

## ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y QUISTES DE ARTEMIA EN LA SALINA CUBANA EL REAL

### ESTIMATION OF BIOMASS AND ARTEMIA CYSTS PRODUCTION IN THE CUBAN SALINA EL REAL

Luis Ramos Sánchez<sup>1</sup>  Hilda Oquendo Ferrer<sup>1</sup>  Diana Alcalá Galiano Morell<sup>1</sup>   
Silvio Martínez Sáez<sup>1</sup>  Miguel Velázquez García<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Camagüey, Cuba

#### Correspondencia:

Ph.D. Luis Ramos Sánchez

[luis.ramos@reduc.edu.cu](mailto:luis.ramos@reduc.edu.cu)

**Como citar este artículo:** Ramos, L., Oquendo, H., Alcalá, D., Martínez, S., & Velázquez, M. (2025). Estimación de la producción de biomasa y quistes de Artemia en la salina cubana El Real. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(1), 24-39. <https://doi.org/10.57107/hyw.v4i1.82>

#### RESUMEN

El objetivo de este estudio es estimar el nivel productivo de biomasa y de quistes de *Artemia* en la salina cubana El Real. Se analizaron estadísticamente datos de precipitaciones y de evaporación en la salina desde 1987 hasta 2019, para estimar cuántos meses al año podrían producirse biomasa y quistes de Artemia. Se seleccionaron los estanques 5 y 6 (30,9 ha) para producir biomasa y los estanques 7 al 9 (197,1 ha), para los quistes. La producción de biomasa se estimó hasta 333 t/año; mientras que, los quistes beneficiados hasta 7,2 t/año, lo cual traería un importante beneficio económico para la salina, lo que en el mercado internacional podría aportar una ganancia de hasta USD 1,11 millones/año. Las producciones de *Artemia* en esta salina se estimó que podrían llegar a cubrir las necesidades de quistes de la camaronicultura nacional hasta el año 2030, para recuperar un ritmo de crecimiento superior a las 500 t/año de camarón. Se concluyó que durante todo el año se podría generar biomasa; mientras que, nueve meses serían propicios para generar quistes de *Artemia*.

**Palabras clave:** *Artemia*, camaronicultura, salina, estimación.

#### ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the productive level of biomass and Artemia cysts in the Cuban El Real salt flat. Precipitation and evaporation data from the salt flat from 1987 to 2019 were statistically analyzed to estimate how many months per year Artemia biomass and cysts could be produced. Ponds 5 and 6 (30.9 ha) were selected to produce biomass and ponds 7 to 9 (197.1 ha) for cysts. Biomass production was estimated at up to 333 t/year; while processed cysts were up to 7.2 t/year, which would bring a significant economic benefit to the salt flat, which in the international market could provide a profit of up to USD 1.11 million/year. Artemia production in this salt mine was estimated to be enough to cover the needs of national shrimp farming cysts until 2030, to recover a growth rate of over 500 t/year of shrimp. It was concluded that biomass could be generated throughout the year, while nine months would be suitable for generating Artemia cysts.

**Keywords:** Artemia, shrimp farming, saltwork, extensive production.



## INTRODUCCIÓN

La *Artemia* es un micro crustáceo caracterizado por ser un organismo extremófilo, capaz de crecer en condiciones de salinidad extrema y cuyos pequeños huevos (quistes) son capaces de preservar su viabilidad por muchos años en condiciones muy agresivas. Con una reproducción bisexual y partenogenética muy variada, son capaces de producir larvas (nauplios), por la vía ovovivípara o huevos (quistes), por la vía ovípara según sean o no favorables las condiciones micro ambientales, para su multiplicación (Abatzopoulos *et al.*, 2002). Sus nauplios, obtenidos por la eclosión de sus quistes secos han sido usado en los criaderos por décadas, para sustituir el zooplancton natural vivo, necesario para la cría de larvas de crustáceos y de peces (Stappen *et al.*, 2024).

Actualmente, se espera por introducir en Cuba las producciones de *Artemia*, donde no existe, a pesar de contar con un clima subtropical. El uso integrado de las producciones de sal y *Artemia*, se ha reportado que es beneficiosa para las salinas (Lopes *et al.*, 2019; Sorgeloos y Tackaert, 1990; Stappen *et al.*, 2024), no solo desde el punto de vista económico por la rentabilidad que aportan los productos de la *Artemia*, sino, además, por que contribuyen a la calidad de la sal y a la productividad de sus instalaciones.

La *Artemia* es un organismo filtrante inespecífico (Veeramani *et al.*, 2019) que favorece a controlar la floración de algas y a reducir el contenido de materia orgánica presente en el agua de mar, que se procesa en las salinas. Sus metabolitos e individuos que mueren contribuyen al crecimiento de halobacterias en los estanques de cristalización; las cuales reducen el contenido de materias orgánicas en el estanque; mientras que, su color rojizo promueve la absorción de calor de la luz solar, por lo que, se incrementa la temperatura del estanque y la velocidad de evaporación (Abatzopoulos *et al.*, 2002).

Vinh, *et al.* (2020) demostraron que en las producciones de *Artemia*, por cada unidad de costo incurrido se obtienen entre 2 y 2,7 unidades de ventas. Cuando se comparó la producción *Artemia* con las producciones salinas tradicionales (Hai *et al.*, 2020), se demostró que las producciones de este micro crustáceo producían entre tres y cinco veces más ingresos para los productores.

Por la importancia del uso de la *Artemia* en la acuicultura y la alta rentabilidad de sus producciones, este estudio tuvo como objetivo estimar el nivel productivo de biomasa y de quistes de *Artemia* en la salina cubana El Real.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estimación de la producción anual de biomasa y de quistes

La estimación de la producción de estos dos productos se realizó con la siguiente ecuación general

$$P_A = I_{ps} A_{sd} t_{pa} \quad (1)$$

Donde:

$P_A$  - producción anual de quistes secos o de biomasa congelada (t/a).

$I_{ps}$  - índice de productividad superficial de quistes secos o de biomasa húmeda ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ ).

$A_{sd}$  - Superficie de estanques disponibles (ha) para la producción de biomasa y quistes.

$t_{pa}$  - tiempo de producción anual disponible para la producción de los quistes y de la biomasa (meses/año).

### Área y salinidad de los estanques

Los datos del área de la superficie de los estanques están disponibles en la documentación técnica de la empresa, pero adicionalmente fueron validadas con la información satelital disponible en *Google Maps*.

### Meses productivos para biomasa y para quistes

El método parte de establecer durante cuánto tiempo al año puede mantenerse una producción extensiva de biomasa y quistes de *Artemia*, pues las variables meteorológicas pueden afectar ambas producciones.

Datos históricos almacenados en la empresa desde 1987 hasta 2019 fueron usados para ver el comportamiento de las precipitaciones y de la evaporación por año y por mes, que sirven para ofrecer un pronóstico probable de los meses, para las diferentes producciones de la *Artemia*. Todos los meses del año fueron considerados productivos para la obtención de biomasa de *Artemia*, teniendo en cuenta que Cuba es un país subtropical con temperaturas en sus aguas apropiadas para su reproducción ovovivípara. En el caso de la producción de quistes, los meses disponibles fueron considerados aquellos en los que la concentración del agua de mar en los estanques es posible, los que coinciden en gran medida con aquellos en los que se puede producir sal.

### Salinidad de los estanques por mes

Se tomaron datos de la unidad empresarial del año 2019, para analizar la dinámica de la salinidad promedio por día en diferentes meses y se usaron para calcular la media de cada mes y, estas medias a su vez, se graficaron para ilustrar el comportamiento de esta variable en ese año.

### Productividad superficial

Para completar el cálculo, se tomaron datos reportados en la bibliografía especializada sobre la productividad superficial en áreas dedicadas a la producción de quistes, tales como índice de productividad superficial de los estanques de producción extensiva de Vietnam, por la semejanza en su clima debido a que ocupan una latitud semejante en el subtrópico.

### Estimación del impacto preliminar en la producción de camaricultura

Para mostrar el alcance de las producciones de quistes en la salina El Real, se estimó qué demanda de quistes para postlarvas de los planes productivos nacionales potencialmente se podría obtener. Se investigó en la literatura la tendencia en las producciones anuales y se estimó a qué cantidad se llegaría en el año 2025 y 2030; se usaron estadísticas de la ONEI, (2024) y de Bernad, (2024) que incluyeron desde el año 2005 hasta el año 2023.

Teniendo en cuenta una masa promedio de 13 g para un camarón adulto de la especie *L. vannamei* (Tizol, et al, 2010) introducido en Cuba, se calculó la cantidad de camarones presentes en la masa producida en un año. Para esto se consideró una supervivencia global en la cría del 65 % desde la etapa larval, que da lugar a calcular el número de postlarvas (PLs) que se necesita entregar. Con esta cantidad y considerando que se necesitan 3 kg de quistes, para producir un millón de PLs, según Sorgeloos, (2022), se estimó la masa de quistes necesaria, a la que se le introdujo una eficiencia de la eclosión de 85 %, para tomar los nauplios efectivamente vivos. En términos matemáticos la ecuación quedó así:

$$D_{AQ} = f_c \frac{P_{AC}}{M_{PC} S_{CC}} \frac{I_{CQ}}{\eta_E} \quad (2)$$

Donde:

$D_{AQ}$ - demanda anual de quistes (t/a)

$f_c$ - factor de conversión ( $1 \times 10^{-9}$  para las unidades usadas)

$P_{AC}$  - producción anual de camarones (t/a),

$I_{CQ}$ - índice de consumo de quistes (kg/millón de PLs)

$M_{PC}$  - masa promedio de un camarón de la especie *L. vannamei* (g/unidad),

$S_{CC}$ - sobrevivencia en la crianza del camarón desde su nacimiento (camarones vivos adultos/camarones iniciales)

$\eta_E$ - eficiencia de la eclosión (t de quistes eclosionados/t quistes usados).

### Procesamiento estadístico de datos

Se utilizó el programa StatGraphics Centurion<sup>1</sup>, versión 17.2 (64 bit) de 2016. Las series de tiempo de precipitaciones y evaporación medidos en áreas de la salina desde 1987 a 2019 fueron analizados, para establecer la distribución de probabilidad que mejor los representaba.

Para comprobar la normalidad de los datos, se aplicó la prueba de bondad del ajuste de Kolmogórov-Smirnov con 95 % de confianza. Los datos de precipitaciones y evaporación fueron comparados con un análisis de varianza y posteriormente, se aplicó la prueba de rangos múltiples, para establecer los grupos homogéneos.

Las precipitaciones son expresadas en milímetros de agua, que es equivalente a litros por cada metro cuadrado.

Con vistas a visualizar la estabilidad que muestran estas dos variables y por mes, se calcularon las medias y desviaciones estándares por año y por mes. Para obtener la tendencia en los meses a que las precipitaciones superen a la evaporación.

Se calcularon los datos de evaporación neta en cada mes y cada año, tal como se muestra en la ecuación (3):

$$E_{N(i,j)} = E_{(i,j)} - P_{(i,j)} \quad (3)$$

Donde:

$E_{N(i,j)}$  es la evaporación neta en un año  $i$  y un mes  $j$  ( $\text{mm H}_2\text{O}$ ),  $E_{(i,j)}$  y  $P_{(i,j)}$  representan la evaporación y precipitación en un año  $i$  y un mes dado  $j$  ( $\text{mm H}_2\text{O}$ ). Valores pequeños o negativos indican que en el mes evaluado las precipitaciones superaron a la evaporación, por lo que los estanques se diluyen y esto afecta la producción de quistes.

Se usó el gráfico de caja y bigote en la que se representaron, además, los puntos atípicos que se

desvían del comportamiento de la muestra, para visualizar mejor el comportamiento de estos datos calculados.

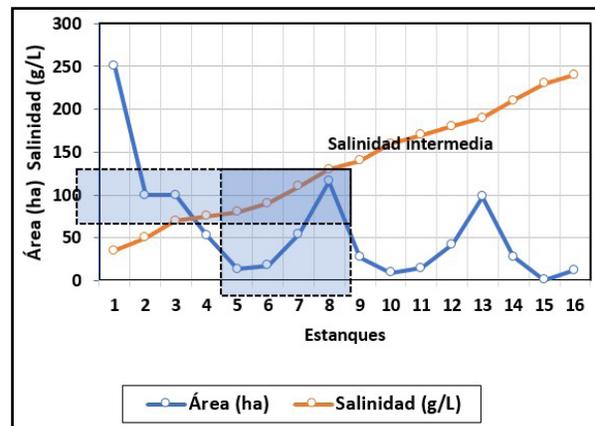
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Superficie de los estanques útiles para la producción de biomasa y de quistes

La salina El Real tiene 16 estanques, con un área total de 936 ha (ENSAL, 2019), las que se distribuyen según se muestra en la Figura 1. Existen cinco estanques con salinidad intermedia que van desde 80 g/L hasta poco menos que 150 g/L, los cuales suman en total 228 ha. Esta extensión ofrece una importante plataforma para la producción de biomasa y quistes de *Artemia*, debido a las salinidades existentes (Mremi, 2011), propicias para reducir la existencia de depredadores acuáticos y de microorganismos patógenos, para la *Artemia*.

FIGURA 1

Distribución del área total según estanques y salinidad estimada en cada una de ellas



Las características principales de los estanques con salinidad intermedia se muestran en la Tabla 1, según la norma de proceso de la planta (ENSAL, 2019). Los estanques 5 y 6 son adecuados para la reproducción ovovivípara, es decir, servirían para la producción de biomasa fresca como producto a comercializar y para refrescar las poblaciones de los estanques con alta salinidad, en la que la reproducción no incrementa la población, producto

del estadio en el que se hayan los quistes. Esto significa que, habrían 30,90 ha de estanques para estos fines. Los estanques del 7 al 9 con salinidad superior a los 100 g/L producirían quistes y biomasa.

Esta biomasa en muchos casos terminará de crecer en estos estanques, por lo que finalizarán allí su ciclo de vida si no son extraídos para su comercialización.

**TABLA 1**

*Caracterización de los estanques seleccionados para la producción de quistes de Artemia*

Estanque	Área (ha)	Operación		
		Profundidad (mm)	Salinidad (g/L)	Interconexión entre estanques
5	13,50	450	80	Compuerta
6	17,40	420	90	Compuerta
7	54,10	400	110	Compuerta
8	116,00	350	130	Compuerta
9	27,00	300	140	Bomba
<b>Total</b>	228,00	---	---	---

La suma total del área para quistes indica que se destinarían 197,1 ha, resultando ser 6,4 veces superior a la que se usaría para el crecimiento de la biomasa. Sin el suministro de Artemia juvenil a los estanques productores de quistes, el bajo reemplazo de la población adulta puede conducir a un bajo rendimiento de quistes en el área productiva, por lo que se deberá a hacer en otras investigaciones un análisis detallado de cuánta biomasa se pasará de los estanques 5 y 6, para los estanques del 7 al 9 y cuánta biomasa se destinará para las ventas, en aras de maximizar el desempeño económico de estas producciones.

La profundidad de los estanques del 5 al 9 de la salina El Real está en el rango entre 300 mm y 450 mm (Tabla 1). Esta profundidad es aceptable para las producciones de sal y también para el cultivo de la Artemia (Mremi, 2011); sin embargo, se debe tener más información en el futuro sobre la evolución de las temperaturas en estas aguas poco profundas,

principalmente en los meses más calientes, debido a que un calor extremo, afectaría la viabilidad de la población.

#### **Prueba de normalidad de los datos de precipitaciones recolectados**

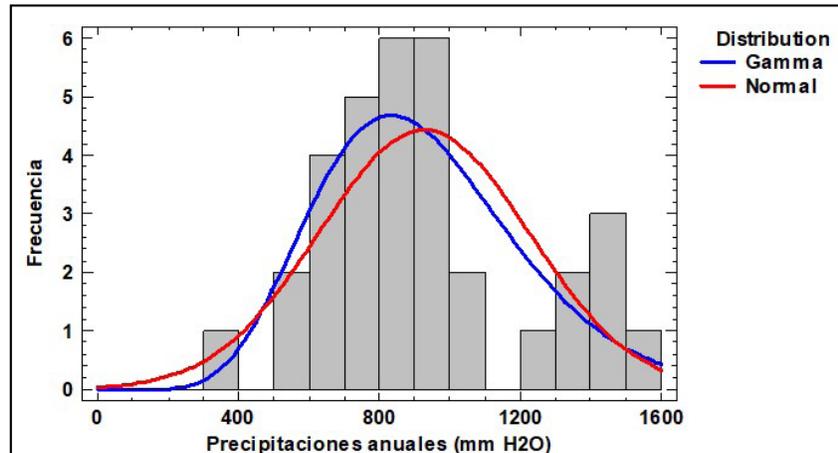
El ajuste de las distribuciones de probabilidad de los datos de precipitaciones (Fig.2) mostró que la distribución que mejor representa estos datos es la Gamma, que ha sido usada con anterioridad para la elaboración de modelos de pronósticos de las precipitaciones (Lima et al, 2021). Sin embargo, según la prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov, con una probabilidad de 0,5981, superior a 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que estos datos de las precipitaciones provengan de una población normal con un 95 % de confianza.

Como se observa en la Figura 2, las predicciones de la distribución Gamma y Normal son bastante

similares, lo que permitió posteriormente buscar diferencias entre los datos correspondientes aplicar otras técnicas asociadas a la hipótesis de a diferentes meses en los años recopilados. normalidad de los datos, en las que se deseaba

### FIGURA 2

*Distribuciones de probabilidad del comportamiento de las precipitaciones en la salina El Real en el período 1987-2019*



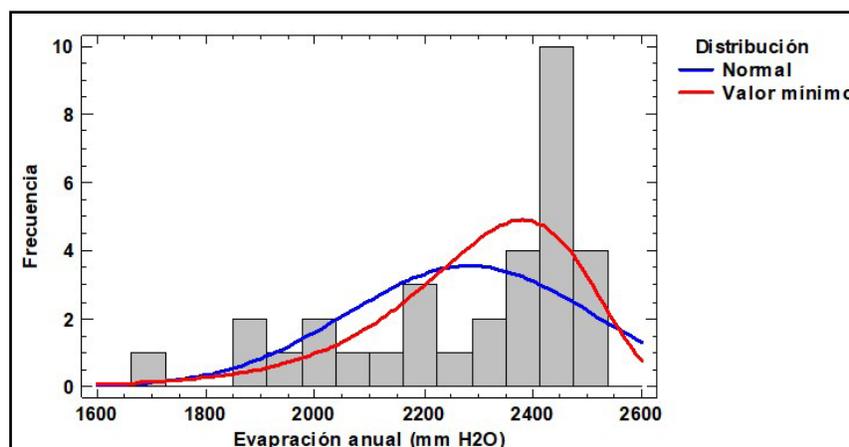
### Prueba de normalidad de los datos de evaporación recolectados

En este caso, la distribución que mejor representó a la muestra fue la del valor mínimo, que ha sido reportada, para modelar adecuadamente el proceso de evaporación (Reis et al, 2023) y las radiaciones solares (Nwokolo et al, 2022), muy asociadas a este fenómeno y probable causa principal de las

variaciones anuales de procesos de evaporación. Los datos de evaporación; sin embargo, no puede rechazarse la hipótesis de que provienen de una distribución normal, según prueba de bondad del ajuste de Kolmogórov-Smirnov, con un valor de probabilidad de 0,1232; superior a 0,05, es decir, con un nivel de confianza del 95 % (Fig.3).

### FIGURA 3

*Distribuciones de probabilidad del comportamiento de las evaporaciones en la salina El Real en el período 1987-2019*



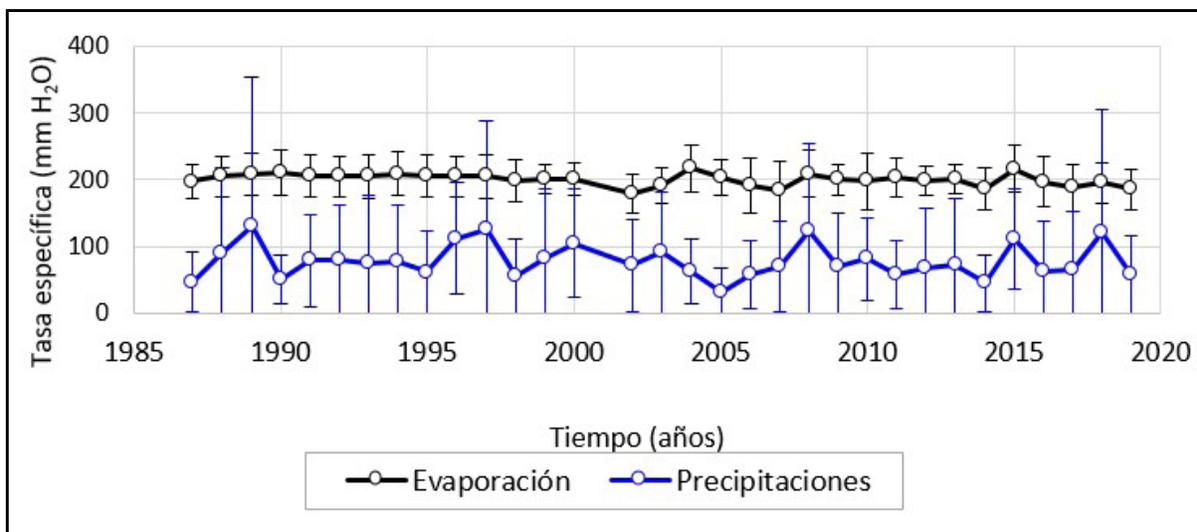
### Dinámica del promedio de las precipitaciones y de la evaporación por años y por mes

Con los datos dinámicos se construyeron las Figura 4 y 5. La Figura 4 muestra el promedio mensual de las precipitaciones y de la evaporación en cada año. Se observa que, aunque con gran dispersión, el promedio de precipitaciones mensuales en cada

año ha estado oscilando alrededor de una media de 79,64 mm/mes (955,68 mm/año), con un coeficiente de variación de 31,77 %, mucho menos dispersa; sin embargo, se observa la evaporación en este período, con un promedio de 200,12 mm/mes (2401,44 mm/año) y, un coeficiente de variación de apenas 4,58 %.

#### FIGURA 4

Comportamiento histórico de los promedios de cada año de las precipitaciones y de la evaporación en la salina El Real



Las series de la Figura 5 muestran el promedio de estas variables en cada mes y en todos los años transcurridos desde 1987; demuestran que como promedio en todos esos años el saldo neto de evaporación por mes en la salina supera en 120 mm como promedio mensual (1 440 mm/año) a las precipitaciones, muy favorable para las producciones salinas, incluida la *Artemia* (Mremi, 2011). En países asiáticos productores de quistes de *Artemia*, las precipitaciones pueden ser una dificultad, para extender el número de meses productivos. En Filipinas las precipitaciones anuales acumulan de 1 200 a 2 000 mm/año, muy elevadas (Jumalon et al., 1987), mientras que datos reportados por Van Hoa y Sorgeloos, (2015) para

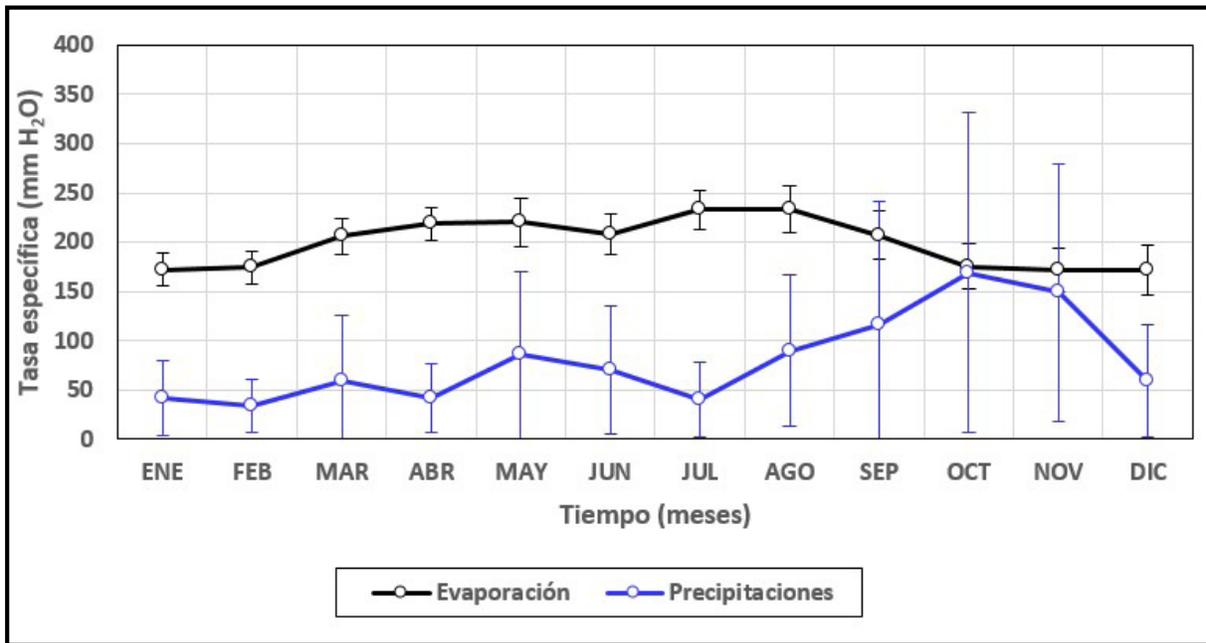
Vietnam, muestran que en este país las lluvias anuales oscilan entre 1 250 mm/año y 2 250 mm/año, con una evaporación anual en el rango de 1 600 mm/año y 2 000 mm/año. Además, en seis meses las lluvias superan a la evaporación, quedando para la producción de quistes apenas cuatro o cinco meses por año en la práctica. El comportamiento histórico de las precipitaciones evaporación y es un factor muy positivo para la salina El Real; pues, en todos los meses, la evaporación, como promedio, supera a las lluvias algo muy significativo, para la toma de decisiones sobre la inversión que se está analizando en esta zona.

Los meses de mayores precipitaciones son

desde agosto hasta noviembre, mientras que este para la planificación de la producción y las evaporaciones superiores a los 200 mm se alcanzan medidas a tomar para contrarrestar este fenómeno. desde marzo hasta septiembre, dato importante

### FIGURA 5

*Comportamiento histórico de los promedios de cada año de las precipitaciones y de la evaporación en la salina El Real*



Estas series de tiempo se analizaron estadísticamente para establecer si había diferencias significativas entre los meses, en cuanto a precipitaciones y a evaporación. El análisis de varianza mostró que había diferencias significativas entre los 12 meses en las precipitaciones con un valor de  $F=40,86$  y un valor de significancia estadísticamente significativo  $p: < 0,01$ . Luego fueron establecidas las diferencias estadísticamente significativas, existentes entre los meses, tal como muestra la Tabla 2 de los seis grupos homogéneos identificados con la prueba de rangos múltiples.

Los meses que más se alejan en cuanto a la media de las precipitaciones son septiembre, octubre y noviembre, en los que las precipitaciones superan los 114 mm de H<sub>2</sub>O, llegando a ser en octubre

superiores a 166 mm de H<sub>2</sub>O. Estos meses ofrecen mayor riesgo para las producciones de quistes, debido a la posible dilución de los estanques más allá de los niveles, los cuales inducen la reproducción ovovivípara.

**TABLA 2***Grupos homogéneos de las precipitaciones según prueba de rangos múltiples*

Meses	Años medidos	Media (mm H <sub>2</sub> O)	Grupos homogéneos
Febrero	33	33,08	X
Julio	33	39,18	X
Enero	33	40,58	X
Abril	31	41,71	X
Diciembre	32	58,00	XX
Marzo	33	59,94	XX
Junio	33	73,36	XX
Mayo	33	84,09	XX
Agosto	33	87,88	XX
Septiembre	32	114,88	XX
Noviembre	32	144,78	XX
Octubre	32	166,41	X

La prueba de rangos múltiples para la evaporación identificó cuatro grupos homogéneos (Tabla 3). Los meses con evaporación superior a los 200 mm de H<sub>2</sub>O fueron desde marzo hasta septiembre. Llama la atención que, entre los meses más lluviosos,

octubre y noviembre coinciden en el grupo de menor evaporación, por lo que son proclives a no garantizar la concentración salina adecuada, para la producción de quistes.

**TABLA 3***Grupos homogéneos de las precipitaciones según prueba de rangos múltiples*

Meses	Años medidos	Media (mm H <sub>2</sub> O)	Grupos homogéneos
Noviembre	29	171,59	X
Diciembre	27	171,89	X
Enero	29	172,38	X
Febrero	30	174,20	X
Octubre	30	175,07	X
Marzo	31	205,81	X
Septiembre	31	207,13	X
Junio	31	208,00	X
Abril	32	218,66	X
Mayo	32	220,22	X
Agosto	31	233,07	X
Julio	32	233,28	X

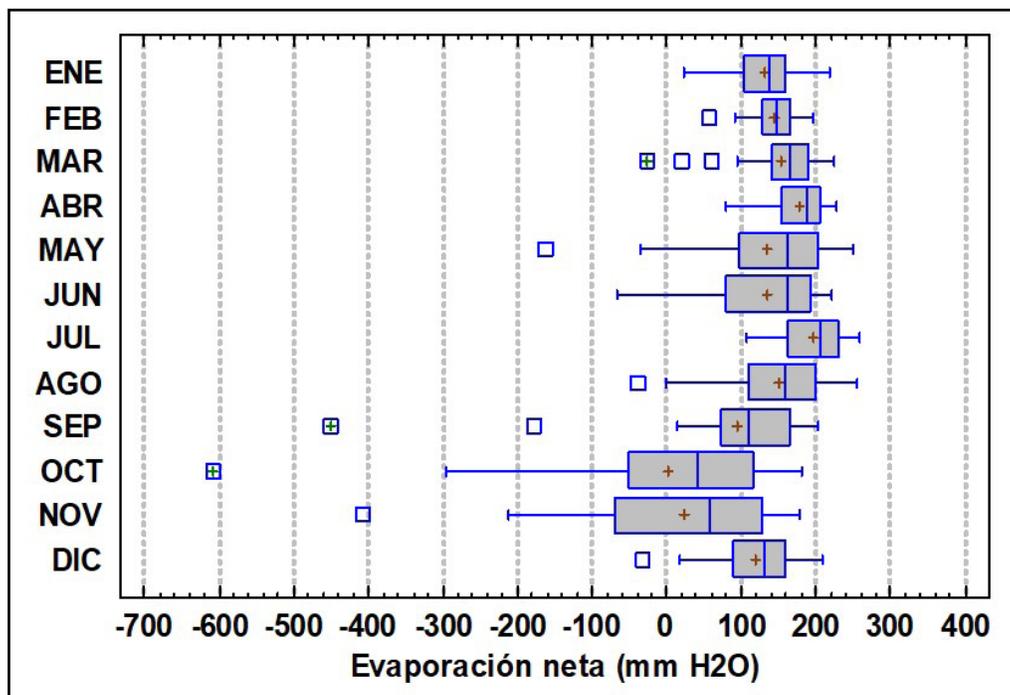
La representación de la caja y bigote de los datos de la evaporación neta (Fig.6) muestra a los meses de septiembre, octubre y noviembre como los más proclives para la dilución de los estanques (evaporación neta negativa), dado su acercamiento y la dispersión de datos.

En los meses de octubre y noviembre se observa que la caja llega a estar por debajo de cero de evaporación neta y que existen varios puntos alejados de la

mediana, incluidos alguno muy alejados (*outliers*), que no se corresponden con el comportamiento normal y que deben estar asociados a eventos meteorológicos extremos. Los meses de mayo y junio muestran un comportamiento semejante, pero al igual que septiembre están más inclinados hacia la parte positiva de la evaporación. Se puede inferir que, eventualmente en estos meses podría darse el caso de pérdidas de productividad de los quistes, por dilución de los estanques.

**FIGURA 6**

Gráfico de caja y bigote para la evaporación neta promedio de la serie de datos desde 1987 hasta 2019



### Estimación de los índices de productividad de quistes y biomasa de *Artemia*

#### Índices productivos para los quistes

Es difícil obtener datos fiables de la productividad partiendo de la literatura, por lo que los estimados que se hagan se asumen como valores de orden de magnitud, como primera aproximación; en este caso, se tomaron datos de países cercanos a la latitud de Cuba, ubicada en el subtrópico, por ejemplo, Vietnam.

Van Hoa y Sorgeloos, (2015) reportan que la productividad en los estanques artesanales de la región del Delta del Mekong como regla, la productividad de los quistes está en el rango desde < 5 a 40 kg/ha/mes, dependiendo si el sistema es de producción extensiva o semi intensiva. Cuando se fertiliza con materia orgánica como la gallinaza, heces de cerdo y otros residuos ricos en nutrientes, ha de esperarse los más altos rendimientos (Veeramani et al., 2019). Datos productivos globales

reportados por Stappen et al. (2019) sitúan los rendimientos de la producción bruta de quistes (sin beneficio industrial) en el Delta del Mekong, en el rango de 30 a 50 kg/ha/mes en para producciones no intensivas, Al ser procesada, la producción reduce su masa hasta un valor que varía entre 30 y 35 %.

En el caso que se analiza, en el que se usan los mismos estanques con los que se produce la sal para producir la *Artemia*, la fertilización con materia orgánica rica en fuentes de carbono, nitrógeno, fosfatos y minerales no es recomendable para el producto final, la sal; pues se podría contaminar con antibióticos y esporas de bacterias patógenas, para la salud humana.

Especialistas de la producción de *Artemia* de gran experiencia práctica y científica, sugieren la posibilidad de fertilizar de forma controlada los estanques de la salina con fertilizantes nitrogenados como la urea y el fosfato diamónico, usados para estos fines (Stappen et al., 2019) pues estimulan el crecimiento de las microalgas capaces de aprovechar los nutrientes no nitrogenados del agua de mar, al contar con esta disponibilidad de nitrógeno soluble. El crecimiento de estos microorganismos estimulará el desarrollo de una cadena trófica que beneficiará la nutrición y crecimiento de una mayor cantidad de *Artemia*, con lo cual, se incrementa el índice de productividad superficial de los estanques.

#### **Índices productivos para la biomasa y precios de venta**

Buscando usar índices en condiciones parecidas a las existentes en Cuba, los datos de productividades fueron elegidos los reportados para Vietnam por Stappen et al. (2019), por ser este un país subtropical. En este trabajo se hace referencia a productividades en el Delta del Mekong, Vietnam que están en el orden de 750 a 900 kg de biomasa húmeda por hectárea por mes.

El tiempo anual disponible no es el mismo para estos dos productos. La producción de quistes, sin embargo, podría estar afectada por las lluvias que podrían reducir la concentración salina en niveles que no inducen la reproducción ovovivípara. La biomasa se puede producir todo el año teniendo en cuenta que los estanques nunca se secan, pues se alimentan continuamente de agua de mar que llega por el efecto diario de las mareas.

#### **Estimación del posible impacto económico de estas producciones**

##### **Precios de venta de la biomasa y los quistes de *Artemia***

Según reportes recientes de Stappen et al. (2019) y Vinh et al. (2020), el precio de la biomasa húmeda, sin beneficios, se ajusta a 1 USD/kg; mientras que, una vez congelada el precio se eleva a 1,25 USD/kg. En el caso de los quistes húmedos, sin procesamiento, el precio varía de 45 a 60 USD/kg y, luego de secado y beneficiado, el precio se incrementa mucho, hasta un rango que está entre 150 a 200 USD/kg. En las estimaciones realizadas se seleccionó un valor intermedio para estos precios, es decir, 50 USD/kg para los quistes sin beneficio y de 175 USD, para los quistes tratados industrialmente.

#### **Estimación de la producción e indicadores económicos**

La estimación de la producción se realizó tomando valores de los indicadores en el rango de lo que se ha obtenido en la literatura consultada, lo que preserva la incertidumbre existente en los indicadores que hay sido revisados en la literatura. Los cálculos de la producción y los posibles indicadores económicos se muestran en las Tablas 4 y 5.

Según la Tabla 4 se podrían esperar producciones de biomasa congelada en el rango de las 278,1 a 333,7 toneladas por año. Este material tiene un valor muy grande para las producciones acuícolas por su rica composición bromatológica en cuanto a proteínas (54-56 % base seca) y lípidos (9-26 %

base seca), destacándose la presencia de variados ácidos grasos omegas 3, 6, 7 y 9 (Stappen et al., 2024).

Desde el punto de vista económico, la introducción de las producciones de *Artemia* puede ser muy beneficiosa para la salina El Real. Con los datos de la evaluación económica que sobre las producciones

de *Artemia* de cuatro fabricantes del Delta del Mekong realizaron Vinh et al. (2020), se estimó que la relación de las ventas a los costos era como promedio 2,39 veces mayor, con un coeficiente de variación del 16,4 %. La producción de quistes beneficiados se estimó que alcanzan valores de 4,3 a 7,2 toneladas por año.

**TABLA 4**

*Gráfico de caja y bigote para la evaporación neta promedio de la serie de datos desde 1987 hasta 2019*

Producto	Variante de formulación	IP (kg/ha/mes)	Meses productivos	Área de producción (ha)	Producción anual (kg/año)	Precio (USD/kg)	Ventas (USD/año)
Biomasa	Sin beneficio	750	12	30,9	278 100,00	1,00	278 100,00
	Sin beneficio	900	12	30,9	333 720,00	1,00	333 720,00
	Beneficiada	750	12	30,9	278 100,00	1,25	347 625,00
	Beneficiada	900	12	30,9	333 720,00	1,25	417 150,00
Quistes	Sin beneficio	7,5	9	197,1	13 304,25	50,00	665 212,50
	Sin beneficio	12,5	9	197,1	22 173,75	50,00	1 108 687,50
	Beneficiada	2,4	9	197,1	4 323,88	175,00	756 679,22
	Beneficiada	4,1	9	197,1	7 206,47	175,00	1 261 132,03

Desde el punto de vista económico se podría conseguir una ganancia anual para la salina que se estima oscila entre (Tabla 5): 731 033,14 USD a 1 110 998,00 USD. Estos resultados harían que los estanques usados para estos fines aporten beneficios extras específicos de hasta de 4 872,80 USD/ha/año. Con los datos estimados de las ventas y esta última cifra se estimó el costo de producción al que se restó los gastos asociados a la fertilización

y aplicación de químicos que no pueden hacerse en una salina. De esta manera se pudo estimar el rango probable de la ganancia y la ganancia específica que podría lograr la salina al usar los estanques con la salinidad intermedia adecuada.

TABLA 5

Estimación del potencial productivo anual de *Artemia* en la salina El Real

Procesamiento	Ventas (USD/año)		Costos (USD/año)		Ganancia anual (USD/año)		Ganancia específica (USD/ha/año)	
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
	943	1 442	318	487	624	954	2	4
Sin beneficio	312,50	407,50	853,51	554,97	458,99	852,53	738,86	187,95
	1 104	1 678	373	567	731	1 110	3	4
Beneficiada	304,22	282,03	271,08	284,03	033,14	998,00	206,29	872,80

### Importancia de estas producciones en la salina El Real para la camaronicultura cubana

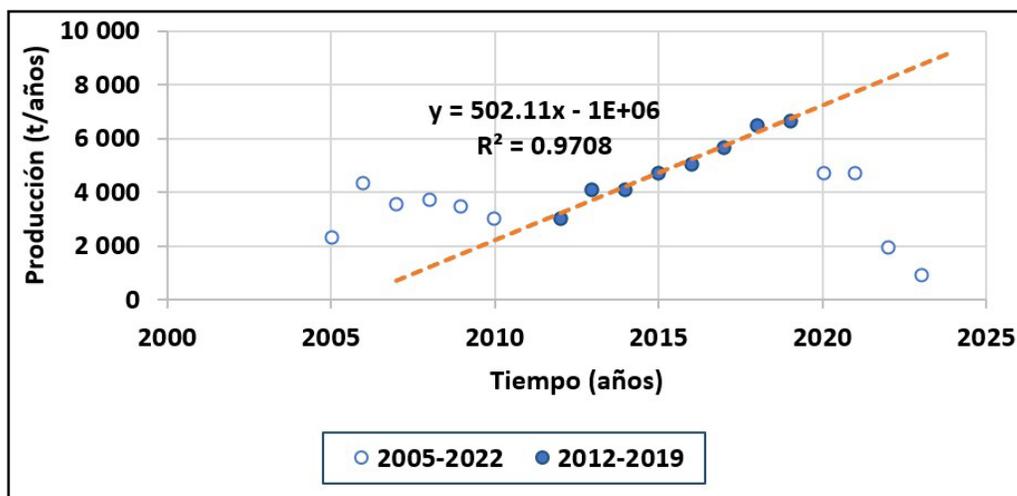
La camaronicultura en América Latina cuenta con muchos países productores dentro de los que se destacan 13 (Eras & Meleán, 2021). Este escenario es muy propicio para el mercado de exportaciones cubano al que puede ofrecer estos productos enriquecidos con aditivos propios, originales, que le dan un atractivo para sus productos de la *Artemia*. Se conoce que esta no posee suficientes componentes como ácidos grasos altamente insaturados y vitaminas (Talens et al., 2017), los

cuales pueden ser fijados a sus productos como parte del beneficio industrial, lo que acrecentaría su valor comercial.

Las producciones de la camaronicultura cubana presentan un comportamiento zigzagante, inestable, entre los años 2005 y 2023 (Fig.7). En el período 2012-2019, las producciones muestran una pendiente positiva con crecimientos anuales de más de 500 toneladas/ año, resultado de la aplicación de una política estatal en el sector para lograr incrementar estas producciones sostenidamente.

FIGURA 7

Producciones de la camaronicultura cubana



Nota: construida con datos de ONEI (2024) y de Bernad (2024)

Después del 2020; sin embargo, la pendiente se ha hecho negativa debido a la reducción de recursos en el país causada en gran medida por la agresión externa que sufre su economía y los efectos producidos por la pandemia de la covid-19 sobre la economía mundial. Como se informa en el reporte de Bernad (2024), la causa principal de la baja producción del pasado año está muy relacionada con la falta de recursos, para contratar el pienso que se necesitaba.

La introducción en Cuba de las producciones de *Artemia* encontrará un mercado interno de alta

demanda que incluye diversas producciones acuícolas, no solo la camaronicultura, lo que permitirá reducir los costos por importaciones y ofrecerá una mayor disponibilidad de recursos para el desarrollo del sector. El país necesita recuperar la pendiente positiva que llevaba en el período 2012-2019, en el cual tuvo un crecimiento de la producción de 502,11 t/año.

La Tabla 6 muestra el resultado de la estimación de la demanda de quistes de *Artemia* para reactivar la camaronicultura antes del 2020.

**TABLA 6**

*Estimación de la demanda de quistes de Artemia para reactivar la camaronicultura cubana*

Indicadores	Valor	Unidades
Masa promedio de un camarón adulto	13,00	g
Supervivencia media de postlarvas	65,00	%
Producción de camarones (2025)	9772,75	(t/a)
Producción de camarones (2030)	12283,30	(t/a)
Demanda de post larvas (2025)	1156,54	MU/a
Demanda de post larvas (2030)	1453,64	MU/a
Demanda anual de quistes (2025)	4,34	t/a
Demanda anual de quistes (2030)	5,45	t/a

Según estos cálculos, la demanda de la camaronicultura estaría aproximadamente entre 4 y 6 toneladas por año, cifra esta que se encuentra en el rango de la producción de quistes beneficiados estimada, para la salina El Real (Tabla 4). Esto muestra otro aspecto importante que tendría la implementación de las producciones combinadas de sal y *Artemia* en esta salina: solo su producción podría servir de base para cubrir la demanda anual de las PLs de camarón que se necesita, para retomar el crecimiento exitoso alcanzado en el período de 2012 al 2019.

## CONCLUSIONES

Existe un gran potencial productivo y económico en el aprovechamiento extensivo de los estanques de salinidad intermedia en la salina El Real.

La producción beneficiada de la biomasa se estimó hasta 333 t/año, producto de gran utilidad para la elaboración de las dietas de diferentes especies acuícolas de gran interés nacional.

La producción de quistes de alta calidad puede ser hasta de 7,2 t/año, la que podría cubrir la demanda de estos quistes, para reactivar la camaronicultura

cubana hasta el año 2030 o convertirse en una fuente de divisas para salina que le puede aportar hasta USD 1,1 millones por año.

El análisis de las variables meteorológicas durante el período 1987- 2019 establece que, en la salina El Real existe un microclima seco el cual permitirá producir quistes de *Artemia* durante al menos nueve meses; mientras que, la biomasa podría producirse todo el año.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abatzopoulos, T., Beardmore, J., Clegg, J., & Sorgeloos, P. (2002). *Artemia: Basic and Applied Biology* Springer-Science+Business Media, B.Y. DOI:10.1007/978-94-017-0791-6\_6
- Bernad, A. (2024). El sector de la pesca y la acuicultura en Cuba. El sector de la pesca y la acuicultura en Cuba (pp. 1-38). La Habana: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en La Habana. Reporte: NIPO: 224240096.
- ENSAL. Procedimiento tecnológico área de la salina, PT-03-01 C.F.R. (2019).
- Eras, R., & Meleán, R. (2021). Ecosistemas de producción camarones: estudios y proyecciones para la gestión de costos. *INNOVA Research Journal*, 6(3.1), 41-59 <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.1.2021.1833>
- Hai, T., Phuong, N., Hoa, N., Viet, L., Khanh, L., Tao, C., Anh, N., Thao, N., & Sorgeloos, P. (2020). Promoting Coastal Aquaculture for Adaptation to Climate Change and Saltwater Intrusion in the Mekong Delta, Vietnam. *World Aquaculture Society*, 51 (2),19-26 <https://www.was.org/Magazine/Vol/51/2>
- Jumalon, N., Estenor, D., & Ogburn, D. (1987). Commercial production of *Artemia* in the Philippines. En P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decler y E. Jaspers (Eds.), *Artemia Research and its Applications* (Vol. 3, pp. 231-238). Wetteren, Belgium: Universa Press doi
- Lima, C., Kwon, H., & Kim, Y. (2021). A Bernoulli-Gamma hierarchical Bayesian model for daily rainfall forecasts. *Journal of Hydrology*, 599, 126317. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126317>
- Lopes, R., Groot, R., Liying, S., Bossier, P., & Stappen, G. (2019). Halophilic bacteria as a food source for the brine shrimp *Artemia*. *Aquaculture*, 500, 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.068>
- Mremi, P. (2011). *Pond production of Artemia in a solar salt work in Kenya*. [Tesis de Maestría, Universiteit Ghent]. [https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/789/653/RUG01-001789653\\_2012\\_0001\\_AC.pdf](https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/789/653/RUG01-001789653_2012_0001_AC.pdf)
- Nwokolo, S., Amadi, S., Obiwulu, A., Ogbulezie, J., & Eyibio, E. (2022). Prediction of global solar radiation potential for sustainable and cleaner energy generation using improved Angstrom-Prescott and Gumbel probabilistic models. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100416>
- ONEI. (2024). *Oficina Nacional de Estadística e Información*. [www.onei.cu](http://www.onei.cu)
- Reis, C., Souza, A., Oliveira, J., Abreu, M., & Pobocikova, I. (2023). Fitting statistical probability distribution for evaporation in western Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 127, 104367
- Sorgeloos, P. (2022). Entrevista con Aquaculture Asia Pacific. *AquaCulture Asia Pacific J.* <https://artemia.inveaquaculture.com/es/news/>

- Sorgeloos, P., & Tackaert, W. (1990). Roles and Potentials of Artemia In Coastal Saltworks. *International Symposium on Biotechnology of Saltponds* (pp. 69-77). Tanggu, Tianjin, PR China. Cheng, L. (Ed.) Salt Research Institute, Tanggu, Tianjin, PR China, .
- Stappen, G., Sorgeloos, P., & Rombaut, G. (2024). *Manual on Artemia production and use*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Stappen, G., Sui, L., Hoa, V., Tamtin, M., Nyonje, B., Rocha, R. M., *et al.* (2019). Review on integrated production of the brine shrimp *Artemia* in solar salt ponds. *Reviews in Aquaculture*, 12(2).1054-1071. DOI:10.1111/raq.12371
- Talens, D., Marín, J., Garrido, D., Almansa, E., & Polaina, J. (2017). Fixation of bioactive compounds to the cuticle of Artemia. *Aquaculture*, 474, 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.044>
- Tizol, R., Jaime, B., Laria, R., Pérez, L., Machado, R., & Silveira, R. (2010). Introduccion en cuba del camarón blanco del pacifico *L. vannamei*. Etapa i cuarentena. [https://www.researchgate.net/publication/277239952\\_Introduccion\\_en\\_Cuba\\_del\\_camaron\\_blanco\\_del\\_pacifico\\_L\\_vannamei\\_Etapa\\_I\\_Cuarentena](https://www.researchgate.net/publication/277239952_Introduccion_en_Cuba_del_camaron_blanco_del_pacifico_L_vannamei_Etapa_I_Cuarentena)
- Van Hoa, N., & Sorgeloos, P. (2015). Integrated salt and brine shrimp Artemia production in artisanal salt works in the Mekong delta in Vietnam: a socio-economic success story as model for other regions in the world. 137-144. In: Sandrine, L. (Ed.). Proceedings of the International Conference Solar Saltworks and the Economic Value of Biodiversity. European Salt Producers Association – *Biodiversity* (pp. 137-144). EU Salt, Brussels.
- Veeramani, T., Santhanam, P., Manickam, N., & Rajthilak, C. (2019). Introduction to Artemia Culture. *Basic and Applied Zooplankton Biology*, 209-224. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7953-5>.
- Vinh, N., Huang, C., Hieu, T., & Hsiao, Y. (2020). Economic evaluation for improving productivity of brine shrimp *Artemia franciscana* culture in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture*, 526, 735425. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735425>.