of all consumed items.

The weight frequency ($\%W$) was estimated according to HYSLOP (1980) using the formula:

$$\%W = W_i \times 100 / W_t$$

Where W_i is the total weight of item i and W_t is the total weight of all items.

Finally, the Index of Preponderance ($\%Ip$) was obtained, using the following formula:

$$\%Ip = \frac{\%Fc \times \%W}{\Sigma(\%Fc \times \%W)} \times 100$$

In calculating this index, we excluded abiotic elements consumed incidentally such as plastic, sand, gravel, or pebbles, etc.

Feeding strategy diagram

PAREDES (2015) based on AMUNDSEN *et al.* (1966) indicates that "Percent abundance increases along the diagonal from the lower left to the upper right corner and is plotted as isolines (Fig. 2a). Thus, it provides a measure of prey importance, with dominant prey at the top, and rare or unimportant prey at the lower end. It should be emphasized that prey importance (or abundance) is not represented by

no está representada por un aumento lineal a lo largo de la diagonal, sino más bien como una función de la abundancia específica de la presa y la frecuencia de ocurrencia. El eje vertical representa la estrategia de alimentación del depredador en términos de especialización o generalización. Los predadores se han especializado en la presa situada en la parte superior del gráfico mientras que las presas situadas en la parte inferior se han consumido ocasionalmente (Fig. 2a). Los puntos (presas) situados en la parte superior izquierda del diagrama serían indicativos de especialización por los predadores a nivel individual y los de la parte superior derecha representaría una especialización de los predadores a nivel de población. Las presas con alta abundancia específica y baja incidencia (superior izquierda) se consumieron por unos pocos individuos que muestran especialización, mientras que las presas con abundancia baja y alta incidencia (inferior derecha) fueron consumidos ocasionalmente por la mayoría de los individuos (Fig. 2b)''.

a linear increase along the diagonal, but rather as a function of prey-specific abundance and frequency of occurrence. The vertical axis represents the predator's feeding strategy in terms of specialization or generalization. Predators have specialized on the prey located at the top of the graph while the prey located at the bottom have been consumed occasionally (Fig. 2a). The points (prey) located in the upper left part of the diagram would be indicative of specialization by predators at the individual level and those in the upper right part would represent a specialization of predators at the population level. Prey items with high species abundance and low incidence (upper left) were consumed by a few individuals showing specialization, whereas prey items with low abundance and high incidence (lower right) were occasionally consumed by most individuals (Fig. 2b)''.

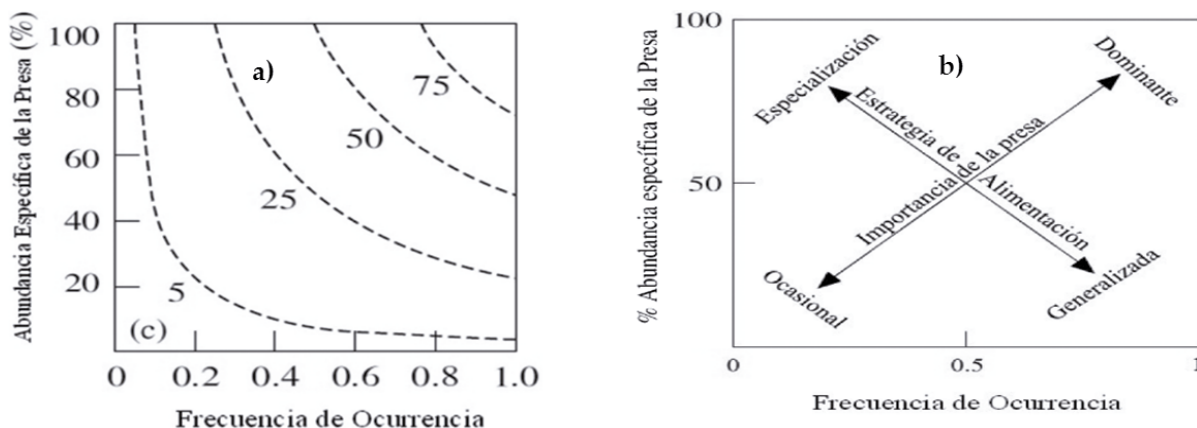


Figura 2.- Diagrama de Estrategia de alimentación. Abundancia Especifica de la Presa y la Frecuencia de Ocurrencia en la dieta del predador. (a) Isolíneas representando diferentes valores de abundancia de presas, (b) interpretación de la Estrategia de Alimentación e Importancia de las presas. AMUNDSEN *et al.* (1996)

Figure 2. Feeding Strategy Diagram. Specific Prey Abundance and Frequency of Occurrence in the predator's diet. (a) Isolines representing different values of prey abundance, (b) interpretation of feeding strategy and prey importance. AMUNDSEN *et al.* (1996)

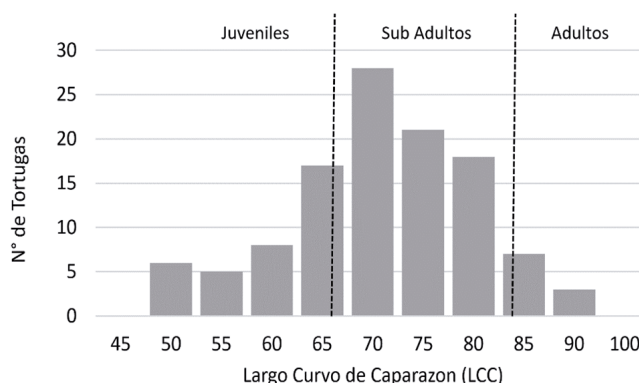


Figura 3.- Distribución de la estructura de tallas (LCC) de tortuga verde del Pacífico Este en el estuario de Virrilá, Sechura. 2013 – 2018

Figure 3. Size structure distribution (CCL) of green sea turtles in the Virrilá estuary, Sechura (2013 - 2018)

3. RESULTADOS

La estructura de talla de la tortuga verde a las que se les realizó el lavado esofágico estuvo compuesta por sub adultos (61,9%, n=70), juveniles (29,2%, n=33) y adultos (10%, n=10) (Fig. 3). Se recolectaron 119 muestras de lavado esofágico del mismo número de tortugas vivas capturadas en el estuario de Virrilá, durante los años 2013 al 2018.

Se determinaron 47 ítems alimentarios agrupados en materia animal y vegetal. De todos los ítems, los que presentaron mayor abundancia (*Ai*) y mayor índice de preponderancia (*Ip*) fueron las algas Chlorophytas, como *Ulva* sp. (*Ai* = 18,20%; *Ip* = 57,40%) y *Caulerpa filiformes* (*Ai* = 11,09%; *Ip* = 22,72%) y las plantas Tracheophytas como el pasto marino *Ruppia maritima* (*Ai* = 10,71%; *Ip* = 13,04) (Tablas 1, 2). Sin embargo, durante el análisis de la dieta también se encontró fragmentos de conchas, arena, piedra, cera, plástico y pluma de aves.

De acuerdo a los resultados, la tortuga verde presentó hábitos omnívoros, consumiendo principalmente materia vegetal (algas verdes *Ulva* sp. y *Caulerpa filiformis*), seguido de pastos marinos (*Ruppia maritima*), también se registró la ingesta de materia animal, representada por el pez liza (*Mugil cephalus*) y anemonas de mar (*Actinia* sp.).

3. RESULTS

The size structure of the green sea turtle that underwent esophageal lavage was composed of sub-adults (61.9%, n=70), juveniles (29.2%, n=33), and adults (10%, n=10) (Fig. 3). A total of 119 esophageal lavage samples were collected from the same number of live turtles caught in the Virrilá estuary between 2013 and 2018.

A total of 47 food items were determined, grouped into animal and vegetable matter. Of all the items, those with the highest abundance (*Ai*) and the highest index of preponderance (*Ip*) were Chlorophyta algae, such as *Ulva* sp. (*Ai* = 18.20%; *Ip* = 57.40%) and *Caulerpa filiformes* (*Ai* = 11.09%; *Ip* = 22.72%) and Tracheophyte plants such as the seagrass *Ruppia maritima* (*Ai* = 10.71%; *Ip* = 13.04) (Tables 1, 2). Nevertheless, during the dietary analysis, fragments of shells, sand, stone, wax, plastic, and bird feathers were also found.

According to the results, the green sea turtle was omnivorous, mainly consuming vegetable matter (green algae *Ulva* sp. and *Caulerpa filiformis*), followed by seagrasses (*Ruppia maritima*), and animal matter, represented by the flathead mullet (*Mugil cephalus*) and sea anemones (*Actinia* sp.).

Tabla 1.- Ítems alimentarios agrupados por Phylum de la dieta de la tortuga verde del Pacífico este *Ch. mydas agassizii* capturadas en el estuario de Virrilá (N = 119). %W = porcentaje en peso de la presa; %Ai = porcentaje de la abundancia media de la presa; %Ip = porcentaje del índice de preponderancia

Table 1. Dietary items clustered by Phylum of the green sea turtle *Che. mydas agassizii* diet caught in the Virrilá estuary (N = 119). %W = percentage by weight of prey; %Ai = percentage of mean prey abundance; %Ip = percentage of the index of preponderance

Phylum	%W	%Ai	%Ip
MATERIAL VEGETAL/ VEGETAL MATTER			
Chlorophyta	43,90	29,67	80,13
Tracheophyta	14,32	11,64	14,60
Rhodophyta	1,20	2,86	0,34
MATERIAL ANIMAL/ ANIMAL MATTER			
Arthropoda	0,34	1,08	0,03
Chordata	11,52	3,76	1,57
Molusca	2,43	5,21	1,57
Cnidaria	0,00	0,02	0,00
Anelida	6,78	5,31	0,60
Bryozoa	0,08	0,51	0,00
Material animal semidigerido	1,28	1,88	1,16
CONSUMO INCIDENTAL INCIDENTAL CONSUMPTION			
Conchuela grava/ Fragments of Shell	16,18	25,36	-
Arena/ Sand	0,44	1,50	-
Piedra/ Stone	0,89	1,02	-
Cera/Wax	0,34	0,86	-
Pluma de aves/ Feathers of birds	0,00	0,01	-
Plástico/Plastic	0,28	0,76	-

Tabla 2.- Ítems alimentarios de la dieta de *Chelonia mydas agassizii* capturadas en estuario de Virrilá (N = 119). *Ai* = Abundancia media de la presa; *Ip* = índice de preponderancia

Table 2. Dietary items in the diet of *Chelonia mydas agassizii* caught in the Virrilá estuary (N = 119). *Ai* = mean prey abundance; *Ip* = index of preponderance

Phylum Chlorophyta	%Ai	%Ip	Phylum Chordata	%Ai	%Ip
<i>Caulerpa filiformis</i>	11,09	22,72	Escamas de actinopterygii	1,93	0,83
<i>Ulva</i> sp.	18,20	57,40	Escamas de <i>Mugil cephalus</i>	0,72	0,19
Ulotrachales no det.	0,03	0,00	Otolito Mugilidae	0,05	0,01
<i>Cladophora</i> sp.	0,03	0,01	Otolito Sciaenidae	0,33	0,04
Tracheophyta			<i>Paralabrax</i> sp.	0,73	0,51
Poaceae no det.	0,95	1,56	Molusca		
<i>Ruppia maritima</i>	10,71	13,04	Bivalvia no det.	5,17	1,57
Rhodophyta			<i>Nassarius</i> sp.	0,03	0,00
Ceramiales 1	0,04	0,01	Lasaeidae no det.	0,00	0,00
Ceramiales 2	0,12	0,00	Anelida		
Gigartinales no det.	0,56	0,18	Hesionidae no det.	0,01	0,00
<i>Rhodymenia</i> sp.	2,09	0,13	Glyceridae no det.	0,00	0,00
Halymeniales no det.	0,01	0,01	Nereididae no det.	0,00	0,00
<i>Polysiphonia</i> sp.	0,05	0,00	Cnidaria		
Arthropoda			Actinaria no det.	4,02	0,27
Anisoptera no det.	0,02	0,00	Campanulariidae no det.	0,01	0,00
Brachycera no det.	0,02	0,00	Discomedusae no det.	0,17	0,01
Formicidae no det.	0,02	0,00	Hydrozoa no det.	0,09	0,01
Lysianassida no det.	0,01	0,00	<i>Chrysaora plocamia</i>	0,83	0,29
Hemiptera no det.	0,01	0,00	Restos Actinaria	0,22	0,01
<i>Erichthonius</i> sp.	0,00	0,00	Bryozoa		
<i>Balanus laevis</i>	0,00	0,00	<i>Membranipora tuberculata</i>	0,51	0,00
Harpacticoida	0,07	0,00	Bugulidae no det.	0,01	0,00
<i>Ampelisca</i> sp.	0,01	0,00	Material animal semidigerido	1,88	1,16
Brachyura no det.	0,27	0,00			
Cymothoida no det.	0,00	0,03			
Ischyroceridae	0,03	0,00			
<i>Caprella</i> sp.	0,02	0,00			
Restos Arthropoda	0,6	0,00			

Las preferencias alimentarias según el Índice de Preponderancia (%Ip), comprueba que *Chelonia mydas agassizii* presentó un marcado consumo de sus presas, alimentándose principalmente del alga verde *Ulva* sp.

Se encontró fragmentos de plástico en 28 de 119 muestras de lavado esofágico (23,53%).

Estrategia de alimentación

De acuerdo al Diagrama de Estrategias de Alimentación (Fig. 4), se observa que los ítems más importantes en la dieta de la tortuga verde se localizaron a partir de la isolínea 5 en adelante; incluyendo, en orden decreciente, alga verde Chlorophyta *Ulva* sp. (*Ai* = 18,2%), el alga verde *Caulerpa filiformis* (*Ai* = 11,1%), la planta monocotiledonea conocida como pasto marino *Ruppia maritima* (*Ai* = 10,7%).

According to the Index of Preponderance (%Ip), *Chelonia mydas agassizii* showed a noticeable consumption of its prey, feeding mainly on the green algae *Ulva* sp.

We found plastic fragments in 28 of 119 esophageal lavage samples (23.53%).

Feeding strategy

According to the Feeding Strategies Diagram (Fig. 4), it is observed that the most important items in the green sea turtle diet were located from isoline 5 onwards; including, in decreasing order, the green alga Chlorophyta *Ulva* sp. (*Ai* = 18.2%), the green alga *Caulerpa filiformis* (*Ai* = 11.1%), and the monocotyledonous plant known as seagrass *Ruppia maritima* (*Ai* = 10.7%).

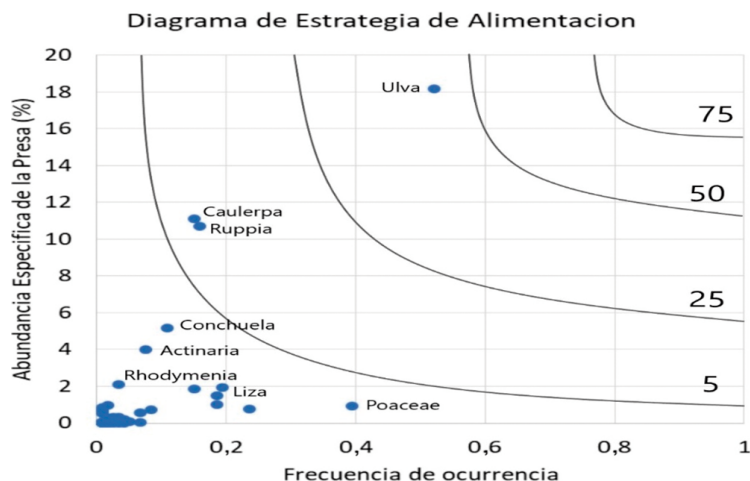


Figura 4.- Diagrama de estrategia de alimentación de las tortugas verdes del Pacífico Este, Estuario de Virrilá, Sechura, Piura

Las isolíneas indican diferentes valores de abundancia (A_i). Los ítems dominantes están ubicados en la parte superior como *Ulva*, *Caulerpa*, *Ruppia*. Los ítems ubicados en la parte inferior izquierda del diagrama fueron consumidos en menores frecuencias y porcentajes (2013 – 2018)

Figure 4. Feeding strategy diagram of the green sea turtles, Virrilá Estuary, Sechura, Piura

The isolines indicate different abundance values (A_i). The dominant items are located in the upper part such as *Ulva*, *Caulerpa*, *Ruppia*. The items located in the lower left part of the diagram were consumed in lower frequencies and percentages (2013 – 2018)

El resto de ítems fueron consumidos en menor frecuencia y abundancia y se ubicaron por debajo de la isolínea 5. Encontrándose valvas de moluscos pelecípodos conocido como conchuela ($A_i = 5,2\%$); restos de anémonas de mar pertenecientes al orden Actinaria ($A_i = 4,0\%$); restos de algas rojas Rhodophytas como *Rhodymenia* sp. ($A_i = 2,1\%$); escamas de lisa (*Mugil cephalus*) ($A_i = 1,9\%$), el cual es un proxy del consumo de este pez, probablemente de manera oportunista al ser esta especie la pesca objetivo de los balsilleros artesanales que pescan en Virrilá.

Adicionalmente se reportaron restos de plantas monocotiledóneas, como las gramíneas de la Familia Poaceae ($A_i = 0,9\%$). También se encontraron otros ítems, pero en menores porcentajes, los cuales están ubicados en el ángulo inferior izquierdo del diagrama de estrategias de alimentación.

Preponderancia alimentaria y variabilidad estacional

El promedio de temperatura superficial del mar (TSM) durante el periodo de estudio (2013 – 2018) para la zona de captura de tortugas verdes en el estuario de Virrilá fue $24,8 \pm 3,4$ °C (rango: 17,2 – 32,3 °C, $n = 65$).

Durante el verano-otoño la temperatura media fue $27,7 \pm 2,5$ °C (rango: 24,3 – 32,3 °C, $n = 25$), la temperatura promedio para invierno-primavera presentaron valores medios de $22,7 \pm 2,6$ °C (rango: 17,2 – 27,7 °C, $n = 40$), al análisis de los dos sets de datos presentaron diferencias significativas en sus valores medios (ANOVA, $F = 0,0001$; $p < 0,0001$).

The remaining items were consumed in lower frequency and abundance and were located below isoline 5. We found the valves of pelecypod mollusks known as broken shell ($A_i = 5.2\%$); remains of sea anemones belonging to the order Actinaria ($A_i = 4.0\%$); remains of red Rhodophyta algae such as *Rhodymenia* sp. ($A_i = 2.1\%$); flathead mullet (*Mugil cephalus*) scales ($A_i = 1.9\%$), which is a proxy for the consumption of this fish, probably in an opportunistic manner as this species is the target species for artisanal fishermen in Virrilá.

Furthermore, the remains of monocotyledonous plants were reported, such as Gramineae belonging to the family Poaceae ($A_i = 0.9\%$). Other items were found, but in smaller percentages, which are located in the lower-left corner of the feeding strategies diagram.

Dietary preponderance and seasonal variability

The mean sea surface temperature (SST) between 2013-2018 in the Virrilá estuary, where green sea turtles were caught, was 24.8 ± 3.4 °C (range: 17.2 – 32.3 °C, $n = 65$).

In summer-autumn, the mean temperature was 27.7 ± 2.5 °C (range: 24.3 – 32.3 °C, $n = 25$). The mean temperature for winter-spring showed mean values of 22.7 ± 2.6 °C (range: 17.2 – 27.7 °C, $n = 40$) and the analysis of the two datasets showed significant differences in their mean values (ANOVA, $F = 0.0001$; $p < 0.0001$).

En la Tabla 3 se presentan los valores del Índice de Preponderancia (%Ip) para los grupos estacionales de verano-otoño e invierno-primavera. Dichos valores permitieron clasificar los ítems principales en la dieta de la tortuga verde.

Plástico y otros ítems artificiales consumidos

El contenido de plástico presentó valores bajos en los índices analizados, sin embargo, la frecuencia de ocurrencia (% FO) fue de porcentajes medios en el estuario de Virrilá (25,5%), lo que significa que es frecuente y consecuentemente podría ser ingerido de manera incidental por las tortugas verdes.

Registramos un ejemplar de tortuga verde con fecaloma, se identificó una muestra cloacal, la mayoría de los ítems (54%) eran picos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), sin embargo, otros 14 ítems inertes, basura marina, se pudieron identificar en grandes cantidades (Figs. 5, 6), la mayoría de estos son productos de desecho. Parece que la tortuga se ha estado alimentando en la base del muelle de desembarco en Parachique, donde casi todos los pescadores arrojan basura al mar.

Table 3 shows the Index of Preponderance (%Ip) values for the summer-autumn and winter-spring seasonal groups. These values allowed us to classify the main items in the green sea turtle diet.

Plastic and other consumed artificial items

The plastic content was low in the indexes analyzed, however, the frequency of occurrence (% FO) was of medium percentages in the Virrilá estuary (25.5%), which means that it is frequent in the environment and consequently could be incidentally ingested by green sea turtles.

We recorded one green sea turtle specimen with fecalith. A cloacal sample was identified, where most of the items (54%) were jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) beaks; however, 14 other inert items, marine debris, could be identified in large quantities (Figs. 5, 6), most of these items are waste products. It appears that the turtle has been feeding at the base of the landing pier at Parachique, and almost all fishermen throw garbage into the sea.

Tabla 3.- Índice de preponderancia (%Ip) para la tortuga verde *Chelonia mydas agassizii* en los grupos estacionales de verano-otoño (I) e invierno-primavera (II) durante el periodo de tiempo 2013 – 2018. Estuario de Virrilá, Sechura, Piura, Perú

Table 3. Index of preponderance (%Ip) for the green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* in the seasonal groups of summer-autumn (I) and winter-spring (II) between 2013-2018. Virrilá Estuary, Sechura, Piura, Peru

Ítem alimentario / Food item		%Ip (I)	%IP (II)
Macroalgas/Macroalgae	Phylum Chlorophyta		
	<i>Caulerpa filiformis</i>	78,4	6,5
	<i>Ulva</i> sp.	14,3	52,3
	Phylum Tracheophytes		
	<i>Ruppia maritima</i>	4,2	39,9
Materia animal / Animal matter	Phylum Chordata		
	<i>Mugil cephalus</i>	2,0	1,2
	Phylum Cnidaria		
	<i>Actinia</i> sp.	1,2	0,2

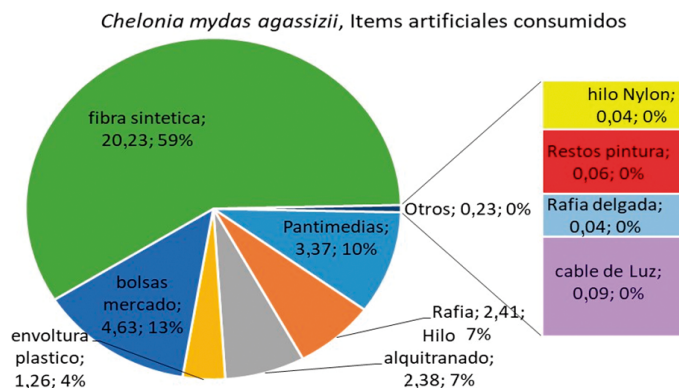


Figura 5.- Contenido estomacal de un ejemplar de tortuga verde del Pacifico Este (*Chelonia mydas agassizii*) donde se puede apreciar los ítems inertes, productos de la basura marina en el estuario de Virrilá

Figure 5. Stomach contents of a green sea turtle (*Chelonia mydas agassizii*) showing the inert items, products of marine debris in the Virrilá estuary



Figura 6.- Fotografías de elementos inertes, como plásticos y sus derivados, producto de la basura marina consumida por un ejemplar de tortuga verde del Pacífico este (*Chelonia mydas agassizii*) en el estuario de Virrilá

Figure 6. Photographs of inert elements, such as plastics and their derivatives, as a product of marine debris consumed by a green sea turtle (*Chelonia mydas agassizii*) individual in the Virrilá estuary

4. DISCUSIÓN

Composición de la dieta y variación estacional

La alta variabilidad en la dieta de la tortuga verde del Pacífico este (*C. m. agassizii*) en el estuario de Virrilá reflejó sus hábitos omnívoros; sin embargo, existió amplia dominancia del consumo de materia vegetal.

Estos resultados se corresponden con el patrón común que se observa en el Pacífico este, donde por décadas se ha señalado que los hábitos alimentarios son principalmente herbívoros para la especie (MORTIMER, 1982; SEMINOFF *et al.*, 2002; CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010). Cabe destacar que más recientemente se ha demostrado que las tortugas verdes consumen importantes porcentajes de materia animal en zonas epipelágicas de la plataforma continental en el Pacífico este (TOMASZEWICZ *et al.*, 2018).

El consumo de materia animal en el Pacífico este pareciera estar más ligado a fases tempranas de su desarrollo ontogénico cuando se encuentran en fase pelágica, adicionalmente BJORN DAL (1997) reportó que las tortugas verdes (*C. m. agassizii*) pueden presentar una dieta más carnívora que las *C. mydas* de otras regiones debido a la escasez de pastos marinos en el Pacífico este, además de la abundante presencia de otras presas tales como peces, huevos de peces, moluscos, crustáceos, poliquetos y medusas (FRITTS, 1981; HAYS-BROWN & BROWN, 1982; QUIÑONES *et al.*, 2010).

4. DISCUSSION

Dietary composition and seasonal variation

The high variability in the green sea turtle (*C. m. agassizii*) diet in the Virrilá estuary indicated that they are omnivorous. Nevertheless, there was a wide dominance of plant matter consumption in their diet.

These results are in line with the common pattern observed in the eastern Pacific, where for decades it has been noted that the species' feeding habits are primarily herbivorous (MORTIMER, 1982; SEMINOFF *et al.*, 2002; CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010). It is noteworthy that more recently it has been shown that green sea turtles consume significant percentages of animal matter in epipelagic zones of the shelf break in the eastern Pacific (TOMASZEWICZ *et al.*, 2018).

In the eastern Pacific, the consumption of animal matter seems to be more linked to the early stages of their ontogenetic development when they are in the pelagic stage. Also, BJORN DAL (1997) reported that green sea turtles (*C. m. agassizii*) may have a more carnivorous diet than *C. mydas* in other regions due to the scarcity of seagrasses in the eastern Pacific, in addition to the abundant presence of other prey such as fish, fish eggs, mollusks, crustaceans, polychaetes, and jellyfish (FRITTS, 1981; HAYS-BROWN & BROWN, 1982; QUIÑONES *et al.*, 2010).

Estos resultados contrastan con los reportados por JIMÉNEZ *et al.* (2017) en la bahía de Sechura, realizados en la caleta Constante que se ubica a 16 km de nuestra zona de muestreo. A pesar de presentar similitudes con este estudio, como la gran abundancia del alga Chlorophyta *Caulerpa filiformis* en el periodo verano – otoño, también se encontraron diferencias, ellos encontraron importantes cantidades de materia animal representada por ovas de calamar (*Dorytheutis gahi*) en verano – otoño ($I_p = 61,2\%$) y en nuestro caso, la materia animal en la parte interna del estuario fue mucho menor, al detectar valores bajos de liza (*Mugil cephalus*) y anémonas (*Actinia* sp.) con valores de I_p de 2,0% y 1,2%, respectivamente.

Es muy probable que las tortugas verdes durante verano – otoño prefieran alimentarse de las ovas de calamar en la bahía de Sechura, debido a su alto contenido proteico, con importantes porcentajes (~90%) de aminoácidos esenciales (VALVERDE *et al.*, 2013).

Adicionalmente, durante este periodo es cuando se producen las mayores intensidades de desove del calamar en la costa peruana (VILLEGAS, 2001); probablemente cuando termina el desove de *D. gahi* en la bahía, las tortugas verdes se estarían desplazando a la parte interna del estuario de Virrilá para, en las estaciones invierno – primavera, alimentarse de una dieta vegetal conformada por el alga Chlorophyta *Ulva* sp. ($I_p = 52,3\%$) y de pasto marino *Ruppia maritima* ($I_p = 39,9\%$). Los pastos marinos son consumidos por *Chelonia mydas* en diversas zonas de alimentación (STOKES *et al.*, 2019).

Sin embargo, esta dieta tiene que ser complementada con materia animal de mayor valor proteico, por lo que se alimenta de liza (*Mugil cephalus*), el cual es muy abundante en aguas internas del estuario, su consumo se facilita porque las tortugas toman ventaja de los ejemplares amallados en las redes de enmalle que emplean los balsilleros locales a lo largo de todo el estuario.

A pesar de que nuestros índices de *M. cephalus* son bajos tanto en verano - otoño ($I_p = 2,0\%$) como en invierno – primavera ($I_p = 1,2\%$), estos porcentajes podrían estar subestimados debido a que, aparentemente, la carne de este pez se digiere rápidamente; sin embargo, se presentó evidencia del consumo de *M. cephalus* por la gran cantidad de escamas y otolitos registrado en gran número de las muestras.

El consumo de *Ulva* sp. tuvo mayor importancia en invierno – primavera ($I_p = 52,3\%$) con respecto a verano – otoño ($I_p = 14,3\%$), este tipo de preferencia de consumo estacional también se dio en la dieta de tortuga verde en la bahía de Paracas (PAREDES, 2015).

These results differ from those reported by JIMÉNEZ *et al.* (2017) in the Sechura Bay, carried out in the Constante cove, which is located 16 km from our sampling area. Despite presenting similarities with this study, such as the high abundance of the Chlorophyta alga *Caulerpa filiformis* in summer-autumn, differences were also found. They found significant amounts of animal matter represented by squid eggs (*Dorytheutis gahi*) in summer-autumn ($I_p = 61.2\%$). In our case, the animal matter in the inner part of the estuary was much lower, detecting low values of flathead mullet (*Mugil cephalus*) and anemones (*Actinia* sp.) with I_p values of 2.0% and 1.2%, respectively.

In summer-autumn, green sea turtles likely prefer to feed on squid eggs in Sechura Bay, due to their high protein content, with important percentages (~90%) of essential amino acids (VALVERDE *et al.*, 2013).

In addition, this is the period when the highest intensities of squid spawning occur on the Peruvian coast (VILLEGAS, 2001). In winter-spring, it is likely that when the *D. gahi* spawning ends in the bay, the green sea turtles would be moving to the inner part of the Virrilá estuary to feed on a vegetable diet made up of the Chlorophyta algae *Ulva* sp. ($I_p = 52.3\%$) and seagrass *Ruppia maritima* ($I_p = 39.9\%$). Seagrasses are consumed by *Chelonia mydas* in different feeding areas (STOKES *et al.*, 2019).

However, this diet has to be complemented with the animal matter of higher protein value, so it feeds on flathead mullet (*Mugil cephalus*), which is very abundant in the inner waters of the estuary. This consumption is facilitated by the turtles taking advantage of the specimens caught in the gillnets used by the local fishermen along the estuary.

Although our *M. cephalus* indexes are low both in summer-autumn ($I_p = 2.0\%$) and winter-spring ($I_p = 1.2\%$), these percentages could be underestimated because the meat of this fish is rapidly digested; yet, there was evidence of *M. cephalus* consumption by a large number of scales and otoliths recorded in a large number of the samples.

The intake of *Ulva* sp. was more important in winter-spring ($I_p = 52.3\%$) than in summer-autumn ($I_p = 14.3\%$), this type of seasonal consumption preference also occurred in the diet of green sea turtles in Paracas Bay (PAREDES, 2015).

Es interesante mencionar que en ambas zonas *Ulva* sp. estuvo presente a lo largo de todo el año sin embargo su biomasa se reduce significativamente durante el verano y otoño según un estudio realizado en las islas Galápagos (VINUEZA *et al.*, 2006).

A pesar de estas reducciones en biomasa, en un estudio realizado en varias zonas de alimentación, también en las islas Galápagos, se registró un alto consumo de *Ulva* sp. tanto en verano como en invierno (CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010).

En el estuario de Virrilá durante verano – otoño el consumo de *Ulva* sp. estaría siendo remplazada por *C. filiformes* que se presentó en estas estaciones en forma abundante ($I_p = 78\%$). Esta dieta podría ser complementada con otra fuente de alimento de origen animal en la bahía de Sechura. Se registró el consumo de restos de anémonas (*Actinia* sp.) sobre todo en verano – otoño ($I_p = 1,2\%$), el consumo de alimentos más nutritivos como anémonas, poliquetos y otros invertebrados sobre otros alimentos de menor aporte energético (algas) ha sido reportado para esta especie (KREBS & DAVIES, 1993) y se sabe que está directamente relacionada con el éxito en el crecimiento y la reproducción (CARR & CARR, 1970; HADJICHRISTOPHOROU & GROVE, 1983).

El consumo de anémonas ha sido reportado en tortugas verdes en Australia (TUCKER & MARK, 2001) y en niveles traza en Hawái (RUSSELL *et al.*, 2011). En Perú, las anémonas del género *Paranthus* fueron ampliamente consumidas por tortugas verdes en la bahía de Paracas principalmente en las estaciones invierno – primavera (PAREDES, 2015; QUIÑONES *et al.*, 2017).

MARIN *et al.* (2008) indican que las anémonas de mar son una presa más valiosa para los predadores como las tortugas marinas en comparación con otros ítems bentónicos que tienen un contenido proteico de menor calidad. Las tortugas en nuestro estudio también consumieron elementos a nivel de trazas (Tabla 1), los cuales estuvieron asociados con el sustrato de las algas consumidas, esto es consistente con otros estudios de dieta realizados en el Pacífico este (SEMINOFF *et al.*, 2002; FUENTES *et al.*, 2006; LÓPEZ-MENDILAHARSU *et al.*, 2008).

En este estudio, los ítems que contribuyeron menos del 1% en la dieta (A_i) fueron considerados como incidentales, conformados por organismos pertenecientes a los Phyla Arthropoda, Anelida, Mollusca y Bryozoa. Sin embargo, muchos de estos ítems, aún en bajas abundancias, podrían contribuir con vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales (BJORNDAL, 1997) proporcionando beneficios nutricionales.

It is also interesting that in both areas *Ulva* sp. occurred throughout the year, but its biomass is significantly reduced in summer and autumn, according to a study conducted in the Galapagos Islands (VINUEZA *et al.*, 2006).

Despite these reductions in biomass, a study conducted in several feeding areas, also in the Galapagos Islands, showed high consumption of *Ulva* sp. in both summer and winter (CARRIÓN-CORTEZ *et al.*, 2010).

In summer-autumn, the consumption of *Ulva* sp. in the Virrilá estuary would be replaced by *C. filiformes*, which was abundant in these seasons ($I_p = 78\%$). This diet could be complemented with another food source of animal origin in Sechura Bay. The intake of anemone remains (*Actinia* sp.) was mainly in summer-autumn ($I_p = 1.2\%$), the consumption of more nutritious foods such as anemones, polychaetes, and other invertebrates over other foods with lower energy intake (algae) has been reported for this species (KREBS & DAVIES, 1993) and it is known to be directly related to growth and reproductive success (CARR & CARR, 1970; HADJICHRISTOPHOROU & GROVE, 1983).

In Australia, the consumption of anemones has been reported in green sea turtles (TUCKER & MARK, 2001) and at trace levels in Hawaii (RUSSELL *et al.*, 2011). In Peru, anemones of the genus *Paranthus* were widely consumed by green sea turtles in Paracas Bay mainly in winter-spring (PAREDES, 2015; QUIÑONES *et al.*, 2017).

MARIN *et al.* (2008) indicate that sea anemones are a more valuable prey item for predators such as sea turtles versus other benthic items that have a lower quality protein content. In our study, turtles also ingested trace elements (Table 1), which were associated with the algal substrate consumed, which is consistent with other dietary studies conducted in the eastern Pacific (Table 2) (SEMINOFF *et al.*, 2002; FUENTES *et al.*, 2006; LÓPEZ-MENDILAHARSU *et al.*, 2008).

In this study, items that contributed less than 1% of the diet (A_i) were considered incidental and were made up of organisms belonging to the Phyla Arthropoda, Annelida, Mollusca, and Bryozoa. However, many of these items, even in low abundances, could provide vitamins, minerals, and essential amino acids (BJORNDAL, 1997) resulting in nutritional benefits.

Consumo de plástico

El porcentaje de plástico ingerido por las tortugas verdes en el estuario de Virrilá presentó valores de frecuencia de ocurrencia moderados ($FO = 23,5\%$) sin embargo en la zona de La Aguada en la bahía de Paracas la incidencia fue mayor ($FO = 45,3\%$), corroborando lo informado por HAYS-BROWN & BROWN (1982), DE PAZ *et al.* (2002) en Pisco y por ALFARO-SHIGUETO *et al.* (2002) en el norte-centro de Perú, donde el 91% de las muestras de dieta presentó desechos plásticos.

Asimismo, SANTILLÁN (2008) identificó incidencia de estos desechos en la bahía de Sechura ($FO = 26,67\%$), específicamente en la caleta Constante (mar abierto), que se encuentra cerca de la zona de muestreo en la parte interna del estuario de Virrilá.

En un trabajo de revisión que consideró las siete especies de tortugas existentes a nivel mundial se corroboró que la ingestión de plástico puede causar bloqueo intestinal y lesiones internas, dilución de la dieta, desnutrición, así como el incremento de mayor flotabilidad que a su vez puede resultar en una pobre condición de salud, bajas tasas de crecimiento y de reproducción, además de la muerte, en muchos casos, en todas las especies de tortugas marinas (NELMS *et al.*, 2016).

Es preocupante el incremento de la ingesta de plásticos por la tortuga verde en el estuario de Virrilá, a pesar que haya sido declarada como un Área de Conservación Ambiental (ACA) aún se esté registrando nivel de contaminación por plásticos los cuales merman la salud y conservación de esta especie considerada "En Peligro" por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Estrategia de alimentación

A pesar de la variedad de ítems alimentarios registrados en la dieta de las tortugas verdes en el estuario de Virrilá, éstas concentraron sus esfuerzos de forrajeo sobre una fracción de las especies. Solo tres especies resultaron ser los componentes predominantes en la dieta. Las algas verdes Chlorophytas *Caulerpa filiformis* y *Ulva* sp. y el pasto marino *Ruppia maritima*.

El consumo de las algas verdes sugiere que las tortugas deciden alimentarse de estos ítems a pesar de una interesante oferta alimentaria de ovas de calamar (*Dorytheutis gahi*) dentro de la bahía de Sechura, lo que indicaría que las algas son consumidas selectivamente debido al alto contenido de nitrógeno y carbohidratos solubles y bajo contenido de fibra (BJORNDALE 1980; BRAND-GARDNER *et al.*, 1999), con el

Plastic consumption

The percentage of plastic ingested by green sea turtles in the Virrilá estuary had a moderate frequency of occurrence values ($FO = 23.5\%$). Nevertheless, in the area of La Aguada in Paracas Bay, the incidence was higher ($FO = 45.3\%$), thus confirming what was reported by HAYS-BROWN & BROWN (1982), DE PAZ *et al.* (2002) in Pisco and by ALFARO-SHIGUETO *et al.* (2002) in north-central Peru, where 91% of the diet samples presented plastic debris.

Likewise, SANTILLÁN (2008) identified the incidence of these wastes in Sechura Bay ($FO = 26.67\%$), specifically in the Constante cove (open sea), which is located near the sampling area in the inner part of the Virrilá estuary.

A review of all seven turtle species worldwide found that intake of plastic can cause intestinal blockage and internal injuries, diet dilution, malnutrition, as well as increased buoyancy which in turn can result in poor health, low growth, and reproductive rates, and death, in many cases, in all sea turtle species (NELMS *et al.*, 2016).

The increase in plastic ingestion by green sea turtles in the Virrilá estuary is a cause for concern, we are still recording levels of plastic pollution that undermine the health and conservation of this species, which is considered "Endangered" by the International Union for Conservation of Nature (IUCN), even though it has been declared an Environmental Conservation Area (ECA).

Feeding strategy

Despite the variety of food items recorded in the green sea turtle diet in the Virrilá estuary. Turtles concentrated their foraging efforts on a fraction of species. Only three species were found to be the predominant components of the diet, the green algae *Caulerpa filiformis* and *Ulva* sp. and the seagrass *Ruppia maritima*.

The intake of green algae suggests that turtles choose to feed on these items despite an interesting food supply of squid eggs (*Dorytheutis gahi*) within Sechura Bay, which would indicate that algae are selectively consumed given their high nitrogen and soluble carbohydrate content and low fiber content (BJORNDALE 1980; BRAND-GARDNER *et al.*, 1999), to optimize nutrient and energy consumption, influenced by the availability, digestibility, abundance, and/or levels of detrimental natural

fin de optimizar el consumo de nutrientes y energía, influenciada por la disponibilidad, digestibilidad, abundancia y/o niveles de compuestos químicos naturales perjudiciales (SEMINOFF *et al.*, 2002). Por otro lado, es posible que la ingestión de algas en cantidades significativas se dé sólo cuando los alimentos de origen animal no estén disponibles en niveles suficientes para mantener una adecuada alimentación. Sin embargo, no todas las algas presentes en el medio fueron consumidas.

Se pudo constatar que a pesar de la presencia de algas rojas Rhodophytas como *Rhodymenia* o *Chondracanthus*, fueron consumidas en muy bajas cantidades. Esto además sugiere que algunos ejemplares de tortuga verde no consumen el alimento más fácil de conseguir en las áreas de alimentación en las que habitan, sino que son capaces de identificar y consumir una presa en particular de los recursos disponibles, mostrando estrategia de especialización a nivel individual. Los potenciales impulsores de la especialización en tortugas verdes no son conocidos, pero podría incluir variación en la microflora necesaria para digerir macroalgas versus algas marinas (BJORNDAL *et al.*, 1991, 1997), diferentes abundancias relativas de alimentos, o relativa escasez de recursos y mayor eficiencia debido a especialización en un subconjunto de recursos (BOLNICK *et al.*, 2003; BURKHOLDER *et al.*, 2011).

Los pastos marinos son una de las principales fuentes de alimentación de las tortugas marinas, de los que pueden llegar a consumir grandes cantidades, este tipo de dieta se da principalmente en zonas tropicales como el mar Caribe, donde el consumo intensivo de *C. mydas* puede llegar a producir cambios en la diversidad del ecosistema (HEARNE *et al.*, 2019). En el estuario de Virrilá el consumo de pasto marino en invierno – primavera presentó valores importantes ($I_p = 39,9\%$).

La propagación de *C. filiformis* en nuevos hábitats colonizados, podría estar reemplazando especies que se han perdido al ocupar nuevos espacios creados. Por ejemplo, en la bahía de Paracas *C. filiformis* ha desplazado a plantas acuáticas nativas como *Ruppia maritima* (ERM, 2013). Esto podría producir una reducción de los pastos marinos autóctonos, los cuales son presa fundamental de la tortuga verde. La expansión de *C. filiformis* podría tener serias implicancias en la estructura y diversidad de las comunidades costeras cercanas a la orilla porque esta especie puede formar grandes praderas mono-específicas (ZHANG *et al.*, 2014).

Sin embargo, aparentemente estas tortugas se alimentan indistintamente de ambas algas al menos

chemical compounds (SEMINOFF *et al.*, 2002). On the other hand, significant amounts of algae may be ingested only when animal foods are not available at sufficient levels to maintain an adequate diet. However, not all of the algae present in the environment were consumed.

We found that despite the presence of red Rhodophyta algae such as *Rhodymenia* or *Chondracanthus*, they were consumed in very low quantities. This also suggests that some specimens of green sea turtles do not consume the most easily available food in the feeding areas where they live, but rather they can identify and consume a particular prey from the available resources, showing a specialization strategy at the individual level. We do not know the potential drivers of specialization in green sea turtles, but it could include variation in the microflora needed to digest macroalgae versus marine algae (BJORNDAL *et al.*, 1991, 1997), different relative abundances of food, or relative scarcity of resources and greater efficiency due to specialization in a subset of resources (BOLNICK *et al.*, 2003; BURKHOLDER *et al.*, 2011).

Seagrasses are one of the main food sources of sea turtles. They can consume large quantities and this type of diet occurs mainly in tropical areas such as the Caribbean Sea, where the intensive consumption of *C. mydas* can lead to changes in the diversity of the ecosystem (HEARNE *et al.*, 2019). In the Virrilá estuary, seagrass intake in winter-spring had important values ($I_p = 39.9\%$).

The spread of *C. filiformis* in newly colonized habitats could be replacing species that have been lost by occupying newly created spaces. For example, in Paracas Bay, *C. filiformis* has displaced native aquatic plants such as *Ruppia maritima* (ERM, 2013). This could lead to a reduction of native seagrasses, which are the main prey of the green sea turtle. The spread of *C. filiformis* could have serious implications for the structure and diversity of near-shore coastal communities because this species can form large monospecific meadows (ZHANG *et al.*, 2014).

Nonetheless, it appears that these turtles feed indistinctly on both algae, at least in the Virrilá estuary. On the other hand, in Paracas Bay, the turtle avoids the consumption of *Caulerpa* and prefers to consume local algae such as *Ulva* sp. and *Chondracanthus chamissoi* (PAREDES, 2015).

en el estuario de Virrilá. Contrariamente en la bahía de Paracas la tortuga evita el consumo de *Caulerpa* prefiriendo el consumo de algas locales como *Ulva* sp. y *Chondracanthus chamissoi* (PAREDES, 2015).

En el caso del estuario de Virrilá esto probablemente no sea un problema para las tortugas verdes debido a la gran variedad de oferta alimentaria. Es importante añadir que como consecuencia de la degradación del hábitat producto de la contaminación antrópica en la caleta de Parachique, cerca de la bocana del estuario, la perturbación del hábitat causada por el tráfico de embarcaciones artesanales en la zona, así como la actividad pesquera y extractiva de balsilleros artesanales a lo largo del estuario, provocaría la disminución de las especies de invertebrados y algas dominantes en la dieta de las tortugas, llegando a ser perjudicial para la calidad nutricional de las tortugas verdes en Virrilá.

Es importante incrementar la fiscalización en esta nueva ACA para evitar el consumo humano de tortuga verde del Pacífico este, lamentablemente esta práctica ilegal aún subsiste dentro de los límites de esta área de conservación.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, se comprueba que durante el periodo de estudio (2013 – 2018), la tortuga verde del Pacífico este presentó hábitos omnívoros, pero con mayoría de materia vegetal (*Caulerpa filiformis*, *Ulva* sp. y *Ruppia maritima*), la materia animal se consumió en menores cantidades y estuvo representada por la liza (*Mugil cephalus*) y anémonas (*Actinia* sp.).

De acuerdo al diagrama de estrategia de alimentación, la especie mostró especialización a nivel individual al alimentarse de los ítems dominantes conformados por algas verdes *U. lactuca* y *C. filiformis* y el pasto marino *R. maritima*; mientras que *M. cephalus* y *Actinia* sp. fueron consumidas de manera ocasional.

De los Índices de Preponderancia (%Ip) presentados, se concluye que durante el periodo 2013 - 2018, la especie presentó marcada estacionalidad en el consumo de sus presas, alimentándose principalmente *C. filiformis* durante las estaciones de verano-otoño y de *Ulva* sp. y *R. maritima* durante invierno-primavera.

El estuario de Virrilá representa una importante área de alimentación para las tortugas verdes en todos sus estadios de desarrollo ontogénico, con predominancia de sub- adultos, convirtiéndose en un área apta para la conservación de esta especie.

However, in the Virrilá estuary, this is probably not a problem for the green sea turtles given the great variety of food supply. Furthermore, it is important to add that a decrease in the invertebrate and algae species that dominate the turtles' diet would be resulting from habitat degradation caused by anthropogenic pollution in the Parachique cove, near the mouth of the estuary, habitat disturbance caused by artisanal vessel traffic in the area, as well as the fishing and extractive activity of artisanal fishermen in the Virrilá estuary, and the fishing and extractive activity of artisanal fishing vessels along the estuary. These activities could be detrimental to the nutritional quality of the green sea turtles in Virrilá.

It is important to increase enforcement in this new ECA to avoid the human consumption of green sea turtles. Unfortunately, this illegal practice still exists within the boundaries of this conservation area.

5. CONCLUSIONS

Our results show that between 2013-2018, the green sea turtle was omnivorous, but preferred mostly vegetable matter (*Caulerpa filiformis*, *Ulva* sp., and *Ruppia maritima*). The animal matter was ingested in smaller quantities and was represented by the flathead mullet (*Mugil cephalus*) and sea anemones (*Actinia* sp.).

According to the feeding strategy diagram, the species showed specialization at the individual level by feeding on the dominant items consisting of green algae *U. lactuca* and *C. filiformis* and the seagrass *R. maritima*; while *M. cephalus* and *Actinia* sp. were consumed occasionally.

From the Indexes of preponderance (%Ip), we conclude that between 2013-2018, the species had a noticeable seasonality in the consumption of its prey, feeding mainly on *C. filiformis* in summer-autumn and on *Ulva* sp. and *R. maritima* in winter-spring.

The Virrilá estuary is an important feeding area for green sea turtles in all their ontogenetic stages of development, with a predominance of sub-adults, making it a suitable area for the conservation of this species.

REFERENCIAS / REFERENCES

- ACLETO C O. 1986. Algas marinas del Perú de importancia económica. Publicaciones del Museo de Historia Natural Javier Prado. Dpto. Botánica. Serie de Divulgación N° 5. 107 pp.
- ALAMO V, VALDIVIESO V. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. 2da. ed. Callao. Publicación especial IMARPE. 183 pp.
- ALFARO-SHIGUETO J, DUTTON P, MANGEL J, VEGA D. 2004. First confirmed occurrence of loggerhead turtle in Peru. *Marine Turtle Newsletter*. 103: 7-11.
- ALFARO-SHIGUETO J, MANGEL J C, BERNEDO F, DUTTON P H, SEMINOFF J A, GODLEY B J. 2011. Small-scale fisheries of Peru: a major sink for marine turtles in the Pacific. *Journal of Applied Ecology*. 48: 1432-1440.
- ALFARO-SHIGUETO J, VAN BRESSEM M F, MONTES D, ONTON K, VEGA D, VAN WAEREBEEK K. 2002. Turtle mortality in fisheries off the coast of Peru. In *Proceedings of the Twentieth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-477: 91-93.
- ALVARADO-DÍAZ J, DELGADO-TREJO C, SUAZO-OTUÑO I. 2001. Evaluation of the black turtle project in Michoacan, Mexico. *Marine Turtle Newsletter*. 92: 4-7.
- AMOROCHO D, REINA R. 2007. Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* at Gorgona National Park, Colombia. *Endangered Species Research*. 3: 43-51.
- AMUNDSEN P A, GABLER H M, STALDVIK F J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. *Journal of fish biology*. 48: 607-614.
- ARANDA C, CHANDLER M. 1989. Las tortugas marinas del Perú y su situación actual. *Boletín de Lima*. 62: 77-86.
- BJORNDAL K A. 1980. Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Biology*. 56: 147-154.
- BJORNDAL K. 1997. Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtles. En: P. L. Lutz y J. Musick J.A, eds. *The Biology of Sea Turtles* CRC Press, Boca Raton, Florida. 137-164.
- BJORNDAL K A, SUGANUMA H, BOLTEN A B. 1991. Digestive fermentation in green turtles, *Chelonia mydas*, feeding on algae. *Bulletin of Marine Science*. 48: 166-171.
- BLANCO G S, MORREALE S J, BAILEY H, SEMINOFF J A, PALADINO F V, SPOTILA J R. 2012. Post-nesting movements and feeding grounds of a resident East Pacific green turtle *Chelonia mydas* population from Costa Rica. *Endangered Species Research*, 18: 233-245.
- BOLNICK D I, SVANBÄCK R, FORDYCE J A, YANG L H, DAVID J M, HULSEY C D, FORISTER M L. 2003. The ecology of individuals: Incidence and implications of individual specialization. *American Naturalist*. 161: 1-28.
- BRAND-GARDNER S J, LIMPUS C J, LANYON J M. 1999. Diet selection by immature green turtles, *Chelonia mydas*, in subtropical Moreton Bay, south-east Queensland. *Australian Journal of Zoology*. 47: 181-191.
- BURKHOLDER D A, HEITHAUS M R, THOMSON J A, FOURQUREAN J W. 2011. Diversity in trophic interactions of green sea turtles *Chelonia mydas* on a relatively pristine coastal foraging ground. *Marine Ecology Progress Series*. 439: 277-293.
- CÁCERES C, ALFARO-SHIGUETO J, MANGEL J. 2013. Green turtle captures in net fisheries in the Port of Constante, Peru. In Blumenthal, J., et al., (compilers). *Proceedings of the Thirtieth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-640: 177.
- CARR A, CARR M H. 1970. Modulated reproductive periodicity in *Chelonia*. *Ecology*. 335-337.
- CARRIÓN-CORTEZ J A, ZÁRATE P, SEMINOFF J A. 2010. Feeding ecology of the green sea turtle (*Chelonia mydas*) in the Galapagos Islands. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90: 1005-1013.
- COSTELLO M J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of fish biology*. 36: 261-263.
- DECRETO SUPREMO N°004-2014-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Ministerio del Ambiente, 8 de abril 2014. 8 pp.
- DE PAZ N, REYES J, ECHEGARAY M. 2002. Datos sobre captura, comercio y biología de tortugas marinas en el área de Pisco-Paracas. *Memorias 1 Jornada Científica*. Jaime Mendo y Matthias Wolff (eds.) Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina. 124-129. 5 pp.
- DE PAZ N, REYES J C, ECHEGARAY M, ORMEÑO M, ANCHANTE H. 2007. Bahía de Paracas: Área crítica para la conservación de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) del Pacífico Oriental. En Guerra-Correa, C., Fallabrino, A. Bolados-Díaz, P. y C. Turner (eds) *Estado actual y perspectivas de la investigación y conservación de las tortugas marinas en las costas del Pacífico Sur-Oriental*. Antofagasta, Chile. 1 pp.
- DEUS C P, PETRERE-JUNIOR M. 2003. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 63: 579-588.
- ERM (Environmental Resources Management). 2013. Informe Final de la Determinación de la Distribución del Alga Verde *Caulerpa filiformis* en la Bahía de Paracas, Lagunillas y Laguna Grande, Pisco, Perú. Ref. 0205833. ERM Perú. 148 pp.
- FORBES G. 2000. Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta. En: Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Eckert KL, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M. (Editores). Traducida al español. UICN/CSE Grupo Especialista en Tortugas Marinas. 4: 165-170.
- FORBES G, LIMPUS C. 1993. A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wildlife Research*. 20: 339-343.
- FRITTS T H. 1981. Marine turtles of the Galapagos Islands and adjacent areas of the Eastern Pacific on the basis of observations made by JR Slevin 1905-1906. *Journal of Herpetology*. 293-301.
- FUENTES M, LAWLER I R, GYURIS E. 2006. Dietary preferences of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) on a tropical reef flat. *Wildlife Research*. 33: 671-678.
- GÁLVEZ M, BARRIONUEVO R, CHARCAPE-RAVELO M. 2006. El desierto de Sechura: flora, fauna y relaciones ecológicas. *Universalia*. 11: 33-43.

- GREEN D. 1984. Long-distance movements of Galapagos green turtles. *Journal of Herpetology*. 18: 121-130.
- HADJICHRISTOPHOROU M, GROVE D J. 1983. A study of appetite, digestion and growth in juvenile green turtle (*Chelonia mydas* L.) fed on artificial diets. *Aquaculture*. 30: 191-201.
- HAYS-BROWN C, BROWN W M. 1982. Status of sea turtles in the southeastern Pacific: emphasis on Peru. En: Bjorndal, Karen A. (edit.) *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Washington DC: Smithsonian Institution Press. p. 235-240.
- HEARNE E L, JOHNSON R A, GULICK A G, CANDELMO A, BOLTEN A B, BJORNDALE K A. 2019. Effects of green turtle grazing on seagrass and macroalgae diversity vary spatially among seagrass meadows. *Aquatic Botany*. 152: 10-15.
- HOLROYD G L, TREFRY H E. 2010. The importance of Isla Clarion, Archipelago Revillagigedo, Mexico, for green turtle (*Chelonia mydas*) nesting. *Chelonian Conservation and Biology*. 9: 305-309.
- HYSLOP E J. 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17: 411-429.
- IMARPE. 2011. Informe Nacional sobre la Situación de las Tortugas Marinas en el Perú, elaborado para la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Lima, Perú. 72 pp.
- JIMÉNEZ A, PINGO S, ALFARO-SHIGUETO J, MANGEL J C, HOOKER Y. 2017. Feeding ecology of the green turtle *Chelonia mydas* in northern Peru. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 45: 585-596.
- KREBS J R, DAVIES N B. 1993. An introduction to behavioral ecology. John Wiley & Sons. 3rd edition. 521 pp.
- LAL A, ARTHUR R, MARBÀ N, LILL, A W, ALCOVERRO T. 2010. Implications of conserving an ecosystem modifier: increasing green turtle (*Chelonia mydas*) densities substantially alters seagrass meadows. *Biological Conservation*. 143: 2730-2738.
- LEMONS G, LEWISON R, KOMOROSKE L, GAOS A, LAI C T, DUTTON P, SEMINOFF J A. 2011. Trophic ecology of green sea turtles in a highly urbanized bay: insights from stable isotopes and mixing models. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 405: 25-32.
- LÓPEZ-MENDILAHARSU M, GARDNER S C, RIOSMENA-RODRIGUEZ R, SEMINOFF J A. 2008. Diet selection by immature green turtles (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, México. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 88: 641-647.
- LUSCHI P, HAYS G C, PAPI P. 2003. A review of long-distance movements by marine turtles, and the possible role of ocean currents. *Oikos*. 103: 293-302.
- MARIN F, LUQUET G, MARIE B, MEDAKOVIC D. 2008. Molluscan shell proteins: primary structure, origin, and evolution. In: Schatten P.G. (Ed.), *Current Topics in Developmental Biology*. Elsevier Science & Technology Books, Pittsburgh. 209-276.
- MAYR E. 1970. Population, species and Evolution. The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts. 453 pp.
- MEYLAN A, MEYLAN P. 2000. Introducción a la Evolución, Historia de Vida y Biología de las Tortugas Marinas. En: Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas K, Eckert L, Bjorndal KA, Abreu-Grobois FA, Donnelly M. Traducida al español. UICN/CSE Grupo Especialistas en Tortugas Marinas. 4: 3-5.
- MORANDINI A C, MARQUES A C. 2010. Revision of the genus *Chrysaora* Péron & Lesueur, 1810 (Cnidaria: Scyphozoa). *Zootaxa*. 2464: 1-97.
- MORTIMER J A. 1982. Feeding ecology of sea turtles. In: Bjorndal KA (ed) *Biology and conservation of sea turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 103-109.
- NATARAJAN A V, JHINGRAN A J. 1961. Index of preponderance—a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries*. 8: 54-59.
- NELMS S E, DUNCAN E M, BRODERICK A C, GALLOWAY T S, GODFREY M H, HAMANN M, LINDEQUE P, GODLEY B J. 2016. Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*. 73: 165-181.
- PAREDES E. 2015. Hábitos alimentarios de la tortuga verde del Pacífico este *Chelonia mydas agassizii* (Boucart, 1868) en la bahía de Paracas, Ica, Perú, durante el año 2010. Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología y Pesquería. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 61 pp.
- PAREDES-CORAL E. 2017. Ecology of the East Pacific green turtle (*Chelonia mydas*) at Virrila Estuary, northern coast of Peru: conservation and management implications. Master of Science in Marine and Lacustrine Management, Vrije Universiteit Brussels.
- PAREDES E, QUIÑONES J. 2016. Sea Turtles at the Virrila Estuary, Northern Coast of Peru: Threats and implications for conservation, 17th Student Conference on Conservation Science, Department of Zoology, University of Cambridge. United Kingdom (UK). 2 pp.
- QUIÑONES J, QUISPE S, GALINDO O. 2017. Illegal capture and black-market trade of sea turtles in Pisco, Peru: the never-ending story. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 45: 615-621.
- QUIÑONES J, CARMAN VG, ZEBALLOS J, PURCA S, MIANZAN H. 2010. Effects of El Niño - driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging grounds. *Hydrobiologia*. 645: 69-79.
- QUIÑONES J, GARCÍA GODO S I, LLAPAPASCA M, VAN ORDT F, PAREDES E. 2015. The Black Sea Turtle (*Chelonia mydas agassizii*) at Lobos de Tierra Island, Northern Peru: High Densities in Small Areas, *South American Journal of Herpetology*. 10: 178-186.
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N°103-95-PE. 1995. Prohíben la captura dirigida de todas las especies de tortugas marinas existentes en aguas jurisdiccionales peruanas. Ministerio de Pesquería, Lima 2 de marzo 1995. 1 pp.
- ROSECCI E, NOUAZE Y. 1987. Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*. 49: 111-123.
- ROSALES C A, VERA M, LLANOS J. 2010. Varamientos y captura incidental de tortugas marinas en el litoral de Tumbes, Perú. *Revista peruana de Biología*. 17: 293-302.
- ROSS J P. 1985. Biology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on an Arabian feeding ground. *Journal of Herpetology*. 459-468.
- RUSSELL D J, HARGROVE S, BALAZS G H. 2011. Marine sponges, other animal food, and nonfood items found in digestive tracts of the herbivorous marine turtle *Chelonia mydas* in Hawaii. *Pacific Science*. 65: 375-381.

- SANAMYAN N, SANAMYAN K, SCHORIES D. 2004. Actiniaria.com. Disponible en <http://actiniaria.com>
- SANTILLÁN L. 2008. Análisis de la dieta de *Chelonia mydas agassizii* tortuga verde del Pacífico en la bahía de Sechura, Piura - Perú. Asesora: Martha Williams. Tesis Maestría. UNALM, Lima.
- SEMINOFF J A. 2004. (Southwest Fisheries Science Center, U.S.). *Chelonia mydas*. En: IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015.1.
- SEMINOFF J A, RESENDIZ A, NICHOLS W J. 2002. Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. Marine Ecology Progress Series. 242: 253-265.
- SEMINOFF J A, RESENDIZ A, NICHOLS W J. 2002. Diet of East Pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in the central Gulf of California, Mexico. Journal of Herpetology. 36: 447-453.
- SEMINOFF J A, JONES T T, EGUCHI T, JONES D R, DUTTON P H. 2006. Stable isotope discrimination ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$) between soft tissues of the green sea turtle *Chelonia mydas* and its diet. Marine Ecology Progress Series. 308: 271.
- SANTIDRIAN-TOMILLO P, ROBERTS S A, HERNÁNDEZ R, SPOTILA J R, PALADINO F V. 2015. Nesting ecology of East Pacific green turtles at Playa Cabuyal, Gulf of Papagayo, Costa Rica. Marine Ecology. 36: 506-516.
- STOKES H J, MORTIMER J A, HAYS G C, UNSWORTH R K, LALOË J O, ESTEBAN N. 2019. Green turtle diet is dominated by seagrass in the Western Indian Ocean except amongst gravid females. Marine Biology. 166: 135.
- TOMASZEWICZ C N T, SEMINOFF J A, AVENS L, GOSHE L R, RODRIGUEZ-BARON J M, PECKHAM S H, KURLE C M. 2018. Expanding the coastal forager paradigm: long-term pelagic habitat uses by green turtles *Chelonia mydas* in the eastern Pacific Ocean. Marine Ecology Progress Series. 587: 217-234.
- TUCKER A D, MARK R A. 2001. Frequency of foraging by gravid green turtles (*Chelonia mydas*) at Raine Island, Great Barrier Reef. Journal of Herpetology. 500-503.
- VALVERDE J C, MARTÍNEZ-LLORENS S, VIDAL A T, JOVER M, RODRÍGUEZ C, ESTEFANELL J, GARCÍA B G. 2013. Amino acids composition and protein quality evaluation of marine species and meals for feed formulations in cephalopods. Aquaculture International. 21: 413-433.
- VELEZ-ZUAZO X, QUIÑONES J, PACHECO A, KLINGE L, PAREDES E, QUISPE S, KELEZ S. 2014. Fast growing, healthy and resident green turtles (*Chelonia mydas*) at two neritic sites in the central and northern coast of Peru: implications for conservation. 9: e113068, 12 pp.
- VILLEGAS P. 2001. Growth, life cycle and fishery biology of *Loligo gahi* (d'Orbigny, 1835) off the Peruvian coast. Fisheries Research. 54: 123-131.
- VINUEZA L, BRANCH G, BRANCO M, BUSTAMANTE R. 2006. Top-down herbivory and bottom-up El Niño effects on Galápagos rocky-shore communities. Ecological Monographs, 76: 11-131.
- ZÁRATE P, BJORNDALE K A, PARRA M, DUTTON H, SEMINOFF J A, BOLTON A B. 2013. Hatching and emergence success in green turtle *Chelonia mydas* nests in the Galápagos Islands. Aquatic Biology. 19: 217-229.
- ZHANG D, GLASBY T M, RALPH P J, GRIBBEN P E. 2014. Mechanisms influencing the spread of a native marine alga. PLoS ONE. 9(4): e94647.