



UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE ANFÍPODOS A  
TRAVÉS DE UN GRADIENTE DE SALINIDAD EN  
EVAPORADORES DE ECUASAL DURANTE EL PERIODO  
ENERO - JUNIO 2022”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previo a la obtención del título de**

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Jefferson Liver Pozo Ramírez

**TUTOR:**

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D.

LA LIBERTAD, ECUADOR.

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE ANFÍPODOS A  
TRAVÉS DE UN GRADIENTE DE SALINIDAD EN  
EVAPORADORES DE ECUALSA DURANTE EL PERIODO  
ENERO - JUNIO 2022.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**  
Previo a la obtención del título de  
**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Jefferson Liver Pozo Ramirez

**TUTOR:**

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D.

LA LIBERTAD, ECUADOR.

2023

## **DEDICATORIA.**

A Dios en primer lugar, por brindarme salud, fuerzas, oportunidades y obstáculos que con el pasar de los años se convirtieron en enseñanzas aprendidas que me ayudaron a seguir adelante.

A mis padres: especialmente a mi papá Wilmer, que Dios le tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida y se encuentra muy orgulloso de su hijo, me guio por el camino correcto de la vida, a mi madre que siempre tiene fuerzas para seguir para delante y demostrándome lo valioso que es la vida.

Una dedicatoria especial para Sara y Lidia por el amor incondicional que me brindan día a día, y poner su confianza durante toda mi etapa universitaria.

A mis hermanos Arelis, Tito y Carlos que son mis ejemplos a seguir y para mi compañera de vida Kerlly por su apoyo incondicional y que una manera insistente me motivaba a terminar mis estudios

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a Dios por permitirme terminar esta bonita etapa Universitaria, por darme muchas fuerzas y salud para seguir adelante.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por darme la oportunidad de adquirir conocimientos y hacer una de las etapas más bonitas en mi vida.

A Todos los profesores que tuve la oportunidad de conocer en cada semestre, por las enseñanzas y buenos consejos que me ayudaron para formarme personalmente y profesionalmente.

A mi Tutora Bióloga María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D. por el apoyo incondicional que me brindó en esta investigación con mucha paciencia.

Una dedicatoria especial al Biólogo Carlos Andrade por el apoyo en materiales, equipos y muestras que me facilitó, por el conocimiento que compartió para terminar la investigación.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt. Ing.

DECANO (a)



Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DIRECTOR (a)



Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.

DOCENTE TUTOR



Blga. Yadira Solano Vera, Mgt

DOCENTE DE AREA



Ab. María Rivera González, Mgtr.

SECRETARIA GENERAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas, hechos, investigación y resultados expuestos en este trabajo de titulación, pertenecen exclusivamente al autor, el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



---

Jefferson Liver Pozo Ramirez

## ÍNDICE GENERAL.

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. HIPÓTESIS.....	6
4.1. Hipótesis Nula .....	6
4.2. Hipótesis Alterna .....	6
5. MARCO TEÓRICO .....	7
5.1. Zooplancton.....	7
5.1.1.Importancia del zooplancton.....	7
5.1.2.Clasificación del Zooplancton. ....	8
5.2. Amphipoda.....	9
5.2.1. Morfología.....	11
5.2.2. Distribución y ecología.....	14
5.2.3. <i>Genero Gammarus</i> .....	14
5.2.4. <i>Grandidierella japónica</i> .....	17
6. MARCO METODOLÓGICO.....	21
6.1 Descripción del área de estudio	
6.1.1.ECUASAL.....	22
6.2. Diseño de la Investigación .....	22
6.2.1.Fase de campo.....	22
6.2.2.Fase del laboratorio: Identificar taxonómicamente y evaluación de la composición y prevalencia de anfípodos. ....	23
6.2.3.Análisis bioestadístico de datos. ....	24

<b>7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>7.1.Fase de campo</b> .....	<b>25</b>
<b>7.1.1Parámetros Ambientales.</b> .....	<b>25</b>
<b>7.2. Fase del laboratorio</b> .....	<b>30</b>
<b>7.2.1.Identificación taxonómica, composición y prevalencia de anfípodos.</b> .....	<b>30</b>
<b>73. Análisis de Correspondencia Canónica</b> .....	<b>38</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>41</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>43</b>
<b>11. ANEXOS</b> .....	<b>53</b>



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Contorno de un anfípodo (tamaño aprox. 20 mm) (Barnard & Barnard, 1983) .....	12
Figura 2. Estructura corporal de <i>Grandidierella japónica</i> (Hiebert, 2015) .....	21
Figura 3: Zona de estudio en Salinas, Santa Elena, Ecuador: Evaporadores de Ecuasal ubicada a 80°55' w y 2° a 8 km al sudeste de la población de Salinas. Fuente: Google Earth 2022. ....	23
Figura 4. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 2 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.....	27
Figura 5. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 8. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	28
Figura 6. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 12. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	29
Figura 7. Distribución de anfípodos encontrados. Ep2 = Evaporados No. 2; Ep 8 = Evaporador No. 8; <i>G(A)</i> = <i>Grandidierella japónica</i> ; <i>G(B)</i> = <i>Gammarus mucronatus</i> ; <i>G(C)</i> = <i>Gammarus</i> sp. De enero a junio de 2022. Elaborado por: El autor .....	31
Figura 8. Ejemplar de <i>Grandidierella japónica</i> . Tomado por: El autor.....	32
Figura 9. Ejemplar de <i>Gammarus mucronatus</i> . Tomado por: El autor.....	34
Figura 10. Ejemplar de <i>Gammarus</i> sp. Tomado por: El autor .....	35
Figura 11. Grafica de correspondencia canónica del evaporador 2. Ox = Oxígeno; Sal = Salinidad; Temp = Temperatura; Cdtvd = Conductividad; Turbdz = Turbidez; <i>G(A)</i> = <i>Grandidierella japónica</i> ; <i>G(B)</i> = <i>Gammarus mucronatus</i> ; <i>G(C)</i> = <i>Gammarus</i> sp. Elaborado por: El autor.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Recolección de muestras en los evaporadores de las piscinas de Ecuasal..	54
Anexo 2. Lavado, preservación y rotulado de muestras colectadas .....	54
Anexo 3. Materiales utilizados en la observación microscópica.....	55
Anexo 4. <i>Grandidiella japonica</i> .....	55
Anexo 5. <i>Gammarus mucronatus</i> .....	56
Anexo 6. <i>Gammarus</i> sp.....	56
Anexo 7. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 2 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	57
Anexo 8. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 8 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	57
Anexo 9. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 12 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	58
Anexo 10. Distribución por evaporadores y fechas, de anfípodos encontrados. G(A) = <i>Grandidierella japonica</i> ; G(B) = <i>Gammarus mucronatus</i> ; G(C) = <i>Gammarus</i> sp. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor .....	58

## GLOSARIO

- Cumáceos** Crustáceos peracáridos con un caparazón compuesto por las partes dorsales fusionadas del cefalón y los tres primeros sómitos torácicos. La forma del cuerpo es muy característica del orden, con dos tagmata: un cefalotórax inflado y un abdomen muy delgado (pleon) con urópodos estiliformes.
- Bottom up** Sistema trófico impulsado por la presencia o ausencia de los productores autótrofos en el ecosistema. Los cambios en su población afectarán a la población de todas las especies de la red alimentaria y, por tanto, al ecosistema. Este enfoque también se denomina red alimentaria de un ecosistema controlada por los recursos (o limitada por los alimentos).
- Isópodos** Crustáceos peracáridos comprimidos dorsoventralmente sin caparazón (porque se pierden secundariamente). De todos los crustáceos, los isópodos son los más diversos en forma corporal y el cuerpo no siempre es aplanado.
- Misidáceos** Crustáceos pericáridos con un caparazón bien desarrollado que cubre la cabeza y la mayor parte del tórax, y se fusiona con los tres primeros, raramente también con el cuarto somita torácica.
- Tanaidáceos** Crustáceos planctónicos, miden de 0,5 a 120 milímetros (0,020 a 4,7 pulgadas) de tamaño adulto, y la mayoría de las especies miden de 2 a 5 milímetros (0,08 a 0,2 pulgadas).
- Top-down** Sistema trófico en donde las poblaciones de los organismos de los niveles tróficos inferiores están controladas por los organismos de la parte superior. Este enfoque también se denomina red alimentaria de un ecosistema controlado por depredadores.

## ABREVIATURAS

Ecuasal	Ecuatoriana de Sal y Productos Químicos C.A.
ONG	Organizaciones No Gubernamentales.
pH	Potencial de hidrógeno. Definida como el logaritmo del recíproco de la concentración de iones de hidrógeno en átomos gramo por litro, utilizado para expresar la acidez o alcalinidad de una solución en una escala de 0 a 14, donde menos de 7 representa acidez, 7 neutralidad y más de 7 alcalinidad.
RHRAPQUE	Red hemisférica de reservas para aves playeras.
mS/cm	miliSiemens por centímetro. Unidad de medida de la conductividad eléctrica en una solución acuosa.
mg/L	Miligramos de un soluto por litro de solvente.
UPS	Unidades Practicas de Salinidad.

## RESUMEN

Los estudios dentro del área RHRAPQUE, en Ecuasal se han orientado principalmente al estudio de aves y, algunas investigaciones no publicadas sobre los organismos que habitan la columna de agua y el sedimento de los evaporadores, como fitoplancton, zooplancton, entre otros. Uno de los grupos más importantes dentro del zooplancton es el orden Amphipoda, por ser uno de los más diversos y globalmente distribuido. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la composición y prevalencia de anfípodos en tres estanques evaporadores de la planta Ecuasal y la influencia de parámetros medioambientales. Para la toma de muestras se efectuaron muestreos quincenales en los evaporadores 2, 8 y 12. Se realizaron mediciones de parámetros ambientales. La identificación se realizó mediante claves taxonómicas de identificación. Se pudo identificar al género *Gammarus* y al género *Grandidierella* como únicos anfípodos presentes en los evaporadores muestreados. Las tres especies encontradas fueron *Grandidierella japónica*, *Gammarus mucronatus*, y *Gammarus* sp. Se concluyó que las pocas especies de Amphipoda, que habitan en los evaporadores de Ecuasal están asociadas a factores fisicoquímicos y biológicos no favorables para la distribución de las especies de este orden.

### **Palabras claves;**

Amphipoda, *Gammarus*, *Grandidierella*, evaporadores de Ecuasal.

## **ABSTRACT**

Studies within the RHRAPQUE area, in Ecuasal, have been oriented mainly to the study of birds and some unpublished research on the organisms that inhabit the water column and the sediment of the evaporators, such as phytoplankton, zooplankton, among others. One of the most important groups within the zooplankton is the order Amphipoda, as it is one of the most diverse and globally distributed. Therefore, the objective of this study was to analyze the composition and prevalence of amphipods in three evaporator ponds of the Ecuasal plant and the influence of environmental parameters. For sampling, fortnightly samples were taken in evaporators 2, 8 and 12. Measurements of environmental parameters were made. The identification was carried out using taxonomic identification keys. The genus *Gammarus* and the genus *Grandidierella* could be identified as the only amphipods present in the sampled evaporators. The three species found were *Grandidierella japonica*, *Gammarus mucronatus*, and *Gammarus* sp. It was concluded with an identification of few species of Amphipoda, for which the evaporators of Ecuasal present physicochemical and biological factors that are not favorable for the distribution of the species of this order.

### **Keywords;**

Amphipoda, *Gammarus*, *Grandidierella*, ponds of Ecuasal.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las piscinas artificiales de Ecuasal, o evaporadores, fueron construidas en la década de los 1960 para la producción de sal industrial. Alrededor del 70% de la sal que se consume en Ecuador proviene de las salinas de Ecuasal. La producción de sal se realiza por evaporación del agua de mar que circula dentro de un complejo de piscinas de gran extensión hasta alcanzar la densidad apropiada para la cristalización. Estas piscinas constituyen actualmente un ecosistema artificial donde interactúan y afloran comunidades bióticas, mayormente de microorganismos, dentro de un gradiente de salinidad.

A pesar de su condición de área privada, estas áreas enfrentan varias presiones, entre las cuales se encuentra, la degradación del hábitat; principalmente al estar rodeada de asentamientos humanos consecuencia de una expansión urbanística no planificada ni regulada. Mientras que la planta de producción de sal de Pacoa en Monteverde, está rodeada de matorral desértico tropical en mejor estado de conservación, y está más alejada de los asentamientos humanos (Velasquez, 1992).

Estas piscinas artificiales de Ecuasal son el primer sitio RHRAPQUE en Ecuador. Estos humedales fueron declarados parte de la red de reservas de importancia regional en enero de 2007 en base al cumplimiento de una serie de criterios estandarizados. En esta zona Aves y Conservación, una ONG's ha venido realizando algunas tareas de protección, como son el inventario de aves de la zona, visitas turísticas y talleres con el objetivo de concientizar sobre el cuidado de las primeras.

Los estudios se han orientado principalmente al estudio de las aves y su comportamiento y, algunas investigaciones no publicadas sobre los organismos que habitan la columna de agua y el sedimento de los evaporadores. Entre estos organismos es posible señalar la presencia de larvas y adultos de insectos, poliquetos y zooplancton representado principalmente por la *Artemia* sp..

El zooplancton es un componente importante dentro de la columna de agua, al actuar como depredador y como presa, contribuyendo a los ciclos biogeoquímicos de los ambientes acuáticos, constituyendo un enlace fundamental en la transferencia de energía en los ecosistemas marinos (Álvarez-Silva, 2003). La importancia ecológica de esta comunidad radica en los patrones de variación temporal y espacial de su estructura, abundancia o biomasa que pueden variar en función de las condiciones físico-químicas de la columna de agua (ejm. temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes) (Mann & Lazier, 2006), y también de las biológicas, es decir que también dependerá de la abundancia y distribución del fitoplancton como presa. La población zooplanctónica es regulada por esta comunidad, al consumir preferencialmente aquellos organismos que son más fáciles de ingerir por la forma o tamaño (Ramon Margalef, 1983). Alteraciones en la estructura y composición del zooplancton, por ser un eslabón entre los productores primarios del fitoplancton, y los peces van a intervenir en los procesos top-down y bottom up desestabilizando o no, la cadena trófica de una manera significativa desde los primeros eslabones (Rejas et al., 2005).

Uno de los grupos que se visualiza como uno de los más importantes dentro del zooplancton pertenecen al orden Amphipoda, por ser uno de los más diversos y globalmente distribuido; sus miembros se encuentran en todo el mundo en ambientes



terrestres, de agua dulce, subterráneos y marinos (Martín et al., 2013). Este grupo cumple un papel importante en la dinámica trófica de muchas comunidades, ya que descomponen el material vegetal y los detritos, y también funcionan como herbívoros, filtradores, suspensívoros, comensales, microdepredadores, carroñeros o como presa de otras especies de carnívoros (Wehrtmann & Cortés, 2009).

Por tanto, la finalidad de esta tesis de investigación es analizar la composición, abundancia y estructura comunitaria de anfípodos en tres estanques evaporadores de la planta Ecuasal-Mar Bravo en relación con el gradiente salino.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La provincia de Santa Elena es poseedora de varios ecosistemas y entre ellos, los evaporadores de Ecuasal se han convertido desde su creación en áreas de alta diversidad biológica en lo que a aves se refiere. Agreda (2012), reporta la presencia de más de 140 aves en estos ambientes. Estas aves hacen uso de los evaporadores para su alimentación, sea en forma directa de organismos de la columna de agua, o de las orillas donde se encuentran los invertebrados que consumen; de ahí la importancia de conocer cuáles son sus presas.

Por otro lado, el estudio del zooplancton tiene mucha relevancia pues al conocer su composición y estructura, es posible establecer la calidad ambiental de los cuerpos de agua donde habitan, ya que los zooplancteres que los componen reaccionan de manera diferente a las condiciones fisicoquímicas del lugar donde se encuentran (Venegas-Jurado, 2002), siendo que algunas especies zooplanctónicas son bioindicadores de la calidad del agua.

A través del presente estudio investigativo se comprobará la existencia de organismos zooplanctónicos que se consideran importantes para el desarrollo de otras especies que se alimentan de estos. El conocimiento de la composición y abundancia de los organismos zooplanctónicos presentes en el área del estudio se constituirá la base de posteriores investigaciones dirigidas a conocer su relación con la presencia de otras especies existentes en la columna de agua de los evaporadores; así como también identificar cambios estructurales en la biomasa de la comunidad en escalas mensuales, estacionales e interanuales.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Analizar la composición y prevalencia de anfípodos en tres estanques evaporadores de la planta Ecuasal-Mar Bravo y su relación con gradiente salino.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Identificar taxonómicamente los anfípodos presentes en los evaporadores de Ecuasal, mediante muestreo *in-situ*, para un posterior análisis microscópico y uso de claves taxonómicas.

Determinar la composición y prevalencia de anfípodos en tres estanques evaporadores de la planta Ecuasal-Mar Bravo, acorde al gradiente salino.

Establecer los cambios en la composición poblacional de los anfípodos en los evaporadores de Ecuasal-Mar Bravo en relación al gradiente salino de cada estanque mediante análisis bioestadísticos de correlación.

## **4. HIPÓTESIS**

### **4.1. Hipótesis Nula**

La composición y abundancia de anfípodos de las piscinas artificiales de Ecuasal, no está determinada por el gradiente salino.

### **4.2. Hipótesis Alterna**

La composición y abundancia de anfípodos de las piscinas artificiales de Ecuasal, está determinada por el gradiente salino.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Zooplancton**

Se conoce como plancton, palabra que significa “errante”, al conjunto de organismos de pequeño tamaño (típicamente  $< 3\text{cm}$ ), que viven suspendidos en la columna de agua con limitada capacidad de contrarrestar las corrientes de agua (Cognetti et al., 2001). Dentro de este grupo se destaca el zooplancton, el cual es el conjunto de organismos microscópicos que viven en la columna de agua y nadan libremente, constituyendo como tal, es el sustento de las poblaciones de diversos depredadores como mamíferos marinos, aves, peces y diversos invertebrados (Romero et al., 2020).

#### **5.1.1. Importancia del zooplancton.**

El grupo del zooplancton al formar parte de la fracción de los consumidores primarios, es uno de los eslabones primordiales en la transferencia de energía y el sostenimiento de las redes tróficas superiores, de tal forma que si llegara a decrecer se destruiría el balance natural de la trama trófica, los consumidores secundarios y terciarios disminuirían en abundancia y/o desaparecerían (Ramón Margalef, 2005), tal es el caso de organismos como Copépodos, Cladóceros y Rotíferos (Gallardo- Pineda, 2013).

El zooplancton es esencial para la conservación del ecosistema acuático, ya que es útil, como indicador biológico, por su sensibilidad a la contaminación del agua. Además, la composición de este puede servir como criterio para clasificar los sistemas acuáticos y para derivar como está estructurada las comunidades dulceacuícolas.

## **5.1.2. Clasificación del Zooplancton.**

### **5.1.2.1. Meroplancton.**

El meroplancton o plancton temporal son los organismos que pasan cierta parte de su vida desde huevos y larvas luego de esto sufren un cambio y se agregan a otras comunidades de los diferentes ecosistemas, como por ejemplo las larvas de peces luego que obtiene su forma de un adulto forma parte del meroplancton (Lagos-Tpbias et al., 2014)

### **5.1.2.2. Holoplancton.**

El Holoplancton o plancton permanente se clasifica de esta manera ya que los organismos que forman parte de esta clasificación cumplen todo su ciclo de vida y forman parte del plancton. Está formado por organismos autótrofos estos no necesitan de otros seres vivos para su nutrición y los heterótrofos estos necesitan de otros organismos para poder alimentarse (Lagos Tobías, 2014)

En este último grupo se incluyen los anfípodos, al ser mayoritariamente planctónicos (sin embargo, también existen representantes bentónicos, además que un 20% de las especies son limícolas o terrestres) (Väinölä et al., 2008).

## **5.2. Amphipoda**

Los anfípodos son un orden de crustáceos macroscópicos de la clase Malacostraca. Junto con los isópodos, cumáceos, misidáceos y tanaidáceos pertenecen al superorden Peracarida, cuyo ciclo de vida se caracteriza por un desarrollo directo y sin estadios larvarios independientes. Al igual que estos otros grupos de crustáceos, los anfípodos son diversos (alrededor de 7900 especies descritas en todo el mundo). La mayoría de ellos son marinos, pero también habitan en un amplio espectro de hábitats de agua dulce. Los taxones de agua dulce están particularmente diversificados en aguas corrientes relativamente frías y en hábitats subterráneos (Väinölä et al., 2008; Wehrtmann & Cortés, 2009) (Wehrtmann & Cortés, 2009).

Su nombre se refiere a los tipos distintivos de apéndices (podos) que tienen en ambos extremos (amphi) de su cuerpo. Los apéndices más largos (pereiópodos) son utilizados para caminar y sujetar, mientras que los apéndices más cortos para nadar (pleópodos) (Glazier, 2014). Tradicionalmente, los Anfípodos se dividían en cuatro subórdenes: Gammaridea Latreille, 1802; Caprellidea Leach, 1814; Hyperiidea Milne-Edwards, 1830; y Ingolfiellidea Hansen, 1903 (Lincoln, 1979; Martin & Davis, 2003)

Las hembras anfípodos llevan sus embriones en una cámara de cría entre las patas torácicas (pereiópodos). Cuando son liberados, los juveniles alcanzan la madurez

después de varias mudas, sin ninguna metamorfosis (Väinölä et al., 2008). Estos organismos llevan sus huevos en un marsupio ventral o bolsa de cría, que consta de oostegitas superpuestas o placas de cría. Los jóvenes se desarrollan en la bolsa de cría durante aproximadamente 1 a más de 20 semanas, según la especie y la temperatura del agua. Cuando se liberan, los jóvenes parecen adultos en miniatura (Glazier, 2014).

Entre los anfípodos, los Gammaridea son el grupo más extendido, y se los encuentra en una amplia variedad de hábitats marinos, de agua dulce y terrestres. mientras que los otros tres subórdenes de anfípodos (Hyperiidia, Ingolfiellidea y Caprellidea), son altamente especializados y ecológicamente restringidos (Lincoln, 1979). Junto con los isópodos, los cladóceros (p. ej., *Daphnia*), los anfípodos se encuentran entre las especies de invertebrados acuáticos más sensibles, tanto para compuestos tóxicos metálicos y orgánicos (Von Der Ohe & Liess, 2004) como para derrames de petróleo (Dauvin & Ruellet, 2007).

A nivel de Latinoamérica, México, Venezuela y Cuba exhiben la mayor diversidad de especies, debido en parte a la mayor intensidad de investigación en estas áreas (Martín et al., 2013). En Ecuador, los primeros registros de Anfípodos son del año 1967, en muestras colectadas en Salinas, La Isla de La Plata y Las Islas Galápagos, en donde se identificaron las especies *Ampelisca cristata*, *Ampelisca lobata*, *Ampelisca milleri*, *Ampelisca romigi* y *Ampelisca schellenbergi* (Barnard, 1967).



### 5.2.1. Morfología.

El cuerpo de los anfípodos está segmentado en toda su extensión y normalmente comprimido lateralmente, con un perfil más o menos curvo o en forma de gancho (Figura 1). Los anfípodos generalmente tienen un par de ojos compuestos laterales sésiles, pero la mayoría de las especies subterráneas y algunas que habitan en aguas profundas no tienen ojos. La longitud del cuerpo adulto de las especies de agua dulce oscila entre 2 y 40 mm, más comúnmente entre 5 y 15 mm (Horton et al., 2022; Väinölä et al., 2008). Según, Horton et al., (2022), el cuerpo de un anfípodo se subdivide en tres estructuras principales: cefálon, pereion y pleon (Figura 1).

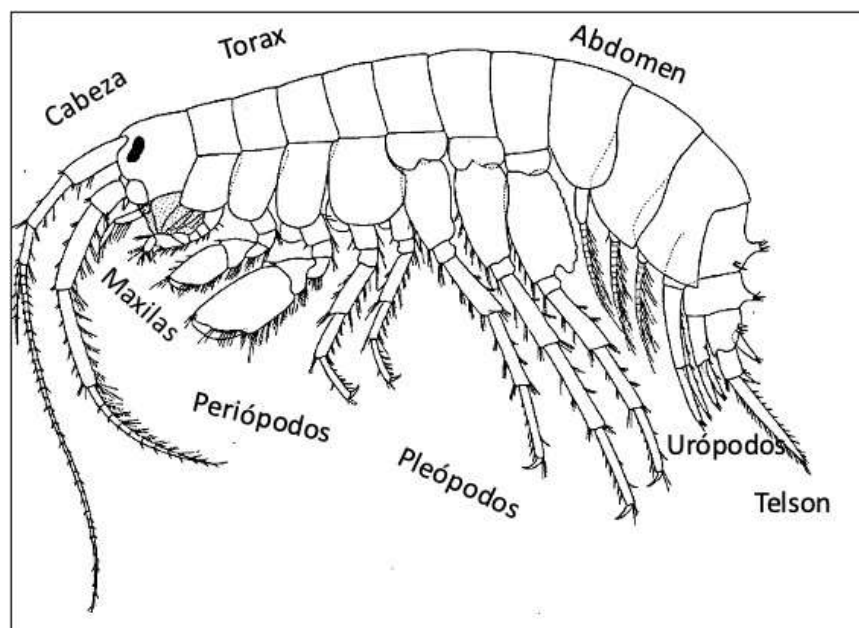


Figura 1. Características morfológicas externas de un anfípodo (tamaño aprox. 20 mm). (MODIFICADO DE Barnard & Barnard, 1983)

### **5.2.1.1. Cefalón.**

Las piezas bucales se agrupan en el cefalón; es decir, un par de mandíbulas, que suelen tener un palpo triarticulado y una zona molar adapta morfológicamente al tipo de alimento que consume. Posee, además, dos pares de pequeños maxilares y un par de maxilípedos, que tienden a ser las piezas más grandes y corresponden al primer par de pereópodos. Dorsalmente el cefalón presenta una proyección dorsal llamada rostrum, ubicada entre los ojos. En menor frecuencia pueden estar presentes dos o tres pares de estructuras oculares indistinguibles o fusionados al dorso.

Tienen dos pares de antenas bien prominentes. Las anténulas están formadas por pedúnculos triarticulados, un flagelo poliarticulado y, en algunas especies, un flagelo accesorio formado por una sola articulación. Las antenas presentan un pedúnculo compuesto por cinco articulaciones y un único flagelo poliarticulado. En ciertas especies, las antenas son un carácter de dimorfismo sexual, al estar más desarrolladas en los machos. Los anfípodos generalmente tienen un par de ojos compuestos laterales sésiles, pero la mayoría de las especies subterráneas y algunas que habitan en aguas profundas no tienen ojos (Väinölä et al., 2008).

### **5.2.1.2. Pereión.**

Cada sómite del pereión posee un par de pereiópodos. Los dos primeros, por lo general, presentan un engrosamiento y son subquelados o quelados (son los llamados gnatópodos 1 y 2). En general, estos apéndices son más grandes que el resto de los pereópodos y son usados como carácter de dimorfismo sexual. Los pereópodos

restantes son motrices terminados en datilos queratinizados (numerados 3, 4, 5, 6 y 7); los tres últimos están dirigidos en dirección contraria a los demás. Cada pereiópodo consta de siete articulaciones: coxa, base, isquión, mero, carpo, propodio y dácilo. Las placas coxales son esencialmente redondeadas o cuadrangulares y las primeras 4 son más grandes y se superponen.

Las placas restantes (5, 6 y 7), son generalmente de tamaño decreciente. De este plan básico se pueden encontrar modificaciones en relación a: reducción de tamaño (resultando en una imagen corporal generalmente deprimida), aumento de tamaño, reducción de la 1ª placa, etc. Del borde interior de cada coxa nacen las branquias y, en las hembras, las osteguitas; Estos últimos presentes entre los pereópodos 2 y 5, formando una cámara marsupial de incubación.

### **5.2.1.3. Pleón.**

El pleón presenta pleonitos bien diferenciados o atrofiados. En los primeros, el número de pleonitos es seis, con igual número de apéndices birrámeos llamados pleópodos. Los primeros tres pleonitos tienen extensiones laterales llamadas placas epiméricas. Los tres últimos pleonitos forman el urosoma y sus apéndices están direccionados de manera contraria y se denominan urópodos (numerados 1, 2 y 3). En el extremo posterior se diferencia el telson.

### **5.2.2. Distribución y ecología.**

El orden Amphipoda es uno de los más diversos y globalmente distribuidos dentro del superorden Peracarida después del orden Isopoda. Sus miembros se encuentran, como se mencionó con anterioridad, en todo el mundo en ambientes terrestres, de agua dulce, subterráneos y marinos y en prácticamente todos los hábitats (Felder & Camp, 2009; Wehrmann & Cortés, 2009). Cumplen un papel importante en la dinámica trófica de muchas comunidades, ya que descomponen la materia vegetal y los detritos, y también funcionan como herbívoros, filtradores, suspensívoros, comensales, microdepredadores, carroñeros o como presa de otras especies de carnívoros.

### **5.2.3. Genero *Gammarus*.**

#### **5.2.3.1. Taxonomía.**

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Amphipoda

Suborden: Gammaridea

Familia: Gammaridae

Género: *Gammarus* FABRICIUS, 1775

Taxonomía, basada en Pinkster (1983) y Costa et al. (2009),

### **5.2.3.2. Generalidades.**

Gammarus son crustáceos anfípodos de la familia Gammaridae, es un género con más de 200 especies de agua dulce, salobre y marinas; siendo importantes especies clave en los ecosistemas acuáticos, dado que están presentes en gran abundancia (Hou et al., 2007; Väinölä et al., 2008). Debido a su amplia distribución, importancia en la red alimentaria y sensibilidad a una amplia gama de contaminantes y perturbaciones ambientales, son bioindicadores importantes para la evaluación de la calidad del agua (Neuparth et al., 2002; Gerhardt et al., 2011). Son organismos que han sido descritos como *adecuados* para su uso en estudios ecotoxicológicos de laboratorio y de campo y se han utilizado para investigar el efecto de factores químicos estresantes desde la década de 1920 (Chaumot et al., 2015). Este grupo, como el resto de los anfípodos se encuentra en una amplia variedad de hábitats de agua dulce, salobres y marinos, donde a menudo son miembros dominantes y desempeñan un papel clave en la estructura y función de las comunidades acuáticas (Costa et al., 2009).

Como trituradores y alimentadores de detritívoros, contribuyen al ciclo de nutrientes y al circuito microbiano; de esta forma tienen un impacto significativo en la transferencia de carbono. También son carnívoros y se alimentan de pequeños invertebrados y carroña (Hou et al., 2007).

### 5.2.3.3. *Morfología del género Gammarus.*

Según Lincoln (1979), las características morfológicas del género *Gammarus* son las siguientes.

- Segmentos del urosoma 1 a 3 con jorobas dorsales angulares muy prominentes, con grupos de espinas con pocas setas.
- Ángulo distal de las placas epimerales 2 y 3 de producción aguda, margen posterior con varias sétulas cortas.
- Cabeza con los lóbulos laterales inclinados hacia adelante, ángulo superior producido, seno postantenal poco profundo.
- Ojos moderadamente grandes, en forma de riñón.
- Antena pedunculada escasamente con setas, primer par de antenulas sin o con un grupo de setas ventrales, segundo par de anténulas con uno o dos grupos setales.
- Tercer par de anténulas sin o con 1 grupo de setas (excluyendo setas apicales); flagelo accesorio alargado, más largo que el pedúnculo del primer par de anténulas, alrededor de 8 a 15 articulaciones.
- Urópodo con ramas de igual longitud, márgenes fuertemente espinosos y con setas plumosas. Lóbulos de Telson con tres espinas apicales y algunas setas cortas, una espina subapical y setas, y de una a tres espinas laterales con pocas setas.

#### 5.2.4. *Grandidierella japónica.*

##### 5.2.4.1. *Taxonomía.*

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Amphipoda

Suborden: Gammaridea

Familia: Aoridae

Género: Grandidierella

Especie: japónica

C.N.

*Grandidierella japónica* Stephensen , 1938

Taxonomía, basada en Hiebert (2015) y Marchini et al. (2016)

##### 5.2.4.2. *Generalidades.*

*Grandidierella japónica* es originaria del río Abasiri, Hokkaido, Japón, desde donde fue introducido en 1928 hacia EE. UU. con bivalvos del género *Crassostrea* (ostra comercial) (Champman & Dorman, 1975). La distribución actual incluye el río

Fraser, Canadá, Bahía San Quintín, Hawái, Inglaterra y Australia, además del Pacífico nororiental (Hiebert, 2015), es decir, que, está ampliamente distribuida por todo el Pacífico (Coles et al., 1999; Myers, 1981; Trott et al., 2020) así como en el Atlántico, con una tendencia de distribución comopolita (Marchini et al., 2016).

*Grandidierella japonica* se caracteriza por habitar en cavidades en fondos fangosos de bahías y estuarios donde los individuos construyen tubos en forma de U, en los que a menudo se pueden encontrar parejas (Champman & Dorman, 1975). Los machos pueden ser encontrados en la columna de agua durante la marea baja. *Grandidierella japonica* es sensible a una variedad de contaminantes y es un tema común de pruebas de toxicidad (Nipper et al., 1989). El tejido osmorregulador único de las branquias coxales permite que *G. japonica* exista en una amplia variedad de salinidades, desde aguas salobre y estuarinas a aguas marinas (Kikuchi & Matsumasa, 1993).

#### ***5.2.4.3. Morfología de Grandidierella japonica.***

*Grandidierella japonica* tiene un dimorfismo bastante marcado, ya que los machos llegan a medir hasta 22 mm de largo, mientras que las hembras no superan los 13 mm de largo (Champman & Dorman, 1975; Myers, 1981). Presenta coloración negra en la cabeza, cuerpo gris moteado a marrón grisáceo (Champman & Dorman, 1975) con partes distales de las extremidades blancas (Stephensen, 1938)



Las características de la especie son las siguientes (Figura 2) (Stephensen, 1938):

- Lóbulos oculares cortos, obtusos. Ojos negros, ovalados, de tamaño mediano.
- En algunos de los machos (pero no en todos ellos) hay en el 1er (pero no en el 2do) segmento del mesosoma una espina medio-ventral corta.
- La primera antena en el macho casi tan larga como la cabeza + mesosoma (en la hembra mucho más corta), la segunda unión del pedúnculo una vez y media la primera en el macho (un cuarto en la hembra), tercera unión, 3 veces la longitud de la segunda en el macho (2 y medio en hembra); La primera articulación en la parte inferior (en machos y hembras) tiene 4 espinas, la segunda articulación en el macho ninguna, en la hembra 3.
- Accesorio tipo flagelo en ambos sexos, aunque muy corto,  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{3}$  de longitud de la primera articulación del flagelo. Flagelo en macho un poco más largo que el pedúnculo.
- Antena 2 delgada, alcanza en el macho cerca de la mitad del flagelo de la antena 1 (en la hembra de longitud = antena 1); La tercera unión tiene en ambos sexos 2 espinas subapical, en la hembra se observan 2+2+1 espinas (en machos ninguna), la quinta articulación en la hembra posee 4 espinas no pareadas (en el macho ninguna). Flagelo en ambos sexos tres veces más corto que la quinta articulación en el pedúnculo, en el macho de 7 articulaciones, en la hembra de 6 articulaciones, y con espinas cortas y curvas en cualquiera de las articulaciones (excepto en la primera)

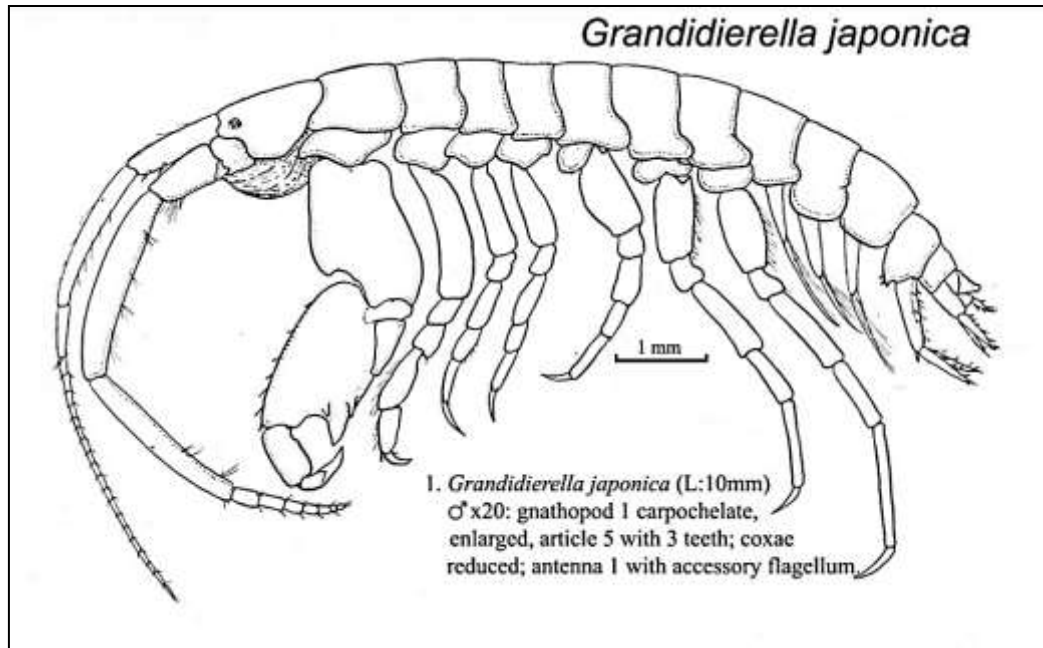


Figura 2. Estructura corporal de *Grandidierella japonica* (Macho de 10 mm de largo) (Hiebert, 2015).

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1. Descripción del área de estudio**

Las piscinas de evaporación de Ecuasal, están ubicados en el sector Mar Bravo del cantón Salinas ( $02^{\circ} 13' S$  y  $80^{\circ} 58' O$ ) en la provincia de Santa Elena. El área a estudiar posee una extensión total de 500 Has. La zona se caracteriza por sus suelos arenosos ricos en sal y arcilla, mientras que el clima es cálido, seco, y con una precipitación anual de 487 mm. (Ágreda, 2012).

La planta fue creada a finales de los años 1960 para producir sal a partir de la evaporación del agua de mar mediante la acción del viento y el sol. Está conformado por 14 piscinas cristalizadoras, 14 piscinas evaporadoras y un decantador, adicionalmente existe alrededor del perímetro de Ecuasal un canal de aguas lluvias construido para poder evacuar aguas en exceso en caso de lluvias extremas.

El proceso para la producción de sal marina consiste en bombear agua de mar a un área de 8 ha con profundidad de 2 metros. Posteriormente, el agua circula al resto de los evaporadores mediante la apertura de compuertas y un sistema de bombeo con motores. Cabe mencionar que el área presenta una inclinación o desnivel de 25 cm, lo que facilita la movilidad del agua entre piscinas evaporadoras a través de las compuertas. El agua de mar circula dentro del complejo de evaporadores por varias semanas incrementando su densidad y finalmente después de 8 meses se cosecha la sal cristalizada (Figura 3).



Figura 3: Zona de estudio en Salinas, Santa Elena, Ecuador: Evaporadores de Ecuasal ubicada a  $80^{\circ}55'$  w y  $2^{\circ}$  a 8 km al sudeste de la población de Salinas. Fuente: Google Earth 2022.

### 6.1.1. ECUASAL.

ECUASAL es considerada una empresa ecuatoriana líder en la producción y comercialización de Sal refinada para Consumo Humano y Uso Industrial. Dueña de las marcas CRIS-SAL y CRIS-SALERO. Sus piscinas de producción de sal sirven de refugio para aves migratorias siendo parte de la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras.

## 6.2. Diseño de la Investigación

### 6.2.1. Fase de campo.

Para la toma de muestras se efectuaron muestreos quincenales en los evaporadores 2, 8 y 12. Para la colecta de muestras de zooplancton se utilizó redes de

200  $\mu\text{m}$  a través de las cuales se filtraban 50 litros de agua de la piscina. Las muestras se colocaron en recipientes plásticos de 500 ml, se fijaron con formalina ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) al 4% y se etiquetaron.

### ***Registro de Parámetros Ambientales.***

Se realizaron mediciones de salinidad, y con el fin de definir si otras variables influyen en la presencia de zooplancteres se registraron la temperatura y el oxígeno disuelto, todos mediante el uso de una sonda multiparamétrica YSI 9829 perteneciente a la Facultad de Ciencias del Mar, Carrera de Biología.

#### ***6.2.1.1. Transporte de las muestras.***

Las muestras se trasladaron a la Unidad de Prácticas de la Facultad Ciencias del Mar de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, donde se facilitaron los equipos, materiales y claves de identificación necesarias para el respectivo análisis e identificación de las diferentes especies de anfípodos.

#### **6.2.2. Fase del laboratorio: Identificar taxonómicamente y evaluación de la composición y prevalencia de anfípodos.**

Las muestras de zooplancton se filtraron y lavaron para retirar la formalina, a través de un tamiz de 200  $\mu\text{m}$  y se estandarizaron a un volumen de 40 ml para posteriormente ser analizadas en la cámara de recuento de Bohogorov-Smirnoff.

La observación de las muestras se realizó mediante el uso de un estereomicroscopio BOECO modelo BST-606 y un microscopio CELESTRON LABS modelo CB2000C. Para la identificación se utilizaron las claves especializadas para la identificación de los principales grupos de anfípodos siguiendo los protocolos de Trégouboff & Rose (1957); Lincoln (1979); Boltovskoy (1981); (Hayward & Ryland, 1990); Young (2022) y Carlton (2007). Además, se consultó con la Mg. Aurora Marrón Becerra, especialista en Anfípodos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través del Curso "Taxonomía de Anfípodos" facilitado por FITOLAND PERÚ iniciado el 8 de agosto del 2022.

### **6.2.3. Análisis bioestadístico de datos.**

Para establecer las relaciones entre las variables y los anfípodos se realizó un análisis de correspondencia canónica (Ter Braak, C. J., & Verdonschot, 1995), el cual es un método multivariable útil para dilucidar las relaciones entre los conjuntos biológicos de especies y su entorno. El método está diseñado para extraer gradientes ambientales sintéticos de conjuntos de datos ecológicos (ter Braak & Verdonschot, 1995).

No se aplicaron variables ecológicas propuestas dados los resultados del análisis taxonómico.

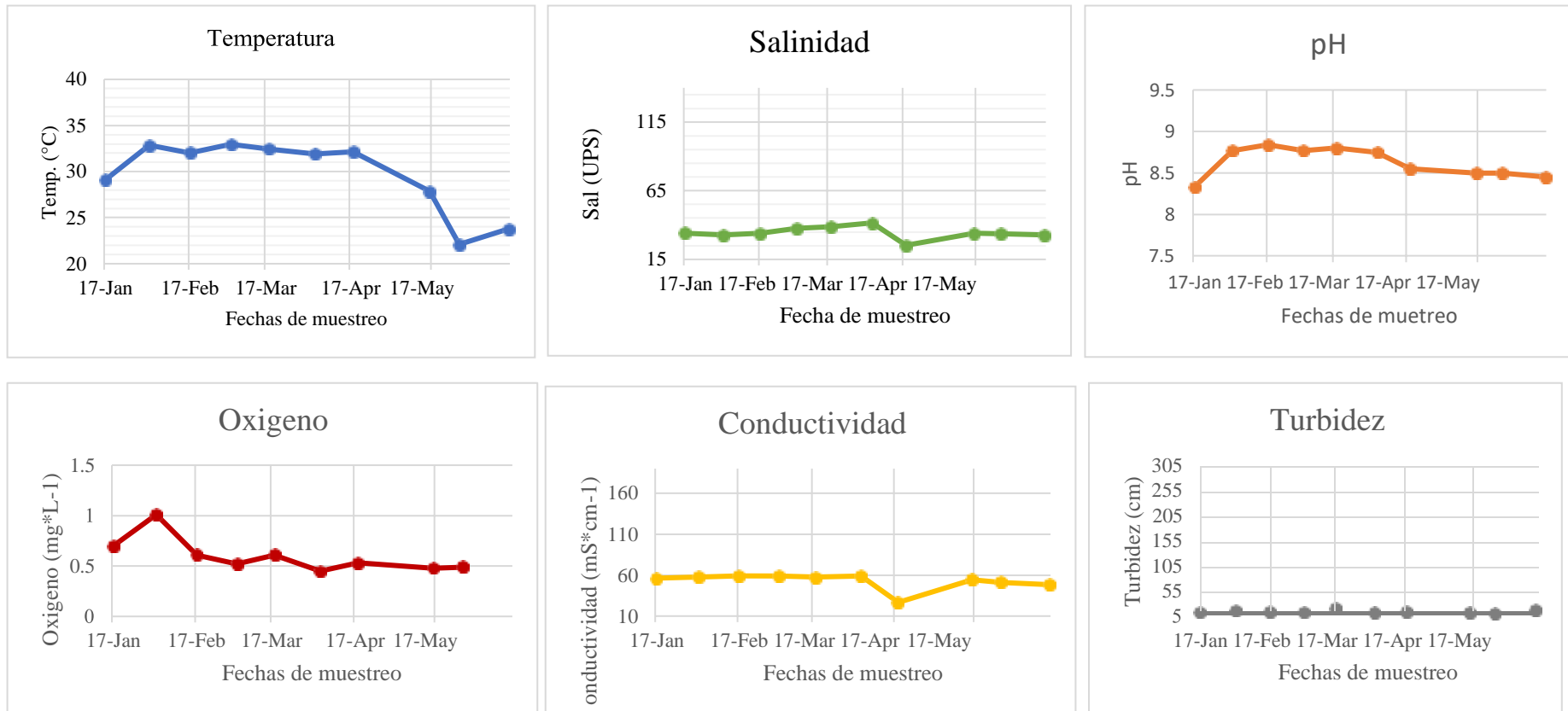
## **7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **7.1.Fase de campo**

#### **7.1.1. Parámetros Ambientales.**

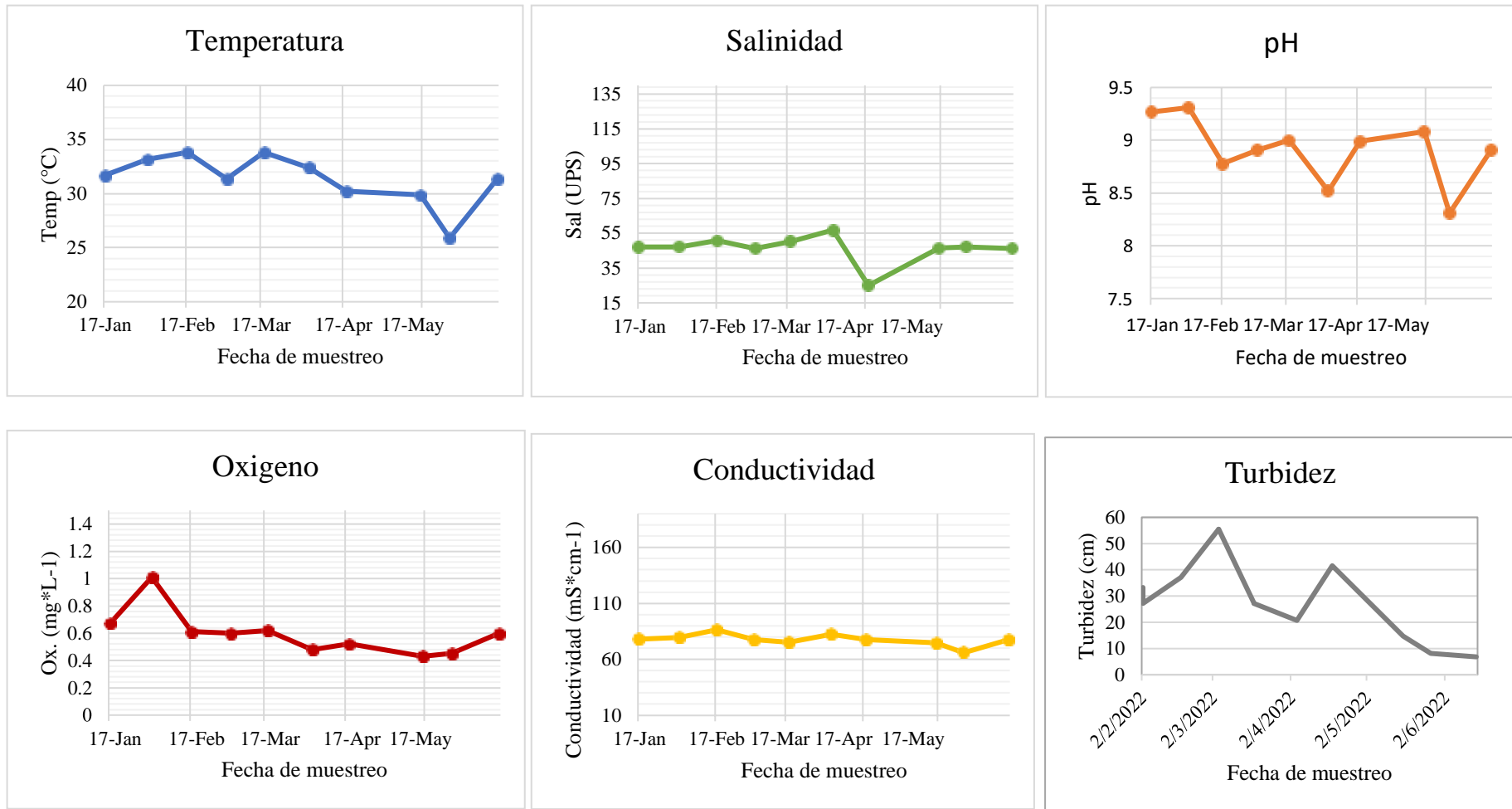
En el evaporador 2 los rangos de temperatura oscilaron entre 22.10°C y 34.87°C. La salinidad, como en todo evaporador rondó en un rango ascendente de 32.81 UPS a 41.59 UPS. El pH tuvo poca variación oscilando entre 8.33 y 8.44. El oxígeno de este evaporador también denotó ser extremadamente bajo, con un mínimo de 0.45 y un tope de 1.01 mg/L. La conductividad del agua marco intervalos entre 26.71 y 59.14 mS/cm, La turbidez de este evaporador tuvo poca variación al ser 16.97 cm el valor más turbio y 11.25 cm la turbidez más baja (Figura 4).

El evaporador 8 mostró gradientes de temperatura cuyo rango mínimo fue 25.89°C y 33.85°C. La concentración de sales en el evaporador 8 se mantuvo en un intervalo de 24.98 UPS a 56.84 UPS. El pH, al igual que en el evaporador 2, mostro poca variación, manteniéndose de 8.31 a 9.31. La anoxia fue también una característica evidente, ya que el rango mínimo fue 0.43 mg/L mientras que el valor más alto no supero el 1.01 mg/L. La conductividad eléctrica varió de 65.86 a 86.42 mS/cm durante todos los muestreos realizados. La turbidez del agua fue bastante cambiante, pues, mientras que su valor más alto fue 41.4 la turbidez de menor visibilidad fue 6.80 cm (Figura 5).

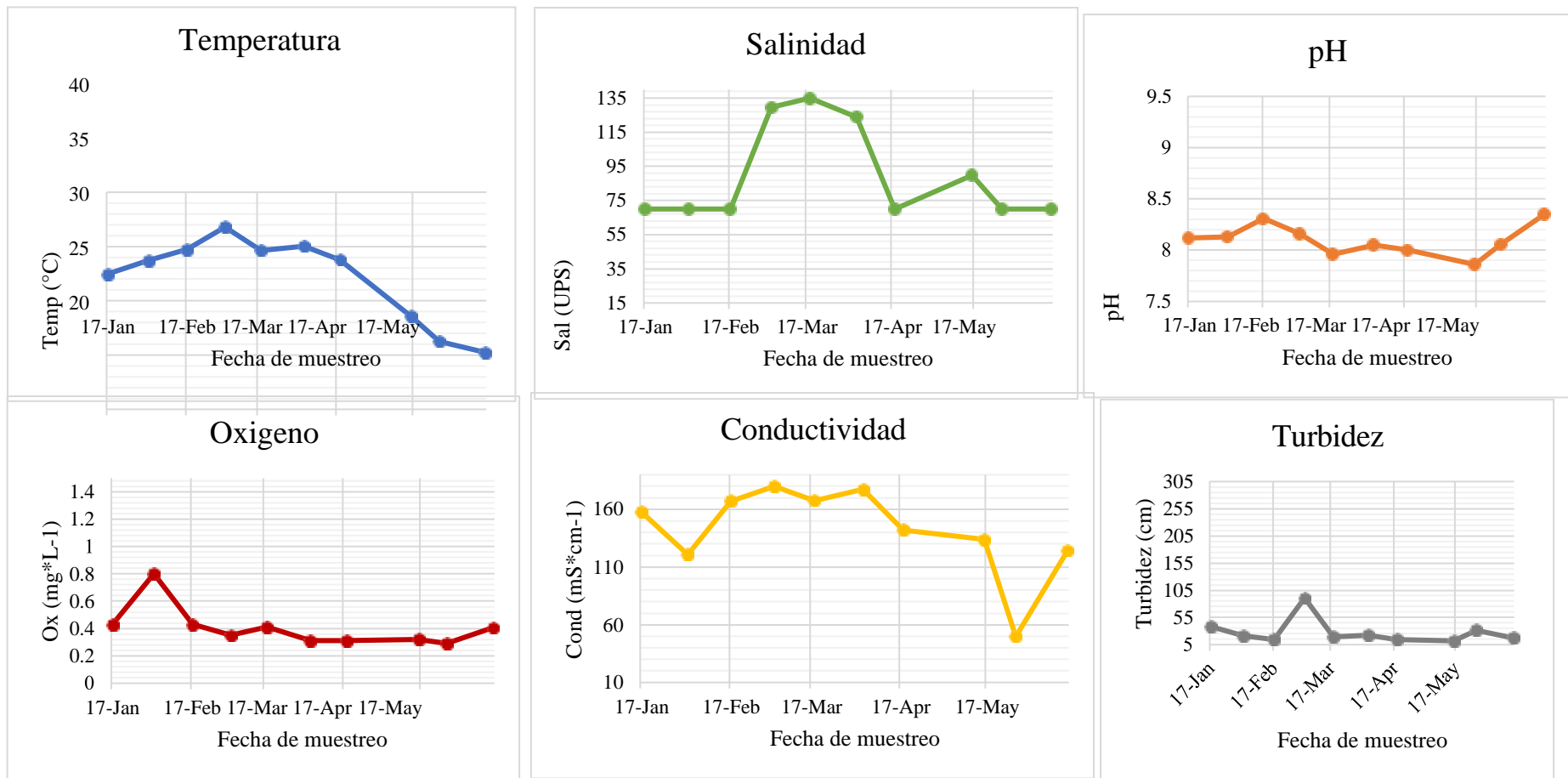


**Figura 4. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 2 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor**





**Figura 5. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 8. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El auto**



**Figura 6. Parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 12. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor**

En el evaporador 12 las temperaturas oscilaron entre 25.24°C y 36.79°C. La salinidad, como en todo evaporador rondó en un rango ascendente de 70 UPS a 135 UPS. El pH tuvo poca variación oscilando entre 7.96 y 8.35. El ambiente del evaporador se caracterizó por ser anóxico, con niveles de oxígeno inferiores a 1 (0.29 a 0.80 mg/L). La conductividad eléctrica del evaporador 2 tendió entre 49.77 y 179.95 mS/cm. La turbidez del agua se mantuvo en niveles de 12.15 cm a 38.30 cm, con excepción del día 4/3/2022 donde la turbidez fue significativamente más elevada (91 cm) (Figura 6).

## **7.2.Fase del laboratorio**

### **7.2.1. Identificación taxonómica, composición y prevalencia de anfípodos.**

En los análisis realizados al microscopio se pudo identificar al género *Gammarus* y al género *Grandidierella* (Figura 7), con tres especies diferentes, no obstante, la identificación a nivel de especie solo no fue posible para una de las especies, debido a limitaciones del método taxonómico por morfología comparada utilizado para identificación. Por tanto, las tres especies encontradas fueron *Grandidierella japonica*, *Gammarus mucronatus*, y *Gammarus* sp.

*Grandidierella japonica* fue la especie con mayor presencia, se encontraron 107 ejemplares en el evaporador 2 (prevalencia del 78%), 1 espécimen en el evaporador 8 (1%) y 0 en el evaporador 12. De *Gammarus mucronatus* se observaron 20 individuos en el evaporador 2 (14%) y ninguno en los evaporadores 8 y 12. *Gammarus* sp. registró

solo 10 organismos durante los muestreos (7%); encontrándose solo en el evaporador 2, y ausente en los evaporadores 8 y 12 (véase, Anexo 11).

Con relación a *Grandidierella japónica* (Figura 8), a nivel de Ecuador, no ha sido reportada, por lo cual, este representa el primer reporte de este anfípodo. Cabe indicar que esta especie ha sido catalogada como invasora por las costas del pacífico americano (Champman & Dorman, 1975; Coles et al., 1999; Hiebert, 2015; Marchini et al., 2016; Myers, 1981; Trott et al., 2020).

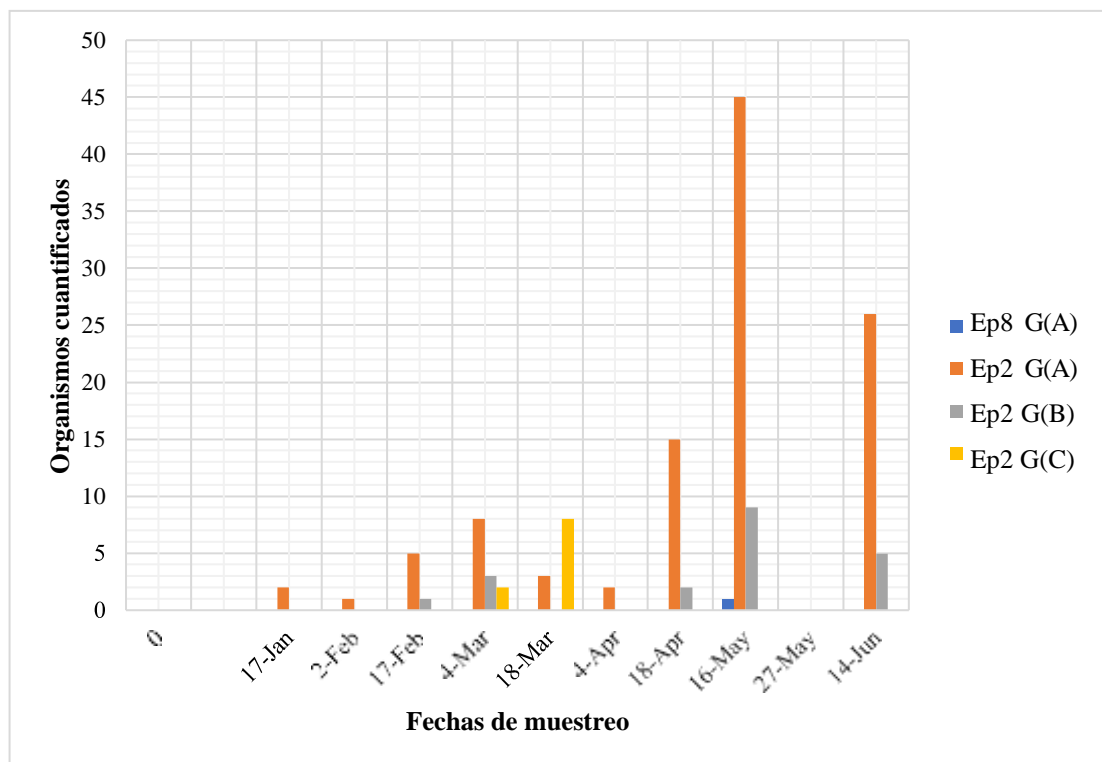


Figura 7. Distribución de anfípodos encontrados. Ep2 = Evaporados No. 2; Ep 8 = Evaporador No. 8; G(A) = *Grandidierella japónica*; G(B) = *Gammarus mucronatus*; G(C) = *Gammarus* sp. De enero a junio de 2022.

*Grandidierella japónica* una especie eurihalina capaz de soportar grandes gradientes de salinidad (Hiebert, 2015), y, aunque los resultados obtenidos en este estudio, indican que su presencia fue dentro de un rango amplio de salinidad (32.79 UPS a 41.59 UPS), estuvo ausente en rangos superiores a 70 UPS, debido a que sobre los 45 UPS, la sobrevivencia se reduce en un 35% en los primeros dos días de exposición, misma mortalidad que tiende a ascender a medida que la salinidad aumenta (Santagata et al., 2009).



Figura 8. Ejemplar de *Grandidierella japonica*.

*Grandidierella japónica* tuvo la mayor prevalencia de entre las tres especies encontradas. Para diversos autores es característico de este anfípodo ser uno de los más abundantes, pues, es capaz de colonizar una gran variedad de hábitats como fondos fangosos y arenosos en la zona intermareal inferior (Ariyama, 1996; Champman & Dorman, 1975), lechos de pastos marinos (Lavesque et al., 2014), criaderos de ostras (Champman & Dorman, 1975), arrecifes de *Ficopomatus enigmaticus* (Marchini et al.,

2016), sobre diferentes especies de algas, sobre sustratos artificiales experimentales (Aikins & Kikuchi, 2001), aguas salobres, estuarios y lagunas (Lavesque et al., 2014), puertos y aguas marinas (Champman & Dorman, 1975); y cerca de plantas de tratamiento de aguas residuales (Marchini et al., 2016), y, para el caso del presente estudio, estuvo presente en piscinas evaporadoras de baja profundidad y de comportamiento léntico.

Las temperaturas del evaporador 2 fueron de 22.10°C a 32.83°C. Este rango de temperatura concuerda con lo que indican Marchini et al. (2016), quienes detallan que, la temperatura idónea para el crecimiento de *Grandidierella japónica* ronda los 25°C, no obstante, Munari et al. (2016), registraron su presencia en aguas con temperaturas entre 5°C a 6.8°C.

Por otro lado, las especies del género *Gammarus* (Figuras 9 - 10) son ecológicamente muy exitosas debido a su amplio repertorio trófico y plasticidad de forrajeo, capacidad de migración y tendencia a la deriva, lo que les permite invadir y colonizar ecosistemas con facilidad, alta capacidad reproductiva con varias crías por hembra al año y un alto número de descendencia y relativa longevidad (1-2 años) (Whitehurst & Lindsey, 1990). Tal descripción, contrasta con los resultados de este estudio, pues este género de anfípodos no ha tenido éxito en colonizar todos los nichos que se presentan en los evaporadores de ECUASAL.



Figura 9. Ejemplar de *Gammarus mucronatus*.

Los factores abióticos como la temperatura, la salinidad, el oxígeno, la acidez y la contaminación juegan un papel importante en la distribución de las especies de Gammarus, (Whitehurst & Lindsey, 1990). Así, en los tres evaporadores muestreados, las temperaturas estuvieron por encima de los 22°C y las salinidades por encima de los 45 UPS, haciendo de los evaporadores hábitats poco frecuentes del género Gammarus, que prefiere temperaturas de 15°C y salinidades que rondan las 33 UPS (Neuparth et al., 2002).



Figura 10. Ejemplar de *Gammarus* sp.

Las temperaturas medidas, como se mencionó anteriormente superaron los 22°C, y, según Neuparth et al. (2002), el ciclo de vida de *Gammarus* sp se ve alterado a temperaturas mayores de 20°C, pues, la reproducción se reduce al menos cuatro semanas en la vida útil, los organismos tienen una menor esperanza de vida, menor tiempo de generación, crecimiento individual más rápido y anticipación de la edad de madurez. Por lo cual, la temperatura de la zona, se convierte en un limitante para el crecimiento y diversidad poblacional de este género.

La especie *G. mucronatus*, es un organismo de aguas poco profundas endémico de los estuarios y costas del litoral de América. *G. mucronatus* es un anfípodo euritópico, lo que significa que es capaz de tolerar una amplia gama de condiciones ecológicas. como salinidad (de 4 a 35 UPS) (Fredette & Diaz, 1986) La descripción



coincide con las características del área donde se registró a *G. mucronatus*, los evaporadores son de profundidad baja, y en específico, el evaporador 2 (único evaporador de observación de la especie) mantuvo condiciones de 25.28 a 41.59 UPS durante todos los muestreos.

La zona donde se encontró *G. mucronatus* es un ambiente de agua marina mesohalina, de poco o nulo movimiento, propio del lento proceso que conlleva a cristalización de sal marina. Tal, descripción concuerda con lo escrito por Bousfield (1969), quien describe a *G. mucronatus* como una especie euritópica de zonas de marismas y partes salobres oligohalinas mesohalinas de estuarios y desembocaduras de arroyos, a menudo asociado con pasto marino y macroalgas, generalmente bentónicas y en aguas lénticas.

Aunque en esta investigación no se pudo evidenciar las características tróficas de *G. mucronatus*, Bärlocher & Howatt (1986), indican que, la alimentación de esta especie es bastante diversa: mayoritariamente detritívora, y en menor medida fitófaga (microalgas y macroalgas), por carecer de actividad enzimática para polisacáridos vegetales estructurales (aunque, es capaz de desdoblar los enlaces glucosídicos en moléculas más pequeñas, pudiendo procesar almidón y laminarina). Lo dicho por estos autores, concuerda con lo registrado en la zona de estudio, ya que, al ser evaporadores, hay un amplio gradiente de salinidad, lo que regula la diversidad de otros organismos planctónicos, además de tener una elevada carga de componentes orgánicos aportados por la avifauna y flora circundante. Es decir, que, *G. mucronatus* cumple el rol de eslabón en el proceso de la degradación orgánica, reduciendo el tamaño de las

partículas de los detritos al triturarlos con los apéndices bucales, además de herbívoro en el pastoreo de epífitas (Howard, 1982). Otro comportamiento trófico poco frecuente es el canibalismo de juveniles por adultos (Hunte & Myers, 1983), por lo que los juveniles de esta especie optan por comportamientos fototácticos para reducir el riesgo de ser devorados (Hunte & Myers, 1984).

La baja prevalencia de *G. mucronatus* en los muestreos lo explican Drake et al. (1995) indicando que, la actividad de los depredadores depende de la presencia o ausencia de algunos organismos en el hábitat de este anfípodo, como macroalgas, pues, reduce la depredación de *G. mucronatus* teniendo un efecto positivo sobre el tamaño de sus poblaciones. LaFrance & Ruber (1985), concuerdan en este punto, indicando que, las densidades de *G. mucronatus* se asocian positiva y altamente con la presencia de capas de algas flotantes en el medio. Por su parte, los evaporadores de Ecuasal se caracterizan por una baja abundancia de macroalgas, ya que los gradientes de salinidad son muy altos para propiciar su presencia, por ende, *G. mucronatus* es más propenso a ser devorado. No obstante, si había presencia de plantas acuáticas en el sitio de muestreo de los evaporadores. Hay que tomar en cuenta, que, otro rol ecológico de *G. mucronatus* es que funge de alimento primario para decápodos macroscópicos, otros crustáceos, alevines y peces adultos (Bousfield, 1969; Howard, 1982).

El análisis estadístico de varianza no fue posible aplicar debido a la ausencia de anfípodos en el evaporador 12, y a la existencia de un solo espécimen en el evaporador número 8.

### 7.3. Análisis de Correspondencia Canónica

El análisis estadístico de correspondencia canónica (CCA) fue aplicado únicamente al evaporador 2. Para este análisis se empleó el software Canoco for Windows versión 4.5.

*Grandidierella japonica* mostró una relación inversamente proporcional a cinco de los seis parámetros medidos (oxígeno, temperatura, salinidad, conductividad y turbidez), mientras que solo con el pH mostro una relación directamente proporcional (Figura 11). Esto implica que *Grandidierella japonica* prefiere hábitats con pH por debajo de 7, mientras que no es tolerante a rangos altos de los demás parámetros, en especial a la salinidad alta, esto implica que a las salinidades más bajas registradas en este evaporador (70 UPS), las poblaciones de *Grandidierella japonica* aumentaban.

*Gammarus mucronatus*. denotó tendencias similares a *Grandidierella japonica*, siendo más propensa a aparecer en pH bajo a la vez que evita niveles altos de oxígeno, temperatura, salinidad, conductividad y turbidez. Según la gráfica CCA, *G. mucronatus* tiene una relación inversamente proporcional más acentuado con el oxígeno, por lo cual se puede argumentar que esta especie prefiere ambientes anóxicos (Figura 11).

Al no ser tolerante a rangos altos de salinidad, tanto *Grandidierella japónica*, como *Gammarus mucronatus*, se puede deducir, que esta es la principal causa de que

hayan estado ausentes de los evaporadores 8 (promedio de salinidad 46 UPS) y 12 (promedio de salinidad 89 UPS), y solo se haya observado en el evaporador 2 (promedio de salinidad 34 UPS).

*Gammarus* sp, contrario a las anteriores dos especies, opta por ambientes más aeróbicos, con temperaturas y salinidades altas (lo que va de la mano con preferir ambientes de alta conductividad eléctrica), así como ambientes turbios, y de pH alcalino (Figura 11). No obstante, su halotolerancia es limitada, ya que, al igual que, las otras otras dos especies identificadas, *Gammarus* sp., también estuvo ausente en los evaporadores 8 y 12 (de mayor concentración salina) .

Respecto a las tres especies encontradas, se puede observar que la presencia de *Grandidierella japonica* y *G. mucronatus*. es inversamente proporcional a la presencia de *Gammarus* sp. Implica, entonces, que en futuros estudios que involucre la identificación de géneros anfípodos, si se observa a *Grandidierella japónica* y/o *G. mucronatus*., hay una alta probabilidad de encontrar pocos o nulos especímenes de *Gammarus* sp.

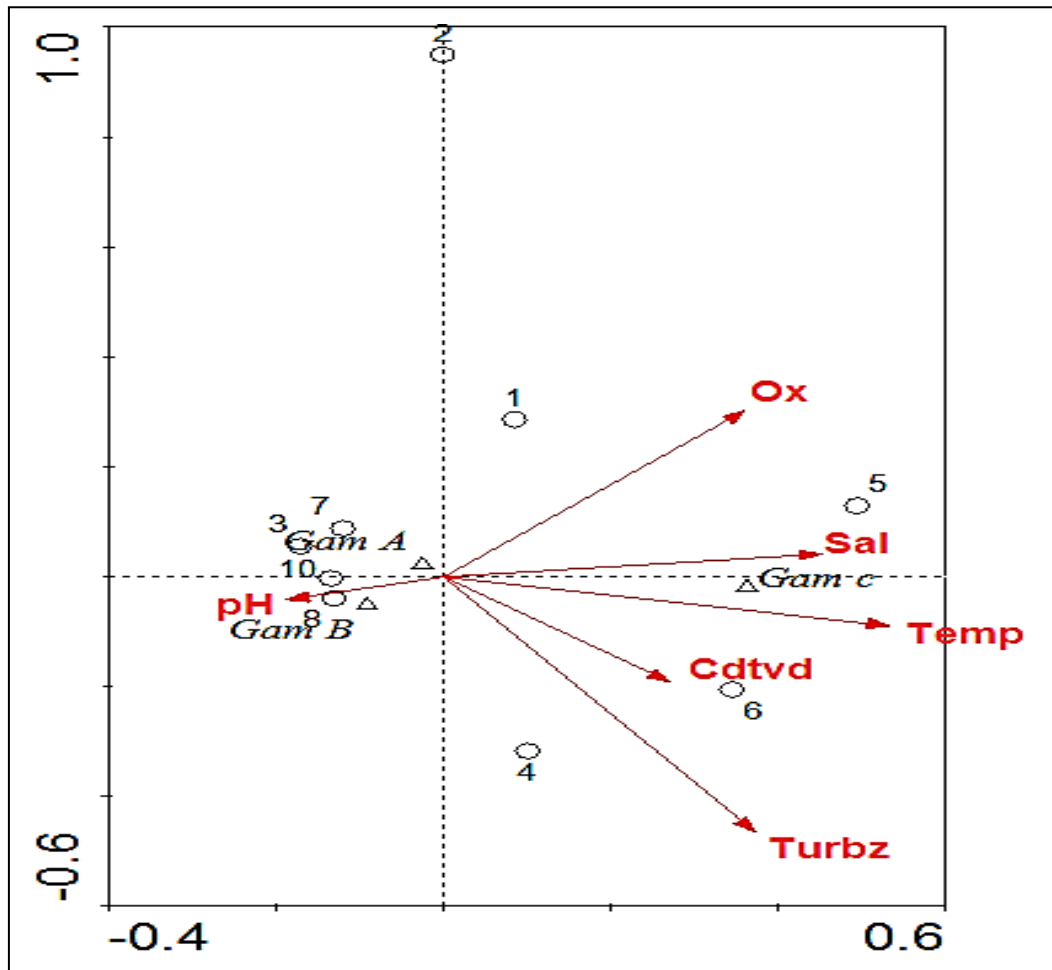


Figura 11. Gráfica de correspondencia canónica del evaporador 2. Ox = Oxígeno; Sal = Salinidad; Temp = Temperatura; Cdtvd = Conductividad; Turbdz = Turbidez; G(A) = *Grandidierella japonica*; G(B) = *Gammarus mucronatus*; G(C) = *Gammarus* sp. Elaborado por: El autor.

## 8. CONCLUSIONES

Se identificaron tres especies de Amphipoda, *Grandidierella japónicas*, *G mucronatus* y *Gammarus sp.*, lo que representa una diversidad baja, evidenciando que los evaporadores de Ecuasal presentan factores fisicoquímicos y biológicos no favorables para la distribución de las especies de este orden.

La salinidad juega un papel crucial en la distribución poblacional de los anfípodos en las piscinas de Ecuasal, afectando a sus poblaciones. Así, la presencia de anfípodos fue nula en los dos evaporadores de mayor concentración de sales.

Los anfípodos no estuvieron presentes en dos de los tres evaporadores analizados por lo que el gradiente de salinidad juega un papel importante en su presencia y distribución en las piscinas de Ecuasal.

*Grandidierella japonica* y *G. mucronatus* son inversamente proporcionales a la presencia de *Gammarus sp.*

## 9. RECOMENDACIONES

Con el objeto de complementar la información se sugiere que el estudio continuo por los otros periodos del año e incrementar el número de unidades experimentales a fin de coleccionar un mayor número de muestras, para poder abarcar una mayor distribución espaciotemporal de anfípodos en los evaporadores de Ecuasal.

Monitorear las poblaciones de *Grandidierella japónica* en todas las piscinas de ECUASAL y en las zonas adyacentes, para poder dimensionar el éxito de su colonización, ya que sus características de bioindicador permitirán evaluar las condiciones de los ecosistemas mencionados.

El ACC representa una excelente herramienta bioinformática y bioestadística que muestra de manera sintetizada las correlaciones de organismos respecto a las condiciones ambientales que se pueden presentar en un ecosistema, permitiendo ver el comportamiento de las especies en diferentes hábitats.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Ágreda, A. (2012). *Plan de conservación de las Piscinas Artificiales de Ecuasal periodo 2012 -2015 y Estudio de Capacidad de Carga Turística.*
- Aikins, S., & Kikuchi, E. (2001). Studies on habitat selection by amphipods using artificial substrates within an estuarine environment. *Hydrobiologia*, 457, 77–86. <https://doi.org/10.1023/A:1012261116232>
- Álvarez-Silva, J. (2003). Estudio de la Composición y Abundancia del Zooplancton Durante la Fase de Llenado del Embase Amaní, Norcasia (Caldas). *Acta Biológica Colombiana*, 8(1), 2003. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26615>
- Ariyama, H. (1996). Four Species of the Genus *Grandierella* ( Crustacea: Amphipoda: Aoridae ) from Osaka Bay and the Northern Part of the Kii Channel , Central Japan. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab*, 37(1), 167–191. <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/176253>
- Bärlocher, F., & Howatt, S. L. (1986). Digestion of carbohydrates and protein by *Gammarus mucronatus* Say (Amphipoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 104(1–3), 229–237. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(86\)90107-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(86)90107-3)
- Barnard, J. L. (1967). *New species and records of Pacific Ampeliscidae (Crustacea: Amphipoda)* (Vol. 121, Issue 3576). United States National Museum. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.121-3576.1>



- Barnard, J. L., & Barnard, C. M. (1983). *Freshwater Amphipoda of the World. Part I, Evolutionary Patterns i–xvii, 1–358. Part II, Handbook and Bibliography: xix, 359–830.* Hayfield Associates, Mt.
- Boltovskoy, D. (1981). *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino.*
- Bousfield, E. L. (1969). New records of Gammarus (Crustacea: Amphipoda) from the Middle Atlantic region. *Chesapeake Science*, 10(1), 1–17.  
<https://doi.org/10.2307/1351207>
- Cognetti, G., Sarà, M., & Magazzù, G. (2001). *Biologia Marina.*
- Carlton, J. T. (2007). *The Light and Smith Manual, Intertidal Invertebrates from central california to Oregon.* Universidad de Los Angeles Press.
- Champman, J. W., & Dorman, J. A. (1975). Diagnosis, systematics, and notes on Grandidierella japonica (Amphipoda: Gammaridea) and its introduction to the Pacific coast of the United States. *Bulletin Southern California Academy of Sciences*, 74, 104–108. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL7650183070>
- Chaumot, A., Geffard, O., Armengaud, J., & Maltby, L. (2015). Gammarids as Reference Species for Freshwater Monitoring. In *Aquatic Ecotoxicology: Advancing Tools for Dealing with Emerging Risks.* Elsevier Inc.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800949-9.00011-5>
- Coles, S. L., DeFelice, R. C., Eldredge, L. G., & Carlton, J. T. (1999). Historical and

recent introductions of non-indigenous marine species into Pearl Harbor, Oahu, Hawaiian Islands. *Marine Biology*, 135(1), 147–158.  
<https://doi.org/10.1007/s002270050612>

Costa, F. O., Henzler, C. M., Lunt, D. H., Whiteley, N. M., & Rock, J. (2009). Probing marine Gammarus (Amphipoda) taxonomy with DNA barcodes. *Systematics and Biodiversity*, 7(4), 365–379. <https://doi.org/10.1017/S1477200009990120>

Dauvin, J. C., & Ruellet, T. (2007). Polychaete/amphipod ratio revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1–6), 215–224.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.045>

Drake, C., Behr, P. J., & Valiela, I. (1995). Effect of Algal Cover on Size-Selective Predation of Gammarus mucronatus by the Striped Killifish, Fundulus majalis. *The Biological Bulletin*, 189(2), 12–13.  
<https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/BBLv189n2p243?journalCode=bb1>

Felder, D. L., & Camp, D. K. (2009). Gulf of Mexico: Origin, waters, and biota. In *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota* (Vol. 1).

Fredette, T. J., & Diaz, R. J. (1986). Life history of Gammarus mucronatus say (amphipoda: gammaridae) in warm temperate estuarine habitats, York River, Virginia. *Journal of Crustacean Biology*, 6(1), 57–78.  
<https://academic.oup.com/jcb/article-abstract/6/1/57/2328017?login=false>

Gallardo-Pineda, V. (2013). *Composición Y Abundancia Del Zooplancton En El Bordo*

*Huitchila, Mor* [Universidad Autónoma de Mexico].  
[https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_gallardo\\_pineda.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_gallardo_pineda.pdf)

Gerhardt, A., Bloor, M., & Mills, C. L. (2011). Gammarus: Important taxon in freshwater and marine changing environments. *International Journal of Zoology*, 2011, 2–4. <https://doi.org/10.1155/2011/524276>

Glazier, D. S. (2014). Amphipoda. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (Issue September). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.09437-9>

Hayward, P. J., & Ryland, J. S. (1990). *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe*. Clarendon press.

Hiebert, T. C. (2015). *Grandidierella japonica* (Vol. 6, Issue 9). [https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/12709/G\\_japonica\\_2015\\_final.pdf?sequence=3](https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/12709/G_japonica_2015_final.pdf?sequence=3)

Horton, T., Lowry, J., De Broyer, C., Bellan-Santini, D., Coleman, C., Corbarí, L., Costello, M., Daneliya, M., Dauvin, J.-C. ., Fišer, C., Gasca, R., Grabowski, M., Guerra-García, J., Hendrycks, E., Hughes, L., Jaime, D., Jazdzewski, K., Kim, Y.-H., Rey, R., ... Zeidler, W. (2022). *Base de datos mundial de anfípodos*. (pp. 3–5). <https://www.marinespecies.org/amphipoda/>

Hou, Z., Fu, J., & Li, S. (2007). A molecular phylogeny of the genus *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda) based on mitochondrial and nuclear gene sequences.

*Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45(2), 596–611.  
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.06.006>

Howard, R. K. (1982). Impact of feeding activities of epibenthic amphipods on surface-fouling of eelgrass leaves. *Aquatic Botany*, 14(C), 91–97.  
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(82\)90088-2](https://doi.org/10.1016/0304-3770(82)90088-2)

Hunte, W., & Myers, R. A. (1983). Intraspecific predation and the evolution of phototaxis in amphipods. *Proceedings, Association Island Marine Laboratories Caribbean*, 17(12).

Hunte, W., & Myers, R. A. (1984). Phototaxis and cannibalism in gammaridean amphipods. *Marine Biology*, 81(1), 75–79. <https://doi.org/10.1007/BF00397628>

Kikuchi, S., & Matsumasa, M. (1993). The osmoregulatory tissue around the afferent blood vessels of the coxal gills in the estuarine amphipods, *Grandidierella japonica* and *Melita setiflagella*. *Tissue and Cell*, 25(4), 627–638.  
[https://doi.org/10.1016/0040-8166\(93\)90014-C](https://doi.org/10.1016/0040-8166(93)90014-C)

LaFrance, K., & Ruber, E. (1985). The life cycle and productivity of the amphipod *Gammarus mucronatus* on a northern Massachusetts salt marsh. *Limnology and Oceanography*, 30(5), 1067–1077. <https://doi.org/10.4319/lo.1985.30.5.1067>

Lagos-Tpbias, A., Angulo, A., Daza, A., Toro, D., Gonzalez, J. A., León, M. V., López, M., Naar, O., Polanco, P. P., Londoño, R., & Quiroga, S. (2014). Zooplankton. In *InfoZoa* (Vol. 3).  
[https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada\\_Facultad3/adju](https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada_Facultad3/adju)

nto\_1029-20181004104749\_622.pdf

- Lavesque, N., Gouillieux, B., de Montaudouin, X., Bachelet, G., Bonifácio, P., & Simonet, E. (2014). Premier signalement de l'espèce introduite *Grandidierella japonica* Stephensen, 1938 (Crustacea: Amphipoda: Aoridae) dans le bassin d'Arcachon. *Les Cahiers Naturalistes de l'Observatoire Marin*, III(1), 11–19. [https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-Lavesque/publication/262327244\\_Premier\\_signalement\\_de\\_l'espece\\_introduite\\_Grandidierella\\_japonica\\_Stephensen\\_1938\\_Crustacea\\_Amphipoda\\_Aoridae\\_dans\\_le\\_bassin\\_d'Arcachon/links/004635374e0c59710a000000/Premier-signalement-de-lespece-introduite-Grandidierella-japonica-Stephensen-1938-Crustacea-Amphipoda-Aoridae-dans-le-bassin-dArcachon.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-Lavesque/publication/262327244_Premier_signalement_de_l'espece_introduite_Grandidierella_japonica_Stephensen_1938_Crustacea_Amphipoda_Aoridae_dans_le_bassin_d'Arcachon/links/004635374e0c59710a000000/Premier-signalement-de-lespece-introduite-Grandidierella-japonica-Stephensen-1938-Crustacea-Amphipoda-Aoridae-dans-le-bassin-dArcachon.pdf)
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine amphipoda: Gammaridea* (British Museum Natural History (ed.)). Northumberland Press Ltd.
- Mann, K. H., & Lazier, J. R. N. (2006). *Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans*. (3.era Ed.). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.2307/2260704>
- Marchini, A., Ferrario, J., & Nasi, E. (2016). Arrival of the invasive amphipod *Grandidierella japonica* to the Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0049-y>
- Margalef, Ramon. (1983). *Limnología*. Editorial Omega. <https://books.google.hn/books?id=VlfwAAAAMAAJ>

- Margalef, Ramón. (2005). *Ecología*. Ediciones Omega.  
[https://books.google.com.ec/books?id=pILwAAAAMAAJ&q=inauthor:%22Ramón+Margalef%22&dq=inauthor:%22Ramón+Margalef%22&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books?id=pILwAAAAMAAJ&q=inauthor:%22Ramón+Margalef%22&dq=inauthor:%22Ramón+Margalef%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y)
- Martín, A., Díaz, Y., Miloslavich, P., Escobar-Briones, E., Guerra-García, J. M., Ortiz, M., Valencia, B., Giraldo, A., & Klein, E. (2013). Diversidad regional de Amphipoda en el mar Caribe. *Revista de Biología Tropical*, 61(4), 1681–1720.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12816>
- Martin, J. W., & Davis, G. E. (2003). An Updated Classification of the Recent Crustacea. In *Journal of Crustacean Biology* (Vol. 23, Issue 2).  
[https://doi.org/10.1651/0278-0372\(2003\)023\[0495:br\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1651/0278-0372(2003)023[0495:br]2.0.co;2)
- Munari, C., Bocchi, N., & Mistri, M. (2016). Grandidierella japonica (Amphipoda: Aoridae): a non-indigenous species in a Po delta lagoon of the northern Adriatic (Mediterranean Sea). *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.1186/s41200-016-0018-5>
- Myers, A. A. (1981). Taxonomic studies on the genus Grandidierella Ill . Fijian , Australian and Saudi Arabian species. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat*, 3(1), 213–226.  
<http://bionames.org/bionames-archive/issn/0181-0626/3/213.pdf>
- Neuparth, T., Costa, F. O., & Costa, M. H. (2002). Effects of temperature and salinity on life history of the marine amphipod Gammarus locusta. Implications for ecotoxicological testing. *Ecotoxicology*, 11(1), 61–73.

<https://doi.org/10.1023/A:1013797130740>

Nipper, M. G., Greenstein, D. J., & Bay, S. M. (1989). Short- and long-term sediment toxicity test methods with the amphipod *Grandidierella japonica*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8(12), 1191–1200.

<https://doi.org/10.1002/etc.5620081212>

Pinkster, S. (1983). The value of Morphological Characters in the Taxonomy of Grammarus. *Beaufortia*, 33(2), 15–28. <https://repository.naturalis.nl/pub/504939>

Rejas, D., Declerck, S., Auwerkerken, J., Tak, P., & De Meester, L. (2005). Plankton dynamics in a tropical floodplain lake: Fish, nutrients, and the relative importance of bottom-up and top-down control. *Freshwater Biology*, 50(1), 52–69.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01306.x>

Romero, O. E., Baumann, K. H., Zonneveld, K. A. F., Donner, B., Hefter, J., Hamady, B., Pospelova, V., & Fischer, G. (2020). Flux variability of phyto- And zooplankton communities in the Mauritanian coastal upwelling between 2003 and 2008. *Biogeosciences*, 17(1), 187–214. <https://doi.org/10.5194/bg-17-187-2020>

Santagata, S., Bacela, K., Reid, D. F., Mclean, K. A., Cohen, J. S., Cordell, J. R., Brown, C. W., Johengen, T. H., & Ruiz, G. M. (2009). Concentrated sodium chloride brine solutions as an additional treatment for preventing the introduction of nonindigenous species in the ballast tanks of ships declaring no ballast on board. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(2), 346–353.

<https://doi.org/10.1897/08-140.1>

Stephensen, K. (1938). *Grandidierella japonica* n. sp. A new amphipod with stridulating (?) organs from brackish water in Japan. *Annotationes Zoologicae*

*Japonenses*, 17(2). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1543950420066606080>

ter Braak, C. J. F., & Verdonschot, P. F. M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3), 255–289. <https://doi.org/10.1007/BF00877430>

Trégouboff, G., & Rose, M. (1957). *Manuel de planctonologie méditerranéenne*. Paris, Centre national de la recherche scientifique.

Trott, T. J., Lazo-Wasem, E. A., & Enterline, C. (2020). *Grandidierella japonica* Stephensen, 1938 (Amphipoda: Aoridae) in the Northwest Atlantic Ocean. *Aquatic Invasions*, 15(2), 282–296. <https://doi.org/10.3391/AI.2020.15.2.05>

Väinölä, R., Witt, J. D. S., Grabowski, M., Bradbury, J. H., Jazdzewski, K., & Sket, B. (2008). Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 241–255. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9020-6>

Velasquez, C. R. (1992). Managing Artificial Salt pans as a Waterbird Habitat: Species' Responses to Water Level Manipulation. *Colonial Waterbirds*, 15(1), 43. <https://doi.org/10.2307/1521353>

Venegas-Jurado, T. (2002). *Riqueza de órdenes y dinámica del mesozooplankton marino en ambientes costeros del Golfo de Salamanca y el Parque Tayrona, Caribe Colombiano* [Universidad de Bogota Jorge Tadeo Losano]. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1279>

Von Der Ohe, P. C., & Liess, M. (2004). Relative sensitivity distribution of aquatic invertebrates to organic and metal compounds. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(1), 150–156. <https://doi.org/10.1897/02-577>



- Wehrtmann, I., & Cortés, J. (2009). Marine biodiversity of Costa Rica, Central America. *Choice Reviews Online*, 46(11), 46-6189-46-6189. <https://doi.org/10.5860/choice.46-6189>
- Whitehurst, I. T., & Lindsey, B. I. (1990). The impact of organic enrichment on the benthic macroinvertebrate communities of a lowland river. *Water Research*, 24(5), 625–630. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(90\)90195-C](https://doi.org/10.1016/0043-1354(90)90195-C)
- Young, C. M. (2022). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae* (A. Press (ed.)). [https://www.researchgate.net/publication/319256390\\_Atlas\\_of\\_Marine\\_Invertebrate\\_Larvae](https://www.researchgate.net/publication/319256390_Atlas_of_Marine_Invertebrate_Larvae)

## 11. ANEXOS

Anexo 1. Recolección de muestras en los evaporadores de las piscinas de Ecuasal.



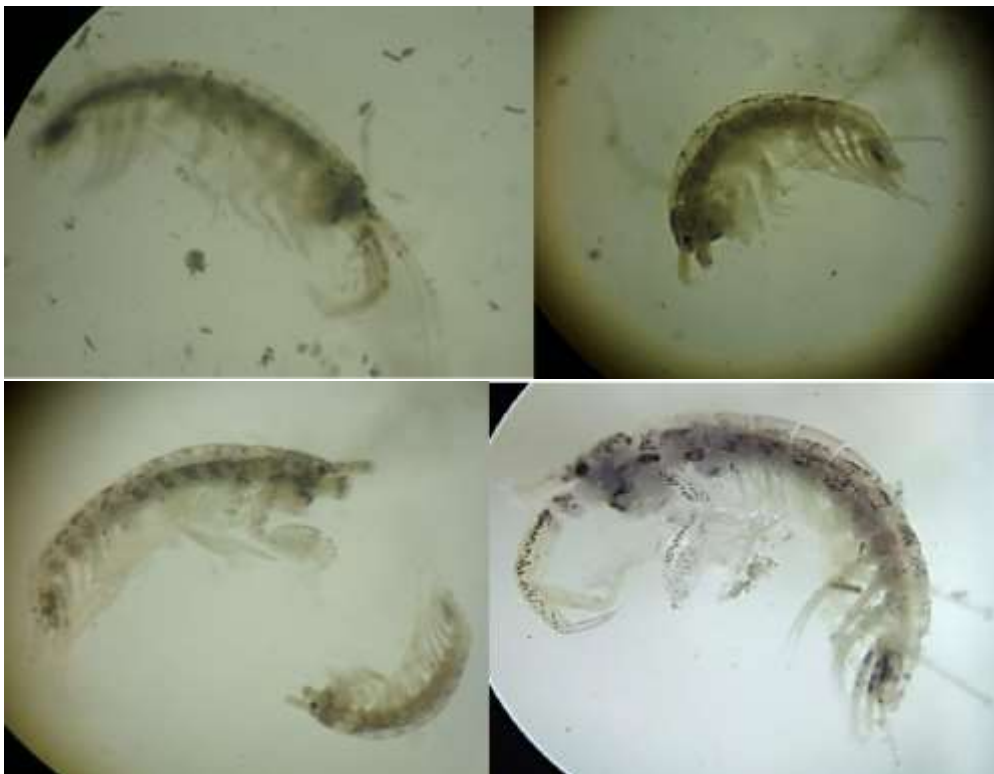
Anexo 2. Lavado, preservación y rotulado de muestras colectadas.



Anexo 3. Materiales utilizados en la observación microscópica.



Anexo 4. *Grandidiella japonica*.



Anexo 5. *Gammarus mucronatus*.



Anexo 6.. *Gammarus* sp.



Anexo 7. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 2 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.

Fecha	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	pH	Oxígeno (mg*L-1)	Conductividad (mS*cm-1).	Turbidez (cm)
17/1/2022	29.10	34.12	8.33	0.70	56.10	13.05
2/2/2022	32.83	32.81	8.77	1.01	57.97	16.05
17/2/2022	32.05	33.94	8.84	0.61	59.14	14.43
4/3/2022	32.96	37.61	8.77	0.52	58.90	12.90
18/3/2022	32.47	38.67	8.80	0.61	57.58	20.77
4/4/2022	31.92	41.59	8.75	0.45	59.04	12.20
18/4/2022	32.16	25.28	8.55	0.53	26.71	14.04
16/5/2022	27.86	33.94	8.50	0.48	54.56	12.12
27/5/2022	22.10	33.81	8.50	0.49	51.25	11.25
14/6/2022	23.76	32.79	8.45		48.65	16.97

Anexo 8. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 8 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.

Fecha	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	pH	Oxígeno (mg*L-1)	Conductividad (mS*cm-1).	Turbidez (cm)
2/2/2022	31.69	46.99	9.27	0.67	77.94	33.25
17/2/2022	33.15	47.19	9.31	1.01	79.53	37.05
4/3/2022	33.81	50.73	8.78	0.61	86.42	55.47
18/3/2022						
4/4/2022	33.79	50.33	9.00	0.62	75.09	20.73
18/4/2022	32.40	56.84	8.52	0.48	82.54	41.57
16/5/2022	30.22	24.98	8.99	0.52		14.75
27/5/2022	29.87	46.50	9.08	0.43	74.76	8.15
14/6/2022	25.89	47.15	8.31	0.45	65.86	6.80
2/2/2022						

Anexo 9. Tabla de parámetros físico-químicos del agua del evaporador No. 12 durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.

Fecha	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	pH	Oxígeno (mg*L-1)	Conductividad (mS*cm-1).	Turbidez (cm)
17/1/2022	32.47	70.00	8.12	0.43	157.65	38.30
2/2/2022	33.72	70.00	8.13	0.80	120.92	21.35
17/2/2022	34.72	70.00	8.31	0.43	167.07	14.64
4/3/2022	36.79	129.50	8.16	0.35	179.95	91.00
18/3/2022	34.65	135.00	7.96	0.41	167.47	19.60
4/4/2022	35.05	123.91	8.05	0.31	177.20	22.60
18/4/2022	33.78	70.03	8.00	0.31		14.42
16/5/2022	28.56		7.86	0.32	133.83	12.15
27/5/2022	26.26	70.00	8.06	0.29	49.77	31.85
14/6/2022	25.24	70.00	8.35		124.27	17.80

Anexo 10. Distribución por evaporadores y fechas, de anfípodos encontrados. G(A) = *Grandidierella japonica*; G(B) = *Gammarus mucronatus*; G(C) = *Gammarus* sp. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.

Fecha	Evaporador 2			Evaporador 8			Evaporador 12			Total
	G (A)	G (B)	G (C)	G (A)	G (B)	G (C)	G (A)	G (B)	G (C)	
17/1/2022	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2/2/2022	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17/2/2022	5	1		0	0	0	0	0	0	6
4/3/2022	8	3	2	0	0	0	0	0	0	13
18/3/2022	3	0	8	0	0	0	0	0	0	11
4/4/2022	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
18/4/2022	15	2	0	0	0	0	0	0	0	17
16/5/2022	45	9	0	1	0	0	0	0	0	55
27/5/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/6/2022	26	5	0	0	0	0	0	0	0	31
<b>Total</b>	107	20	10	1	0	0	0	0	0	138

Anexo 11. Prevalencia de anfípodos encontrados en los evaporadores de Ecuasal.  
 G(A) = *Grandidierella japonica*; G(B) = *Gammarus mucronatus*; G(C) = *Gammarus*  
 sp. durante el periodo enero - junio 2022. Elaborado por: El autor.

Fecha	Evaporador 2			Evaporador 8		Total
	G (A)	G (B)	G (c)	G (A)		
17/1/2022	0.01	0.00	0.00	0	0.01	
2/2/2022	0.01	0.00	0.00	0	0.01	
17/2/2022	0.04	0.01	0.00	0	0.04	
4/3/2022	0.06	0.02	0.01	0	0.09	
18/3/2022	0.02	0.00	0.06	0	0.08	
4/4/2022	0.01	0.00	0.00	0	0.01	
18/4/2022	0.11	0.01	0.00	0	0.12	
16/5/2022	0.33	0.07	0.00	0.01	0.40	
27/5/2022	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
14/6/2022	0.19	0.04	0.00	0	0.22	
<b>Total</b>	0.78	0.14	0.07	0.01	1.00	