

# VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL, MORFOLOGÍA Y MORFOMETRÍA DE *Eisenia cokeri* M. A. Howe, 1914 (PHAEOPHYCEAE: LAMINARIALES) EN EL NOR-CENTRO DE PERÚ

## SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF POPULATION STRUCTURE, MORPHOLOGY, AND MORPHOMETRICS OF *Eisenia cokeri* M. A. Howe, 1914 (PHAEOPHYCEAE: LAMINARIALES) IN NORTH-CENTRAL PERU

Dennis Atoche-Suclupe<sup>1</sup> Solange Alemán Ángel Perea Roberto A. Uribe

### RESUMEN

ATOCHÉ-SUCLUPE D, ALEMÁN S, PEREA A, URIBE R. 2021. Variabilidad espacio temporal de la estructura poblacional, morfología y morfometría de *Eisenia cokeri* M.A. Howe, 1914 (Phaeophyceae: Laminariales) en el nor-centro de Perú. Inf Inst Mar Perú. 48(3): 414-429.- El objetivo del estudio fue analizar la variabilidad espacio-temporal de la estructura poblacional, morfología y morfometría de *Eisenia cokeri* en el nor-centro de Perú. Los muestreos se realizaron en marzo y agosto 2018, febrero y julio 2019, en siete localidades a lo largo de ≈50 km en la Región Áncash. Se realizaron buceos para estimar densidad y biomasa y fuera del agua, mediciones individuales para registrar morfología y morfometría de cada alga. Durante los cuatro tiempos de muestreo se contó 10.913 algas distinguiendo cuatro patrones morfológicos denominados estados de desarrollo. La densidad total de *E. cokeri* varió de 2 a 64 algas/m<sup>2</sup> con promedio de 15 algas/m<sup>2</sup>, la biomasa varió de 578 g/m<sup>2</sup> a 39.288,6 g/m<sup>2</sup>. Respecto a la morfología, el estado de desarrollo cuatro presentó mayores frecuencias durante todos los muestreos. La longitud total máxima fue 299 cm con promedio de 123 cm, el diámetro mayor del rizoide máximo fue 42 cm con promedio de 12,6 cm. La mejor variable explicativa del peso fue la longitud total. *E. cokeri* no presentó patrones de variabilidad temporal y espacial de su estructura poblacional, morfología y morfometría en la región Áncash. Futuros estudios son necesarios para conocer su historia de vida y dinámica reproductiva. Los resultados resaltan la importancia de *E. cokeri* como especie formadora de hábitat dominando el submareal rocoso somero. Debido a su vulnerabilidad y restringida distribución de estos bosques, *E. cokeri* debe ser considerada una especie protegida.

**PALABRAS CLAVE:** *Eisenia cokeri*, macroalgas, estructura poblacional, morfología

### ABSTRACT

ATOCHÉ-SUCLUPE D, ALEMÁN S, PEREA A, URIBE R. 2021. Spatio-temporal variability of population structure, morphology, and morphometric of *Eisenia cokeri* M.A. Howe, 1914 (Phaeophyceae: Laminariales) in north-central Peru. Inf Inst Mar Peru. 48(3): 414-429.- We analyzed the spatio-temporal variability of the population structure, morphology, and morphometrics of *Eisenia cokeri* in north-central Peru. Between March and August 2018 as well as February and July 2019, sampling was conducted at seven localities along ≈50 km in the Áncash Region. Through dives, we estimated density and biomass, while individual measurements were taken out of the water to record the morphology and morphometry of each plant. A total of 10,913 algae were counted throughout all sampling periods, being identified four morphological patterns called stages of development. The total density of *E. cokeri* varied from 2 to 64 plants/m<sup>2</sup> with a mean of 15 plants/m<sup>2</sup> and the total biomass varied from 578 g/m<sup>2</sup> to 39288.6 g/m<sup>2</sup>. Developmental stage four showed the highest frequencies in terms of morphology during all samplings. The maximum total length was 299 cm with a mean of 123 cm, the maximum major diameter of the rhizoid (MDR) was 42 cm with a mean of 12.6 cm. The best explanatory variable for weight was the total length. In Áncash, *E. cokeri* did not present patterns of spatio-temporal variability of its population, morphological, and morphometric structure. Further studies are required to know its life history and reproductive dynamics. The results show the importance of *E. cokeri* as a habitat-forming species dominating the shallow rocky subtidal, so given its vulnerability and restricted distribution in these forests, it should be considered a protected species.

**KEYWORDS:** *Eisenia cokeri*, macroalgae, population structure, morphology

## 1. INTRODUCCIÓN

En el borde costero de Perú, así como en todas las áreas templadas con sustrato duro alrededor del mundo, se pueden observar sistemas submareales someros dominados por

grandes parches de macroalgas pardas del orden Laminariales (SANTELICES, 2007; BOLTON, 2010). Estas especies forman bosques marinos (submareales e intermareales) los cuales han sido ampliamente estudiados debido a su condición formadora de hábitat, y se caracterizan por tener

<sup>1</sup> IMARPE, Laboratorio Costero de Huanchaco, Av. La Ribera 805, Huanchaco, La Libertad, Perú. datoche@imarpe.gob.pe

alta productividad y gran biomasa, las cuales generan fuertes interacciones tróficas entre peces e invertebrados que utilizan estos sistemas como fuente de alimento, refugio y hábitat (DAYTON, 1985).

La variación morfológica de macroalgas pardas durante su historia de vida puede tener importancia funcional y ecológica en respuesta a factores externos como temperatura, exposición al oleaje, entre otras. (SERISAWA *et al.*, 2002; FOWLER-WALKER *et al.*, 2006). Esta dependencia de caracteres biológicos observados en macroalgas también considera factores como profundidad, características del sustrato, siendo probable que la distribución de atributos poblacionales como densidad y biomasa se vea afectada por las particularidades locales y el tiempo (CAMUS & OJEDA, 1992).

La mayoría de especies de macroalgas pardas del grupo de las Laminariales, alrededor del mundo, tienen un alto valor comercial debido al contenido de alginatos (McHUGH, 1987; CLARE, 1993; ERTESVAG & VALLA, 1998) que son utilizados en la industria farmacéutica y alimentaria (McHUGH, 1987). En el Perú, la extracción y recolección de las algas *Macrocystis pyrifera* y *Lessonia* spp. son reguladas por el estado (PRODUCE, 2009) debido a su alta demanda en el mercado internacional, sin embargo, se conoce poco sobre el impacto ecológico que generan las actividades de extracción (antropogénicas) y la variabilidad ambiental.

La macroalga parda *Eisenia cokeri*, posiblemente endémica de la corriente de Humboldt, ha sido reportada para la costa de Perú (JUHL-NOODT, 1958; ACLETO, 1971, IMARPE, 2016) y el borde expuesto de la isla Lobos de Tierra (RAMÍREZ *et al.*, 2019). Recientemente, FRIEDLANDER *et al.* (2016) mencionaron la presencia de *E. cokeri*, cubriendo más del 50% del lado expuesto de las islas oceánicas Desventuradas, frente a la costa norte de Chile. Sin embargo, el estatus taxonómico de esta especie debería ser comprobado.

Exploraciones submareales realizadas en la costa sur de Áncash (entre 9,6°S y 10°S), mostraron densos bosques de *E. cokeri* con distribución discreta en un espacio de ≈50 km entre islotes El Huaro (Casma) y Tuquillo (Huarmey) (IMARPE, 2016). Al igual que otros sistemas vulnerables

formados por algas pardas Laminariales en el sur de Perú y Chile, *E. cokeri* podría ser considerada una especie de importancia comercial. Sin embargo, debido a su restringida distribución, una actividad extractiva dirigida a esta especie podría tener repercusiones de tipo ecológico y social debido al elevado número de especies comerciales que dependen de la presencia de estos ecosistemas. Por lo tanto, es necesario contar con información sobre la dinámica poblacional que permitan sentar las bases para implementar medidas de manejo frente a una potencial amenaza de explotación, la cual perjudicaría la estabilidad de estos ecosistemas submareales y sus recursos asociados.

El presente estudio analiza la variabilidad espacio-temporal de la estructura poblacional, morfología y morfometría de *E. cokeri* en siete localidades de la región Áncash, nor-centro de Perú, durante un periodo de dos años basados en los siguientes objetivos específicos: *i*) determinar si existen diferencias de la densidad y biomasa de *E. cokeri* entre localidades y tiempos de muestreo, *ii*) caracterizar la morfología de la especie por localidad y tiempo de muestreo, *iii*) determinar si existen diferencias en las relaciones morfométricas de la especie entre localidad y tiempo de muestreo.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El sitio de estudio abarcó desde Punta Huaro, Casma (9°35'59,8"S) hasta Tuquillo, Huarmey (10°1'5,1"S), borde costero de la Región Áncash, Perú (Fig. 1). Los muestreos se realizaron en 18 zonas, agrupadas según su cercanía en siete (7) localidades, con la finalidad de realizar comparaciones. Todas las zonas fueron definidas basadas en exploraciones previas realizadas durante noviembre 2016 (IMARPE, 2016) y con el apoyo de los pescadores artesanales locales. Las localidades seleccionadas fueron El Huaro (comprende las zonas de islotes en El Huaro), La Gramita (comprende las zonas de El Hotel, La Mellizas y Las Ruinas), Rio Seco (ensenada de Rio Seco o El Muelle), Pan de Azúcar (comprende las zonas islote Pan de Azúcar, ensenadas el Colorado y Vapor), Canaco (comprende las zonas de Punta Canaco, Lobitos y el islote La Campana), Patillos (comprende las zonas de

los islotes Patillo y Pan de Queso, y la ensenada Cashco) y Tuquillo (frente a playa Tuquillo) (Fig. 1). Algunas zonas variaron entre tiempo de muestreo debido a la accesibilidad por malas condiciones del mar. Otras localidades como Cascajal, playa La Gramita, Punta El Huaro, Punta Patillos, El Gringo, La Antena, caleta Infiernillo, ensenada Culebras, Los Cuervos también presentaron bosques, pero no fueron consideradas en el presente análisis.

El borde costero de las provincias Casma y Huarvey se caracteriza por presentar acantilados, pequeñas ensenadas, zonas de rompiente y abundantes bajeríos distribuidos a lo largo de zonas semiexpuestas y protegidas al oleaje. El fondo duro es muy irregular y conforma una proyección de rocas volcánicas del intermareal de tipo plataforma con presencia de bolones, rocas, piedras grandes y bloques, interrumpidos por parches de arena, acumulación de conchuela molida y canto rodado. *E. cokeri* fue registrada desde los 0 m; sin embargo, la formación de bosques empieza desde los 3 m alrededor de La Gramita hasta los 12 m de profundidad en zonas como El Huaro.

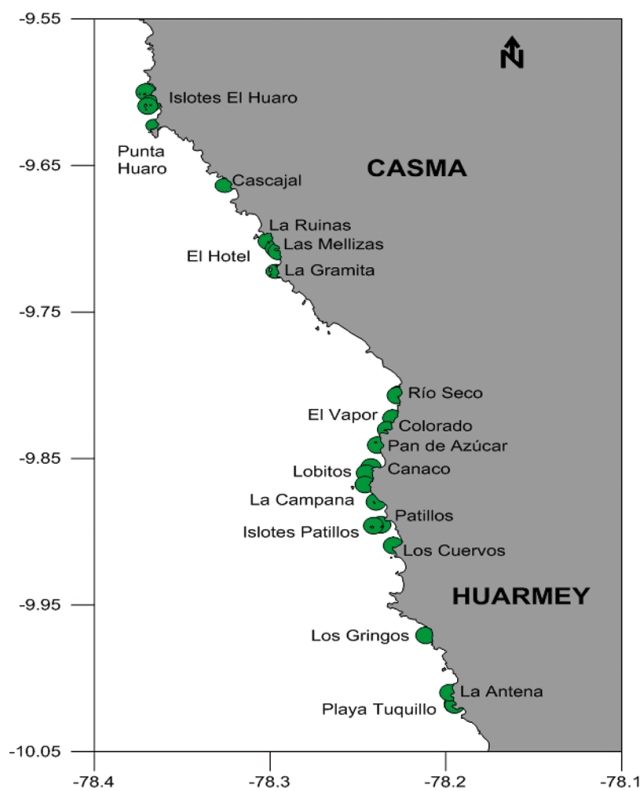


Figura 1.- Mapa de ubicación de las localidades y zonas donde se realizó el estudio y distribución de los bosques de *Eisenia cokeri* en la región Áncash

Especies de peces como pintadilla (*Cheilodactylus variopedatus*), congrio (*Genypterus maculatus*), morena (*Muraena* sp.), tramboyo (*Labrisomus philippii*), lenguado (*Paralichthys adspersus*), pejerrey (*Odontesthes regiaregia*); de invertebrados como lapa (*Fissurella latimarginata*), pulpo (*Octopus mimus*), caracol (*Thaisella chocolata*), chanque (*Concholepas concholepas*), calamar (*Doryteuthis (Amerigo) gahi*), chitones (*Chiton* spp.), cangrejos (*Romaleon setosum*, *Platyxanthus orbigny*, *Cancer porteri*) y de macroalgas como el yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) son algunas de las especies de importancia comercial que habitan dentro y/o alrededor de los bosque de *E. cokeri*, y posiblemente dependen (de forma directa o indirecta) de estos ecosistemas durante alguna etapa de su historia de vida. Estos recursos son extraídos por buzos, pinteros, cortineros, así como la flota de cerco artesanal que operan cerca a la orilla, las cuales forman parte del sistema pesquero artesanal local y nacional.

### Recolección de muestras y estructura de la población

Los muestreos se llevaron a cabo en cuatro campañas: marzo 2018, agosto 2018, febrero 2019 y julio 2019, durante ocho días. Cada día de muestreo correspondió a una localidad (3 zonas aproximadamente), dependiendo de las condiciones del mar. Con el apoyo de dos buzos científicos (HOOKA) se trazó un transecto por zona de aproximadamente 20 metros cada uno paralelo a la costa (FRIEDLANDER *et al.*, 2016). Cada transecto fue dispuesto en lugares con mayor abundancia visible de *E. cokeri*, dependiendo de las características de cada zona, en un rango de profundidad de 6 a 9 m. Estas variables físicas no fueron consideradas como factor dentro de los análisis (Fig. 2).

Para estimar la densidad se utilizó como unidad de muestreo un círculo de PVC de 1,95 m de diámetro equivalente a 3 m<sup>2</sup> (FERNÁNDEZ *et al.*, 1999) (Fig. 2). En cada círculo PVC se contó todos los ejemplares de *E. cokeri* considerando cuatro patrones morfológicos observados previamente por el equipo de investigación. Estos fueron llamados estados de desarrollo de *E. cokeri* (Tabla 1, Fig. 3) (CASAS *et al.*, 2008; EPSTEIN & SMALE, 2018). En total se realizó el conteo de algas en tres réplicas por transecto.

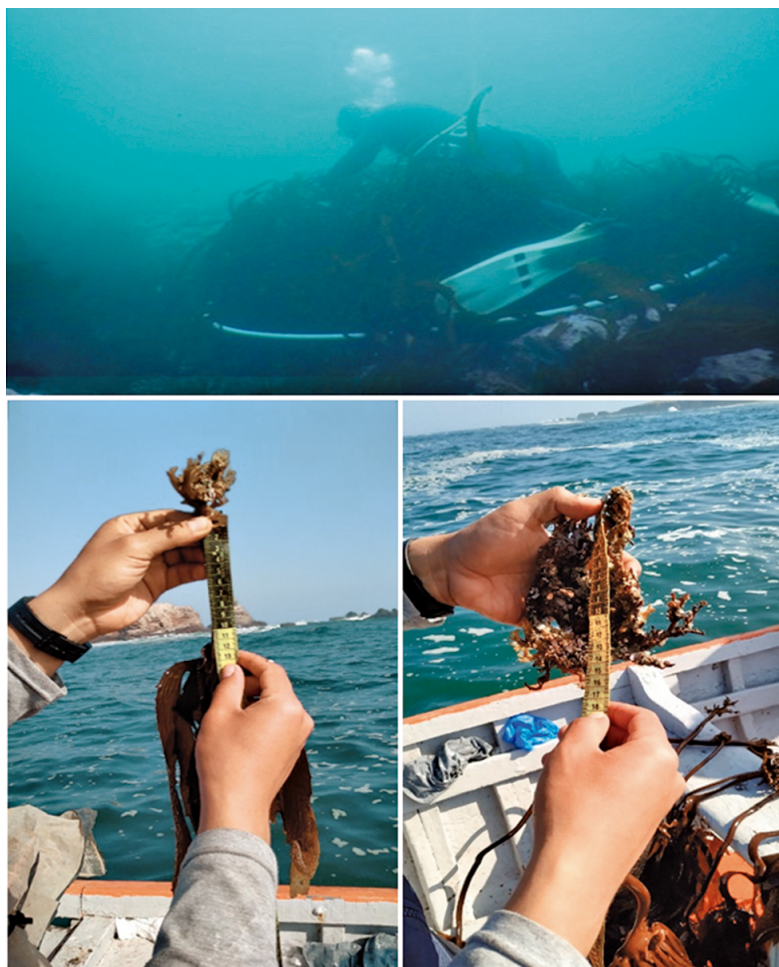


Figura 2.- Buzo científico recolectando datos de densidad de *E. cokeri* con el disco PVC (parte superior). Registro de medidas morfométricas de *E. cokeri* en el bote (parte inferior)

Los círculos fueron dispuestos al azar en el inicio, medio y final de cada transecto. La biomasa de *E. cokeri* ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) fue estimada a partir de la relación del peso promedio por localidad entre cada estado de desarrollo y el número de algas por unidad de muestreo (círculo de PVC). Los resultados de densidad y biomasa (promedio y desviación estándar) fueron extrapolados y expresados en  $\text{m}^2$ .

#### Morfología y relaciones morfométricas de *E. cokeri*

Paralelamente, con el apoyo del buzo artesanal se extrajeron aleatoriamente 20 algas de diferentes morfologías dispuestas a lo largo de cada transecto, en total se extrajeron alrededor de 60 algas por localidad y por día. Las algas extraídas fueron llevadas a la embarcación, donde se seleccionaron por estados de desarrollo y se realizaron las siguientes medidas (cm):

longitud total (LT), diámetro mayor del rizoide (DMR), perímetro del rizoide (PR), longitud del estípote (LE), número de frondas totales (F), número de frondas por estípote secundario (para efecto de determinar si existe distribución homogénea del número de frondas por estípote secundario en el estado de desarrollo cuatro), se tomó en cuenta el número de frondas del estípote secundario derecho y el número de frondas del estípote secundario izquierdo) y peso (P) individual expresado en gramos (g) (CAMUS & OJEDA, 1992; EPSTEIN & SMALE, 2018) (Fig. 2).

Adicionalmente se registró la temperatura superficial del mar (TSM) en el puerto Culebras (muelle) desde enero 2018 hasta julio 2019 con la finalidad de visualizar la tendencia de la TSM y discutir la variabilidad de la estructura poblacional y morfometría respecto a esta variable.

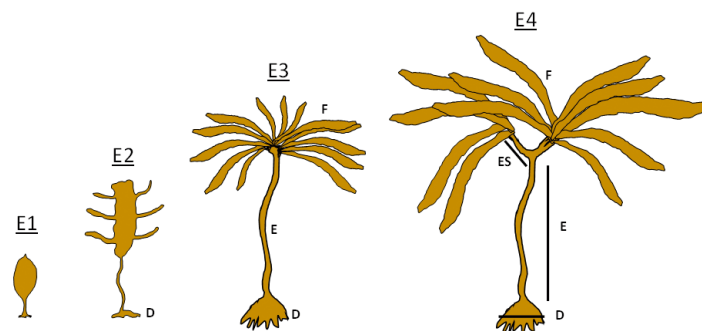


Figura 3. Esquema de las etapas de desarrollo de *Eisenia cokeri*. D = disco o rizoide, F = frondas, E = estípite, ES = estípite secundario

Tabla 1.- Descripción de los estados de desarrollo de *Eisenia cokeri* observadas durante el periodo 2018 -2019 en la región Áncash, Perú

Estados de desarrollo	categoría	Características
1	Recluta	Disco pequeño no definido, presenta una sola fronda delgada color pardo claro en forma ovalada. Se puede diferenciar la longitud total y longitud del estípite.
2	Juvenil	Disco definida con algunos hapterios, presenta una fronda alargada con proyecciones a los lados. Se puede diferenciar longitud total, longitud del estípite y diámetro del disco.
3	Adulto inicial	Disco con hapterios divididos y frondas definidas con borde liso. Presenta soros en las frondas. El estípite es largo y robusto. Se puede diferenciar la longitud total, longitud del estípite, características del disco (diámetro, perímetro, altura, número de hapterios), número de frondas y condición reproductiva.
4	Adulto avanzado	Disco desarrollado con hapterios alargados, estípite rígido con bifurcación, presencia de estíptes secundarios, frondas alargadas, rugosas con bordes aserrados y presencia de estructuras reproductivas. Se puede diferenciar la longitud total, longitud del estípite, características del disco (diámetro, perímetro, altura, número de hapterios), condición reproductiva, longitud de los estíptes secundarios y número de frondas.

### Análisis de datos

Los resultados fueron estimados en relación a los cuatro estado de desarrollo de *E. cokeri* para diferenciar la distribución en densidad y biomasa por tiempo de muestreo y espacio (localidad). Se elaboraron diagramas de cajas por estado de desarrollo y por tiempo de muestreo de las variables LT, LE, DMR, F totales y F por estípite secundario. Se utilizaron modelos de mejor ajuste ( $r^2$ ) y análisis de regresión para estimar la mejor relación entre variables morfométricas. La prueba de hipótesis test *t* se utilizó para comparar el número de frondas por estípite secundario por tiempo de muestreo.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores para determinar si existen diferencias significativas de la densidad y biomasa entre las localidades y cuatro tiempos

de muestreo. Adicionalmente, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para comparar las medidas morfométricas (LT, LE, DMR) entre localidades y tiempos. El análisis de varianza fue realizado con el paquete CAR (Fox & WEISBERG, 2019) desarrollado en el programa R basados en todos los supuestos (QUINN & KEOGH, 2002). Posteriormente con el test HSD Tukey se identificaron las localidades o tiempos que mostraron diferencias significativas (excepciones a subconjuntos). Cuando no se cumplió el supuesto de homocedasticidad, se aplicó el test Brown-Forsythe (BROWN & FORSYTHE, 1974) y posterior a ello se utilizó el test de Games-Howell de manera análoga a la función del test de Tukey (DAY & QUINN, 1989). Para la estimación de los modelos de regresión entre la LT-PT y DMR-PT se utilizó el paquete FSA (OGLE *et al.*, 2020) desarrollado en el programa R.

### 3. RESULTADOS

#### Densidad

Durante los cuatro tiempos de muestreo se analizó 10.913 algas. La densidad de *E. cokeri* varió de 2 a 64 algas/m<sup>2</sup> con promedio de 15 algas/m<sup>2</sup>. En marzo 2018 el alga mostró densidad promedio de 13,7 ±8,21 algas/m<sup>2</sup>, en agosto 20.1817,0 ±10,7 algas/m<sup>2</sup>, en febrero 2019 15,7 ±7,9 algas/m<sup>2</sup> y en julio 2019 12,5 ±5,8 algas/m<sup>2</sup> (Fig. 4).

Respecto a la densidad por estado de desarrollo, el estado 1 tuvo densidad promedio de 2,1

algas/m<sup>2</sup>, el estado 2 presentó 2,7 algas/m<sup>2</sup>, el estado 3 presentó 4 algas/m<sup>2</sup> y el estado 4 presentó 6 algas/m<sup>2</sup> (Fig. 4). En marzo 2018 la fase más representativa fue el estado desarrollo 3, en agosto 2018 en la localidad El Huaró predominó el estado 4, en La Gramita predominó el estado 3, en Río Seco el estado 1, en Pan de Azúcar y Tuquillo los estados 3 y 4. En febrero 2019 la frecuencia de los estados de desarrollo fue similar solo en la localidad de Río Seco, en las otras localidades predominó el estado 4. En julio 2019 predominaron los estados 2 y 4 solo en Río Seco mientras que en las demás localidades predominó el estado 4 (Tabla 2).

Tabla 2.- Densidad promedio (Nº plantas/m<sup>2</sup>) de *Eisenia cokeri* por fase de desarrollo entre localidad y tiempo en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Año	Tiempo	Localidad	Estados de desarrollo				Total (Nº plantas /m <sup>2</sup> )
			1	2	3	4	
2018	Mar-18	El Huaró					17
2018	Mar-18	La Gramita					12
2018	Mar-18	Río Seco					9
2018	Mar-18	Pan de Azúcar					17
2018	Mar-18	Canaco					16
2018	Mar-18	Patillos	3	3	9	1	16
2018	Mar-18	Tuquillo	1	1	9	1	12
2018	Mar-18	Los Gringos	1	12	1	2	16
2018	Ago-18	El Huaró	1	2	2	8	13
2018	Ago-18	La Gramita	3	2	8	1	14
2018	Ago-18	Río Seco	13	4	4	4	25
2018	Ago-18	Pan de Azúcar	1	2	9	4	16
2018	Ago-18	Canaco	1	2	4	10	17
2019	Ago-18	Tuquillo	2	2	7	7	18
2019	Feb-19	El Huaró	2	3	2	10	17
2019	Feb-19	La Gramita	1	1	1	4	7
2019	Feb-19	Río Seco	6	5	2	5	18
2019	Feb-19	Pan de Azúcar	3	4	4	6	17
2019	Feb-19	Canaco	2	4	5	10	21
2019	Feb-19	Patillos	1	1	3	8	13
2019	Feb-19	Tuquillo	2	1	1	8	12
2019	Jul-19	El Huaró	0	2	2	8	12
2019	Jul-19	La Gramita	1	2	1	5	9
2019	Jul-19	Río Seco	1	7	4	6	18
2019	Jul-19	Pan de Azúcar	0	3	2	5	10
2019	Jul-19	Canaco	0	1	3	8	12
2019	Jul-19	Patillos	1	3	3	8	15
2019	Jul-19	Tuquillo	0	2	2	8	12

Tabla 3.- Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad y biomasa con respecto a la variación espacial (7 localidades) y temporal (4 tiempos) de *Eisenia cokeri* en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Variable	Factor	g.l.	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Densidad	Localidad	6	1224,430	204,072	3,458	0,003
	Tiempo	3	555,889	185,296	3,140	0,026
	Localidad x tiempo	17	1646,433	96,849	1,641	0,056
	Error	215	12688,917	59,018		
	Total	242	67913,000			
Biomasa	Localidad	6	538145276,428	89690879,405	7,034	0,000
	Tiempo	3	1068246984,704	356082328,235	27,924	0,000
	Localidad x tiempo	17	1362254259,865	80132603,521	6,284	0,000
	Error	215	2741605573,889	12751653,832		
	Total	242	14412165658,000			

g.l. = grados de libertad

Tabla 4.- Excepciones a subconjuntos (*post hoc*) de la densidad y biomasa por localidad respecto a cada tiempo de muestreo

Variable	Niveles
Densidad/mar-18	-
Biomasa/mar-18	Patillos <sup>a</sup> y Tuquillo <sup>a</sup>
Densidad/ago-18	-
Biomasa/ago-18	La Gramita <sup>a</sup>
Densidad/feb-19	La Gramita <sup>a</sup>
Biomasa/feb-19	La Gramita <sup>a</sup>
Densidad/jul-19	La Gramita <sup>a</sup>
Biomasa/jul-19	La Gramita <sup>b</sup> y Pan de azúcar <sup>b</sup>

a= Games-Howell, b= DMS

La densidad presentó diferencias significativas entre tiempos ( $p = 0,026$ ) y localidades ( $p = 0,003$ ), pero la interacción entre ambas variables fue no significativa ( $p = 0,056$ ) (Tabla 3). La prueba *post hoc* determinó que agosto 2018, debido a densidades mayores, presentó diferencias significativas respecto a los demás tiempos (Fig. 4). Respecto a las comparaciones de la densidad entre localidades por tiempo, se determinó que, en marzo y agosto 2018, no hubo evidencia significativa que demuestre diferencias de la densidad entre localidades, sin embargo, la prueba *post hoc* evidenció que en febrero 2019 y julio 2019 la localidad que causó variación en la densidad fue La Gramita (Tabla 4).

**Biomasa**

La biomasa total de *E. cokeri* varió de 578 g/m<sup>2</sup> a 39.288,6 g/m<sup>2</sup>. En marzo 2018 *E. cokeri* mostró biomasa promedio de 9551,9 ±7950 g/m<sup>2</sup>, en

agosto 2018 fue 5019,1 ±3154,7 g/m<sup>2</sup>, en febrero 2019 fue 5167,6 ±2807,4 g/m<sup>2</sup> y en julio 2019 fue 4198,4 ±1796,3 g/m<sup>2</sup> (Fig. 4). La localidad que presentó mayor biomasa en marzo y agosto del 2018 fue Canaco con 16397,9 g/m<sup>2</sup> y 6768,2 g/m<sup>2</sup>, respectivamente. En febrero y julio 2019 fue Patillos con 6943,2 g/m<sup>2</sup> y 5441,6 g/m<sup>2</sup>, respectivamente (Tabla 5).

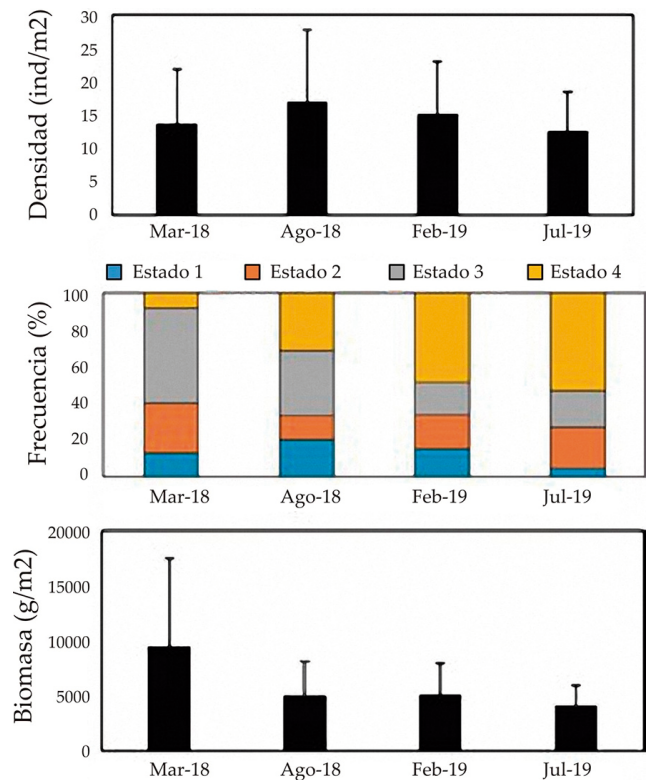


Figura 4.- Densidad promedio (± desviación estándar) de ind/m<sup>2</sup> (parte superior), frecuencia (%) en la distribución de estados de desarrollo (centro) y biomasa promedio (g/m<sup>2</sup>) por tiempo de muestreo (parte inferior)

La biomasa presentó diferencias significativas entre tiempos ( $p = 0,000$ ), localidades ( $p = 0,000$ ), y la interacción entre ambas variables ( $p = 0,000$ ) (Tabla 3). La prueba *post hoc* determinó que agosto 2018, debido a biomasa mayores, presentó diferencias significativas respecto a los demás tiempos (Fig. 4). Respecto a las comparaciones de la biomasa entre localidades por tiempo, se determinó que en marzo 2018 la localidad que causó variación en la biomasa fue Patillos y Tuquillo; en agosto 2018 y febrero 2019 fue La Gramita; y en julio 2019 fue La Gramita y Pan de Azúcar (Tabla 4).

**Morfología**

Los estados de desarrollo de *E. cokeri* variaron según la localidad y el tiempo de muestreo. En la Tabla 6 se puede observar esos estados de desarrollo por muestreo.

Cada estado de desarrollo mostró diferentes tamaños. Con respecto a la longitud total (LT) el estado de desarrollo 1 comprendió de 4 a 40 cm de LT, con un promedio de 22,2 cm; el estado 2 de 10 a 150 cm con un promedio de 50,5 cm; el estado 3 de 9 a 222 cm con promedio de 84,8 cm y el estado 4 de 17 a 299 cm con promedio de 142,8 cm (Fig. 5). Con respecto a la LE, el estado 1 comprendió de 1 a 11 cm con un promedio de 4,3 cm; el estado 2 de 3 a 91 cm con un promedio de 17,5 cm; el estado 3 de 6 a 160 cm con un promedio de 34,6 cm y el estado 4 de 97 a 178 cm de longitud de estípite con un promedio de 60,4 cm (Fig. 6). Con respecto al DMR, el estado 1 comprendió de 1 a 5 cm con promedio de 2,7 cm; el estado 2 de 2 a 17 cm con un promedio de 6,6 cm; el estado 3 de 4 a 16 cm con un promedio de 9,7 cm y el estado 4 de 6 a 41 cm, con media de 15,9 cm (Fig. 7).

**Morfometría**

Se analizó un total de 1383 algas distribuidas en cuatro tiempos de muestreo.

**Longitud total (LT):** La longitud total (cm) de *E. cokeri* varió de 4 a 299 cm con promedio de 123 cm (Fig. 8). Los promedios de LT entre localidades, por tiempo de muestreo fueron significativamente diferentes ( $p = 0,007$ ), aunque no se observaron diferencias significativas entre los promedios de LT entre localidades en agosto 2018 y febrero 2019 (Tabla 7).

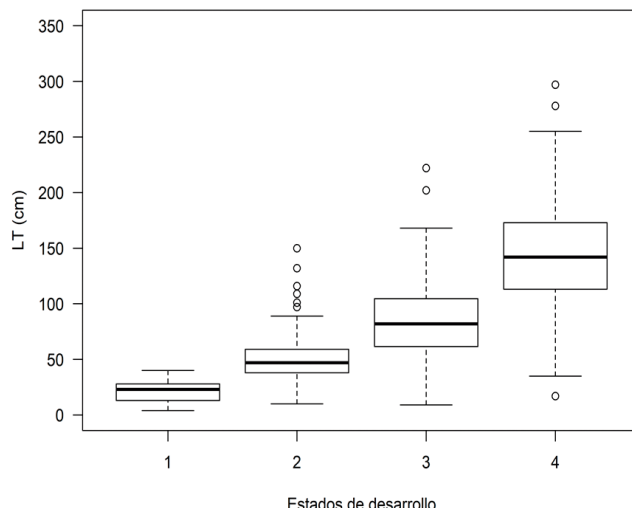


Figura 5.- Longitud total (cm) de *Eisenia cokeri* por estado de desarrollo en la Región Áncash. 2018, 2019

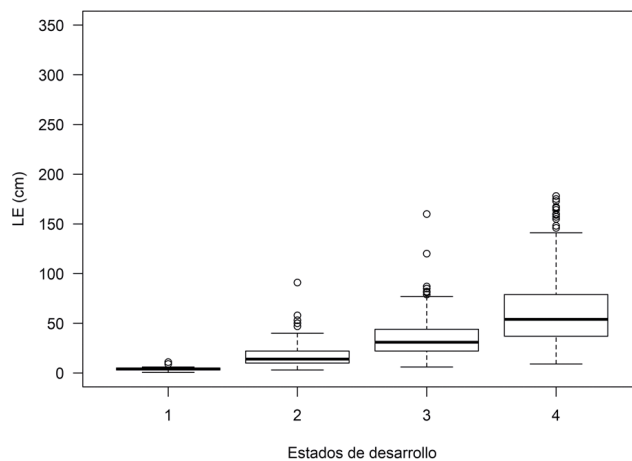


Figura 6.- Longitud del estípite (cm) de *Eisenia cokeri* por estado de desarrollo en la región Áncash. 2018, 2019

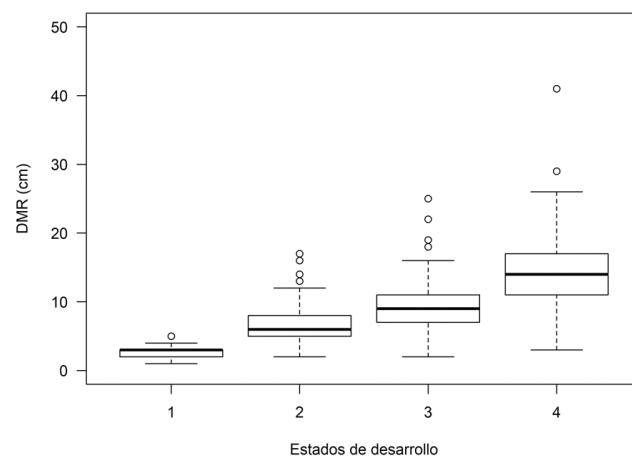


Figura 7.- Diámetro mayor del rizoide (cm) de *Eisenia cokeri* por estado de desarrollo en la región Áncash. 2018, 2019



Tabla 5.- Densidad promedio (ind/m<sup>2</sup>) y biomasa promedio (g/m<sup>2</sup>) de *Eisenia cokeri* por localidad en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Año	Tiempo	Localidad	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
2018	Mar-18	El Huaro	17	16348,0
2018	Mar-18	La Gramita	12	11323,6
2018	Mar-18	Río Seco	9	12622,6
2018	Mar-18	Pan de Azúcar	17	8763,0
2018	Mar-18	Canaco	16	16397,9
2018	Mar-18	Patillos	16	2580,7
2018	Mar-18	Tuquillo	12	2996,6
2018	Mar-18	Los Gringos	16	4122,0
2018	Ago-18	El Huaro	13	5894,0
2018	Ago-18	La Gramita	14	2694,0
2018	Ago-18	Río Seco	25	3964,1
2018	Ago-18	Pan de Azúcar	16	4943,6
2018	Ago-18	Canaco	17	6768,2
2019	Ago-18	Tuquillo	18	6103,5
2019	Feb-19	El Huaro	17	6744,8
2019	Feb-19	La Gramita	7	2744,0
2019	Feb-19	Río Seco	18	3864,7
2019	Feb-19	Pan de Azúcar	17	3948,5
2019	Feb-19	Canaco	21	6776,1
2019	Feb-19	Patillos	13	6943,2
2019	Feb-19	Tuquillo	12	5219,1
2019	Feb-19	El Huaro	12	4555,5
2019	Jul-19	La Gramita	9	3139,8
2019	Jul-19	Río Seco	18	4199,8
2019	Jul-19	Pan de Azúcar	10	3171,2
2019	Jul-19	Canaco	12	4630,8
2019	Jul-19	Patillos	15	5441,6
2019	Jul-19	Tuquillo	12	4971,0

Tabla 6.- Frecuencia relativa (%) de los estados de desarrollo de *Eisenia cokeri* por localidad y campaña de muestreo. Región Áncash, 2018 - 2019

Tiempo	Localidad	Estados de desarrollo			
		1	2	3	4
Ago-18	El Huaro	0	25,9	1,7	72,4
	Río Seco	0	45,9	5,4	48,7
	Pan de Azúcar	5	25	60	10
	Canaco	6,1	18,2	33,3	42,4
	Patillos	4,4	46,7	11,1	37,8
	Tuquillo	5	15	11,7	68,3
	Total	3,3	28,2	17,5	51
Feb-19	El Huaro	1,7	3,3	28,3	66,7
	La Gramita	0	6,7	23,3	70
	Río Seco	0	11,7	33,3	55
	Pan de Azúcar	3,3	9,8	23	63,9
	Canaco	0	13,3	31,7	55
	Patillos	2,4	31,7	31,7	34,2
	Tuquillo	3,3	13,3	26,7	56,7
Total	1,5	11,9	28,1	58,5	
Jul-19	El Huaro	0	15	30	55
	La Gramita	0	21,7	28,3	50
	Río Seco	1,7	23,3	36,7	38,3
	Pan de Azúcar	0	5	25	70
	Canaco	0	10	40	50
	Patillos	2,5	10	40	47,5
	Tuquillo	0	8,3	26,7	65
Total	0,6	13,9	31,1	54,4	

**Longitud del estípite (LE):** varió de 1 a 192 cm con promedio de 50 cm (Fig. 9). Los promedios de la LE entre localidades, por tiempo de muestreo fueron significativamente diferentes ( $p = 0,000$ ), aunque no se observaron diferencias significativas entre los promedios de LE entre localidades, en los tiempos marzo 2018 y agosto 2018 (Tabla 7).

**Diámetro mayor del rizoide (DMR):** varió de 1 a 42 cm, con promedio de 12,6 cm (Fig. 10). Los promedios del DMR entre localidades por tiempo de muestreo fueron significativamente diferentes ( $p = 0,003$ ), sin embargo, esta diferencia significativa solo se observó en marzo 2018 ( $p = 0,014$ ); en los demás tiempos de muestreo no hubo diferencia significativa (Tabla 7).

**Peso total (PT):** se pesaron 1352 algas durante los cuatro tiempos de muestreo. El peso promedio

total fue de 523,4 g. El promedio de peso por estado de desarrollo fue de 16 g ( $\pm 8,0$ ) para el estado 1; 60,3 g ( $\pm 85,3$ ) para el estado 2; 153,5 g ( $\pm 149,5$ ) para el estado 3 y 596,7 g ( $\pm 414,3$ ) para el estado de desarrollo 4. En relación al tiempo, marzo 2018 presentó el mayor valor promedio con 1022,6 g ( $\pm 587,9$ ).

**Número de frondas (F):** se analizó 990 algas de los estados de desarrollo 3 y 4 con presencia de frondas. El número de frondas totales varió de 4 a 149, con promedio de 35 frondas (Fig. 11). En marzo del 2018, se observó que el número promedio de frondas totales no tuvo diferencias significativas entre localidades ( $p = 0,749$ ); caso contrario se observó en agosto del 2018, febrero del 2019 y julio del 2019 (Tabla 8), donde sí hubo diferencias significativas, en más de una localidad (agosto 2018 y febrero 2019) y en julio del 2019 en El Huaro se encontró mayor número de frondas.

Tabla 7.- Análisis de varianza de la Longitud total (LT), Longitud del estipe (LE) y Diámetro mayor del rizoide (DMR) por localidad con respecto a los tiempos de muestreo en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Tiempo	Variable	Grados de libertad	Homogeneidad de varianzas	F	p	post hoc
Mar-18	LT	6	no	2,205 <sup>a</sup>	0,043	6 <sup>c</sup>
	LE	6	no	1,676 <sup>a</sup>	0,127	- <sup>c</sup>
	DMR	6	no	2,73 <sup>a</sup>	0,014	3 <sup>c</sup>
Ago-18	LT	6	no	1,303 <sup>a</sup>	0,256	- <sup>c</sup>
	LE	6	no	1,991 <sup>a</sup>	0,068	- <sup>c</sup>
	DMR	6	no	1,742 <sup>a</sup>	0,112	- <sup>c</sup>
Feb-19	LT	6	no	1,211 <sup>a</sup>	0,76	- <sup>c</sup>
	LE	6	no	2,159 <sup>a</sup>	0,047	7 <sup>c</sup>
	DMR	6	sí	1,39	0,217	- <sup>b</sup>
Jul-19	LT	6	no	2,837 <sup>a</sup>	0,011	1 <sup>c</sup> y 3 <sup>c</sup>
	LE	3	no	3,754 <sup>a</sup>	0,001	6 <sup>c</sup>
	DMR	3	sí	1,202	0,305	- <sup>b</sup>
Total	LT	6	no	2,972 <sup>a</sup>	0,007	6 <sup>c</sup>
	LE	6	no	6,346 <sup>a</sup>	0,000	1 <sup>c</sup> y 6 <sup>c</sup>
	DMR	6	no	3,393 <sup>a</sup>	0,003	4 <sup>c</sup>

a= Brown-Forsythe, b= HSD Tukey, c= Games-Howell

1= Punta Huaró, 2= La Gramita, 3=Río Seco, 4=Pan de Azúcar, 5=Canaco, 6=Patillos, 7=Tuquillo

F de Fisher = varianzas homogéneas, F de Brown-Forsythe = varianzas no homogéneas.

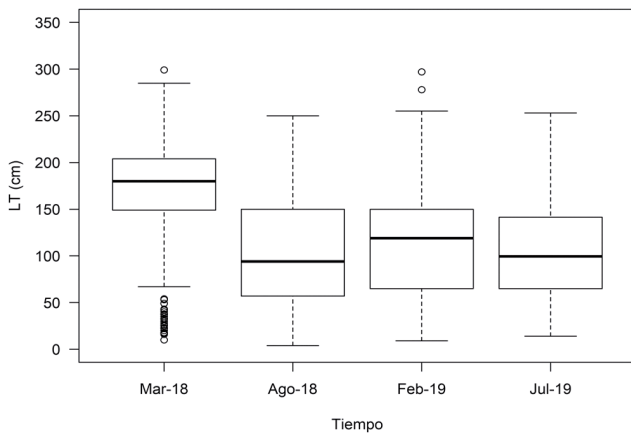


Figura 8.- Variación de la longitud total de *Eisenia cokeri* en la región Áncash. 2018, 2019

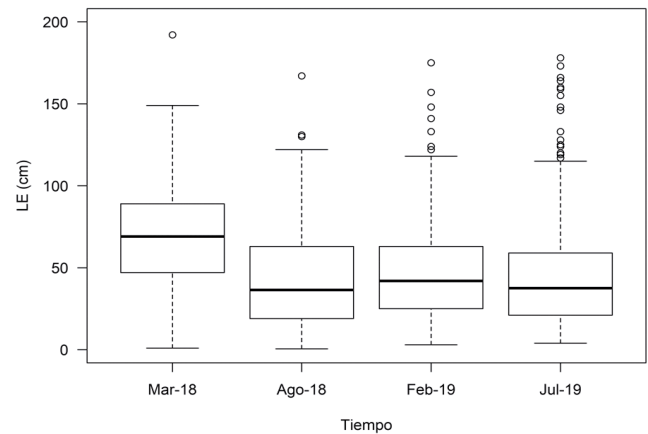


Figura 9.- Variación de la longitud del estipe de *Eisenia cokeri* en la región Áncash. 2018, 2019

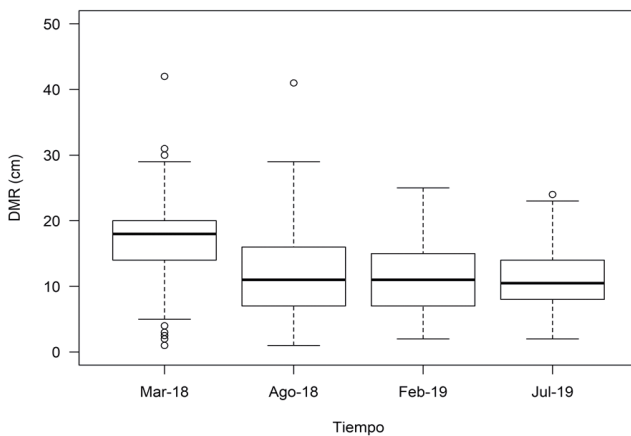


Figura 10.- Variación del diámetro mayor del rizoide de *Eisenia cokeri* en la región Áncash. 2018, 2019

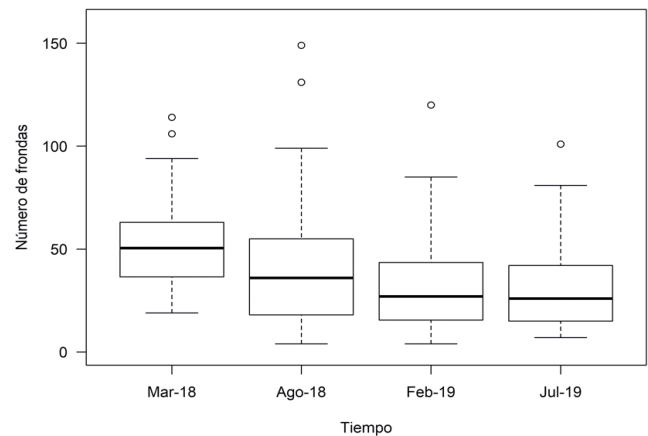


Figura 11.- Variación del número de frondas totales por tiempo de muestreo de *Eisenia cokeri* en la región Áncash. 2018, 2019

Tabla 8.- Análisis de varianza (ANOVA) del número de frondas totales de *Eisenia cokeri* por localidad con respecto a los tiempos de muestreo en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Tiempo	Variable		g.l.	F	p
Mar-18	Número de frondas	Entre grupos	2	0,29	0,749
		Dentro de grupos	121		
		Total	123		
Ago-18	Número de frondas	Entre grupos	6	7,089	0,000
		Dentro de grupos	204		
		Total	210		
Feb-19	Número de frondas	Entre grupos	6	2,405	0,028
		Dentro de grupos	340		
		Total	346		
Jul-19	Número de frondas	Entre grupos	6	3,200	0,005
		Dentro de grupos	301		
		Total	307		
Total	Número de frondas	Entre grupos	6	6,264	0,000
		Dentro de grupos	983		
		Total	989		

**Número de frondas por estípite secundario:** el número de frondas del estípite del lado izquierdo tuvo un rango de 2 a 95 y promedio de 21; el estípite derecho tuvo rango de 1 a 86 y promedio de 21 frondas (Fig. 12). El mayor

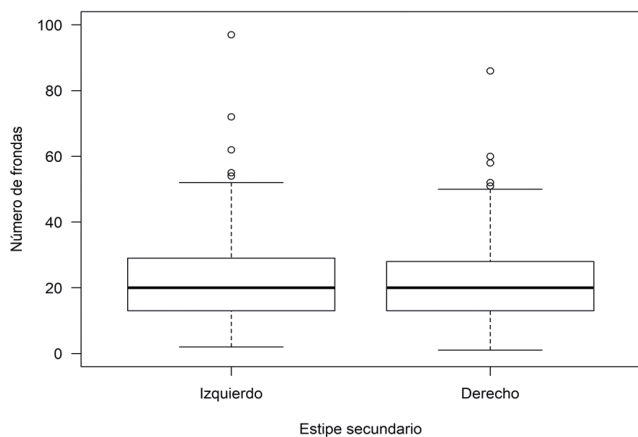


Figura 12.- Variación del número de frondas por estípite secundario, de *Eisenia cokeri* en la región Áncash. 2018, 2019

número de frondas por estípite secundario en los cuatro tiempos de muestreo fue para el estípite izquierdo (Fig. 13), aunque los promedios del número de frondas entre el estípite izquierdo y derecho no mostraron diferencia significativa en cada uno de los cuatro muestreos (Tabla 9).

**Relaciones morfométricas**

La relación LT –PT se ajustó a una relación potencial (Fig. 14). Los límites de confianza al 95% del promedio tuvieron menor amplitud a longitudes menores a 200 cm; y los valores de r<sup>2</sup>, variaron de 0,62 (Mar-18) a 0,82 (Feb-19).

La relación del diámetro mayor de rizode (DMR) – peso (PT) se ajustó a una relación potencial (Fig. 15). Los límites de confianza al 95% del promedio tuvieron menor amplitud a DMR menores a 20 cm; y los valores de r<sup>2</sup> variaron de 0,57 (marzo 2018) a 0,67 (agosto18).

Tabla 9.- Prueba t del número de frondas por estipe secundario de *Eisenia cokeri* en la región Áncash durante el 2018 y 2019

Tiempo	g.l.	t	p	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
Mar-18	230	0,150	0,881	0,207	-2,519	2,933
Ago-18	312	1,622	0,106	2,382	-0,507	5,272
Feb-19	462	-1,143	0,254	0,978	-2,661	0,070
Jul-19	368	-0,278	0,781	0,256	-2,068	1,555
Total	1398	0,043	0,764	0,173	-0,955	1,300

g.l. = grados de libertad

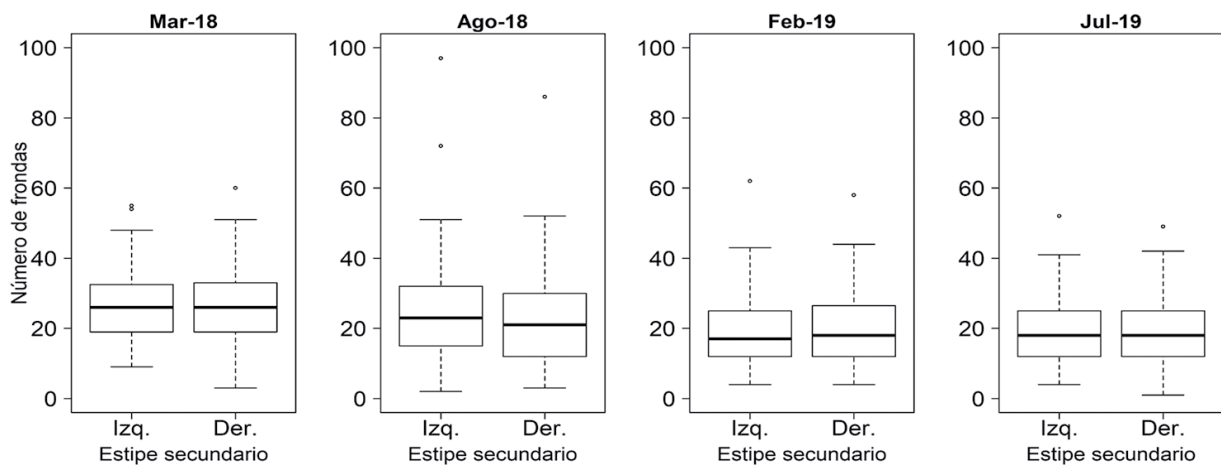


Figura 13.- Variación del número de frondas por estípite secundario en cada muestreo, de *Eisenia cokeri* en la región Áncash, 2018 y 2019

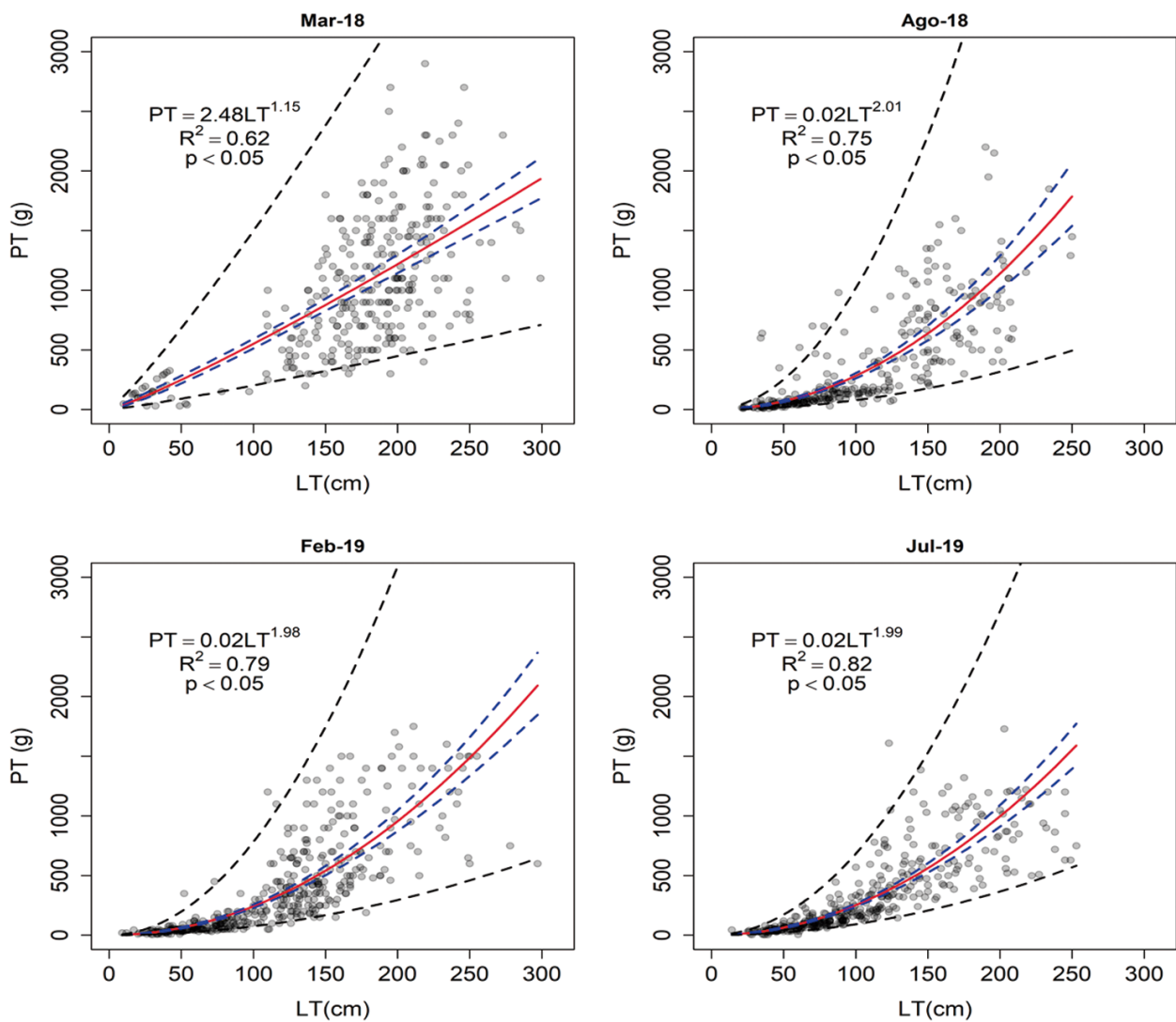


Figura 14.- Relación longitud total – peso de *Eisenia cokeri* en la región Áncash, 2018 y 2019. La línea roja sólida es el modelo; la línea discontinua azul indica el intervalo de confianza de la media (95%) y la línea discontinua negra indica el intervalo de confianza de las observaciones (95%)

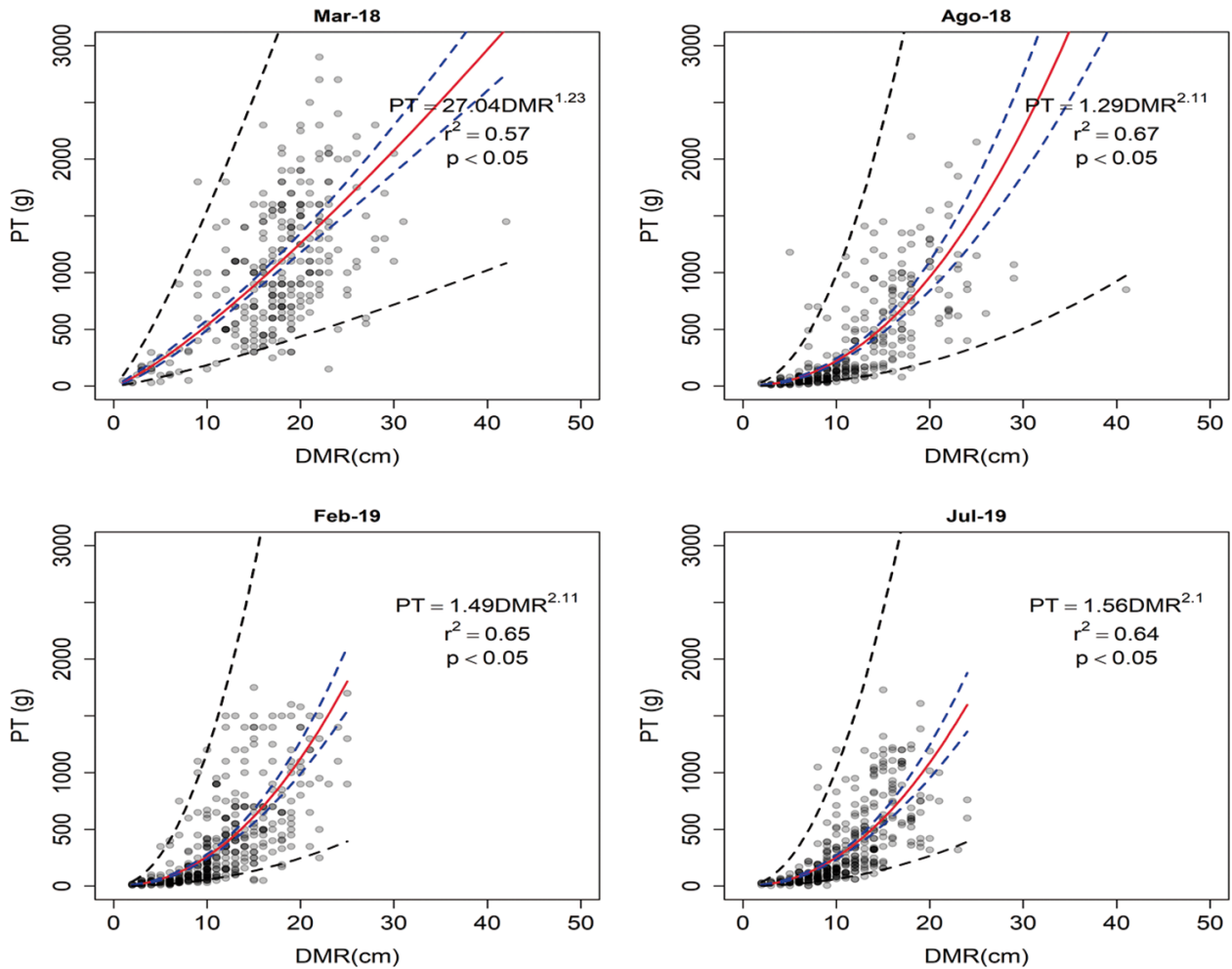


Figura 15.- Relación diámetro mayor de rizoide (DMR) – peso de *Eisenia cokeri* en la región Áncash, 2018 y 2019. La línea roja sólida es el modelo; la línea discontinua azul indica el intervalo de confianza de la media (95%) y la línea discontinua negra indica el intervalo de confianza de las observaciones (95%)

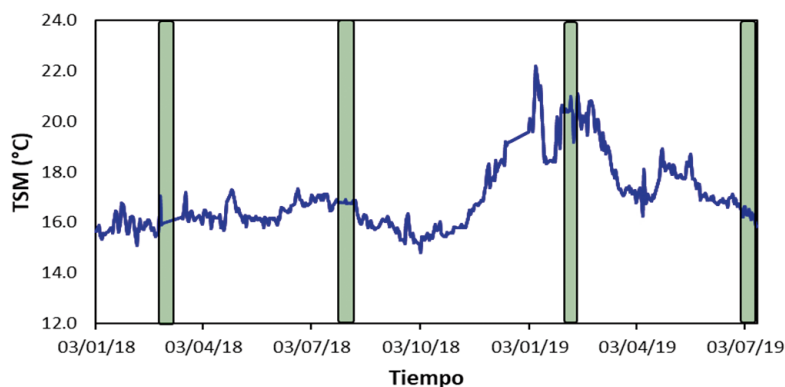


Figura 16.- Temperatura superficial del mar (TSM) en Huarney desde enero 2018 hasta julio 2019. Las barras indican los tiempos cuando se realizaron los muestreos

### Temperatura superficial del mar

La TSM varió desde 14,8 °C a 22,1 °C para el periodo enero del 2018 y julio del 2019, con un valor promedio de 16,9 ±0,38°C. En marzo del

2018 el valor promedio fue de 16,2 ±0,14 °C y en agosto de 2018 fue similar, 16,2 ±0,12 °C. En febrero del 2019 el valor promedio de TSM fue de 20,2 ±0,23 °C mientras que en julio del 2019 el valor fue de 16,2 ±0,09 °C (Fig. 16).

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La dinámica poblacional de las macroalgas pardas kelps puede tener alta influencia en las actividades ecológicas y pesqueras, así como en el diseño e implementación de planes de manejo (EPSTEIN & SMALE, 2018). En ese sentido, los resultados de estudios espacio-temporal sobre la estructura poblacional, morfología y morfometría de *E. cokeri* en Áncash, Perú pueden ser usados como evidencia para plantear medidas de manejo local y nacional a cualquier especie, grupos de especies o ecosistema. Los resultados del presente estudio muestran que la interacción espacio temporal no tiene efecto significativo sobre la densidad de *E. cokeri* en la región Áncash. Sin embargo, la biomasa, morfología y morfometría mostraron algunas diferencias. A pesar de esto, los bosques de *E. cokeri* en Áncash podrían ser considerados como una sola estructura ecológica y funcional.

Estas primeras observaciones realizadas a *E. cokeri* permitieron diferenciar de manera empírica cuatro morfotipos basados en la forma de los esporofitos juveniles y adultos. Sin embargo, una nueva catalogación es necesaria debido a que no se logró definir las etapas tempranas, medias y tardías de cada estado de desarrollo, similar a lo reportado por EPSTEIN & SMALE (2018) en la especie *Undaria pinnatifida* en el Reino Unido. La frecuencia del muestreo en el presente estudio no permitió determinar si existe estacionalidad en la abundancia de plantas con estructura reproductivas y la abundancia del estado de desarrollo 1 o recluta. Futuros estudios son necesarios para conocer la dinámica intra e inter anual de los estados de desarrollo de *E. cokeri*. A pesar de esto, se observó un patrón respecto a la frecuencia de los estados de desarrollo, donde el estado de desarrollo 3 disminuyó de marzo 2018 a julio 2019 y, el estado de desarrollo 4 incrementó. Estas diferencias posiblemente se deban a la variación de la temperatura entre años. Aunque todos los bosques fueron registrados en zonas protegidas y semi protegidas al oleaje como ensenadas, islotes y playas semicerradas, es posible que la configuración local haya generado esas diferencias (FOWLER-WALKER *et al.*, 2006; GUINDA *et al.*, 2012). Estos resultados deberían ser apoyados incrementando el nivel de análisis,

al incorporar variables como nutrientes, intensidad de luz (DAYTON, 1985), profundidad, tipo de sustrato, exposición al oleaje (CAMUS & OJEDA, 1992; FOWLER-WALKER *et al.*, 2006).

Estudios previos sugieren que altas tasas de mortalidad, baja densidad y tamaños pequeños de macroalgas pardas Laminariales están asociados a zonas protegidas al oleaje debido a la alta carga epífita y el exceso de sombra por parte de ellas mismas, el cual puede limitar la entrada de luz, afectar la absorción de nutrientes e incrementar el arrastre de las frondas durante fuertes oleajes (PEDERSEN *et al.*, 2012). Contrariamente, en el presente estudio mostramos que las localidades con menor exposición al oleaje como Rio Seco, La Gramita, Vapor presentaron altos valores de longitud total. Las localidades con mayor exposición al oleaje como Patillos, Punta Huaro y Canaco concentraron mayor abundancia de ejemplares desprendidos arrastrándose por el fondo, debido probablemente al fuerte oleaje. Comentarios realizados por buzos comerciales, respaldan el hecho que la mayor cantidad de plantas posiblemente muertas dispersas en el fondo son observadas durante los días con fuerte oleaje. Esta característica de *E. cokeri* permite que haya una dependencia local y variación a pequeña escala de los rangos de tamaños en los cuatro estados de desarrollo.

La longitud total máxima de *E. cokeri* fue casi 3 m con promedio de 35 frondas, sumado a la alta densidad, estos bosques posiblemente generan islas de biodiversidad con interacciones aún desconocidas y de mucha importancia para la pesquería artesanal local y nacional. Se necesita incrementar el nivel de observación y utilizar análisis multivariados desde un contexto comunitario, tomando en cuenta la biodiversidad asociada, para conocer la relación entre la variabilidad de la estructura poblacional local de *E. cokeri* y la estructura de la comunidad asociadas *e.g.* caracoles, estrellas, erizos, peces. Estudios previos realizados en *Lessonia trabeculata* muestran que un factor endógeno de los bosques como la presión del pastoreo por erizos y caracoles puede generar extensivos parches de fondos blanqueados o *barren ground* (VÁSQUEZ & BUSCHMANN, 1997; PERREAULT *et al.*, 2014; FILBEE-DEXTER & SCHEIBLING, 2014).

En *E. cokeri* esta interacción planta-herbívoro podría estar estructurando el reclutamiento de los estados de desarrollo 1 y 2 agrupándolos en distintas áreas del bosque generando un efecto del parche. Durante el tiempo de estudio, observamos que los reclutas formaron aisladas y densas agregaciones en el centro y en los límites del bosque. Aún no se conoce si este comportamiento es propio de la especie o es una estrategia de supervivencia.

La estructura poblacional de *E. cokeri* muestra similares resultados respecto a otras especies Laminariales que habitan el Pacífico sureste como *Lessonia* spp. y *Macrocystis pyrifera* (VEGA *et al.*, 2005; VÁSQUEZ *et al.*, 2006, 2015; WESTERMEIER *et al.*, 2018; TEJADA *et al.*, 2019). Alta densidad y biomasa son importantes para la conservación y evita pérdida de biodiversidad debido a su condición formadora de hábitat (DAYTON, 1985). Sin embargo, es necesario realizar muestreos mensuales para determinar patrones temporales y generar las bases para futuros planes de manejo antes de que *E. cokeri* sea considerada un recurso y posteriormente explotada. Actualmente, *Lessonia* spp. y *Macrocystis pyrifera*, especies de alta importancia económica que habitan en el sur de Perú y Chile, presentan altos niveles de explotación donde las restricciones para la extracción y/o colecta de estos recursos en el Pacífico suroriental están basados en poblaciones intervenidas (VÁSQUEZ *et al.*, 2012). Debido a la restringida distribución de los bosques formados por *E. cokeri* en el Perú, y posiblemente endémica, esta macroalga debe ser considerada como especie protegida. Una futura extracción comercial de *E. cokeri* podría ocasionar la extinción local de estos bosques debido a su fácil acceso y a su condición vulnerable. Estudios apoyados en técnicas moleculares son necesarios para conocer su historia de vida y formular hipótesis que expliquen la presencia de estos densos bosques submareales en esta región del Perú.

### Agradecimientos

A la Blga. Miriam Poma por el apoyo en el trabajo de campo durante marzo 2018 y agosto 2018 y por apoyo inicial en la caracterización de los estados de desarrollo. Estos resultados forman parte del proyecto "Diversidad biológica y comunidades bentónicas de la región Áncash" llevado a cabo por el Instituto del Mar del Perú, sede Chimbote.

## 5. REFERENCIAS

- ACLETO O. 1971. Algas marinas del Perú de importancia económica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural Javier Prado, Departamento de Botánica. Serie de divulgación. 5: 85 pp.
- BOLTON J. 2010. The biogeography of kelps (Laminariales, Phaeophyceae): a global analysis with new insights from recent advances in molecular phylogenetics. *Helgol Mar Res.* 64: 263-279
- BROWN M, FORSYTHE A. 1974. Robust Tests for Equality of Variances. *Journal of the American Statistical Association.* 69: 364-367.
- CAMUS P, OJEDA P. 1992. Scale-dependent variability of density estimates and morphometric relationships in subtidal stands of the kelp *Lessonia trabeculata* in northern and central Chile. *Marine Ecology Progress Series.* 90: 193-200.
- CASAS G, PIRIZ M, PARODI E. 2008. Population features of the invasive kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae: Laminariales) in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 88(1): 21-28.
- CLARE K. 1993. Algin. En: *Industrial Gums: polysaccharides and their derivatives.* Academic Press. New York, U.S.A. 105-143.
- DAY R, QUINN G. 1989. Comparison of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs.* 59: 433-463.
- DAYTON P. 1985. Ecology of kelp communities. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 16: 215-245.
- EPSTEIN G, SMALE D. 2018. Between-habitat variability in the population dynamics of a global marine invader may drive management uncertainty. *Marine pollution bulletin.* 137: 488-500.
- ERTESVAG H, VALLA S. 1998. Biosynthesis and applications of alginates. *Polymer Degradation and Stability.* 59: 85-91.
- FERNÁNDEZ E, CÓRDOVA C, TARAZONA J. 1999. Condiciones de la pradera submareal de *Lessonia trabeculata* en la Isla Independencia durante "El Niño 1997-98". *Revista Peruana de Biología.* 6(3): 47-59.
- FILBEE-DEXTER K, SCHEIBLING R. 2014. Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Marine Ecology Progress Series.* 495: 1-25.
- FOWLER-WALKER M, WERNBERG T, CONNELL S. 2006. Differences in kelp morphology between wave sheltered and exposed localities: morphologically plastic or fixed traits? *Marine Biology.* 148(4): 755-767.
- FOX J, WEISBERG S. 2019. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- FRIEDLANDER A, BALLESTEROS E, CASELLE J, GAYMER C, PALMA A, PETIT I, VARAS E, WILSON A, SALA E. 2016. Marine Biodiversity in Juan Fernández and Desventuradas Islands, Chile: Global Endemism Hotspots. *PloS one.* 11(1). p.e 0145059.

- GUINDA X, JUANES J, PUENTE A, ECHAVARRI-ERASUN B. 2012. Spatial distribution pattern analysis of subtidal macroalgae assemblages by a non-destructive rapid assessment method. *Journal of Sea Research*. 67(1): 34-43.
- IMARPE. 2016. Evaluación de los bosques de la macroalga parda *Eisenia cokeri* M. A. Howe, 1914 (Laminariales) en la Región Áncash: aspectos poblacionales e indicadores comunitarios. 26 de noviembre y 01 de diciembre del 2016. Informe interno del Laboratorio Costero de Chimbote, Instituto del Mar del Perú.
- JUHL-NOODT H. 1958. Beiträge zur Kenntnis der Peruanischen Meeresalgen. I. Kieler Meeresforschungen. 14: 167-174.
- McHUGH D. 1987. Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds. *FAO Fisheries Technical Paper (288)*. Rome, Italy, 189 p.
- OGLE D, WHEELER P, DINNO A. 2020. FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.30. Disponible en: <https://github.com/droglenc/FSA>
- PEDERSEN M, NEJRUP L, FREDRIKSEN S, CHRISTIE H, NORDERHAUG M. 2012. Effects of wave exposure on population structure, demography, biomass and productivity of the kelp *Laminaria hyperborea*. *Marine Ecology Progress Series*, 451: 45-60.
- PERREAULT M, BORGEAUD I, GAYMER C. 2014. Impact of grazing by the sea urchin *Tetrapygus niger* on the kelp *Lessonia trabeculata* in Northern Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 453: 22-27.
- PRODUCE. 2009. Decreto Supremo N° 019-2009. Aprueban reglamento de Ordenamiento Pesquero de las macroalgas marinas y modifican reglamento de la Ley General de Pesca aprobado por Decreto Supremo N°012-2001-PE y el reglamento de inspecciones y sanciones pesqueras y acuícolas aprobado por Decreto Supremo N°016-2007-PRODUCE.
- QUINN G, KEOUGH M. 2002. Experimental design and data analysis for Biologist. Cambridge University Press, 526 pp.
- RAMÍREZ P, DE LA CRUZ J, CASTRO J. 2019. Biodiversidad en Isla Lobos de Tierra. Región Lambayeque, setiembre 2016. Informe Instituto del Mar Perú, 46 (3): 444-461.
- SANTELICES B. 2007. The discovery of kelp forests in deep-water habitats of tropical regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104: 19163-19164.
- SERISAWA Y, YOKOHAMA Y, ARUGA Y, TANAKA J. 2002. Growth of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes transplanted to a locality with different temperature conditions. *Phycological Research* 50: 201-207
- TEJADA A, BALDARRAGO D, VILLANUEVA J, GAMARRA A. 2019. Evaluación del recurso *Lessonia trabeculata* Villouta y Santelices, 1986 en la provincia de Ilo, Región Moquegua, octubre 2015. Informe Instituto del Mar Perú. 46(1): 52-59.
- VÁSQUEZ J, BUSCHMANN A. 1997. Herbivore-kelp interactions in Chilean subtidal communities: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*. 70: 41-52.
- VÁSQUEZ J, PIAGET N, VEGA J. 2012. The *Lessonia nigrescens* fishery in northern Chile: "How you harvest is more important than how much you harvest". *Journal of Applied Phycology*. 24(3): 417-426.
- VÁSQUEZ J, VEGA A, BUSCHMANN A. 2006. Long term variability in the structure of kelp communities in northern Chile and the 1997-98 ENSO. *Journal of Applied Phycology*. 18: 505-519.
- VÁSQUEZ J, CASTILLO R, ZAVALA J, TEJADA A, MAMANI J. 2012. Programa de investigación de las algas pardas en el sur del Perú 2011-2015. *Inf Inst Mar Perú*. Vol. extraordinario. p. 5-57.
- VEGA A, VÁSQUEZ J, BUSCHMANN A. 2005. Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: interannual variability and El Niño 1997-1998. *Revista Chilena de Historia Natural*. 78: 33-50.
- WESTERMEIER R, MURÚA P, PATIÑO D, MANOLI G, MÜLLER D. 2018. Evaluation of kelp harvest strategies: recovery of *Lessonia berteroa* (Phaeophyceae, Laminariales) in Pan de Azúcar, Atacama, Chile. *Journal of Applied Phycology*. 31: 575-585.