

GRADO EN BIOLOGÍA 2017-2018

FACULTAD DE CIENCIAS

SECCIÓN DE BIOLOGÍA

**LAS POBLACIONES DE INVERTEBRADOS EN CHARCAS SUPRALITORALES
DE CANARIAS: ESTUDIO DE LA CHARCA ANQUIALINA DEL MÉDANO
(TENERIFE)**

Invertebrate populations in supralittoral lagoons of the Canary Islands: study of the
Anquialina lagoon of Médano (Tenerife)



Realizado por: Enrique Afonso González

Tutorizado por: Jorge Núñez Fraga y José Antonio Talavera Sosa

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de Fin de Grado realizado en la Universidad de La Laguna es el resultado del esfuerzo no sólo mío sino también de otras personas que ayudaron en la realización del mismo.

Agradecer en primer lugar la colaboración de mi tutor de Trabajo de Fin de Grado, Jorge Núñez por orientarme y ayudar a resolver mis dudas.

Al profesor José Carlos por su ayuda en el análisis estadístico.

Al Instituto Oceanográfico Español por suministrarme material para el estudio.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Área de estudio.....	6
1.2. La Artemia: Anatomía, biología y ciclo de vida.	9
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS	16
3.1. Trabajo de campo	16
3.2. Recolección de <i>Artemia</i>	17
3.3. Factores abióticos de La Mareta.....	18
3.4. Estudio faunístico: morfometría.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Factores abióticos	22
4.2. Análisis morfométrico de <i>Artemia</i>	24
5. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS.....	30
6. BIBLIOGRAFÍA.....	32

RESUMEN

El presente estudio, como objetivo principal, desarrolla un análisis de las poblaciones de invertebrados bentónicos que habitan en la laguna supralitoral de La Mareta en El Médano (Tenerife). El enclave forma parte de la Reserva Natural de La Montaña Roja, en el municipio de Granadilla de Abona. Para lo cual se realizaron muestreos del sedimento para su posterior análisis faunístico y factores abióticos.

Se siguió un protocolo de muestreo cuantitativo meiofaunal, una vez obtenidos resultados negativos de presencia de poblaciones faunísticas, se recurrió a realizar un muestreo semicuantitativo sobre la capa superficial del sedimento (primeros 5 cm), ya que las condiciones limitantes de la laguna no favorecen el desarrollo de las comunidades meiofaunales. La Mareta presenta unas condiciones ambientales limitantes para la fauna, que solo ciertas especies pueden sobrevivir en estas condiciones, como por ejemplo las especies de *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). Por este motivo, se realiza un estudio morfológico, biométrico y merístico de la población de *Artemia* de este enclave, para su caracterización taxonómica morfológica por sexo, ya que se trata de una especie de *Artemia* no partenogénica, que presenta un gran dimorfismo sexual, similar a la especie *A. franciscana*, especie invasora que ya se ha citado en otros archipiélagos macaronésicos y en Canarias.

ABSTRACT

The main objective of this study is to analyze benthic invertebrate populations that inhabit the La Mareta supralittoral lagoon in El Médano (Tenerife). The enclave is part of the Natural Reserve of La Montaña Roja, in the municipality of Granadilla de Abona. To this end, sediment samples were taken for later faunal analysis and abiotic factors.

A meiofaunal quantitative sampling protocol was followed, once negative results of presence of faunal populations were obtained, a semiquantitative sampling was made on the surface layer of the sediment (first 5 cm), since the limiting conditions of the lagoon do not favor the development of meiofaunal communities. La Mareta has limited

environmental conditions for the fauna, which only certain species can survive in these conditions, such as the *Artemia* species (Crustacea, Branchiopoda). For this reason, a morphological, biometric and meristic study of the *Artemia* population of this enclave is carried out, for its morphological taxonomic characterization by sex, since it is a non-parthenogenetic *Artemia* species, which presents a great sexual dimorphism, similar to the species *A. franciscana*, an invasive species that has already been cited in other archipelagos of Macaronesia and the Canary Islands

1. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se exponen los caracteres morfométricos y merísticos de una población de *Artemia* que habita en la laguna supralitoral La Mareta, donde las condiciones de anoxia y salinidad son un factor limitante para el desarrollo de la meiofauna, siendo la población de *Artemia* la que registra una mayor densidad.

El estudio fue llevado a cabo con ejemplares que se encontraban en estado adulto, diferenciando ambos sexos, ya que se trata de una especie que presenta un dimorfismo sexual muy marcado, para la caracterización morfométrica de la especie.

1.1. Área de estudio

La laguna de La Mareta se localiza en El Médano, en el término municipal de Granadilla de Abona, en el sur de Tenerife; se trata de una pequeña laguna supralitoral anquialina, que se encuentra a unos 10 metros de la línea de costa. Forma parte del enclave de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, un espacio protegido desde 1994, con una superficie total de 166 hectáreas que incluye: el cono volcánico, el pico de la montaña de Bocinegro, y un territorio llano limitado por la carretera local de El Médano a Los Abrigos (Fig. 1).



FIGURA 1. Localización de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja. Tomado de Google Maps.

La Reserva Natural Especial de Montaña Roja (Fig. 2) comprende unos 3 km de zona costera al oeste del núcleo de población de El Médano. Está delimitada por la playa de Leocadio Machado en su flanco este y por el extremo superior de la playa de La Tejita en el oeste (Plan Director de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja, 2004).



FIGURA 2. Reserva natural de Montaña Roja, El Médano, Granadilla de Abona. Tomado de: Web de Turismo de Tenerife.

Las condiciones climáticas en La Mareta (Fig. 3) están dominadas por los vientos alisios secos, estos vientos constantes y los temporales contribuyen a el transporte de arenas organógenas que se mezclan con arenas de origen mineral, formando un ambiente de dunas costeras, de ahí el nombre del Médano (Coello-Bravo, 2012).

La zona presenta ausencia de precipitaciones en la mayor parte del año. A menudo, las lluvias que se producen sobre todo entre octubre y febrero, son casi siempre de carácter torrencial por las borrascas del suroeste, que son las perturbaciones que provocan lluvias de fuerte intensidad y muy localizadas; las temperaturas son suaves, existe un elevado índice de insolación que favorecen que las condiciones climáticas que rodean a la laguna sean de extrema aridez.



FIGURA 3. Laguna La Mareta en el enclave de la Reserva Natural Montaña Roja.

La costa este del istmo de Montaña Roja, zona que rodea a La Mareta, está formada por dunas de arenas y unos depósitos sedimentarios que se extienden en altura desde la actual zona intermareal hasta los 65 m sobre el nivel medio del mar. Las arenas que predominan son claras de grano medio a grueso, con grano selección moderada, y están débilmente cementadas por carbonatos (Kröchert *et al.*, 2008). Contienen conchas de gasterópodos terrestres y presentan estratificación. Son arenas de naturaleza mixta, es decir, tienen dos componentes, uno inorgánico, formado por fragmentos de escorias y lavas basálticas, y granos minerales de olivino, piroxenos y plagioclasas, y otro orgánico, constituido principalmente por fragmentos de algas coralinas rojas, gasterópodos marinos y espículas calcáreas de equinodermos (Kröchert *et al.*, 2008) estas condiciones climáticas y la naturaleza geológica de la laguna favorecen que exista una alta salinidad, ya que se trata de una laguna que se llena por filtraciones de agua marina y por el agua de las escasas lluvias, estas peculiaridades provocan un ambiente anquialino. Al presentar altas concentraciones salinas, la salinidad juega un papel de factor limitante de gran importancia, siendo el ambiente idóneo para el desarrollo de las poblaciones de ciertos crustáceos del género *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca), conocidas por el nombre vulgar de “camarón de la salmuera”.

1.2. La *Artemia*: Anatomía, biología y ciclo de vida.

La regionalización del cuerpo de una *Artemia* es una cabeza diferenciada, tronco y abdomen. Presentan un par de ojos compuestos y un solo ojo naupliar en el extremo anterior de la cabeza. Las primeras antenas tienen función sensorial y constituyen los accesorios del primer segmento de la cabeza. Las segundas antenas son de mayor tamaño, en los machos adultos son más grandes y se encuentran modificadas para formar un órgano que sostiene a la hembra durante la copulación. Las antenas de la hembra están menos desarrolladas (Clark & Bowen, 1976). En la zona bucal se encuentran las mandíbulas, que forman los accesorios del tercer segmento de la cabeza; las primeras y segundas maxilas son pequeñas. La primera maxila es más grande que la segunda, se utilizan para transferir el alimento a la boca. Los órganos excretorios del adulto son dos glándulas maxilares, conocidas también como glándula coxal (Clark & Bowen, 1976).

El tórax está formado por 11 segmentos, cada segmento lleva asociado un par de filopodios; los 11 pares de filopodios son todos similares y son utilizados para la natación, alimentación y respiración. Los dos segmentos posteriores al tórax forman el segmento genital. En hembras hay un orificio llamado ovisaco el cual puede contener los huevos u ovocitos; los machos llevan un par de túbulos retráctiles, hemipenes, los cuales pueden ser extendidos y ser visibles en el último par de filopodios. El abdomen consiste de 6 segmentos posteriores a la región genital, y tiene una morfología casi cilíndrica. Al final del abdomen se encuentra el telson donde se puede distinguir en su extremo un par de estructuras caudales, las furcas (Fig. 6 H). El ano se localiza entre las dos furcas (Clark & Bowen, 1976).

Se trata de un crustáceo filtrador pasivo que basa su alimentación en la captura de bacterias, cianobacterias, pequeños protozoos y detritos del medio en que vive. La actividad trófica la lleva a cabo mediante el batido rítmico de sus apéndices, ya que los telopoditos de los toracópodos actúan como aparato filtrador. Este mecanismo es evidente en las formas adultas de *Artemia*. Las formas naupliares se nutren de las reservas vitelinas acumuladas en el llamado “órgano nupal”, a partir de esta fase

larvaria el alimento es capturado por filtración, mediante las segundas antenas. A medida que los telopoditos de los filópodos se van desarrollando, paulatinamente se incorporan a estas funciones alimentarias (Pastorino, 2003).

La *Artemia* es el género de crustáceo branquiópodo con mayor distribución mundial, por lo que se podría decir que sus especies presentan una amplia distribución de tipo cosmopolita. El dimorfismo sexual es evidente (Fig. 6 E), ya que las hembras adultas alcanzan mayor tamaño que los machos. Las hembras desarrollan una protuberancia bajo sus extremidades que se convertirá en su saco de cría, denominado saco ovífero u ovisaco (Fig. 6 G). En los machos, el segundo par de antena comienza a desarrollarse en forma de pinzas que le servirá para anclarse a la hembra durante el apareamiento (Fig. 6 C). Los machos presentan un par de hemipenes bastante conspicuos (Fig. 6 F). Se distinguen en su ciclo vital cuatro estadios morfológicos: nauplio, metanauplio, preadulto y adulto (Pastorino, 2003). Los cistes o quistes, son conocidos como los huevos de artemia, están constituidos por tres capas de naturaleza proteica (Fig. 4), la más externa es el corión de consistencia dura, que protege al embrión de posibles impactos o roturas. Está constituida principalmente por lipoproteínas, siendo la hematina la que le da el color rojo oscuro característico. La siguiente capa es la membrana cuticular externa que actúa como una barrera permeable. Por último se encuentra la cutícula embrionaria, de naturaleza elástica, que separa al embrión de la membrana cuticular externa. (<http://www.planeta-neli.es/index.php/2015/10/20/artemia-salina-parte-ii/>).

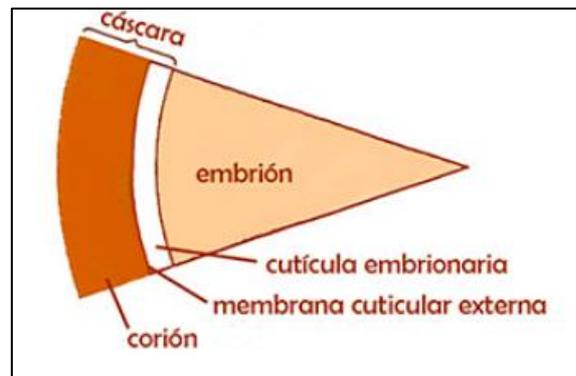


FIGURA 4. Capas del ciste o quiste de Artemia. Tomado de <http://www.planetane.li.es/index.php/2015/10/20/artemia-salina-parte-ii/>.

Los cistes deshidratados son capaces de soportar temperaturas inferiores a los 190°C, así mismo, pueden estar en contacto con líquidos corrosivos y soportar condiciones de anoxia. Los quistes hidratados se mantienen en unas temperaturas adecuadas entre -18 y 40°C, ya que de lo contrario puede producirse una interrupción del metabolismo. El metabolismo activo actúa a unas temperaturas comprendidas entre 4 y 32°C, cuanto más alta es la temperatura antes eclosionan, para que se produzca la eclosión deben haber unas condiciones óptimas de luz, ya que de lo contrario la eclosión podría retrasarse o no producirse. Desde que se produce la hidratación del quiste hasta que el nauplio eclosiona y nada pasan entre 24 y 48 horas (Fig. 5).

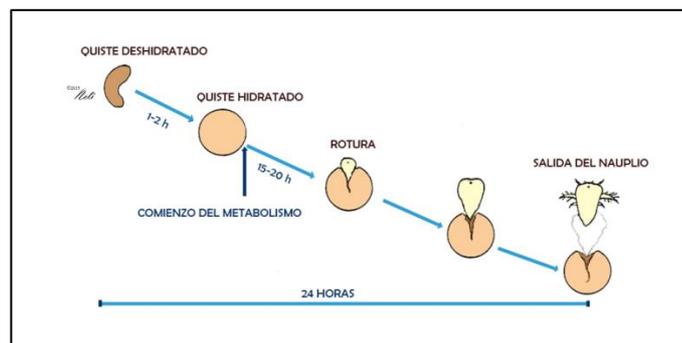


FIGURA 5. Esquema de la eclosión del ciste. Tomado de <http://www.planetane.li.es/index.php/2015/10/20/artemia-salina-parte-ii/>

El nauplio, se trata de la larva recién nacida, carece de segmentos corporales y presenta grandes cantidades de reservas vitelinas, ya que su sistema digestivo se encuentra en formación, por lo que son incapaces de alimentarse externamente. Sus reservas nutricionales ricas en ácidos grasos y su pequeño tamaño hacen que sea un alimento vivo insustituible en la acuicultura. El nauplio es de color anaranjado, presenta en la base de la cabeza un ocelo central (ojo nauplio). Este estadio mide aproximadamente entre 125 a 250 μm según la cepa y dura entre 6 a 10 horas a 25°

C, para luego pasar al estado de metanauplio, donde comienza a formarse el aparato digestivo, estadio que dura entre 15 a 20 horas.

El metanauplio es el periodo más largo de la fase larval, en el que se desarrolla los toracópodos, lo que permite diferenciarlo claramente de la fase anterior, además del tamaño que llega a alcanzar (150 a 400 μm). Es el nauplio de artemia a las 48 horas. En la fase juvenil, los individuos se parecen bastante al estado adulto. Los toracópodos están totalmente desarrollados y son usados para alimentarse, nadar y respirar. Las antenas se reducen y no tienen una función tan importante como en la fase naupliar.

En esta etapa comienza también la diferenciación sexual, machos y hembras comienzan a tener un aspecto diferente. Las hembras desarrollan una protuberancia bajo sus extremidades que se convertirá en su saco de cría. En los machos, el segundo par de antena comienza a desarrollarse en forma de pinzas que le servirá para anclarse a la hembra durante el apareamiento.

Finalmente en estado adulto su cuerpo se regionaliza en tres partes claramente diferenciadas: la cefálica, el tórax y el abdomen. En esta fase el dimorfismo sexual es evidente (Fig. 7), ya que las antenas de las hembras adquieren un tamaño más reducidos que en los machos. Las antenas de los machos se vuelven más robustas preparadas para la cópula; el macho se adhiere a la hembra nadando juntos por un tiempo. La hembra presenta en la región abdominal junto al tubo digestivo, unas bolsas donde se acumulan los huevos fecundados para su desarrollo, que recibe el nombre de ovisaco o saco ovígero.

Las artemias habitan en ecosistemas caracterizados por una elevada salinidad del agua (ambientes hipersalinos) y con escasa diversidad biológica. Los hábitats naturales comprenden salinas, lagos salados temporales y permanentes, situados en zonas costeras. Las artemias son de las especies que soporta el mayor intervalo de salinidad en los metazoos acuáticos. Se trata de animales euritérmicos, ya que los valores de temperatura vital están alrededor de 25-27° C, aunque puede llegar a soportar rangos de temperatura entre los 5-40° C; comportándose las artemias

también como eurihalinas, ya que llegan a soportar elevadas concentraciones de salinidad.

Respecto a la consideración de oxígeno para su supervivencia, se puede deducir que debido a la correlación inversa que existe entre la salinidad, temperatura y la solubilidad del oxígeno, puede dar una idea de los bajísimos niveles de este gas, que las artemias pueden encontrar en sus biotopos naturales. Al igual que otros invertebrados, en ambientes con carencia de oxígeno desarrolla una intensa coloración rojiza, debida a un incremento en la concentración de hemoglobina en su hemolinfa, esto posibilita captar mayor cantidad de oxígeno sin una elevación apreciable de su tasa respiratoria.

Los biotopos costeros donde viven las artemias son los denominados thalassohalinos y los del interior athalossohalinos. En cuanto a los predadores, además de varias especies de peces, se han reportado varias categorías de insectos que regularmente se alimentan de especies de *Artemia*, como son larvas de odonatos, hemípteros y coleópteros acuáticos. Algunos hemípteros pertenecientes a las familias *Corixidae* y *Notenectidae* pueden permanecer a muy altas salinidades y más bien compiten por el hábitat. Los principales predadores de los que las artemias no pueden escapar a través de la barrera de la salinidad, son las aves.

(<https://www.bioartemia.com/2017/03/03/biologia-de-la-artemia-sp/>).

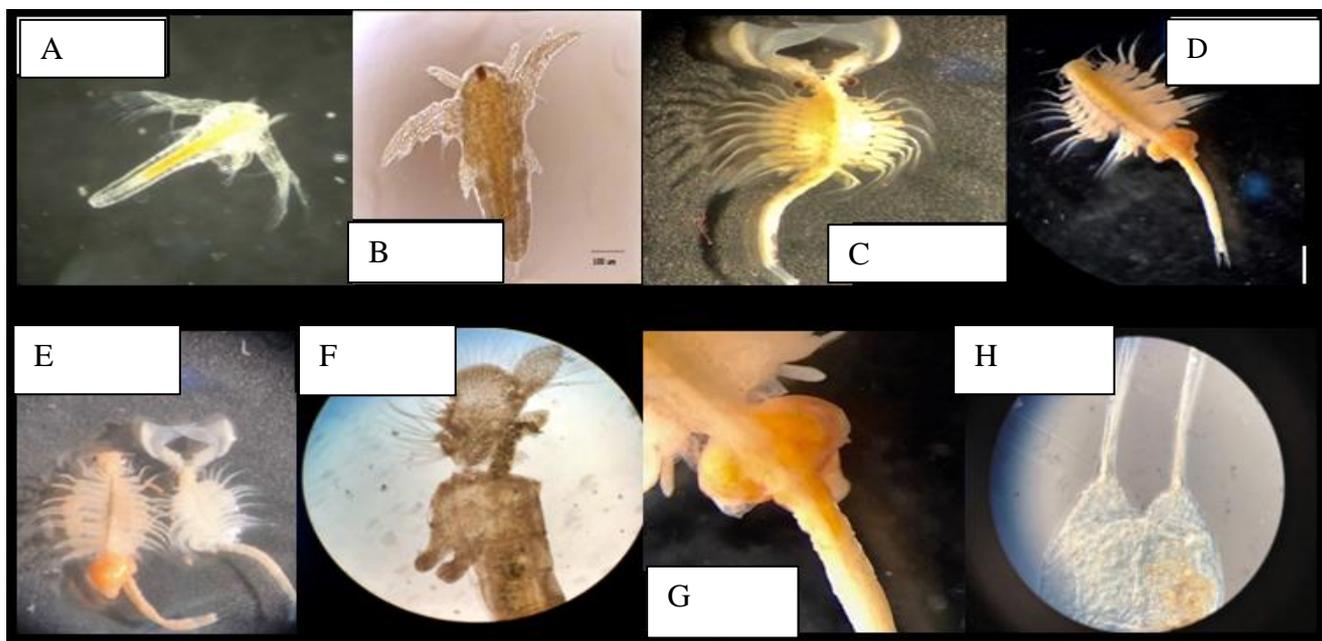


FIGURA 6. A, metanauplio; B, nauplio; C, macho de *Artemia*; D, hembra de *Artemia*; E, dimorfismo sexual; F, hemipenes; G, ovisaco; H, furcas caudales.

2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental es el estudio de las poblaciones de invertebrados bentónicos presentes en la laguna de La Mareta del Médano.

Para ello se han establecido como objetivos principales:

- Caracterizar la comunidad bentónica del sedimento.
- Caracterización del tipo de sedimento y otros factores abióticos del enclave de La Mareta.
- Estudiar y caracterizar los parámetros biométricos de la especie de *Artemia* presente en La Mareta en ambos sexos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Trabajo de campo

En primer lugar, se llevó a cabo un estudio cuantitativo para la caracterización de la meiofauna en tres sectores de La Mareta, la recogida de muestras se hizo en la máxima bajamar (-1,5 m) el día 14 de abril de 2018.

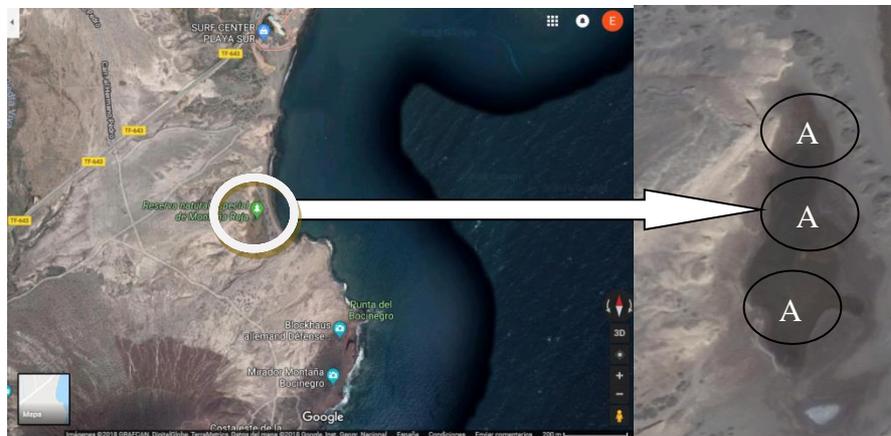


FIGURA 7. Imagen Satelital de La Mareta. Tomado de: Google Maps.

En cada uno de los tres sectores, marcados como punto A1, A2 y A3 (Fig. 7) se recogieron cinco muestras, de las cuales tres fueron destinadas para el estudio faunístico y las otras dos para el estudio abiótico.

Siguiendo el protocolo de extracción de muestras meiofaunales (Brito-Castro, 1999), la toma de sedimento se realizó utilizando tubos (corers) de PVC, con un diámetro de 50 cm y largo de 60 cm (Brito-Castro, 1999).

El procedimiento consistía en introducir los corers, hasta alcanzar una profundidad aproximada de 20 a 30 cm en el sedimento, se extraen aproximadamente 300 cm³ de sedimento, que posteriormente es almacenado en bolsas plásticas herméticas convenientemente etiquetadas, luego se añadía formalina al 4% para fijar y conservar las muestras. Por último, las bolsas se transportaban al laboratorio en bidones herméticos para su posterior análisis.

Una vez recogidas las muestras, se procedía a realizar el lavado y filtrado de las mismas en el laboratorio. Cada muestra era depositada en una bandeja y se le añadía agua, para luego ser filtrada a través de 2 tamices, de 200 y 100 μm . La metodología para recoger la meiofauna se lleva a cabo del trascurso de 5 lavados del sedimento, y una vez realizados estos, el material resultante recogido en los tamices era transferidos a un recipiente con alcohol, para la conservación definitiva de los ejemplares. Cabe destacar, que una vez analizadas las muestras bajo la lupa binocular, se obtuvo un resultado negativo, ya que en el periodo muestreado no se encontraron poblaciones meiofaunales.

Las condiciones ambientales de la laguna, sobre todo la hipersalinidad del agua en esta época del año (primavera de 2018), desempeña una función limitante para el desarrollo de poblaciones meiofaunales. Por esta razón, una vez realizado el anterior tipo de muestreo, se procedió a desarrollar un método de muestreo semicuantitativo debido a las limitaciones descritas anteriormente. Se analizó el sedimento de la capa superficial (los primeros 5 cm) en donde se acumula el mayor porcentaje de las poblaciones meiofaunales, con un volumen de unos 250 cm^3 por muestra que equivalen aproximadamente a la superficie de una cuadrícula de 7 x 7 cm^2 (Núñez-Fraga *et al.*, J. 2003), aumentando ligeramente la superficie de muestreo en la capa de sedimento en donde habita la mayor parte de la meiofauna (Brito-Castro, 1999). El procedimiento para el lavado de las muestras es igual al descrito anteriormente. En este segundo caso se obtuvo un resultado positivo, al colectarse ejemplares ejemplares de *Artemia*, de hábitos epibentónicos, ya que se trata de una especie que habita en toda la columna de agua.

3.2. **Recolección de *Artemia***

Todos los ejemplares muestreados pertenecen al género *Artemia* (Crustacea, Anostraca). Para la realización del estudio taxonómico merístico, se recolectaron

una cantidad apropiada de ejemplares adultos con la ayuda de una red, luego de ser capturadas eran depositadas en recipientes más pequeños, añadiendo alcohol puro para su conservación, de esta forma es un material que puede utilizarse en un futuro para análisis moleculares.

La principal población de estudio es la especie de *Artemia* localizada en La Mareta, ya que se intentó comparar con la especie *A. salina*, que cultivan en el Instituto Español Oceanográfico de Santa Cruz de Tenerife, sin embargo, solo disponían de artemias en estado juvenil, con muy pocos días de desarrollo, y por esta razón no se pudo comparar con las artemias de la charca de La Mareta, ya que el presente estudio se realizó con ejemplares adultos.

3.3. Factores abióticos de La Mareta.

Se realizó un análisis de los parámetros físicos y químicos de la laguna, entre los que se registraron fueron: pH, salinidad, temperatura y granulometría del sedimento. Así mismo también se llevó a cabo un estudio de la materia orgánica presente en el sedimento. La temperatura fue medida con un termómetro digital *in situ*. Para la determinación de la salinidad se tomó *in situ* con un refractómetro (Fig. 8 A) facilitado por el Instituto de Oceanografía Español, el procedimiento consistía en colocar una gota de agua en la placa, y luego se tapaba, para observar a través del ocular la escala Brix de salinidad (Fig. 8 B).

Para el pH se determinó mediante dos métodos; el primero consistió en su determinación con la ayuda de un pH-metro (Fig. 8 D), la metodología empleada fue a partir de una muestra de agua recogida en la laguna, de manera hermética, para evitar que el oxígeno interfiera en el valor del pH, se procedió a realizar el calibrado de los electrodos de la siguiente manera:

La calibración empleada fue la calibración en dos puntos, una de las calibraciones más habituales, el primer tampón tenía un pH 7, mientras que el segundo tampón era de pH 9.

El segundo método consistió en realizar la medida del pH in situ, mediante tiras reactivas (Fig. 8 C) que al introducir en el agua, revelaban un color que indica el rango del pH que presenta el agua.

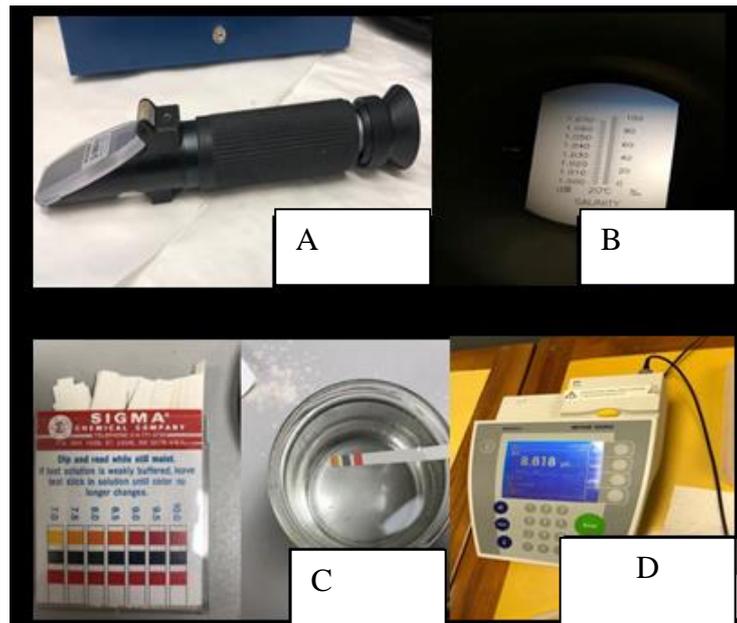


FIGURA 8. A, espectrofotómetro; B, escala Brix del espectrofotómetro; C, test pH; D, pH-metro.

Para el análisis de la materia orgánica se utilizó un horno mufla, y tres recipientes de cerámica, uno para cada muestra. Como la materia orgánica está formada por una combinación de partículas detríticas, bacterias, fitoplancton y restos del zooplancton que representa una fuente de alimento para los organismos, la determinación de la materia orgánica supone un parámetro importante desde el punto de vista de transferencia energética en la cadena trófica donde habitan las artemias.

El procedimiento consistió en recoger una muestra del sedimento donde se recolectaron los ejemplares de Artemia; estas muestras se dejaron secar al aire y una vez secas, se hicieron tres pesajes de 25 gr en tres recipientes de cerámica respectivamente.

La metodología consistía en hacer tres réplicas, por esta razón se cogieron tres pocillos de cerámica resistentes a las altas temperaturas a las que se iba a someter la muestra en el horno mufla. Los pocillos eran pesados en una pesa digital, y luego se añadían 25 gr del sedimento en cada uno de los tres recipientes. Posteriormente eran introducidos en el horno mufla del laboratorio de biología marina.

La determinación de la materia orgánica se realizó generalmente a partir de la diferencia en peso del material filtrado y retenido antes y después de ser quemada en un horno mufla a 400° C durante, al menos 4 horas. La diferencia entre el peso inicial y el peso en ceniza nos dará el contenido en materia orgánica o, lo que es igual, el peso libre de cenizas (PSLC). El PSLC se expresa, generalmente, como porcentaje del PS inicial.

$$\% \text{ PSLC} = \frac{PS_{\text{muestra}} - PS_{\text{ceniza}}}{PS_{\text{muestra}}} \times 100$$

El estudio granulométrico del sedimento, se llevó a cabo en los laboratorios de Edafología. El material utilizado fue una pesa digital, dos tamices uno de 200 µm y otro de 100 µm, que separaba el sedimento en arena gruesa, arena fina, y arcilla. El procedimiento fue realizar un peso total de la muestra, y luego pesar el sedimento que quedaba en cada tamiz que separaba el sedimento en dos fracciones. Estas dos fracciones se correspondían con los elementos gruesos y elementos finos. Luego, a partir de los elementos finos se pesaban 30 gramos en la pesa digital, y se calculaba el porcentaje de fracción de arena gruesa y fina. El porcentaje de arcilla y limo se calculaba como la diferencia entre los 30 gramos, menos la suma de la fracción de arena gruesa y fina.

3.4. Estudio faunístico: morfometría

Para el estudio morfométrico de *Artemia*, el material utilizado fue una lupa binocular, con oculares micrométricos, que permitían medir las diferentes partes de la anatomía del crustáceo. Mientras que para los detalles de aquellas características taxonómicas propias de la especie, se analizaron con un microscopio óptico Leica dotado con contraste de Nomarski.

Las artemias son crustáceos con cutícula muy poco esclerotizada, ya que carecen de caparazón. Los ejemplares adultos analizados midieron entre 0,8-1 cm de longitud total en el caso de las hembras, mientras que los machos de 0,6-0,8 cm. Son generalmente de color blanquecino, aunque pueden presentar algunos ejemplares un color anaranjado o azulado, la coloración puede cambiar entre poblaciones de la misma especie.

Bajo la lupa binocular, con oculares micrométricos se llevaron a cabo las siguientes mediciones:

Lt = Longitud total, que abarca desde la cabeza hasta el final del abdomen, antes del comienzo de la furca.

Lto = Longitud del tórax, que abarca desde la cabeza hasta el último pleópodo.

Lab = Longitud del abdomen, desde el comienzo de los órganos genitales hasta el inicio de la furca.

Apleo = Anchura de los pleópodos. Se tomó como referencia el quinto pleópodo.

Además, también se midió la anchura de los ojos, la longitud de los artejos basal y apical de las antenas, la longitud de la furca, la longitud de los hemipenes y de los sacos ovígeros.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factores abióticos

La temperatura fue medida a las 12 del mediodía el 14 de abril de 2018, y los valores de temperatura que se obtuvieron en la superficie de la charca en los tres sectores fue de 26,8°C (sector A), 26,4°C (sector B) y 26,7°C (sector C).

Respecto al registro de la salinidad, fue medida con un refractómetro y como resultado se ha obtenido un valor de 120% aproximadamente.

Para la comprobación del pH, se hizo mediante un test con tiras reactivas indicadoras del pH Sigma Chemical Company, la introducción de la tira en el agua reveló un pH cercano a 8.0, pero como esto era un valor aproximado se procedió a realizar la comprobación del pH con un pH-metro, que nos permitía saber un valor de pH más exacto. El segundo método fue con un pH-metro, y el valor de pH que se obtuvo fue de 8.618 (Fig. 7 B).

El estudio granulométrico se llevó a cabo en cada uno de los tres sectores, el sector norte de la laguna representado como el punto A1, presentaba un porcentaje del 1,25% en elementos gruesos, y el 98,95% en elementos finos, de los cuales el 70,37% se corresponden con arena gruesa, y 5% con arena fina, mientras que el 24,63% se corresponden con la fracción limo-arcillosa. El sector ubicado entre el norte y sur, representado como el punto A2, la muestra presentaba un 0,49% de elementos gruesos y un 99,35% de elementos finos, de los cuales el 49% se corresponde con arena gruesa, y 25,67% con arena fina, mientras que el 25,33% se corresponde con la fracción limo-arcillosa. El sector sur de la laguna, representado como el punto A3, presenta un porcentaje del 2,30% de elementos gruesos, y un 98,46% de elementos finos de los cuales el 81,53% se corresponden con la fracción de arena gruesa, y 17,6% con arena fina, mientras que el 0,87% se corresponde con la fracción limo-arcillosa.

	A1	A2	A3
PESO TOTAL	342,6 gramos	323 gramos	169,1 gramos
Elementos gruesos (> 2 mm)	3,6 gramos	2,0 gramos	2,5 gramos
Tierra fina (<2 mm)	339 gramos	321 gramos	166,5 gramos
Arena gruesa (2mm -0,2mm)	21,11 gramos	14,7 gramos	24,46 gramos
Arena fina (0,2mm-0,05mm)	1,5 gramos	7,7 gramos	5,28 gramos
Arcilla + limo (< 0,05 mm)	24,63 %	25,33 %	0,87%

Tabla 1. Resultados granulométricos

Por otra parte el estudio de la materia orgánica se ha llevado a cabo siguiendo el protocolo y la metodología descrita en el apartado de material y métodos:

$$\% PSLC = \frac{PS_{muestra} - PS_{ceniza}}{PS_{muestra}} \times 100$$

Se han obtenido los siguientes resultados de materia orgánica (Tabla 2).

Réplicas	Pocillo	Muestra de sedimento	PS muestra	PS ceniza	PSCLC	%PSCLC
1	95,9212	25,00	120,92	110,39	0,08	8,70
2	99,9522	25,00	124,95	111,49	0,10	10,77
3	96,071	25,00	121,07	107,77	0,10	10,98

Tabla 2. Resultados materia orgánica

4.2. **Án**alisis morfométrico de *Artemia*.

Con de los programas estadísticos Microsoft Excel y Primer, se han procesado los datos biométricos registrados de 17 ejemplares hembras y 17 machos, a partir de estos datos se han generado una serie de gráficos que diferencian significativamente las poblaciones de hembras y de machos, caracterizando ambos sexos en base a la morfometría, además de presentar un dimorfismo sexual apreciable fácilmente a pocos aumentos.

En el caso de la población de hembras adultas, la longitud total es mayor a la de los machos (Fig. 9). Las hembras presentan una media de 7,96 mm de longitud total, mientras que los machos de 6,21 mm.

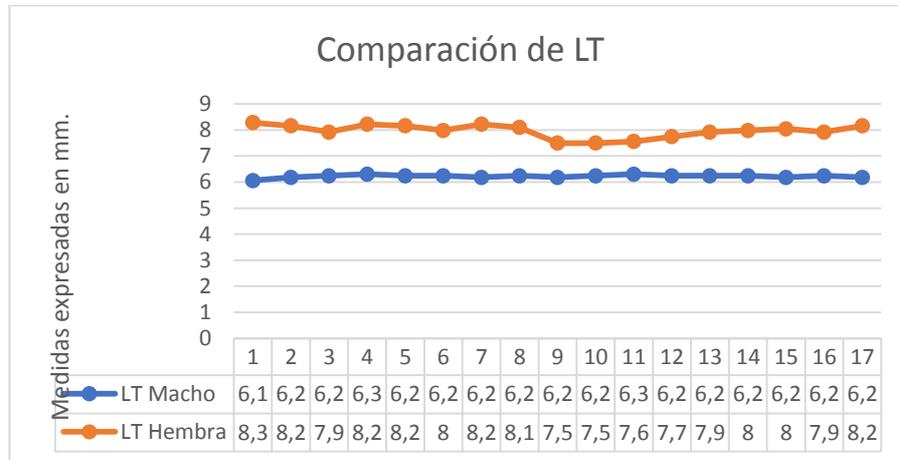


FIGURA 9. Comparación de la longitud total entre machos y hembras.

Del mismo modo, la longitud del tórax (Fig. 10) y del abdomen (Fig. 11) es significativamente mayor en hembras que en machos, como queda reflejado en los gráficos adjuntos (Figs. 10, 11).

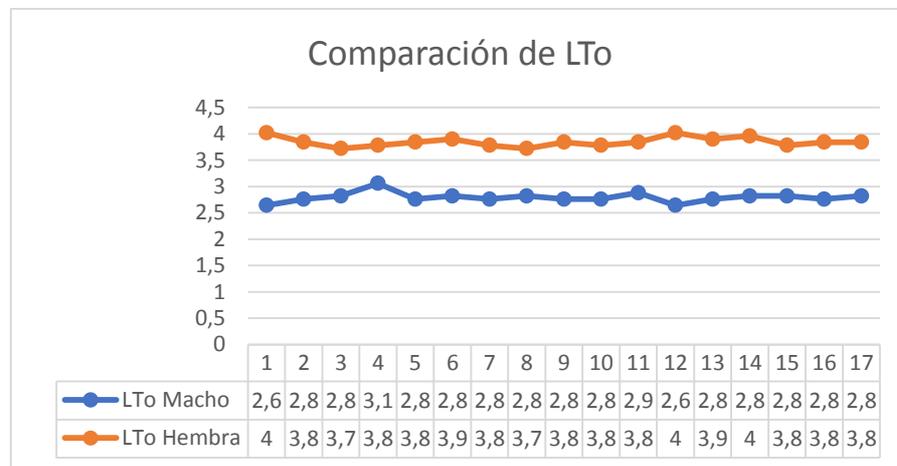


FIGURA 10. Comparación de la longitud del tórax entre machos y hembras.

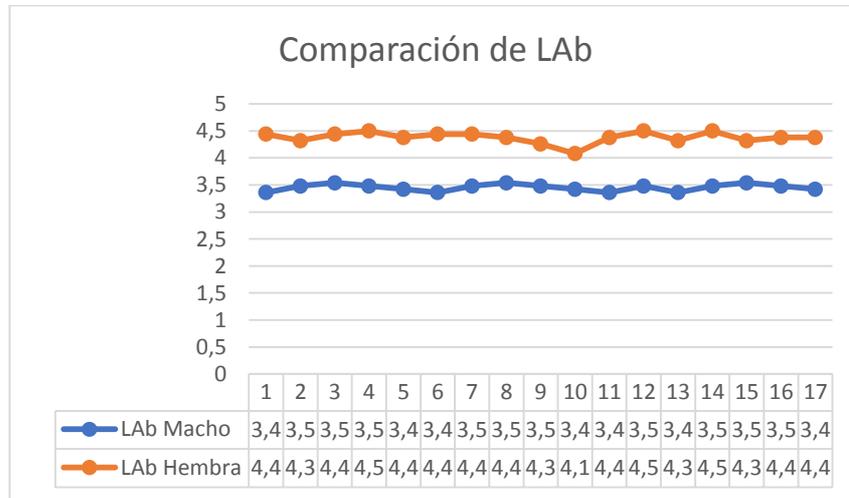


FIGURA 11. Comparación de la longitud del abdomen entre machos y hembras.

Por otro lado, se ha medido la anchura de los pleópodos tomándose como referencia el quinto pleópodo, en este caso la diferencia no es muy significativa, pero es ligeramente mayor en las hembras que en los machos, obteniéndose como resultado 4,02 mm en el caso de las hembras y 3,93 mm en el caso de los machos.

Respecto a los aparatos genitales, se ha comprobado que los machos presentan dos hemipenes, los cuales presentan una longitud de 0,40 mm. En las hembras se ha medido, tanto el ancho como el largo del saco ovífero, obteniéndose una longitud media 1,50 mm, y una anchura media de 1,46 mm. Así mismo, se ha medido la longitud de la furca a máximos aumento, obteniéndose como resultado medio unos 0,04 mm. Respecto a la anchura ocular, se ha comprobado que la diferencia es muy poco significativa entre hembras y machos, siendo ligeramente mayor en las hembras, con registros de 1,10 mm para las hembras y 1,09 mm para los machos.

En el caso de las antenas, las diferencias son muy significativas, ya que en las hembras se encuentran muy reducidas, mientras que los machos presentan unas antenas mucho más robustas. Se ha procedido a medir la longitud y ancho de los artejos antenales, en el caso de las hembras se ha registrado una longitud media de 0,3 mm y una anchura de 0,16 mm.; mientras que en los machos, se ha obtenido una longitud de 1,81 mm y una anchura de 1,71 mm.

Con el programa estadístico Primer, se ha realizado un análisis multivariante, a partir de las variables morfométricas medidas para ambos sexos. En la tabla se representan los valores obtenidos del análisis Permanova, en el anexo presenta un valor significativo lo que quiere decir que existen diferencias entre las variables medidas en función del sexo (Tabla 3).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Se	1	2,1039	2,1039	590.66	0.0002	4983
Res	32	0,11398	3,56 E -3			
Total	33	2,2179				

Tabla 3. Análisis Permanova

Además también se ha generado un gráfico Pco (Fig. 12) con la distribución de los ejemplares en relación a las variables morfométricas. Con una semejanza D1 distancia euclídea, las flechas azules de mayor longitud indican hacia donde aumenta el valor de la variable (Fig. 12).

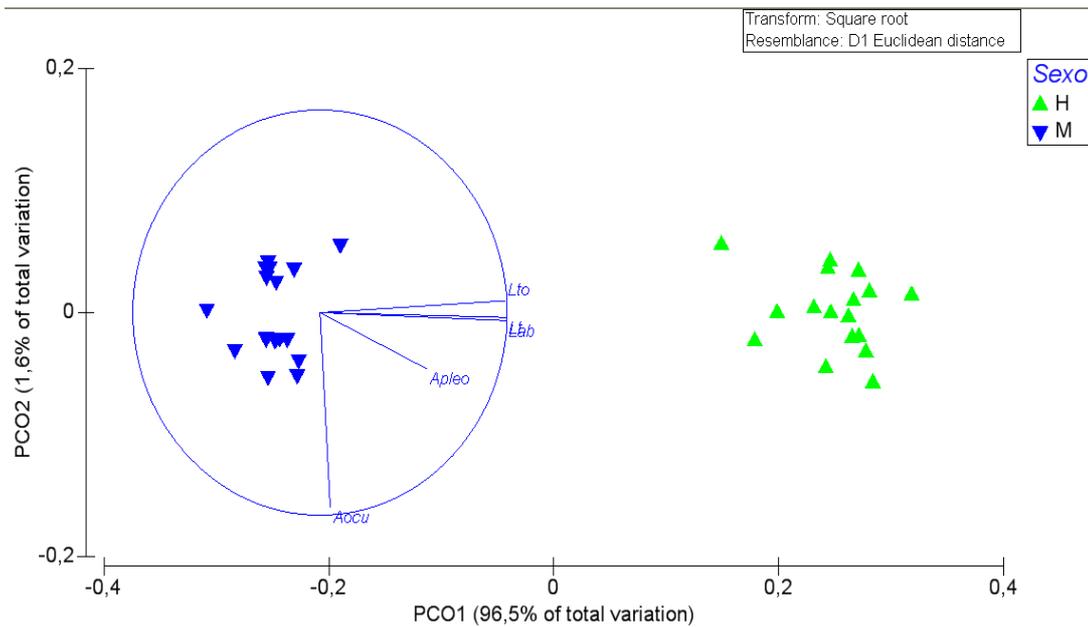


FIGURA 12. Gráfico PCO.

En la gráfica quedan representados en dos dimensiones todos los ejemplares medidos y las variables morfométricas que más contribuyen en la separación de las poblaciones de machos en triángulos azules y hembras en verdes. La segregación de los ejemplares por sexo es muy significativa, generando el gráfico dos nubes de puntos perfectamente delimitadas. Las variables morfométricas que más influyen son la longitud total, longitud del abdomen, tórax y en menor medida anchura de los pleópodos, ya que son variables que aumentan en dirección al grupo de las hembras. Por el contrario, la anchura ocular no tiende a aumentar hacia las hembras, puesto que ambos sexos presentan una anchura ocular similar.

Las características taxonómicas que diferencian las diferentes especies de *Artemia*, generalmente se centran en la presencia de estructuras en la zona donde se encuentran los hemipenes, en aquellas especies donde se conocen machos y hembras, ya que existen especies partenogénicas con poblaciones solo de hembras. Otras características distintivas se encuentran en la forma de la furca caudal. En la población de La Mareta, los machos adultos presentan unos ganchos en la base de los hemipenes, a modo de espícula o espina más o menos desarrollada (Fig. 12). La

presencia de estos ganchos copuladores nos permite descartar que se trate de la especie *Artemia salina*. A modo de conclusión, y siguiendo el estudio taxonómico de Jaume (2003), la especie de *Artemia* presente en La Mareta se corresponde o es afín a la especie invasora *A. franciscana*, ya que ha sido citada también en anteriores estudios, aunque la forma furcal no se corresponde con la descripción de Jaume (2003) para la *A. franciscana*. Sería por tanto necesario realizar estudios genético moleculares para dilucidar el origen de las poblaciones presentes en La Mareta.

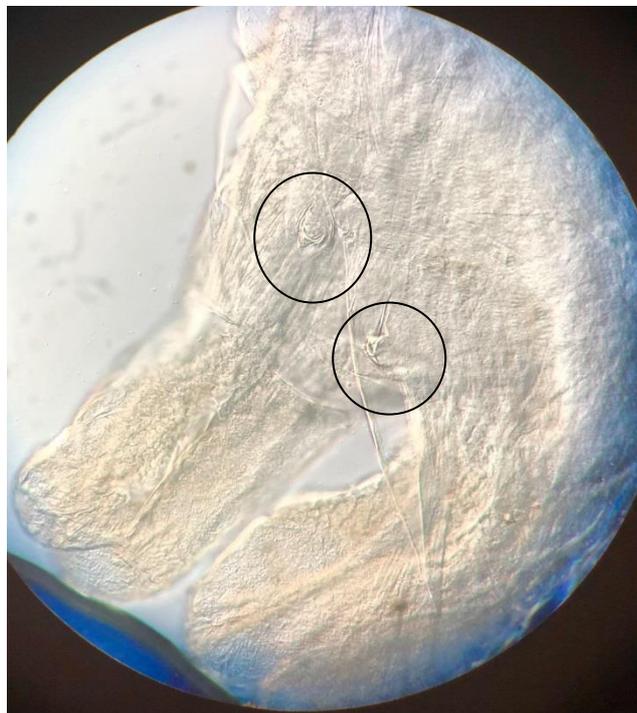


FIGURA 13. Ganchos presentes en los hemipenes.

5. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS

A partir del estudio de diferentes factores abióticos limitantes de la laguna de La Mareta, revelan que no es un ambiente propicio para el desarrollo de las poblaciones meiofaunales, sobre todo debido a la elevada salinidad.

El ambiente hipersalino y aplacerado favorece la presencia de las poblaciones de *Artemia*, crustáceo bien adaptado a estos ambientes.

El estudio morfométrico caracteriza tanto a los machos como las hembras de la especie presente en La Mareta, que junto con las características morfológicas la podemos identificar como una especie afín a la *A. franciscana*.

Se puede asegurar que durante el estudio no se han encontrado ejemplares de *Artemia* salina, pudiendo actuar las poblaciones de *A. aff. franciscana*, como una especie invasora que ha desplazado a las especies nativas; ya que se tiene constancia de su presencia en otras áreas macaronésicas y costas europeas. Parte de esta problemática es debida al comercio establecido en la acuicultura de este crustáceo como alimento para otras especies.

CONCLUSIONS

From the study of different limiting abiotic factors of La Mareta lagoon, they reveal that it is not an environment conducive to the development of meiofaunal populations, especially due to the high salinity.

The hypersaline and delayed environment favors the presence of the populations of *Artemia*, crustacean well adapted to these environments.

The morphometric study characterizes both males and females of the species present in La Mareta, which together with the morphological characteristics can be identified as a species related to *A. franciscana*.

It can be assured that during the study no specimens of *Artemia salina* have been found, and the populations of *A. aff franciscana*, as an invasive species that has displaced native species; since there is evidence of its presence in other Macaronesian areas and European coasts. Part of this problem is due to the trade established in the aquaculture of this crustacean as food for other species.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Alonso, J. R., Barone-Tosco, R., Lorenzo, J. A., González-González, C. 2003. Atlas de las aves nidificantes la isla de Tenerife. 253 pp.
- Amat F & Andy J. 2005. El crustáceo americano *Artemia franciscana* invade las salinas ibéricas y amenaza con desplazar a las tres formas autóctonas . *Quercus* 233: 22– 26 .
- Amat F., Ballel L., Hontoria F., Maccari M., Navarro J.C, *et al* 18 de octubre de 2012. A revision of *Artemia* biodiversity in Macaronesia. *Aquatic Biosystems*. Oct 18;8(1):25 (2012).
- Brito-Castro, M.C. 1999. Estudio de las comunidades intersticiales del sebadal (*Cymodocea nodosa*) en las Islas Canarias, con especial referencia a los Anélidos Poiquetos. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, 618 pp.
- Clark, L.S & Bowen, S.T. 1976. The genetics of *Artemia salina*. VII. Reproductive isolation. *J.Hered.* 67(6):385-388.
- Coello- Bravo, J. J. 2012. Escrito en la arena: Tubos y diques sedimentarios en paleodepósitos de El Médano. Instituto Volcanológico de Canarias [INVOLCAN].
- Jaume, D. 2003. Peritage de la situació de conservació del gènere *Artemia* (Crustacea: Branchiopoda) a Balears. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Kröchert, J., Buchner, E., & González de Vallejo, L. I. 2008. Conspicuous sediment structures in fossil beach deposits (southern Tenerife,. *Marine Geophysical*, 29:177-184.
- Núñez-Fraga, J. *et al.* 2003. Plan de Vigilancia Ambiental. Programa de vigilancia ambiental para el proyecto de "Regeneración playa de Abama y embarcadero", 117 pp.
- Pastorino, X. I. 2003. Caracterización morfológica y reproductiva de la población de *Artemia persimilis* (crustacea branchiopoda:Anostraca) de la Laguna Colorada Chica".

Sitios Web:

<http://www.acuariogallego.com/atlas/v/Agua+dulce/invertebrados/crustaceos/otros+crustaceos/Artemia/Nauplio+artemia+a+las+48+horas.jpg.html> Atlas El Acuario Gallego (21 de Noviembre de 2015). (Consultado 15/08/2018)

<https://www.bioartemia.com/2017/03/03/biologia-de-la-artemia-sp/> Bioartemia (03 de Marzo de 2017) (Consultado 15/08/2018)

<http://blog.cuidatuacuario.com/index.php/general/como-eclosionar-huevos-de-artemia> Cuida tu acuario (2015) (Consultado 09/06/2018)

<https://books.google.es/books?id=qbvOVpkc8TEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> Generalitat Valenciana (2007). Con niños por... los parques naturales valencianos. Ilcoi. (Consultado 09/06/2018)

http://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar_contenidos.php?idcat=22&idcap=92&idcon=533 GEVIC Natura y Cultura. (s.f.). Obtenido de Climatología de Canarias. (Consultado 03/08/2018)

<http://www.planeta-neli.es/index.php/2015/10/20/artemia-salina-parte-ii/> Planeta Neli. Acuariofilia y fotografía .20 de Octubre de 2015. (Consultado 14/07/2018)

http://www.gobiernodecanarias.org/politicaterritorial/descargas/EENN/TENERIFE/T_06_RN_monta%C3%B1a/roja/aprobacion_definitiva/Documentonormativo.pdf Plan Director de la Reserva Natural Especial de Montaña Roja (2004). (Consultado 15/07/2018)