CONCHA NEGRA *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) Y CONCHA HUEQUERA *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) EN LOS MANGLARES DE TUMBES. NOVIEMBRE 2020

Anadara tuberculosa (Sowerby, 1833) AND *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) IN THE MANGROVES OF TUMBES (NOVEMBER 2020)

Elmer Ordinola[1] *Percy Montero*[1] *Solange Alemán*[1]
Johnny Robles[1] *Mervin Guevara*[1]

RESUMEN

Ordinola, E., Montero, P., Alemán, S., Robles, J., Guevara, M. (2022). *Concha negra* Anadara tuberculosa *(Sowerby, 1833) y concha huequera* Anadara similis *(C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes. Noviembre 2020. Inf Inst Mar Perú. 49(2): 214-233.-* Se presentan resultados de la prospección biológico poblacional de concha negra *Anadara tuberculosa* y concha huequera *Anadara similis* en los manglares de Tumbes efectuada en noviembre 2020. Se establecieron 90 estaciones, evaluándose 22 canales de marea y 9 islas. La densidad media en concha negra fue de 1,2 ind.m^{-2}, con máximo de 1,4 ind.m^{-2} en la zona centro (Puerto Pizarro); en concha huequera, la densidad media fue de 0,3 ind.m^{-2}, en las dos especies no se registró diferencias entre zonas evaluadas. La biomasa media en concha negra fue 21,0 g.m^{-2}, el mayor valor (22,1 g.m^{-2}) se dio en la zona norte (Zarumilla). En concha huequera la biomasa media fue 4,8 g.m^{-2}, la mayor se encontró en la zona sur (Corrales) (10,2 g.m^{-2}). La proporción sexual en ambas especies favoreció estadísticamente a hembras. Las tallas medias de concha negra y huequera fueron 37,1 y 39,7 mm de longitud valvar (LV), respectivamente. Los ejemplares con tallas comerciales (≥45 mm LV) representaron el 19,3 y 31,9% del total de individuos en *A. tuberculosa* y *A. similis*, respectivamente. Se observó hembras en desarrollo y maduras en ambas especies, respectivamente. Los pesos estimados para la talla de 45 mm LV, con base en la relación peso longitud, fueron 26,4 para concha negra y 20,8 g para concha huequera. La macrofauna asociada estuvo representada por siete especies de bivalvos, destacando concha blanca *Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835) y choro o mejillón *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819). Los parámetros físico químicos del agua en los canales de marea tuvieron valores acordes con la estación seca del año. En la zona centro la densidad media de *A. tuberculosa*, tuvo correlación inversa y moderada con los valores de pH y salinidad del agua; mientras que en la zona norte la correlación fue directa y moderada con el pH del sedimento.

Palabras clave: *Anadara tuberculosa*, *A. similis*, biología, densidad media, características ambientales

ABSTRACT

Ordinola, E., Montero, P., Alemán, S., Robles, J., Guevara, M. (2022). Anadara tuberculosa *(Sowerby, 1833) and* Anadara similis *(C.B. Adams, 1852) in the mangroves of Tumbes (November 2020). Inf Inst Mar Peru. 49(2): 214-233.-* In November 2020, we conducted the biological population survey of *Anadara tuberculosa* and the *Anadara similis* in the mangroves of Tumbes. During that period, 90 stations were established, thus evaluating 22 tidal channels and 9 islands. For *A. tuberculosa*, the mean density was 1.2 ind.m^{-2}, with a peak of 1.4 ind.m^{-2} in the central zone (Puerto Pizarro), while for *A. similis*, the mean density was 0.3 ind.m^{-2} and there were no differences between evaluated areas for both species. Regarding *A. tuberculosa*, the mean biomass was 21.0 g.m^{-2}, and its peak (22.1 g.m^{-2}) was found in the northern zone (Zarumilla), while in the case of *A. similis*, the mean biomass was 4.8 g.m^{-2}, with a peak (10.2 g.m^{-2}) found in the southern zone (Corrales). For both species, the sex ratio statistically favored females. The mean sizes of *A. tuberculosa* and *A. similis* were 37.1-mm and 39.7-mm valve length (VL), respectively. *A. tuberculosa* and *A. similis* specimens with commercial sizes (≥45 mm VL) accounted for 19.3 and 31.9% of the total individuals, respectively. Developing and mature females were observed in both species, respectively. Based on the length-to-weight ratio, we estimated weights for the 45 mm VL size *A. tuberculosa* and *A. similis* individuals obtaining 26.4 g and 20.8 g, respectively. The associated macrofauna was made up of seven species of bivalves, including *Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835) and *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819). In the tidal channels, the physical chemical parameters of the water had values consistent with the dry season. In the central zone, the mean density of *Anadara tuberculosa* had an inverse and moderate correlation with the pH and salinity values of the water; while, on the other hand, in the northern zone the correlation was direct and moderate with the pH of the sediment.

Keywords: *Anadara tuberculosa*, *A. similis*, biology, mean density, environmental characteristics, Peru

1 IMARPE Tumbes. Calle José Olaya S/N, Zorritos, Tumbes. elmord@imarpe.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

De la variedad de moluscos que habitan en el ecosistema de los manglares de Tumbes, según Ordinola *et al*. (2019) sólo siete están sujetos a explotación comercial: *Anadara tuberculosa, Anadara similis, Larkinia grandis, Leukoma asperrima, Atrina maura, Mytella guyanensis* e *Iliochione subrugosa.*

La concha negra (*A. tuberculosa*) es el bivalvo de mayor importancia económica en Tumbes, del hábitat de este recurso también se extrae la concha huequera (*A. similis*) aunque en menor proporción (5 conchas negras: 1 concha huequera) (Ordinola *et al*., 2019). El incumplimiento de las medidas establecidas para su sostenibilidad, tales como veda reproductiva y talla mínima de captura; así como la continua y sostenida presión de pesca que soportan, impiden que sus poblaciones se recuperen convenientemente.

Con el transcurso de los años se ha observado la disminución de la talla media en los monitoreos, tal es así que en febrero 2007 fue de 38,5 y 40,4 mm LV, para *A. tuberculosa* y *A. similis,* respectivamente, reduciéndose en agosto 2019 a 36,9 y 36,0 mm LV, respectivamente. Valores inferiores a los registrados para concha negra durante el período 2017 - 2018 se dieron en Puerto El Morro, Ecuador (media 41,8 mm LV) (Gamboa-Landivar, 2019), en 2016 en La Grabadora (45,44 mm LV) y Bravito (43,42 mm LV) en la Provincia de El Oro, Ecuador (Moreno *et al*., 2019) y en Golfo de Montijo, Panamá en 2019 (59,79 mm LV) (Vega *et al*., 2021).

Las densidades medias de las conchas negra y huequera en Tumbes, en agosto 2019 fue 1,2 y 0,2 ind.m^{-2}, respectivamente; que, a pesar de mantenerse estables durante los últimos nueve años, es inferior a lo obtenido para *A. tuberculosa* por Gamboa-Landivar (2019) para Puerto El Morro en el período 2017 – 2018 (2,7 ind.m^{-2}).

El 2020 estuvo marcado por el desarrollo de la pandemia del COVID 19, originando un período de cuarentena nacional estricta, desde el 16 de marzo hasta el 1 de julio 2021, motivo por el cual la mayoría de las actividades económicas fueron suspendidas para evitar la propagación del virus, impactando en los "concheros", beneficiarios principales del recurso, que vieron disminuir sus ingresos por el cierre de restaurantes y hoteles, principales demandantes del recurso y provocando la paralización de los buses interprovinciales hacia el sur peruano, destino principal de su producción. En un contexto más flexible en cuanto a la emergencia nacional, es que el Imarpe desarrolló este estudio, cuyos resultados se muestran en la presente publicación para ser considerados en las acciones de manejo pesquero por las autoridades del Sector, para el aprovechamiento sostenible de estas especies de moluscos bivalvos en Tumbes.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante ocho días (19 - 21 y 26 - 30 de noviembre), se efectuaron 90 estaciones bio-oceanográficas en los manglares de Tumbes, las que se distribuyeron proporcionalmente al área de estudio (Fig. 1). Para el traslado hacia las estaciones de muestreo, se empleó el bote "Samir" ZS – 63980 - EM, de propiedad del Imarpe (Fig. 2). Para los cálculos de la densidad media, en cada estación se trazó una línea imaginaria perpendicular al canal de marea, con una longitud de 10 m, desde la orilla del canal poblado por arboles hacia el interior del manglar. A lo largo de cada transecto se recolectó toda la macrofauna presente en 0, 5 y 10 m del canal de marea, dentro del área que enmarca un cuadrado de 1 m de lado, con una repetición. La ubicación y georreferenciación de las estaciones se realizó con un GPS Garmin Etrex Summit HC con coordenadas geográficas referidas al Datum WGS 84.

Las labores de recolección y muestreo se efectuaron durante la bajamar, que fue el momento en que la llanura fangosa aledaña a la vegetación de mangle quedaba expuesta. El registro de información de campo y recolección de muestras se efectuó desde horas de la mañana hasta la tarde, teniendo en cuenta el estado de las mareas. Se anotó en una bitácora la hora de inicio y fin del muestreo; así como, la posición geográfica y el color aparente del agua (Fig. 3).

Las muestras de concha negra y su fauna asociada fueron colectadas a través de un muestreo sistemático. Para un adecuado análisis de los datos, se dividió el área de estudios en tres zonas (Fig. 4) (Ordinola *et al*., 2010):

Figura 1.- Zonas y estaciones de muestreo bio-oceanográfico durante la prospección de concha negra y huequera en el ecosistema de manglar de Tumbes, noviembre 2020

Figura 2.- Traslado hacia las estaciones de muestreo en el bote "Samir"

Figura 3.- Recolección de ejemplares de concha negra, huequera y fauna asociada dentro de un metro cuadrado

Zona norte (Zarumilla): islas y canales de marea en relación con el río Zarumilla.

Zona centro (Puerto Pizarro): islas y canales de marea en la bahía de Puerto Pizarro.

Zona sur (Corrales): canales de marea en relación directa con la desembocadura del río Tumbes.

Se efectuó la biometría de los dos recursos, utilizando malacómetros con divisiones al milímetro, a fin de obtener la longitud valvar (LV) (Laevastu, 1971; Galdámez *et al*., 2007; Sanjinez *et al*., 2016). Además, se determinó el porcentaje de semilla, contabilizando los ejemplares con talla menores o iguales a 15 mm LV (Ordinola *et al*., 2012; Borda y Cruz, 2004).

Para la determinación del sexo y la catalogación de la madurez gonádica en ambos recursos se siguió a Sanjinez *et al.* (2016), empleándose además la escala de concha negra, homologada por el Imarpe y el Instituto Público de Investigación en Acuicultura y Pesca de Ecuador (IPIAP), que incluye los siguientes estadios: Virginal (0), Indeterminado (I), En Desarrollo (II), Maduro (III), Desove (IV).

La fauna asociada al recurso fue identificada empleando los trabajos de Alamo y Valdivieso (1997), Chirichigno (1970), Keen (1971) y Mora (1990).

En cada estación se obtuvo una muestra de agua a nivel superficial, utilizando un balde

plástico de 10 L. Se registró la temperatura del agua con un termómetro digital, marca Hanna (HI 935002) (con 0,1 °C de sensibilidad) y el pH con un potenciómetro portátil marca WTW (modelo pH 3210 Set 2). El oxígeno disuelto se determinó empleando el método titulométrico de Winkler (Carrit & Carpenter, 1966). Adicionalmente, se recolectaron submuestras de agua para la determinación de la salinidad, la que se realizó según el método de inducción, empleando un salinómetro Portasal Guildline 8410A.

Se recolectaron muestras de sedimento de los estratos de muestreo (0, 5 y 10 m de distancia al canal de marea) para la determinación del pH, el cual se midió directamente con un potenciómetro portátil marca WTW (modelo pH 3210 Set 2).

De forma complementaria, se emplearon los datos de temperatura del agua procedentes del sensor U20L-01, marca HOBO, instalado en el muelle embarcadero del SERNANP, ubicado en el canal artificial Paracas. Se obtuvieron promedios quincenales de la temperatura del agua, los cuales fueron calculados a partir de datos registrados cada media hora. Para la importación de datos se empleó una estación base universal óptica USB (Base U-4), marca HOBO y una computadora portátil.

Los datos de temperatura del sensor fueron visualizados y exportados empleando el programa HOBOware PRO; en conjunto, toda la información térmica obtenida fue ingresada y procesada en hojas de cálculo Microsoft Excel 2010. Para el ploteo de las estaciones y densidades medias de los recursos objeto de estudio se utilizó el programa ArcGis (v. 10.3), y la estructura de tallas fue analizada utilizando el programa SPSS 23. Para la redacción del documento se utilizó el programa Microsoft Office Word 2010.

Se obtuvo la regresión longitud valvar (LV) - peso total (PT), utilizando la relación de potencias ($PT = aLV^b$).

Se empleó para los análisis estadísticos el programa SPSS 23, se probó los supuestos de normalidad y homocedasticidad con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, en vista que no fueron cumplidos, se aplicó estadística no paramétrica, empleándose la prueba de Kruskal Wallis con el post *hot Games-Howell* para determinar diferencias de la densidad entre zonas de extracción y distancia al canal de marea; además, se empleó para comparar los valores de LV según zonas de extracción y estrato. Finalmente, se aplicó la prueba del CHI-cuadrado con una certeza del 95% para conocer si existen diferencias en la proporción sexual.

Se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson "r" entre los parámetros ambientales y la densidad del recurso. Para esta rutina, se seleccionaron los resultados estadísticamente significativos, empleando una prueba de hipótesis con base en el error estándar de "r" y al estadístico de prueba t-student ($t_{n-2;\,\alpha/2}$) con un nivel de confiabilidad del 95%; además, se calcularon los intervalos de confianza, según lo describe Camacho-Sandoval (2008).

3. RESULTADOS

ASPECTOS POBLACIONALES

Densidad poblacional

Concha negra

La densidad media total fue 1,2 ± 0,1 ind.m^{-2}. No se observó diferencias estadísticas entre las densidades de las zonas evaluadas (Kruskal-Wallis, P > 0,05), a pesar de ello la zona centro (Puerto Pizarro) destacó frente a las otras zonas con 1,4 ind.m^{-2} (Tabla 1).

Según distancia al canal de marea, las abundancias no mostraron diferencias (Kruskal-Wallis, P > 0,05) (Tabla 2). Por canal de marea o isla, fluctuó entre 0,2 ind.m^{-2} en el canal Matanzas y 1,9 ind.m^{-2} en el canal Jelí. No se registraron ejemplares en los canales de marea Algarrobo y Camarones (Tabla 1). Por estación, fluctuó entre 0,2 (estaciones ubicadas en los canales El Mocho y Matanzas e islas Matapalo, Correa y El Tanque) y 3,7 ind.m^{-2} (Canal Jelí - sector El Fogón) (Fig. 4).

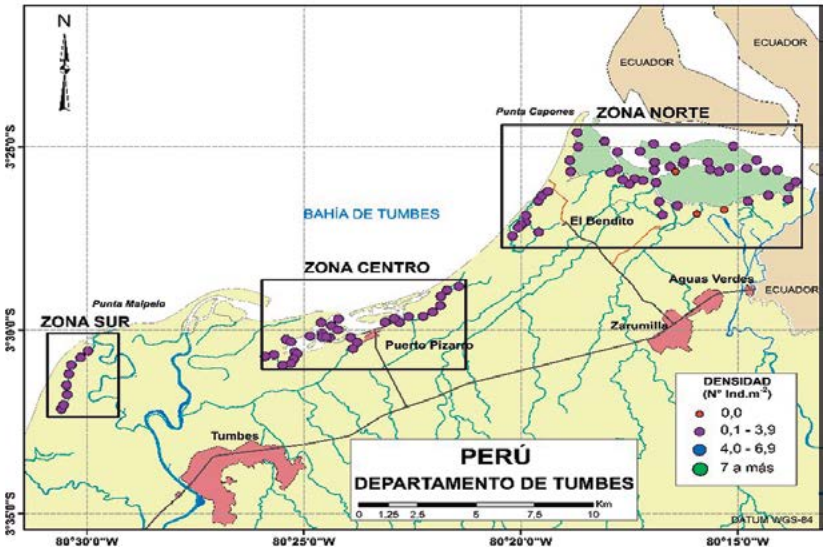

Figura 4.- Densidad media del recurso concha negra (*A. tuberculosa*) en el ecosistema de manglar de Tumbes, noviembre 2020

Tabla 1.- Densidad media de concha negra, concha huequera, concha blanca y choro, estaciones efectuadas, según zona de estudio, canal de marea o isla. Prospección efectuada en Tumbes, noviembre 2020

Zona	Canal de marea o isla	Nº de Estaciones	Concha negra (ind.m^{-2})	C. huequera (ind.m^{-2})	Concha blanca (ind.m^{-2})	Choro (ind.m^{-2})
Norte	Algarrobo	1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Camarones	1	0,0	0,0	0,0	0,0
	El Bendito	9	1,5	0,3	1,0	0,02
	El Gallo	1	1,7	0,0	1,0	0,0
	Envidia	3	0,8	0,1	2,0	0,3
	Gallego	2	0,4	0,2	0,0	0,2
	Isla Chalaquera	2	1,7	0,3	2,3	0,0
	Isla Correa	9	1,2	0,6	1,8	0,04
	Isla Las Almejas	2	0,8	0,0	1,8	0,5
	Isla Matapalo	10	1,3	0,3	0,7	0,05
	Isla Roncal	3	1,4	0,3	1,1	0,0
	Juanito	1	0,5	0,0	0,8	0,0
	La Chinchana	1	0,3	0,2	0,0	0,0
	Lagarto	1	0,5	0,0	0,7	0,3
	Matanzas	1	0,2	0,0	0,0	0,0
	Soledad	2	1,1	0,1	0,4	0,0
	Zarumilla	1	1,0	0,0	0,0	0,0
Total norte		50	1,1± 0,2	0,3± 0,1	1,1± 0,3	0,1± 0,05
Centro	Bajo Grande	3	0,6	0,1	1,3	0,0
	El Mocho	3	1,0	0,1	0,0	0,5
	El Potrero	1	1,0	0,5	3,0	0,5
	Isla del Amor	2	1,8	0,8	2,8	0,4
	Isla El Tanque	3	1,1	0,4	3,0	0,0
	Isla Las Garzas	1	1,2	0,2	5,7	0,0
	Isla Las Ratas	1	0,3	0,3	1,5	0,2
	Jelí	7	1,9	0,5	0,9	1,0
	La Ramada	3	1,6	0,2	0,7	0,06
	Orilla de checa	1	1,0	0,0	1,5	0,0
	Puerto Rico	2	1,6	0,3	0,3	0,5
	Mogote La Jubilada	1	1,0	0,3	1,7	0,2
	El Gato	4	1,6	0,3	2,3	0,2
Total centro		32	1,4± 0,3	0,3± 0,1	1,5± 0,4	0,4± 0,2
Sur	Corrales	8	1,0	0,4	0,35	0,02
Total sur		8	1,0± 0,4	0,4± 0,3	0,4± 0,2	0,02± 0,04
Total general		90	1,2± 0,1	0,3± 0,1	1,2± 0,2	0,2±0,04

Concha huequera

La densidad media total de concha huequera fue 0,3 ± 0,1 ind.m^{-2}. Las zonas evaluadas, al igual que las distancias al canal, no presentaron diferencias para este indicador de abundancia (Kruskal-Wallis, P > 0,05). Según canal de marea o isla, la densidad fluctuó entre 0,1 ind.m^{-2} (canales Envidia, Soledad, El Mocho e isla Bajo) y 0,8 ind.m^{-2} (isla del Amor). No se registró ningún ejemplar en los canales de marea Algarrobo, Camarones, El Gallo, Juanito, Lagarto, Matanzas, Zarumilla y Orilla de Checa; y en la isla Las Almejas (Tablas 1, 2, Fig. 5).

Otros bivalvos comerciales

La concha blanca o tabaquera (*L. asperrima*), presentó densidad media de 1,2 ± 0,2 ind.m^{-2} (Tablas 2, 3), encontrándose diferencias significativas entre todas las zonas (Kruskal-Wallis, P < 0,05). La prueba de Games-Howell (P<0,05), determinó que la zona sur presentó diferencias significativas respecto a las zonas norte y centro, que fueron similares entre sí, aunque con una ligera superioridad de la zona centro (1,5 ind.m^{-2}). Según canal de marea fluctuó de 0,3 ind.m^{-2} (canal Puerto Rico) a 5,7 ind.m^{-2} (isla Las Garzas). En los canales Algarrobo, Camarones, El Gallego, La Chinchana, Matanzas, Zarumilla y El Mocho no se registraron ejemplares (Tablas 1, 2).

Tabla 2.- Densidad media de concha negra y principales especies comerciales, según zona y estrato o distancia al canal de marea. Prospección efectuada en Tumbes, noviembre 2020

Especie	Distancia al canal (m)	Norte	Centro	Sur	Densidad general (ind.m^{-2})
Concha negra	0	1,3	1,3	1,1	1,3
	5	1,1	1,6	1,6	1,3
	10	1,1	1,2	0,4	1,1
	Densidad general	1,1	1,4	1,0	1,2
Concha huequera	0	0,3	0,4	0,7	0,4
	5	0,25	0,3	0,3	0,3
	10	0,2	0,3	0,3	0,3
	Densidad general	0,3	0,3	0,4	0,3
Concha blanca	0	1,4	0,9	0,3	1,1
	5	0,9	2,1	0,5	1,3
	10	0,8	1,7	0,3	1,1
	Densidad general	1,1	1,5	0,35	1,2
Choro	0	0,04	0,1	0,0	0,1
	5	0,08	0,4	0,0	0,2
	10	0,1	0,6	0,06	0,3
	Densidad general	0,1	0,4	0,02	0,2

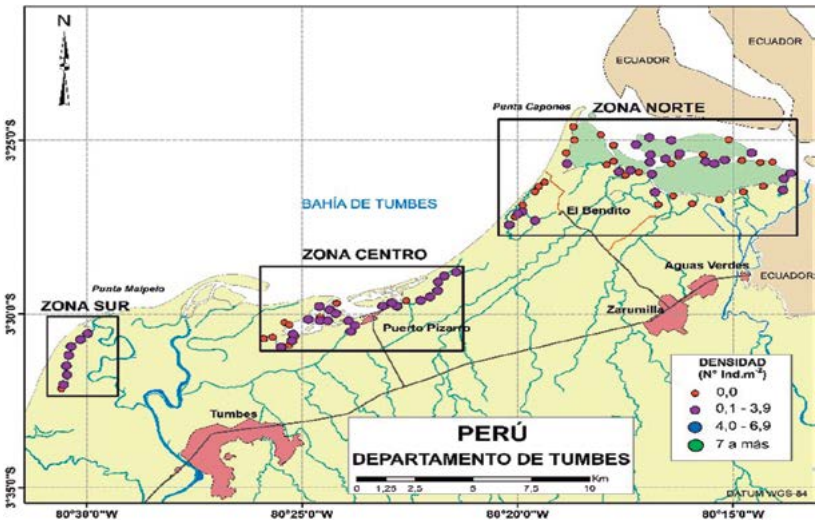

Figura 5.- Densidad media del recurso concha huequera (*A. similis*) en el ecosistema de manglar de Tumbes, noviembre 2020

Tabla 3.- Densidad media de concha negra y otros bivalvos en el ecosistema de manglares de Tumbes, noviembre 2020

Nombre común	Nombre científico	Captura (Nº)	Área (m^2)	Densidad (Ind. m^{-2})
Concha negra	*Anadara tuberculosa*	649	540	1,2± 0,1
Concha huequera	*Anadara similis*	160	540	0,3± 0,1
Concha blanca	*Leukoma asperrima*	630	540	1,2± 0,2
Choro, mejillón	*Mytella guyanensis*	94	540	0,2± 0,1
Corbula	*Corbula* sp.	12	540	0,02
Almeja blanca	*Dosinia* sp.	9	540	0,02
Concha rayada	*Iliochione subrugosa*	1	540	0,002
Concha pata de burro	*Larkinia grandis*	3	540	0,006

Tabla 4.- Biomasa media de concha negra y otros bivalvos comerciales del ecosistema de manglares de Tumbes, noviembre 2020

Nombre común	Nombre científico	Peso total (g)	Área evaluada (m^2)	Biomasa media ($g.m^{-2}$)
Concha negra	*Anadara tuberculosa*	11347,5	540	21,0 ± 2,6
Concha huequera	*Anadara similis*	2575,8	540	4,8 ± 1,2
Concha blanca	*Leukoma asperrima*	9509,9	540	17,6 ± 3,3
Choro, mejillón	*Mytella guyanensis*	1042,8	540	1,9 ± 0,9
Concha pata de burro	*Larkinia grandis*	186,8	540	0,3
Corbula	*Corbula* sp.	55,7	540	0,10
Concha rayada	*Iliochione subrugosa*	17,7	540	0,03
Almeja blanca	*Dosinia* sp.	48	540	0,09
Total general		24784,1	540	45,9

El choro o mejillón (*M. guyanensis*) registró densidad media de 0,2 ± 0,04 ind.m^{-2} (Tablas 2, 3) encontrándose diferencias significativas entre las zonas (Kruskal-Wallis, P < 0,05), la densidad de la zona centro fue estadísticamente diferente a las otras zonas evaluadas (Games-Howell, P < 0,05), presentando mayor densidad (0,4 ind.m^{-2}). Según distancia al canal no se registró diferencias estadísticas. Finalmente, por canal de marea fluctuó entre 0,02 ind.m^{-2} (canal Corrales) a 1,0 ind.m^{-2} (canal Jelí). En dieciséis canales de marea e islas no se registraron ejemplares (Tablas 1, 2).

Biomasa media

Según el orden de representatividad de los cuatro principales bivalvos comerciales, en cuanto a sus biomasas medias, el primer lugar lo obtuvo la concha negra, seguida de concha blanca, concha huequera y choro, tal como se aprecia en la Tabla 4.

Conchas negra y huequera

La prueba de Kruskal Wallis (P > 0,05) nos indicó que no hubo diferencias estadísticas entre zonas y distancias al canal de marea. La zona norte presentó la mayor biomasa media de concha negra con 22,1 g.m^{-2} (Tabla 5).

En la isla Chalaquera se obtuvo la mayor biomasa media de concha negra (64,7 g.m^{-2}), seguida por las islas Roncal (32,4 g.m^{-2}) y del Amor (32,1 g.m^{-2}), las menores fueron reportadas en los canales Matanzas (3,2 g.m^{-2}) y La Chinchana (4,1 g.m^{-2}) (Tabla 5).

La mayor biomasa media de concha huequera se registró en la zona sur (10,2 g.m^{-2}), que fue estadísticamente diferente a las otras zonas (Kruskal Wallis, P<0,05), no existiendo diferencias entre las distancias al canal de marea. Según canal de marea o isla, las mayores se dieron en las islas del Amor (11,0 g.m^{-2}) y el canal Corrales (10,2 g.m^{-2}); las menores fueron obtenidas en el canal Envidia (0,5 g.m^{-2}) y Soledad (0,6 g.m^{-2}) (Tabla 5).

Otros bivalvos

La biomasa media de concha blanca (*L. asperrima*) presentó diferencias significativas (Kruskal Wallis, P < 0,05), según zonas evaluadas. En la zona centro se observó la mayor biomasa media con 25,0 g.m^{-2}, que fue estadísticamente diferente

a la zona norte y sur (Games-Howell, P < 0,05), la menor se reportó en la zona sur con 7,2 g.m^{-2}. En isla Las Garzas se registró la mayor biomasa media (107,9 g.m^{-2}), seguido por la isla El Tanque (50,7 g.m^{-2}) y el canal El Potrero (42,8 g.m^{-2}). Los canales Soledad (5,2 g.m^{-2}) y Puerto Rico (3,4 g.m^{-2}), presentaron las más bajas (Tablas 4, 5).

La mayor biomasa media de choro se registró en la zona centro con 3,5 g.m^{-2} (Games-Howell, P < 0,05) y la menor en la sur con 0,5 g.m^{-2}. El canal Jelí presentó la mayor biomasa media (8,2 g.m^{-2}) seguido por El Potrero (7,5 g.m^{-2}) e isla Las Almejas (7,0 g.m^{-2}), en cambio, el canal El Bendito e isla Correa (0,3 g.m^{-2}), presentaron las más bajas (Tablas 4, 5).

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Proporción por sexos

Concha negra

La proporción sexual global mostró diferencias significativas entre hembras y machos en una relación de 1,6 H: 1 M ($X2$ = 23,464; p= 0,0). Según las zonas evaluadas, observamos que las proporciones favorecieron significativamente a las hembras en la zona norte ($X2$= 21,898; p=0,0), mientras que en la zona sur no se registraron diferencias significativas. Según distancia al canal de marea, se observaron diferencias significativas de hembras respecto a los machos (Tabla 6). Además, se registraron 248 ejemplares con sexo indeterminado.

Tabla 5.- Biomasa media (g.m^{-2}) de concha negra, huequera y otros bivalvos comerciales del ecosistema de manglares de Tumbes, noviembre 2020

Zona	Canal de marea o isla/Especie	Concha negra	Concha huequera	Concha blanca	Choro
NORTE	Algarrobo	0,0	0,0	0,0	0,0
	Camarones	0,0	0,0	0,0	0,0
	El Bendito	28,1	4,0	17,8	0,3
	El Gallo	25,4	0,0	9,1	0,0
	Envidia	14,5	0,5	28,6	6,5
	El Gallego	11,1	1,8	0,0	4,3
	Isla Chalaquera	64,7	8,0	30,4	0,0
	Isla Correa	21,2	8,2	24,4	0,3
	Isla Las Almejas	29,9	0,0	27,9	7,0
	Isla Matapalo	18,2	4,2	6,0	0,7
	Isla Roncal	32,4	4,1	13,1	0,0
	Juanito	17,9	0,0	11,2	0,0
	La Chinchana	4,1	3,0	0,0	0,0
	Lagarto	12,6	0,0	15,1	3,6
	Matanzas	3,2	0,0	0,0	0,0
	Soledad	23,6	0,6	5,2	0,0
	Zarumilla	19,3	0,0	0,0	0,0
Total Norte		22,1	3,8	14,5	1,2
CENTRO	Bajo Grande	11,2	0,8	22,4	0,0
	El Mocho	18,4	0,9	0,0	6,0
	El Potrero	15,6	8,9	42,8	7,5
	Isla del Amor	32,1	11,0	41,1	3,5
	Isla El Tanque	15,6	9,1	50,7	0,0
	Isla Las Garzas	25,1	4,1	107,9	0,0
	Isla Las Ratas	8,3	5,6	32,2	0,7
	Jelí	24,7	6,2	11,8	8,2
	La Ramada	15,8	2,5	6,4	0,7
	Orilla de checa	11,5	0,0	32,0	0,0
	Puerto Rico	22,2	1,3	3,4	4,6
	Mogote La Jubilada	12,6	6,6	34,7	1,4
	El Gato	22,6	6,6	35,3	2,0
Total Centro		19,6	5,0	25,0	3,5
SUR	Corrales	19,5	10,2	7,2	0,5
Total Sur		19,5	10,2	7,2	0,5
Total general		21,0 ± 2,6	4,8 ± 1,2	17,6 ± 3,3	1,9 ± 0,9

Tabla 6.- Proporción sexual de concha negra *Anadara tuberculosa*, según zona y estrato evaluado. Tumbes, noviembre 2020

Variable	Dimensión	Hembras	%	Machos	%	Total	Proporción	X^2	Signif.	
Zona	Norte	136	66,3	69	33,7	205	2H : 1M	21,898	0	*
	Centro	99	48,3	60	29,3	159	1,7H : 1M	9,566	0,002	*
	Sur	14	6,8	23	11,2	37	1 H : 1,6M	2,189	0,139	
Estrato	I (0 m)	85	61,2	54	38,8	139	1,6H : 1M	6,914	0,009	*
	II (5 m)	86	61,0	55	39,0	141	1,6H : 1M	6,816	0,009	*
	III (10 m)	78	64,5	43	35,5	121	1,8H : 1M	10,124	0,001	*
Total		249	62,1	152	37,9	401	1,6H : 1M	23,464	0	*

* = p<0,05 (diferencia significativa)

Tabla 7.- Proporción sexual de concha huequera *Anadara similis*, según zona y estrato evaluado. Tumbes, noviembre 2020

Variable	Dimensión	Hembras	%	Machos	%	Total	Proporción	X^2	Signif.	
Zona	Norte	29	64,4	16	35,6	45	1,8H : 1M	3,756	0,053	*
	Centro	30	61,2	19	38,8	49	1,6H : 1M	2,469	0,116	
	Sur	10	52,6	9	47,4	19	1,1H : 1M	0,053	0,819	
Estrato	I (0 m)	25	55,6	20	44,4	45	1,3H : 1M	0,556	0,456	
	II (5 m)	26	66,7	13	33,3	39	2H : 1M	4,333	0,037	
	III (10 m)	18	62,1	11	37,9	29	1,6H : 1M	1,69	0,194	
Total		69	61,1	44	38,9	113	1,6H : 1M	5,531	0,019	+

* = p<0,05 (diferencia significativa)

Concha huequera

La proporción sexual global (1,6 H: 1M) presentó diferencias significativas entre hembras y machos (X2= 5,531; p=0,019). Según el análisis por zonas, solo hubo diferencia estadística en la zona norte (X2= 3,756; p=0,053) y en cuanto a la distancia al canal de marea, solo presentó diferencia significativa a los 5 m (X2= 4,333; p=0,037). Se registraron 47 ejemplares con sexo indeterminado (Tabla 7).

Composición por tamaños

Concha negra

Se evaluaron biométricamente 1.558 moluscos bivalvos del ecosistema manglar, 649 de los cuales fueron conchas negras, cuyas tallas fluctuaron entre 6 y 66 mm de LV, presentando una distribución multimodal, con moda principal en 36 mm LV y con promedio de 37,1 mm. La incidencia de ejemplares mayores a 45 mm (TMC) fue de 19,3% y el porcentaje de semilla (≤ 15 mm LV) de 1,4% (Tabla 8, Fig. 6).

Las tallas presentaron diferencia significativa entre zonas de captura (Kruskal-Wallis, P < 0,05); en la zona centro se registró una talla media (35,2 mm LV) estadísticamente menor (Games-Howell, p < 0,005) que en la zona norte (38,1 mm LV) y sur (40,0 mm LV), lugares que, entre sí fueron similares (Games-Howell, p > 0,005). Por estratos evaluados (distancia al canal de marea), no se obtuvo diferencias significativas en las tallas (Kruskal-Wallis, P > 0,05) (Tablas 9, 10, Fig. 7).

Concha huequera

La longitud valvar promedio fue de 39,7 mm LV, siendo la incidencia de ejemplares > 45 mm (TME) de 31,9% (Tabla 8, Fig. 6). El porcentaje de semilla (≤ 15 mm LV) fue de 3,8%. Las tallas presentaron diferencias significativas entre zonas de captura (Kruskal-Wallis, P < 0,005); en la zona sur se registró una talla media (46,3 mm LV) estadísticamente mayor (Games-Howell, P < 0,005) que las obtenidas en las zonas norte (38,4 mm LV) y centro (39,1 mm LV), lugares que, entre sí, fueron similares (Games-Howell, P > 0,005). Por estratos evaluados (distancia al canal de marea), no se reportaron diferencias significativas en las tallas (Kruskal-Wallis, P > 0,05) (Tablas 9, 10, Fig. 8).

Tabla 8.- Datos merísticos del recurso concha negra, huequera y otros bivalvos comerciales extraídos en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Nombre común	Nombre científico	Longitud valvar (mm)				≥TMC	Desv.	Var	Nº
		Mínimo	Máximo	Media	Moda				
Concha negra	*Anadara tuberculosa*	6	66	37,1	36, 45, 30	19,3	8,6	73,8	649
Concha huequera	*Anadara similis*	7	56	39,7	39, 41, 42,45,47	31,9	8,7	76,2	160
Concha blanca	*Leukoma asperrima*	15	53	35,9	33, 42, 28		6,1	37,0	630
Choro, mejillon	*Mytella guyanensis*	37	74	53,4	50, 56, 46		7,7	59,0	94
Corbula	*Corbula* sp.	17	27	22,6	21, 27		3,2	10,3	12
Concha pata de burro	*Larkinia grandis*	36	63	52,0	-		14,2	201,0	3
Concha rayada	*Iliochione subrugosa*	36	36	36,0	-		-	-	1
Almeja blanca	*Dosinia dunkeri*	18	33	26,2	31			27,2	9

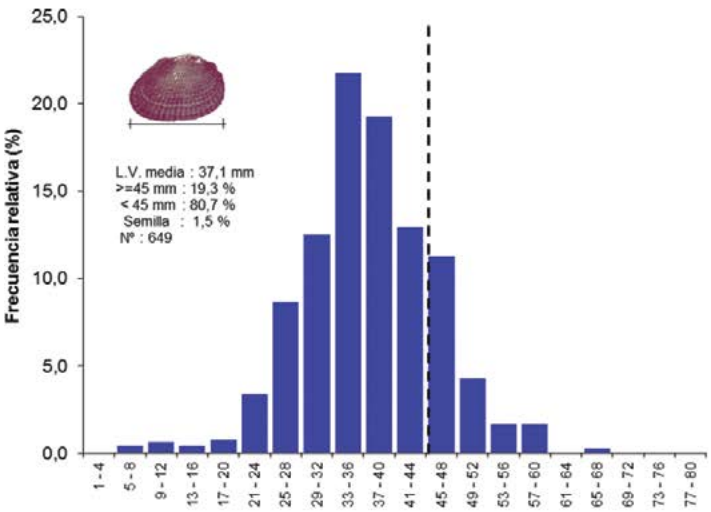

Figura 6.- Estructura de tallas de concha negra en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

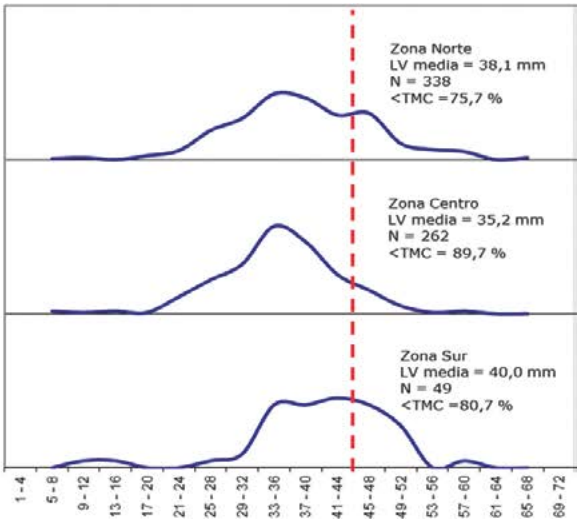

Figura 7.- Estructura de tallas de concha negra por zona de extracción en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Tabla 9.- Datos merísticos del recurso concha negra, huequera y otros bivalvos comerciales por zonas de extracción en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Nombre común	Zona	Longitud valvar (mm)				≥TMC	Desv.	Var	Nº	Sign. K-W
		Mínimo	Máximo	Media	Moda					
Concha negra	Norte	7	66	38,1	36,35,40,45	24,3	9,0	80,1	338	0,000
	Centro	6	60	35,2	36, 38, 40	10,3	7,7	59,4	262	
	Sur	12	60	40,0	43,35,37,45	32,7	8,7	75,4	49	
Concha huequera	Norte	7	52	38,4	42, 45, 47	25,6	8,6	74,4	78	0,000
	Centro	11	56	39,1	33,41,44,48	23,0	8,6	73,6	61	
	Sur	32	56	46,3	50, 47, 45	81,0	6,7	44,3	21	
Concha blanca	Norte	21	49	34,9	33, 42, 28		5,7	33,0	316	0,000
	Centro	15	52	36,9	37, 35, 28		6,2	38,3	297	
	Sur	31	53	39,4	37		6,7	45,0	17	

Tabla 10.- Datos merísticos del recurso concha negra, huequera y otros bivalvos comerciales por estrato de extracción en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Nombre común	Estrato	Longitud valvar (mm)				≥TMC	Desv.	Var	Nº	Sign. K-W
	(Dist.)	Mínimo	Máximo	Media	Moda					
Concha negra	0	7	66	37,4	40, 35, 33	19,4	9,1	82,5	227	0,829
	5	6	60	36,8	41,43,36,46	17,7	8,6	73,4	231	
	10	17	59	37,0	38, 35, 45	20,9	8,0	64,3	191	
Concha huequera	0	11	56	39,9	42, 47	32,8	9,7	93,7	67	0,704
	5	13	50	40,0	39, 45, 41	31,3	7,1	50,5	48	
	10	7	56	39,0	32,39,44,45,46,47	31,1	8,9	80,0	45	
Concha blanca	0	24	49	35,0	33, 42, 37		5,5	30,4	203	0,004
	5	15	53	36,7	35, 38, 28		6,5	42,2	228	
	10	21	52	36,1	33, 39, 43		6,0	36,5	199	

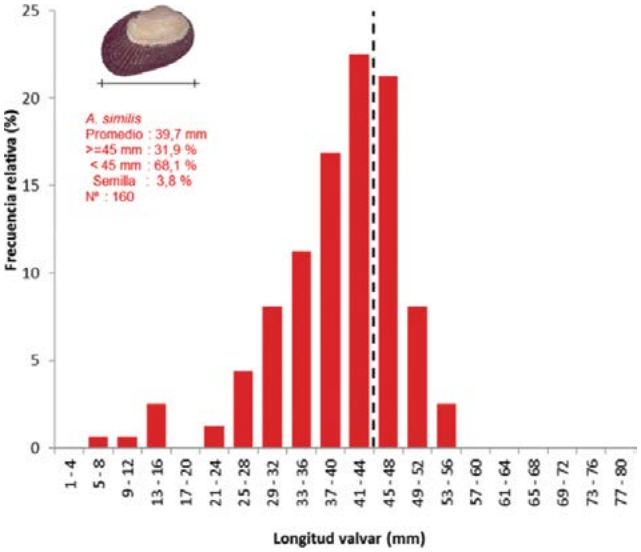

Figura 8.- Estructura de tallas de concha huequera en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Madurez gonadal

Concha negra

Siguiendo a Sanjinez *et al*. (2016) se observó predominancia del estadio "en desarrollo", en hembras y "desarrollado" en machos, observándose el mayor porcentaje de hembras "maduras" en la zona sur y "en desarrollo" al norte y centro. En machos, la zona sur presentó mayores porcentajes de ejemplares "desarrollados" y "maduros". En tanto, que en la norte se registró el mayor porcentaje en "evacuación" y "desove", en machos y hembras, respectivamente (Tabla 11).

Al emplear la escala homologada con el IPIAP (Ecuador), se tuvo que consolidar en la Tabla 12 los resultados de la catalogación de la madurez gonádica de hembras y de los estadios virginal y reposo, en los que no se pudo verificar macroscópicamente el sexo. En general, se observó predominancia del estadio "en reposo", seguido por el estadio "en desarrollo", en las zonas norte y centro predominó el estadio "en desarrollo", en tanto que en la sur "virginal" y "en desarrollo", los mayores porcentajes de hembras en "desove" se registraron en la zona norte y centro.

Tabla 11.- Madurez gonadal en conchas negras, por zona de extracción (%). Tumbes, noviembre 2020

Sexo	Estadio/Zona	Norte	Centro	Sur	Total
Hembras	Inmaduro	18,4	14,1	7,1	16,1
	En desarrollo	44,1	33,3	28,6	39,0
	Desarrollado	19,1	29,3	14,3	22,9
	Maduro	8,1	13,1	42,9	12,0
	Desovado	10,3	10,1	7,1	10,0
	Nº ejemplares	136	99	14	249
Machos	Inmaduro	20,3	23,3	4,3	19,1
	En desarrollo	20,3	26,7	8,7	21,1
	Desarrollado	26,1	23,3	43,5	27,6
	Maduro	18,8	16,7	39,1	21,1
	Evacuación	14,5	10,0	4,3	11,2
	Nº ejemplares	69	60	23	152

Tabla 12.- Madurez gonadal en hembras de conchas negras, por zona de extracción (%). Tumbes, noviembre 2020

Estadio/Zona	Norte	Centro	Sur	Total
Virginal	31,2	37,6	26,9	16,1
Reposo	18,2	13,4	19,2	39,0
En desarrollo	41,3	37,1	26,9	22,9
Maduro	4,1	6,9	23,1	12,0
Desove	5,2	5,0	3,8	10,0
Nº ejemplares	136	99	14	249

Concha huequera

En *A. similis* se observó predominancia de hembras "maduras" y machos "desarrollados", "maduros" y en desove (4,3%). Según zona de estudio, tanto en hembras como en machos, se observó incremento del estadio "maduro" de norte a sur, siendo en esta última zona en la que se registró el máximo porcentaje, así como el de hembras "desovadas". La mayor proporción de machos "en evacuación" se dio en la zona norte (Tabla 13).

Al emplear la escala homologada con el IPIAP (Ecuador), al igual que en *A. tuberculosa*, se tuvo que consolidar en la Tabla 14, los resultados de la catalogación de la madurez gonádica de hembras, así como los estadios virginal y reposo, en los que no se puedo verificar macroscópicamente el sexo. En general, se observó predominancia del estadio "en desarrollo", en las zonas centro y sur predominó el estadio "maduro" y en la norte "en desarrollo", el mayor porcentaje de hembras en "desove" se registró en la zona sur.

Tabla 13.- Madurez gonadal en concha huequera, por zona de extracción (%). Tumbes, noviembre 2020

Sexo	Estadio/Zona	Norte	Centro	Sur	Total
Hembras	Inmaduro	3,4	6,7	10,0	5,8
	En desarrollo	55,2	13,3	0,0	29,0
	Desarrollado	17,2	23,3	0,0	17,4
	Maduro	20,7	53,3	80,0	43,5
	Desovado	3,4	3,3	10,0	4,3
	Nº ejemplares	29	30	10,0	69
Machos	Inmaduro	6,3	10,5	0,0	6,8
	En desarrollo	37,5	31,6	0,0	27,3
	Desarrollado	31,3	31,6	33,3	31,8
	Maduro	18,8	26,3	66,7	31,8
	Evacuación	6,3	0,0	0,0	2,3
	Nº ejemplares	16	19	9,0	44

Tabla 14.- Madurez gonadal en hembras de concha huequera, por zona de extracción (%). Tumbes, noviembre 2020

Estadio/Zona	Norte	Centro	Sur	Total
Virginal	27,4	11,9	16,7	20,7
Reposo	25,8	16,7	0,0	19,8
En desarrollo	33,9	31,0	8,3	30,2
Maduro	11,3	38,1	66,7	26,7
Desove	1,6	2,4	8,3	2,6
Nº ejemplares	62	42	12	116

Relaciones biométricas

Concha negra

Tanto machos como hembras mostraron pesos similares, correspondiéndole a la talla mínima de extracción (45 mm) un peso total de 25,5 g para machos, 26,1 g para hembras y 26,4 g para ambos sexos (Fig. 9).

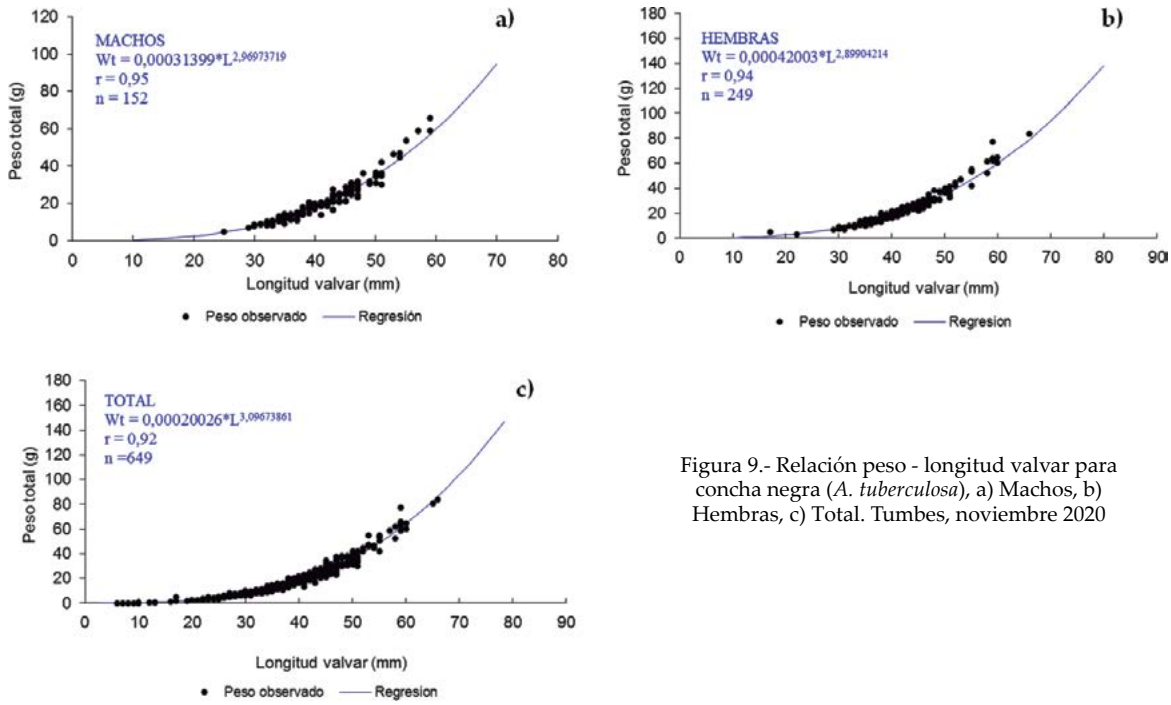

Figura 9.- Relación peso - longitud valvar para concha negra (*A. tuberculosa*), a) Machos, b) Hembras, c) Total. Tumbes, noviembre 2020

Concha huequera

Los pesos según longitud valvar en *A. similis* fueron similares en machos y en hembras, correspondiéndole a la talla mínima de extracción (45 mm) un peso total de 20,9 g para machos, 20,1 g para hembras y 20,8 g para ambos sexos (Fig. 10).

Fauna asociada

La macrofauna bentónica asociada a concha negra y concha huequera, estuvo constituida por siete taxa, pertenecientes a la clase Bivalva. Las especies numéricamente más importantes fueron los bivalvos: concha blanca o tabaquera (*Leukoma asperrima*) (84,0%) y el choro o mejillón (*Mytella guyanensis*) (12,5%) (Tabla 15).

ASPECTOS AMBIENTALES

Aspectos físico-químicos y correlación entre parámetros

Zona Norte (Zarumilla)

La temperatura media del agua en esta zona fue de 25,8 °C, por canal de marea los promedios variaron de 25,0 °C (El Algarrobo) a 26,6 °C (Soledad) (Tabla 16). De la información registrada por el sensor de temperatura del agua ubicado en el canal Paracas, el valor promedio de la segunda quincena de noviembre 2020 (26,1 °C) fue ligeramente mayor a la registrada durante el presente estudio en los canales aledaños (Fig. 11a, b), y similar con el canal principal Zarumilla, que es el que lo abastece al igual que a los canales aledaños.

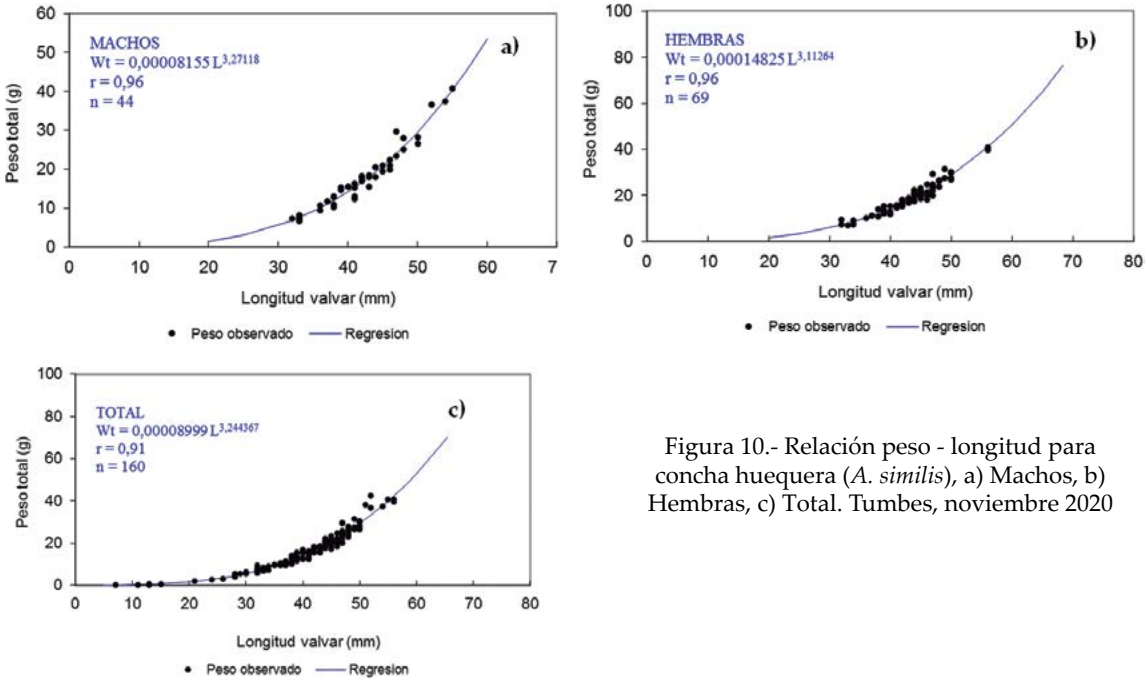

Figura 10.- Relación peso - longitud para concha huequera (*A. similis*), a) Machos, b) Hembras, c) Total. Tumbes, noviembre 2020

Tabla 15.- Fauna asociada a los recursos concha negra y huequera en los manglares de Tumbes, noviembre 2020

Clase	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábitat	%
Bivalvos	Arcidae	*Larkinia grandis*	Concha pata de burro	Areno fangoso	0,4
	Corbulidae	*Corbula* sp.	Corbula	Areno fangoso y Manglares	1,6
	Mytilidae	*Mytella guyanensis*	Choro, mejillón	Manglares	12,5
	Veneridae	*Dosinia* sp.	Almeja blanca	Areno fangoso y Manglares	1,2
		Iliochione subrugosa	Concha rayada	Areno fangoso	0,1
		Leukoma asperrima	Concha blanca	Areno fangoso y Manglares	84,0
		Leukoma columbiensis	Concha tabaquera	manglares	0,1

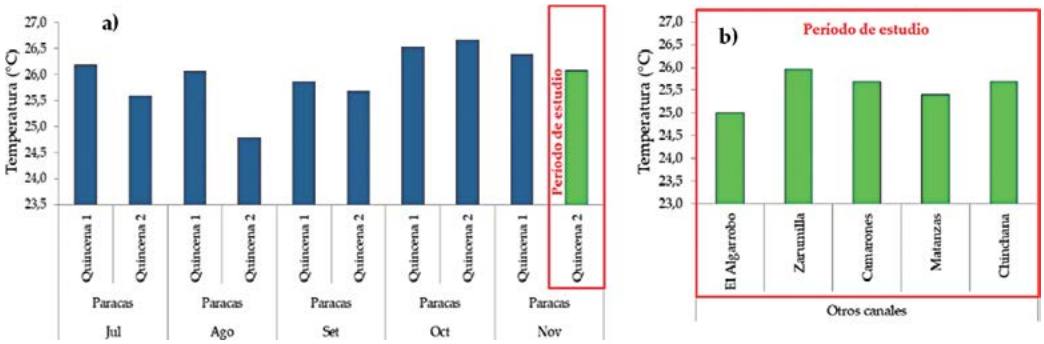

Figura 11.- Temperatura del agua en el canal artificial Paracas, julio a noviembre de 2020 (a) y temperatura media del agua en canales aledaños, noviembre 2020 (b) en los manglares de Zarumilla, Tumbes

La salinidad media general en la zona fue de 34,190 ups y el promedio por canal fluctuó de 33,505 ups (canal Internacional) a 35,683 ups (Camarones) (Tabla 16). El pH promedio del agua en la zona norte fue de 7,81, los promedios variaron de 7,57 (El Gallego) a 8,09 (Canal Internacional). La concentración promedio de OD fue de 2,55 mL.L^{-1}, fluctuando los promedios según canal de marea de 1,18 mL.L^{-1} (El Gallego) a 3,71 mL.L^{-1} (canal Internacional), este último canal tiene conexión directa con el océano, por ello su valor promedio fue el más elevado.

El pH promedio general del sedimento fue de 6,86; por canal varió de 6,54 (El Gallego) a 7,15 (canal Internacional) (Tabla 16). Estos valores promedio del pH tuvieron una asociación directa y media con las densidades promedio de conchas negras.

Zona Centro (Puerto Pizarro)

La temperatura media del agua en esta zona fue de 25,7 °C, por canal de marea los promedios variaron de 24,7 (El Hondo) a 26,3 °C (Puerto Rico). Por su parte, la salinidad media por canal fluctuó de 32,418 ups (Puerto Rico) a 36,804 ups (El Jelí), con promedio total 34,658 ups (Tabla 16).

Por otro lado, el promedio general de pH del agua fue 8,01; por canal fluctuó de 7,76 (El Potrero) a 8,23 (El Hondo). Mientras que las concentraciones medias de OD por canal, variaron de 1,19 mL.L^{-1} (La Ramada) a 3,45 mL.L^{-1} (Puerto Rico), con promedio general de 2,33 mL.L^{-1} (Tabla 16).

Destacaron en esta zona las asociaciones inversas y medias entre las densidades promedio de conchas negras con los valores promedio de la salinidad y el pH.

El pH promedio del sedimento por canal fluctuó de 6,91 (El Potrero) a 7,16 (Puerto Rico), con promedio total de 7,04 (Tabla 16). Los valores promedio de pH del sedimento y las densidades medias de conchas negras y huequeras presentaron asociación estadísticamente no significativa.

Zona Sur (Corrales)

La temperatura del agua en el canal Corrales fluctuó de 24,9 a 26,8 °C con promedio 25,6 °C; mientras que, la salinidad tuvo valores de 34,923 a 35,870 ups con promedio de 35,506 ups. Por su parte, el pH varió de 7,65 a 7,70 con promedio 7,68; mientras que las concentraciones de OD variaron de 0,78 a 1,65 mL.L^{-1} con promedio general de 1,22 mL.L^{-1}. El pH promedio del sedimento en el canal Corrales, varió de 7,03 a 7,47 con promedio 7,26 (Tabla 16).

Al igual que los promedios de los parámetros en agua, los valores promedio de pH del sedimento y las densidades medias de conchas negras y huequeras presentaron asociación estadísticamente no significativa (Tablas 17, 18).

4. DISCUSIÓN

Los valores de densidad y biomasa medias de concha negra continuaron normalizándose, luego de los eventos El Niño 2015 – 2016 y El Niño Costero 2017 que ocasionaron la disminución de esos indicadores de abundancia, confirmados durante el monitoreo efectuado en setiembre 2017 (0,9 ind.m^{-2} y 15,3 g, respectivamente) (Alemán *et al.*, 2019). Desde que se iniciaron estos estudios, una situación similar se presentó en 2009, cuando durante El Niño y el monitoreo efectuado en abril

de ese año, se observaron los valores más bajos (0,6 ind. m^{-2} – 12,4 g. m^{-2}) (Ordinola *et al*., 2010), para luego normalizarse e incluso alcanzar valores elevados en noviembre 2013 y 2014 (Fig. 12A).

En concha huequera los indicadores de abundancia (densidad y biomasa media) se mantienen relativamente bajos (0,3 ind.m^2 y 4,8 g.m^2), mostrando que la situación de este recurso es diferente al de la concha negra, ya que sus indicadores, luego de El Niño 2017, no han logrado recuperarse, aunque sí lo fue luego de El Niño 2009. Cabe mencionar que otros factores pudieron incidir en los resultados ante cada uno de esos eventos, tales como la disponibilidad de alimento, sustrato disponible, mayor mortalidad de estadios larvales, menor resiliencia de *A. similis* con respecto de *A. tuberculosa,* entre otros (Fig. 12B).

En concha negra, la proporción sexual de hembras fue mayor al de machos (1,6 H: 1 M), relación que podría tipificarse como normal en Tumbes, con base en lo observado desde el inicio de los monitoreos de los bancos naturales en 2005, que se complementa con los estudios anuales del seguimiento de la pesquería del recurso desde 1995 (Ordinola *et al*., 2019); una cifra similar fue registrada por Ramos (2020), en Puerto Bolívar (El Oro, Ecuador) para noviembre 2019 (1,9 H: 1 M). En el caso de concha huequera, durante este estudio las hembras también predominaron sobre los machos (1,6 H : 1 M), a diferencia del monitoreo efectuado en agosto 2019, cuando no hubo diferencias significativas entre hembras y machos (1,3 H : 1 M), pero similar a los efectuados en setiembre 2017 y 2018.

Tabla 16.- Promedio de los parámetros físicos y químicos en los canales de marea del manglar de Tumbes, noviembre 2020

Canal de marea	AGUA				SEDIMENTO
	T (°C)	S (ups)	pH	OD (mL.L^{-1})	pH
ZONA NORTE					
Camarones	25,7	35,683	7,75	2,37	6,84
Canal Internacional	26,0	33,505	8,09	3,71	7,15
Chinchana	25,7	34,170	7,64	2,36	6,64
El Algarrobo	25,0	34,636	7,66	1,80	6,75
El Bendito	25,9	34,704	7,66	1,70	6,89
El Gallego	25,3	34,650	7,57	1,18	6,54
El Gallo	25,6	34,048	8,06	2,99	7,00
El Lagarto	26,4	33,530	7,96	3,69	7,12
Envidia	25,4	33,935	8,08	3,47	6,87
Matanza	25,4	-	7,58	1,55	6,60
Matapalo	26,0	33,573	7,93	3,08	7,00
Soledad	26,6	33,631	7,96	3,46	6,79
Torres	25,3	-	7,65	2,04	7,02
Zarumilla	26,0	34,216	7,72	2,25	6,87
Promedio	25,8	34,113	7,85	2,65	6,86
ZONA CENTRO					
El Hondo	24,7	35,392	8,23	1,24	7,05
El Jelí	25,6	36,804	8,12	3,16	7,10
El Mocho	25,8	36,548	7,88	1,70	6,93
El Potrero	25,6	34,917	7,76	1,34	6,91
La Ramada	26,1	34,493	8,05	1,19	6,97
Pizarro	26,1	33,890	7,98	2,29	7,15
Puerto Rico	26,3	32,418	7,93	3,45	7,16
Promedio	25,9	34,658	8,01	2,33	7,04
ZONA SUR					
Corrales	25,6	35,506	7,68	1,51	7,26
Promedio	25,6	35,506	7,68	1,51	7,26

Tabla 17.- Índice de correlación lineal de Pearson "r", (95 %; $t_{n-2;\ \alpha/2}$) entre los parámetros físicos y químicos en el agua de los canales de marea y las densidades de concha negra y concha huequera, en el manglar de Tumbes, noviembre 2020

Zona	Variables	T (°C)	S (ups)	pH	OD (mL.L^{-1})	CN (ind.m^{-2})	CH (ind.m^{-2})
NORTE	T (°C)	1,000					
	S (ups)	E.N.S.	1,000				
	pH	E.N.S.	-0,533±0,296	1,000			
	OD (mL.L^{-1})	E.N.S.	E.N.S.	0,689±0,157	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	1,000
CENTRO	T (°C)	1,000					
	S (ups)	E.N.S.	1,000				
	pH	E.N.S.	E.N.S.	1,000			
	OD (mL.L^{-1})	0,408±0,307	E.N.S.	0,708±0,192	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	E.N.S.	-0,674±0,293	-0,522±0,262	E.N.S.	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	0,477±0,282	1,000
SUR	T (°C)	1,000					
	S (ups)	E.N.S.	1,000				
	pH	E.N.S.	E.N.S.	1,000			
	OD (mL.L^{-1})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	E.N.S.	1,000

CN: Densidad de concha negra, CH: Densidad de concha huequera, E.N.S.: Estadísticamente no significativo

Tabla 18.- Índice de correlación lineal de Pearson "r", (95%; $t_{n-2;\ \alpha/2}$) entre pH promedio del sedimento en los canales de marea y las densidades medias de concha negra y concha huequera, en el manglar de Tumbes, noviembre 2020

Zona	Variables	pH	CN (ind.m^{-2})	CH (ind.m^{-2})
NORTE	pH	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	0,684±-0,361	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	1,000
CENTRO	pH	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	E.N.S.	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	1,000
SUR	pH	1,000		
	CN (ind.m^{-2})	E.N.S.	1,000	
	CH (ind.m^{-2})	E.N.S.	E.N.S.	1,000

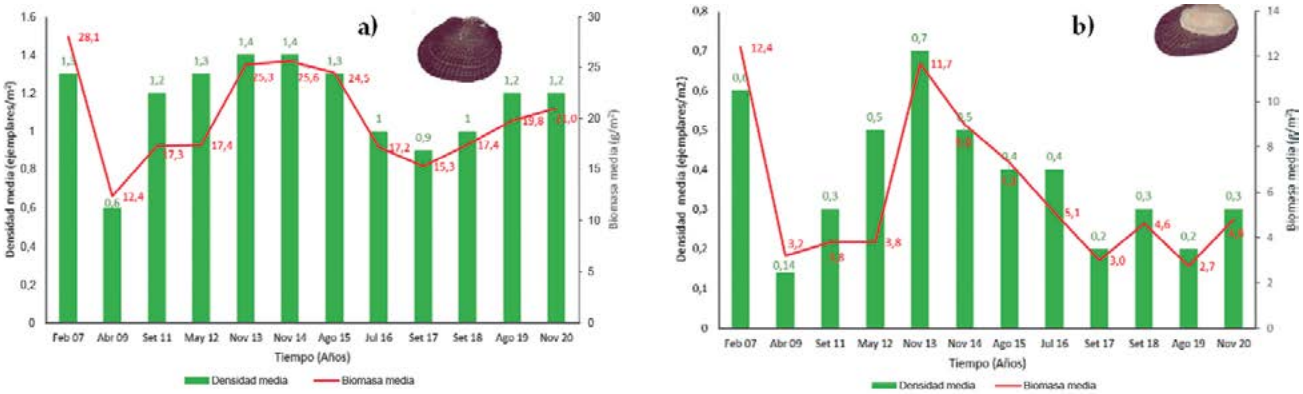

Figura 12.- Variación de la densidad y biomasa medias de concha negra (A) y concha huequera (B) en manglares de Tumbes, febrero 2007 – noviembre 2020

Los ejemplares juveniles y preadultos (< 45 mm LV) predominaron en concha negra (80,7%) y huequera (68,1%), valores que fueron similares en *A. tuberculosa* y menores en *A. similis*, respecto al monitoreo efectuado en agosto 2019. No se observaron ejemplares con tallas mayores (rangos 61-64 y 69-72 mm) (Fig. 6), que sí se registraban en el monitoreo efectuado en febrero 2007 (Ordinola *et al*., 2010), siendo la talla máxima de 8 cm de longitud que alcanza según Fischer *et al*. (1995). Se aprecia, además, reducción de los porcentajes a partir del rango de 49 - 52 mm LV respecto al monitoreo del 2007. La moda se ubicó en el rango 33 – 36 mm, en tanto que en febrero 2007 se ubicó en 37 – 40 mm. Por otra parte, la talla máxima de concha huequera (56 mm) (Tabla 8), fue menor a la máxima observada en febrero 2017 (68 mm LV), la misma que no se ha vuelto a registrar en los muestreos del seguimiento. Estos indicadores biométricos nos indicarían que, los ejemplares con tallas grandes de estas especies, está disminuyendo constantemente y que la fracción que actualmente soporta la pesquería corresponde a juveniles y preadultos.

Anadara tuberculosa en Tumbes presenta una de las tallas medias más bajas (37,1 mm LV), dentro de su área de distribución en el Pacífico oriental, en contraste con la mayor talla promedio de la región, registrada en 2019 en los manglares del Golfo de Montijo (Panamá) por Vega *et al*. (2021) con 59,79 mm LV; adicionalmente, en la localidad de Puerto el Morro, Ecuador cercana a Tumbes, se registró un tamaño promedio levemente superior (41,8 mm LV) (Gamboa-Landivar, 2019).

Durante el presente monitoreo no se verificó mortandad de bivalvos, tal como aconteció en agosto del 2019 (Ordinola *et al*., 2022).

La concha blanca (*L. asperrima*), integrante de la fauna asociada a los recursos evaluados, incrementó su densidad y biomasa media (1,2 ind.m^{-2} y 17,6 g. m^{-2}), respecto a los monitoreos efectuados en agosto 2019 (0,8 ind.m^{-2} y 11,3 g.m^{-2}), setiembre 2018 (0,6 ind.m^{-2} y 17,4 g.m^{-2}) y 2017 (0,9 ind.m^{-2} y 13,8 g.m^{-2}) (Ordinola *et al*., 2022; Ordinola *et al*., 2020; Alemán *et al*., 2019). En cambio, el choro o mejillón (*M. guyanensis*) continúa presentando indicadores bajos (0,2 ind.m^{-2} y 1,9 g.m^{-2}), similares a los registrados en agosto del 2019 (0,1 ind.m^{-2} y 1,4 g.m^{-2}) e inferior a los valores de setiembre 2018 (0,3 ind.m^{-2} y 4,0 g.m^{-2}).

La talla media de concha blanca presentó valores similares a los obtenidos en los monitoreos efectuados en agosto 2019 (35,5 mm LV), setiembre 2018 (37,3 mm LV); en el caso del choro la talla media fue similar a la de agosto 2019 (51,0 mm LV) y levemente inferior a la de setiembre 2018 (56,2 mm LV).

La madurez gonadal en hembras de concha negra mostró el predominio del estadio "en desarrollo", al igual que la catalogación observada en noviembre en el seguimiento biológico de las capturas comerciales de este recurso, lo cual ha sido corroborado por medio de la escala macroscópica binacional homologada con Ecuador en 2019 (en vía de validación), por medio de la cual también se registró predominio del estadio "en desarrollo". En concha huequera predominó el estadio "maduro", destacando en las zonas centro y sur el estadio "maduro" y en la norte el "en desarrollo", a diferencia de los muestreos biológicos del seguimiento, en el que predominó el estadio "maduro" en la zona norte y presentó el mismo resultado que en la zona centro; sin embargo, en cuanto a la escala binacional homologada los resultados fueron similares a los obtenidos con la escala descrita por Sanjinez *et al*. (2016).

Aspectos ambientales – relación con el recurso

En términos promedio, durante el período de estudio, el agua en los canales de marea de la zona norte se caracterizó por presentar valores más homogéneos de temperatura y rangos más amplios de pH y OD. En esa zona los promedios generales de temperatura, salinidad y pH fueron mayores a los obtenidos en agosto 2019 por Ordinola *et al.* (2022); sin embargo, los valores de temperatura, pH y salinidad presentaron menor correlación en el presente estudio.

La correlación lineal entre las densidades de *A. tuberculosa* y *A. similis* y los valores de parámetros ambientales obtenidos en la zona norte, no presentaron asociación estadística significativa, al igual que lo hallado en agosto 2019; sin embargo, la observación de los promedios por zona permitió determinar que la mínima densidad promedio de *A. similis* coexistió con el mínimo promedio de salinidad, el máximo de OD y el mínimo pH del sedimento. Adicionalmente, se observó que la temperatura del agua registrada con el sensor

instalado en el canal artificial Paracas, cercano y conectado con el canal Zarumilla, entre julio y noviembre 2020, mostró promedio de 26 °C, muy relacionado y cercano con promedio de canales aledaños.

El agua de los canales de marea de la zona centro se caracterizó por presentar los mayores promedios de temperatura y pH, así como el rango más amplio de la salinidad, esto debido a su gran extensión y a que los máximos valores se ubicaron en "los cogollos" de los canales de marea (parte más interna del canal), posiblemente debido a la escasa renovación de las aguas en estos lugares; mientras que los mínimos, en zonas con mayor cercanía e influencia del estuario (desembocadura del río Tumbes). En esta zona los promedios generales de temperatura, salinidad y pH también fueron mayores a los obtenidos en agosto 2019 (Ordinola *et al*., 2019); las densidades de *A. tuberculosa* presentaron correlación inversa y moderada con los valores de salinidad y pH, a diferencia del estudio en 2019, cuando dichas asociaciones no fueron significativas.

Por su parte, en la zona sur, a diferencia de los valores obtenidos en agosto 2019, las variables ambientales y las densidades de *A. tuberculosa* y *A. similis* no presentaron asociación estadísticamente significativa. Sin embargo, en contraste con la zona norte, los promedios totales de las densidades de ambos recursos junto a los de las variables ambientales permitieron observar que la máxima densidad media de *A. similis* se correspondió con el mínimo promedio de OD, el máximo de salinidad y el máximo de pH en sedimento.

Durante el presente monitoreo no se encontró mortandad de bivalvos, tal como aconteció en agosto 2019 (Ordinola *et al*., 2022), especialmente en las zonas norte y centro, lo cual podría estar asociado a la ocurrencia de condiciones medio ambientales previas más favorables; pero no descarta la ocurrencia de un episodio similar al de 2019 como consecuencia de estrés por el descenso de la salinidad en el Golfo de Guayaquil y en la bahía estuarina en Tumbes, causado a su vez por la llegada de precipitaciones pluviales y el aumento del caudal del río Tumbes, propio del período de avenida (diciembre – mayo).

5. CONCLUSIONES

Los indicadores de abundancia (densidad y biomasa medias) de *Anadara tuberculosa*, se han estabilizado, luego de la disminución ocurrida por El Niño 2015 – 2016 de magnitud moderada y El Niño costero 2017. Se confirma el proceso en el que durante el desarrollo de los eventos El Niño, estos indicadores se ven afectados negativamente para luego recuperarse paulatinamente los siguientes años, dada la alta resiliencia del recurso. En *Anadara similis*, no se observa la misma tendencia, puesto que los eventos El Niño afectan al recurso de diferente manera, y luego del último evento, no se ha observado recuperación visible de sus indicadores de abundancia.

Las poblaciones de concha negra y huequera se caracterizaron por estar constituidas por mayor proporción de hembras, los ejemplares adultos continúan disminuyendo y la proporción de ejemplares con tallas no comerciales supera el 60 y 80%, en concha huequera y negra, respectivamente; por lo que, su pesquería está sustentada en individuos que aún no se han reproducido, afectando con ello la renovación poblacional. La mayor proporción de hembras, puede ser también una estrategia del recurso para contrarrestar la disminución de las tallas y las bajas densidades.

La concha blanca al igual que concha negra, registró normalización en sus indicadores de abundancia, en tanto que el choro presentó tendencia similar a la concha huequera.

Se observó predominancia del estadio "en desarrollo" en concha negra y "maduro" en concha huequera.

Las ecuaciones que relacionan el peso total con la longitud valvar en concha negra y huequera fueron: $Wt = 20{,}026 \times 10^{-5}\ L^{3{,}09673861}$ y $Wt = 8{,}999 \times 10^{-5}\ L^{3{,}24436656}$, respectivamente.

La fauna asociada estuvo integrada mayoritariamente por recursos comerciales como concha blanca (*L. asperrima*), choro o mejillón (*M. guyanensis*), registrándose en menor proporción: concha pata de burro (*L. grandis*), concha rayada (*I. subrugosa*) y concha tabaquera (*Leukoma columbiensis*). Otros recursos no comerciales fueron: la almeja blanca (*Dosinia* sp.) y corbula (*Corbula* sp.).

No se registró mortandad de bivalvos durante el presente estudio.

Los máximos promedios de temperatura por canal de marea, así como los mínimos promedios de OD, pH del agua y pH del sedimento se obtuvieron en la zona norte, donde además el promedio zonal de temperatura, salinidad y pH del sedimento fueron los menores; en esta zona sólo la densidad *A. tuberculosa* tuvo correlación directa y moderada con el promedio del pH-sedimento.

Los promedios máximos de salinidad y pH-agua por canal de marea, así como los mínimos de temperatura, salinidad se obtuvieron en la zona centro, donde además el promedio zonal de temperatura y pH-agua fueron mayores; en esta zona sólo la densidad *A. tuberculosa* tuvo una asociación inversa y media con los valores de salinidad y pH-agua.

La zona sur presentó los valores más homogéneos de salinidad, pH-agua y OD, mostrando además mayores promedios generales de salinidad y pH-sedimento; en esta zona las densidades de *A. tuberculosa* y *A. similis* presentaron asociaciones estadísticamente no significativas con todas las variables ambientales monitoreadas.

6. Agradecimiento

El Laboratorio Costero de Tumbes agradece al SERNANP – Santuario Nacional de los Manglares en Tumbes, en la persona de su jefe Ing. Rosa Liliana García García, por el apoyo recibido para la toma de muestras en los canales de marea del SNLMT durante la ejecución de esta prospección.

7. REFERENCIAS

Alamo, V., Valdivieso, V. (1997). Lista Sistemática de Moluscos Marinos del Perú. (Segunda Edición) Instituto del Mar del Perú. 183 pp.

Alemán, S., Ordinola, E., Montero, P. (2019). Prospección biológica poblacional de los recursos concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y concha huequera *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes. Setiembre 2017. Inf. Interno, Lab. Costero Tumbes, Imarpe. 32 pp.

Borda, C., Cruz, R. (2004). Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista Investigaciones Marinas, 25(3), 185 - 195.

Camacho-Sandoval, J. (2008). Asociación entre variables cuantitativas: análisis de correlación. Acta méd. costarric, San José. 50(2): 94-96. <http://www.scielo.sa.cr.S-1cielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022008000200005&lng=es&nrm=iso> Acceso 19/03/2021.

Carrit, D., Carpenter, J. (1966). Comparison and Evaluation of the Winkler Method for determination Dissolved Oxygen in Seawater. Journal of Marine Research, 24, 286 - 318.

Chirichigno, N. (1970). Lista de Crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda) con datos de su distribución geográfica. Inf Inst Mar Perú, 35, 95 pp.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., Niem, V. H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro - oriental. Volumen I. Plantas e Invertebrados. 1 – 646 p.

Galdámez, A., Pacheco, S., Pérez, I., Kino, S. (2007). Guía para la producción de *Anadara* spp. 2006 – 2007. Producción artificial de semillas, cultivo intermedio y cultivo de *Anadara tuberculosa* y *A. grandis*. Proyecto de Moluscos. CENDEPESCA – JICA. San Salvador. El Salvador.

Gamboa-Landivar, L. (2019). Densidad y estructura poblacional de *Anadara tuberculosa* en Puerto el Morro: un análisis previo y posterior al establecimiento del área protegida. Trabajo de titulación previo a obtener el grado académico de Bióloga. Universidad de Guayaquil, 57 pp.

Keen, A. (1971). Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Perú. 2da Edition. Stanford University Press. Stanford. California, 1064 pp.

Laevastu, T. (1971). Manual de métodos de biología pesquera. FAO. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 243 p.

Mora, E. (1990). Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico Técnico. Vol. X, Nº 1. Guayaquil – Ecuador.

Moreno, E., Bonilla, R. (2019). Aspectos biométricos y reproductivos de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Arcidae) en dos sitios de extracción de Esmeraldas y El Oro, Ecuador, durante el último trimestre de 2016.

Ordinola, E., Montero, P., Llanos, J. (2012). Prospección bioecológica del recurso concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby) y concha huequera *Anadara similis* (C.B.Adams) en los manglares de Tumbes. 03 al 12 de mayo 2012. Inf. Interno, Lab. Costero Tumbes, Imarpe. 25 pp.

Ordinola, E., Montero, P., Alemán, S., Llanos, J. (2010). El bivalvo concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby), en los manglares de Tumbes, Perú. Febrero 2007. Inf Inst Mar Perú. 37 (3-4), 115-126.

Ordinola, E., Alemán, S., Montero, P. (2022). Concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y concha huequera *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes. Setiembre 2018. Inf Inst Mar Perú, 47(1), 141-158.

Ordinola, E., Montero, P., Alemán, S. (2022). Concha negra *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y concha huequera *Anadara similis* (C.B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes. Agosto 2019. Inf Inst Mar Perú. 49(2): 197-213.

Ordinola, E., Alemán, S., Inga, C., Vera, M., Llanos, J. (2019). Sinopsis biológica, poblacional y pesquera de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) y *Anadara similis* (C. B. Adams, 1852) en los manglares de Tumbes: 1995-2015. Bol Inst Mar Perú, 34(1), 223-264.

Ramos, E. (2020). Situación biológica y pesquera del recurso concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en Guayas y El Oro durante 2019. Informe técnico del Instituto Nacional de Pesca. Acceso: 27/02/2021. https://www.proyectomarinocostero.com.ec/wp-content/uploads/2020/05/INF.-FINAL-CONVENIO-CI-INP-Concha-Prieta_-2019.pdf

Sanjinez, M., Taipe, A., Berrú, P., Alfaro, S. (2016). Protocolo para muestreo biológico y biométrico de bivalvos marinos. Inf Inst Mar Perú. 43(4), 349 - 364.

Vega, A., Robles, Y., Alvarado, O., Cedeño, C. (2021). Estructura de tallas, distribución y abundancia de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en dos sistemas de manglar del Pacífico de Panamá. Revista de Biología Tropical, 69(2), 422-433.