



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Ciencia Animal

Modelos de Crecimiento Térmico del Camarón en Guayas
(Ecuador)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Acuicultura

AUTOR/A: Aguilar Astudillo, María Patricia

Tutor/a: Jover Cerdá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIA ANIMAL

Modelos de Crecimiento Térmico del Camarón en Guayas (Ecuador)

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario de Acuicultura

ALUMNO: María Patricia Aguilar Astudillo

TUTOR UPV: Dr. Miguel Jover Cerdá

Curso Académico: 2021-2022

VALENCIA, septiembre de 2022

RESUMEN

*Los modelos de crecimiento en el sector acuícola han tenido un amplio uso para las distintas especies producidas, siendo uno de los factores primordiales el de llevar a un animal al peso estimado en el menor tiempo posible, lo que se traduce en diversos beneficios, no solo en términos económicos, sino de sostenibilidad también. Siendo el camarón uno de los productos más comercializados a nivel mundial, este trabajo evalúa la aplicación del Coeficiente Térmico de Crecimiento como un modelo aplicable para estimar el crecimiento de *L. vannamei*, a partir de datos reales de temperatura y producción de 208 lotes pertenecientes a 8 granjas camaroneras en Ecuador. Además de hacer una comparación con los modelos de crecimiento más utilizados en esta especie (SGR y gramos/día), cuyos resultados definieron que el CTC podría no estar funcionando debido a la existencia de una temperatura máxima que no está siendo efectiva para el crecimiento del camarón. Para demostrar que es un modelo apropiado, se requieren más estudios que confirmen los resultados obtenidos en este trabajo.*

Palabras clave: Camarón, Ecuador, Coeficiente Térmico de Crecimiento.

ABSTRACT

*Growth models in the aquaculture sector have been widely used for the different species produced, one of the main factors being to bring an animal to the estimated weight in the shortest possible time, which translates into various benefits, not only in economic terms, but also in terms of sustainability. Since shrimp is one of the most commercialized products worldwide, this work evaluates the application of the Thermal Growth Coefficient as an applicable model to estimate the growth of *L. vannamei*, based on real data on temperature and production of 208 batches belonging to 8 shrimp farms in Ecuador. In addition to making a comparison with the most used growth models in this species (SGR and Grams/day), whose results defined that the CTC could not be working due to the existence of a maximum temperature that is not being effective for the growth of the shrimp. To demonstrate that it is an appropriate model, more studies are required to confirm the results obtained in this work.*

Keywords: Shrimp, Ecuador, Thermal Growth Coefficient.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios en primer lugar por haber hecho posible alcanzar este logro tan importante en mi vida. A mi tutor de tesis, Dr. Miguel Jover Cerdá quién confió firmemente en mí y estuvo presente en cada etapa durante el desarrollo de este trabajo, a mis profesores del máster quienes estuvieron siempre dispuestos a enseñarnos y ayudarnos en las dificultades, y a mi amiga Cecilia que fue siempre incondicional desde el inicio de este camino. Finalmente, gracias a lo más importante en mi vida, mi familia, por brindarme su apoyo a la distancia y alentarme a cumplir este sueño que desde niña lo he tenido, y no menos importante a Davide y su familia por brindarme un segundo hogar y hacerme sentir como en casa.

ÍNDICE

1. Marco Teórico	1
1.1. Generalidades del camarón	1
1.2. Importancia del camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> en el mundo.....	1
1.3. Sistemas de producción	3
1.3.1. Extensiva:.....	3
1.3.2. Semi-intensiva:	3
1.3.3. Intensiva:.....	4
1.4. Modelos de Crecimiento en Acuicultura.....	4
1.4.1. Modelos asintóticos (Von Bertalanffy - Gompertz – Logístico).....	4
1.4.2. Tasa de crecimiento específico (SGR)	5
1.4.3. Modelo de simulación dinámica de crecimiento	6
1.4.4. Modelo de coeficiente de crecimiento de la unidad térmica (CTC)	7
2. Justificación y Objetivos	8
2.1. Objetivo General.....	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. Materiales y métodos	9
3.1. Zona de estudio	9
3.2. Datos recopilados	9
3.3. Creación de la base de datos:	10
3.4. Curvas de temperatura	11
3.5. Cálculos.....	11
3.6. Cálculo y análisis estadístico	12
4. Resultados	12
4.1. Curvas de temperatura	12
4.2. Caracterización del Coeficiente Térmico de Crecimiento.....	14
5. Discusión	19

6. Conclusiones	27
7. Bibliografía	28
8. Anexos	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto del año de producción en el Coeficiente Térmico de Crecimiento del camarón, Tasa de Crecimiento Específica y crecimiento diario.....	14
Tabla 2. Crecimiento correspondiente a cada granja camaronera: Coeficiente Térmico de Crecimiento, Tasa de Crecimiento Específico y Crecimiento Diario ..	15
Tabla 3. Efecto del tipo de alimentación en el Coeficiente Térmico de Crecimiento del camarón, la Tasa de Crecimiento Específico y crecimiento diario.....	15
Tabla 4. Efecto del tamaño de la piscina sobre el Coeficiente de Crecimiento Térmico del camarón, Tasa de Crecimiento Específico y crecimiento diario.....	16
Tabla 5. Efecto del mes de producción sobre la Tasa de Crecimiento Específico, el Crecimiento Diario y el Coeficiente de Crecimiento Térmico del Camarón	17
Tabla 6. Efecto del mes de producción sobre el Coeficiente de Crecimiento Térmico calculado sin temperatura efectiva, con 18°C, 20°C y 22°C.	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de camarón para <i>P. vannamei</i> y <i>P. monodon</i> desde el año 2010 hasta el 2019, incluidas las cifras incluidas las cifras estimadas para 2020-2022.	2
Figura 2. Área de Estudio.	9
Figura 3. Curva y regresión lineal de temperatura media mensual de los 8 campamentos estudiados.	13
Figura 4. Medias del CTC a partir de diferente temperatura mínima efectiva, de 18, 20, 22°C, y sin temperatura mínima efectiva. Fuente. Creación Propia.	20
Figura 5. Temperatura °C del mes de inicio vs CTC	21
Figura 6. Crecimiento (g/día) vs CTC calculado con 18,20 y 22°C.	22
Figura 7. Medias de Σ de temperatura a partir de diferente temperatura mínima efectiva, de 18, 20, 22°C, y sin temperatura mínima efectiva.	23
Figura 8. Regresiones matemáticas para el CTC y el sumatorio de temperatura.	24
Figura 9. Medias del CTC a partir de diferentes temperaturas máximas de, 24,26, 28 y 30°C y mínimas efectivas de 18 y 20°C.	25
Anexo 1. Cálculos en Excel de curvas de temperatura, sumatoria de temperatura y CTC con temperatura mínima efectiva de 18 °C.	30
Anexo 2. Vinculación de los resultados obtenidos a la hoja de datos de producción y cálculo de CTC con el resto de temperaturas mínimas utilizadas. .	31
Anexo 3. Cálculo de temperatura media general y creación de gráficos complementarios	32
Anexo 4. Regresión lineal de la temperatura am en todas las granjas camaroneras	33
Anexo 5. Regresión lineal de la temperatura pm en todas las granjas camaroneras	33

1. Marco Teórico

1.1. Generalidades del camarón

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* es una especie nativa de la costa oriental del Océano Pacífico, que se distribuye desde el norte de México, hasta Perú en Sudamérica, donde generalmente la temperatura del agua es casi constante durante todo el año, superando los 20 °C y salinidades variables, entre 2 y 40 ups (FAO, 2009).

La primera puesta en cautividad se logró en Florida en el año de 1973 con nauplios recogidos del medio natural, pero fueron 3 años más tarde, con el descubrimiento de la ablación unilateral del pedúnculo ocular para promover la maduración, y los requerimientos nutricionales de la especie, cuando inició la producción a escala comercial en Centro y Sudamérica, donde luego se extendió hacia todo el mundo (FAO, 2009). En América Latina se dio una tendencia de crecimiento muy rápida, debido a las condiciones propicias para su desarrollo, alcanzando un pico de producción de 193 000 toneladas en el año de 1998, de las cuales 115 000 provenían de Ecuador, sin embargo, la irrupción de una enfermedad producida por el virus de la mancha blanca, redujo la producción en el año 2000 a 143 000 toneladas en todo el continente (FAO, 2009) y (Piedrahita, 2018).

Todos estos eventos patológicos llevaron a muchos avances en la Camaronicultura, desde programas de mejora genética, hasta un control exhaustivo de la bioseguridad y manejo en las instalaciones, haciendo que la mayoría de países asiáticos y de Latinoamérica, establecieran leyes estrictas de cuarentena o vedas para evitar la importación de nuevas cepas patógenas que puedan afectar a la producción y afectar la economía.

1.2. Importancia del camarón *Litopenaeus vannamei* en el mundo

Actualmente el camarón es considerado como uno de los principales productos de acuicultura, especialmente la especie *Litopenaeus vannamei* debido a su rápido crecimiento y adaptación a diferentes tipos de ambientes. En los últimos años, la producción de camarón ha incrementado de manera exponencial, alcanzando los 4 569

millones de TM en 2021 (Fig.1), siendo los países asiáticos los que producen aproximadamente el 65% de la producción mundial, seguido de las Américas con el 30%, donde Ecuador es el principal protagonista, superando las 940 000 TM en 2021, con un valor de \$4,6 billones en exportaciones (Jackson L. , 2021).

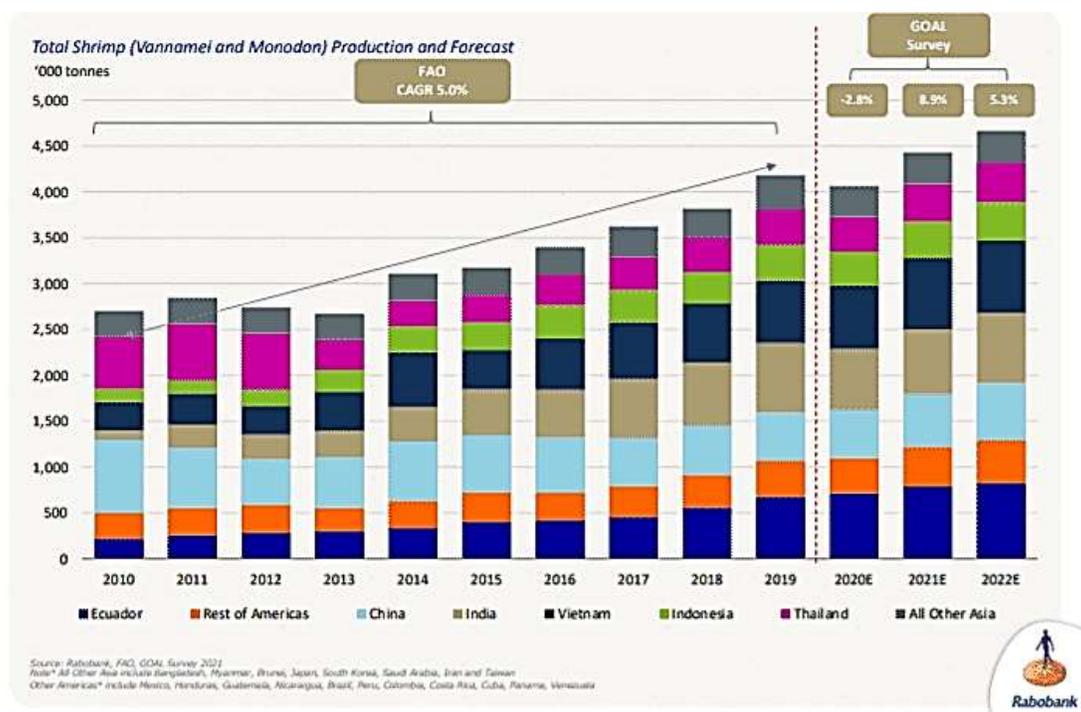


Figura 1. Producción mundial de camarón para *P. vannamei* y *P. monodon* desde el año 2010 hasta el 2019, incluidas las cifras incluidas las cifras estimadas para 2020-2022.
Fuente. Global Seafood Alliance, FAO, Goal Survey 2020, de: <https://thefishsite.com/articles/global-shrimp-production-sees-significant-growth-in-2021-gorjan-nikolik-rabobank>.

Estados Unidos y China encabezan la lista como los mayores compradores de crustáceos a nivel mundial, con un 41% y 25%, siguiendo en la lista Japón con el 8% del total importado, España con el 6% y Francia con el 5,4%, alcanzado un valor total en importaciones de \$21.84 billones (CAMA E, 2022).

Europa es el tercer comprador más importante de camarón y es un mercado de gran interés ya que la producción interior seguirá siendo muy pequeña y será dirigida para nichos locales de gama alta, por lo tanto, seguirá dependiendo de las importaciones para abastecer la demanda de producto al por mayor (Seafoodsource, 2020).

1.3. Sistemas de producción

Para la obtención de larva los reproductores son colocados en tanques de maduración donde se alimentan con una mezcla de alimento fresco y artificial para la inducción de la puesta, además de efectuarse la ablación del pedúnculo ocular a las hembras. Luego del desove, los nauplios son recogidos y desinfectados para colocarlos en tanques de mantenimiento hasta llegar a un tamaño de PL12 o directamente a los tanques de cría, y luego ser llevadas a tanques de tierra.

En muchas granjas de engorde las larvas son colocadas en precrías o raceways para ayudar a mejorar la supervivencia y reducir los días de producción, gracias a que se da un mejor control de los parámetros físico-químicos y de la alimentación, de esta manera se ha logrado alcanzar excelentes rendimientos finales sin necesidad de aumentar la densidad (Piedrahita, 2018). Existen 4 técnicas de engorde que se pueden clasificar en 3 categorías:

1.3.1. Extensiva:

Considerada como la técnica más ecológica ya que no requiere el uso de equipos de aireación o de bombeo, se realizan en tanques de tierra que pueden llegar a medir más de 30 ha, donde los animales son colocados a una densidad de 2-10 ind/m² y el rendimiento va a depender de la productividad primaria del sistema al ser la principal fuente de alimento, llegando a los 50-500 kg/ha distribuidos hasta en 2 cosechas al año (FAO, 2009; Figueroa, 2002).

1.3.2. Semi-intensiva:

Es la técnica más utilizada en la mayoría de países en vía de desarrollo, que implica, además de la fertilización de las piscinas, utilización de pienso compuesto, recambios diarios y aireación moderada en algunos casos. La densidad de siembra puede variar entre 10-30 ind/m² y generalmente se desarrollan en piscinas de 1 a 8 ha, los rendimientos pueden variar entre 500 y 3000 kg/ha en 2 o 3 cosechas al año (FAO, 2009; Figueroa, 2002).

1.3.3. Intensiva:

Es una técnica donde se trabaja con altas densidades, aproximadamente entre 40 y 300 ind/m². Se debe drenar y dejar secar muy bien los tanques antes de iniciar un nuevo ciclo debido a la gran cantidad de materia orgánica producida, el tamaño de las piscinas varía entre 0,5 y 2 ha para un mejor manejo de los organismos y pueden ser de cemento o de polyster, la aireación deber ser continua al igual que los recambios y la alimentación se basa netamente en pienso artificial, implica mayores costes de producción, pero mayores ganancias (FAO, 2009; Figueroa, 2002).

1.4. Modelos de Crecimiento en Acuicultura

Los modelos de crecimiento, son modelos matemáticos con una importante aplicación en el campo de acuicultura, ya que permiten hacer una predicción del tiempo que tardará una especie en alcanzar un peso determinado, lo que ayuda a mejorar la planificación y gestión de la producción, en función de un conocimiento más preciso de la biomasa existente y la cantidad de alimento a ser suministrado, permitiendo así la reducción de costos (Powell, Tansil, France, & Bureau, 2019).

Existen diversos modelos establecidos por algunos autores y que han sido ajustados para obtener datos más exactos sobre el crecimiento de peces en especial de salmónidos, sin embargo, al hablar de crustáceos, existen pocos trabajos realizados, en especial si hablamos del uso del coeficiente térmico de crecimiento (CTC) propuesto por (Cho & Bureau, 1998), que es a lo que hace referencia en este trabajo.

1.4.1. Modelos asintóticos (Von Bertalanffy - Gompertz – Logístico)

En uno de los trabajos realizados por (Noriega, 2016) se pone a prueba tres modelos estadísticos para estimar cuál de ellos predice mejor el crecimiento de 2 especies de camarones: *L. vannamei* y *L. stylirostri*, donde se utiliza el Criterio de Información de Akaike (AIC), que selecciona el modelo de crecimiento, en base al menor número de parámetros y supuestos que tenga.

El MCBV (Von Bertalanffy, 1938) es un modelo diseñado para describir el crecimiento individual y se basa en un análisis bioenergético, donde no se muestra

ningún punto de inflexión ya que el crecimiento es más rápido desde el inicio y luego va disminuyendo hasta llegar a cero. Está representado por la siguiente ecuación:

$$L(t) = L_{(\max)} \times (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Por otro lado, tanto el modelo Logístico como el modelo de Gompertz están representados por una curva sigmoidea y un punto de inflexión en la misma, sin embargo, la diferencia entre ambos es que en el modelo de Gompertz la línea no es simétrica y en el logístico sí (Noriega, 2016). Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Logístico: } L(t) = L_{(\max)} / (1 + e^{-k_2(t-t_1)})$$

$$\text{Gompertz: } L(t) = L_{(\max)} \times e^{-e^{-k_3(t-t_2)}}$$

Donde, t es la edad a la longitud L(t), L (max) es el promedio de la longitud máxima que alcanza el organismo, k es un parámetro de curvatura que determina la rapidez para alcanzar L (max), t₀ es la edad en la que la longitud del organismo es 0, k₂ la tasa relativa de crecimiento, k₃ la tasa de decaimiento exponencial de la tasa de crecimiento relativa (años), t₁ es el punto de inflexión de la curva sigmoidea, t₂ es lnλ K₃ y λ: es la tasa de crecimiento relativa inicial teórica a la edad cero (años).

Como resultado de este estudio, el modelo de Gompertz fue el que mejor describió el crecimiento para ambas especies, concluyendo que está representado por una curva sigmoidea, donde al inicio es menor, luego aumenta y al final se mantiene.

1.4.2. Tasa de crecimiento específico (SGR)

A diferencia de los mamíferos, los peces y crustáceos exhiben un crecimiento más indeterminado, es decir que pueden continuar con su crecimiento incluso después de alcanzar su madurez sexual, este crecimiento de tipo exponencial, usualmente se aplica con el modelo de tasa de crecimiento específico (SGR) considerado como el método más utilizado, especialmente en crustáceos (Powell, Tansil, France, & Bureau, 2019). También llamado tasa de crecimiento instantáneo, es un modelo basado en el logaritmo natural del peso corporal y fue establecido a partir del trabajo del matemático Thomas Maltus, con la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de crecimiento específico (SGR)} = 100 \times (\ln Pf - \ln Po) / t$$

Donde, Pf es el peso corporal final (g), Po es el peso corporal inicial (g) y t es el tiempo.

A pesar de su amplio uso, se puede considerar como un modelo no apropiado, ya que se ha demostrado que puede subestimar la ganancia entre los pesos utilizados en el cálculo o sobrestimar significativamente el peso corporal previsto cuando se extrapolan los datos, al ser dependiente del peso del animal (Bureau, Azevedo, Tapia Salazar , & Cuzón , 2000). Además, el crecimiento de peces y crustáceos se ve influenciado por la temperatura, por ende, las comparaciones de SGR solo válidas entre animales que han sido criados en las mismas condiciones (Powell, Tansil, France, & Bureau, 2019).

1.4.3. Modelo de simulación dinámica de crecimiento

Este estudio basado en un modelo ya existente en tilapia, fue desarrollado por (Mishra, Verdegem, & Van Dam, 2002), donde se tuvieron en cuenta los procesos químicos y fisiológicos del camarón, que involucran: alimentación, digestión, asimilación, respiración, excreción; además de los factores ambientales.

El modelo se dividió en 6 módulos: Muda, Consumo de alimento, Digestión y biosíntesis, Metabolismo energético, Oxidación y Crecimiento. Se utilizaron diversas ecuaciones y algunas propuestas por Van Dam & Penning de Vries (1995), se redefinieron.

El metabolismo energético se determinó básicamente con el consumo del ATP dirigido al metabolismo alimentario, metabolismo de rutina, metabolismo de muda y metabolismo inicial. Por otro lado, el crecimiento se calculó principalmente en base de la biomasa de proteína total y el nivel de proteína en el cuerpo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso corporal fresco} = PCFo (t - dt) + (\text{tasa de crecimiento}) \times dt$$

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{\text{Biomasa protéica total}}{(\text{nivel de protina en el cuerpo (\%)/100)}$$

Parte de los resultados arrojaron que el crecimiento del camarón es cíclico donde se asumió que la ganancia de proteína es un 20% del peso fresco total, además, los

mayores rendimientos obtenidos durante la alimentación, fueron con 45% de proteína en la dieta, lo que coincidió con varios autores que afirman que los valores óptimos están por encima del 40%. Por lo tanto, se puede decir que el modelo logra predecir correctamente el efecto de todas las variables mencionadas, lo que proporcionará una idea más clara de las interacciones entre el crecimiento y los parámetros de crecimiento de los camarones.

1.4.4. Modelo de coeficiente de crecimiento de la unidad térmica (CTC)

A diferencia del SGR, este modelo toma en cuenta el efecto de la temperatura del agua sobre el crecimiento del individuo, lo que permite una comparación más representativa del de crecimiento, incluso entre animales de diferentes tamaños y criados a temperaturas distintas (Powell, Tansil, France, & Bureau, 2019).

Es un modelo energético propuesto por Cho y Bureau (1998), para determinar cómo influye la temperatura en el crecimiento de las especies, este concepto involucra una acumulación térmica que se presenta durante un periodo de tiempo determinado, y se deriva del modelo propuesto por (Parker & Larkin, 1959).

La ecuación para estimar la trayectoria del crecimiento de un organismo está dada por la siguiente ecuación:

$$CTC = \frac{\sqrt[3]{Pf} - \sqrt[3]{Pi}}{\sum_{i=1}^n Ti}$$

Donde Pf representa el peso final en gramos, Pi el peso inicial en gramos, $\sum_{i=1}^n Ti$ es la sumatoria de las temperaturas efectivas medidas diariamente.

Un estudio realizado por (Powell, Tansil, France, & Bureau, 2019) para el análisis de la trayectoria del crecimiento del camarón *L. vannamei*, hace una comparación entre la capacidad predictiva de los dos modelos CTC y SGR, cuyos resultados determinaron que el mejor modelo aplicable es el CTC.

2. Justificación y Objetivos

Es ampliamente conocida la gran importancia que tiene el camarón en el sector de la acuicultura, al ser uno de los productos con mayor comercialización y demanda a nivel mundial. Para poder mantener ese papel tan destacado y altamente competitivo, se debe garantizar no solo una alta calidad o sostenibilidad ambiental, sino a una mejora en el control y manejo de todos los factores que la producción engloba (Sánchez & González, 2021) y (Araneda, Hernández, Domínguez-May, Vela, & Eucario Gasca-Leyva, 2018). Debido a esto, y a todas las incertidumbres que rodean los costos de producción, es que se debe desarrollar herramientas precisas para mejorar la comprensión del crecimiento de los organismos y predecir escenarios más acordes con la realidad (Dumas, France, & Bureau, 2010).

Si bien existen estudios que involucran la aplicación de diversos modelos matemáticos para la predicción del crecimiento en distintas especies de camarón, solo uno de ellos realizado por Bureau et al. (2019), toma en consideración el coeficiente térmico de crecimiento (CTC) como referencia de trabajos anteriores realizados en peces, aplicándolo en un sistema de producción intensivo.

Por esta razón, el presente trabajo utiliza este modelo energético desarrollado por Cho y Bureau (1998), empleándolo al registro productivo de diversas camaroneras en Ecuador que utilizan un sistema de producción semi intensivo, ya que no existen trabajos a excepción del mencionado anteriormente, que tomen en consideración la temperatura como factor influyente en el crecimiento del camarón blanco del pacífico (*L. vannamei*).

2.1. Objetivo General

- Obtener un modelo de crecimiento del camarón blanco del pacífico a partir del uso del Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC), con datos productivos obtenidos de granjas camaroneras en Ecuador.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la capacidad del CTC como modelo óptimo para representar el crecimiento del camarón.

- Comparar el modelo CTC con el resto de modelos de crecimiento.

3. Materiales y métodos

3.1. Zona de estudio

Para el presente trabajo se utilizaron datos de producción reales de 8 fincas camaroneras ubicadas en Ecuador, distribuidas en dos zonas: El Golfo de Guayaquil y la Isla Puná (Fig. 2). Donde la temperatura mínima del agua no está por debajo de los 21°C y en algunas ocasiones alcanza los 32°C, además, la salinidad del agua oscila entre 22,85 ‰ y 34,69‰.

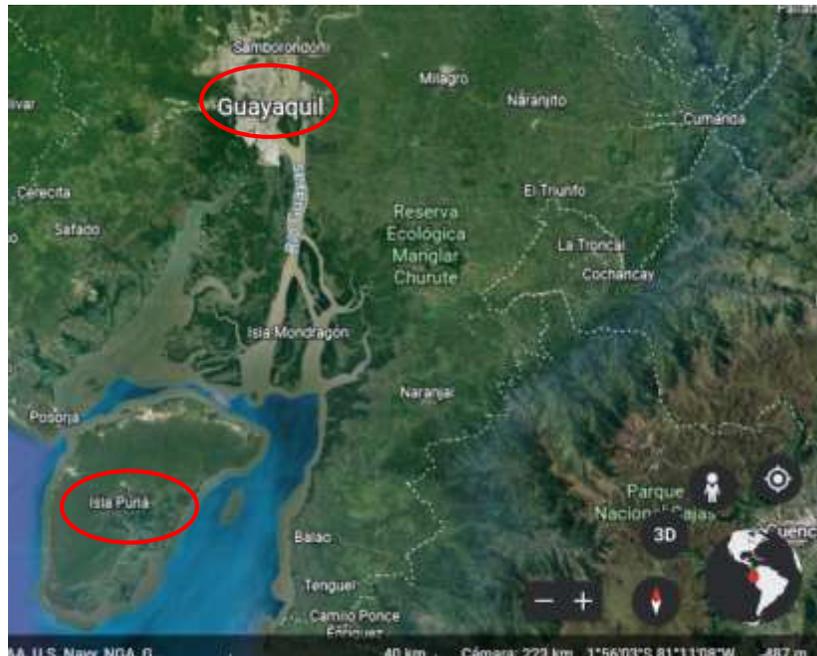


Figura 2. Área de Estudio.

Fuente. Google Earth. Recuperado el 18 de agosto de 2022, de: <https://earth.google.com/web/search/Guayaquil,+Ecuador>.

3.2. Datos recopilados

Del número de campamentos mencionados se utilizaron un total de 208 lotes para el presente estudio, cuyos parámetros de producción se encontraban distribuidos en 2 hojas de Excel, que luego se utilizaron para proceder a completar la base de datos, entre los que se incluye: la zona de ubicación de las fincas camaroneras, el nombre de los

campamentos, número de la piscina, la superficie de las piscinas que oscila entre 0-5,5-10, 10-15, 15-20 y >20 ha, la fecha de inicio y final del ciclo de crecimiento, el número de días de producción/lote que fue de 131 días promedio, un peso de siembra de 0,17 g en promedio, un peso de cosecha de 22.4 g en promedio, el tipo de alimentación suministrada (voleo, alimentación automática e hidrófonos), tasa de crecimiento específico (SGR), crecimiento diario y la temperatura diaria (am-pm).

3.3. Creación de la base de datos:

La base de datos fue creada a partir de los datos recopilados en cada uno de los campamentos a partir del año 2015 hasta el 2018 y se realizó de la siguiente manera:

La primera hoja de cálculo que contaba con los datos diarios de temperatura y oxígeno a lo largo de los 3 años en cada campamento, fue completada con el promedio de los dos primeros y dos últimos días de la celda donde no había ningún valor, siempre y cuando el número de celdas vacías era mínimo en relación el número de días que tardó el ciclo. En el caso de los lotes que no contaban con el registro completo de temperatura tanto en la mañana como por la tarde, fueron descartados.

Una vez finalizado, se añadieron diversas celdas para hacer proceder con el cálculo del CTC, donde se colocaron los valores de:

- Peso inicial
- Peso final
- Promedio entre las temperaturas AM-PM
- Sumatorio de temperatura
- Temperatura mínima efectiva
- CTC
- Curva de crecimiento

En la segunda hoja de cálculo se eliminaron los lotes descartados previamente y se añadieron celdas para: el CTC calculado sin TME, con 18, 20 y 22°C, sumatorio de temperatura y gramos/día.

3.4. Curvas de temperatura

Para establecer las curvas de temperatura en cada uno de los campamentos, se hizo un promedio de los valores medidos diariamente en cada uno de los lotes, tanto en la mañana como en la tarde, y se colocaron en una tabla con una distribución para el 2016, 2017 y 2018. A partir de este resumen se calculó nuevamente el promedio de la temperatura de los tres años y se procedió a realizar los gráficos.

3.5. Cálculos

A partir de los datos recopilados se realizaron algunos cálculos para completar la tabla, donde el más relevante para este trabajo fue el CTC. A continuación, se describe la obtención de cada uno de ellos:

- Suma de grados efectivos

$$\Sigma^{\circ}Cef = \sum_{i=Mes\ ini}^{Mes\ fin} (T^a\ media_i - T^a\ ef) \times N^{\circ}días\ lote\ i$$

Donde i representa los meses de producción de un lote y $T^a\ ef$ es la temperatura mínima efectiva.

La temperatura efectiva se puede definir como la temperatura mínima en que una especie puede desarrollarse sin problema (Atwood et al. 2003), y denota el valor correspondiente a las necesidades calóricas de mantenimiento de la especie. En el caso del camarón se toma como referencia una temperatura efectiva de 18°C, ya que lo menciona Bureau et al. (2000), aunque se considera también 20 y 22 °C.

- Coeficiente térmico de crecimiento

$$CTC = \frac{\sqrt[3]{Pf} - \sqrt[3]{Pi}}{\Sigma^{\circ}Cef}$$

Donde Pf representa el peso final en gramos y Pi el peso inicial en gramos.

- Incremento de gramos por día

$$\frac{\text{gramos}}{\text{día}} = \text{Peso final} \div \text{N}^\circ \text{ días de producción}$$

- Tasa de crecimiento específico

$$\text{Tasa de crecimiento específico (SGR)} = 100 \times (\ln Pf - \ln Po) / t$$

Donde, Pf es el peso corporal final (g), Po es el peso corporal inicial (g) y t es el tiempo.

3.6. Cálculo y análisis estadístico

Se utilizaron 2 programas, Excel para el cálculo de CTC, promedios y obtención de la curva de temperatura durante todo el periodo de producción para cada campamento y Statgraphics para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de los parámetros establecidos: CTC, crecimiento (g/día), y SGR, en función de 4 factores: mes de inicio del lote, tamaño de estanque (< 5, 5-10, 10-15 y >20 Has), año y sistema de alimentación. Para esto se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, donde se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando el valor de $P < 0.05$ empleando el Test de Student-Newman-Keuls. Las letras distintas muestran las diferencias significativas dentro de un mismo grupo.

4. Resultados

4.1. Curvas de temperatura

Como se puede observar en la figura 3 donde se muestra el comportamiento de la temperatura del agua en cada uno de los campamentos, el pico más alto lo tienen los meses de marzo a mayo en la mayoría de casos, luego se evidencia un notable descenso de temperatura en el mes de junio hasta finales de agosto y finalmente vuelve a subir nuevamente a partir de septiembre. Esto se debe a que, en los meses de invierno, a pesar de las lluvias, la temperatura del agua se mantiene entre los 29 y 30°C y en los meses de marzo, abril y mayo los días son mucho más soleados, por ende, se alcanzan picos de hasta 35°C. Por otro lado, junio, julio y agosto que son los meses de verano, la temperatura oscila entre los 25 y 30°C, en parte por el viento fresco que está presente en esta temporada.

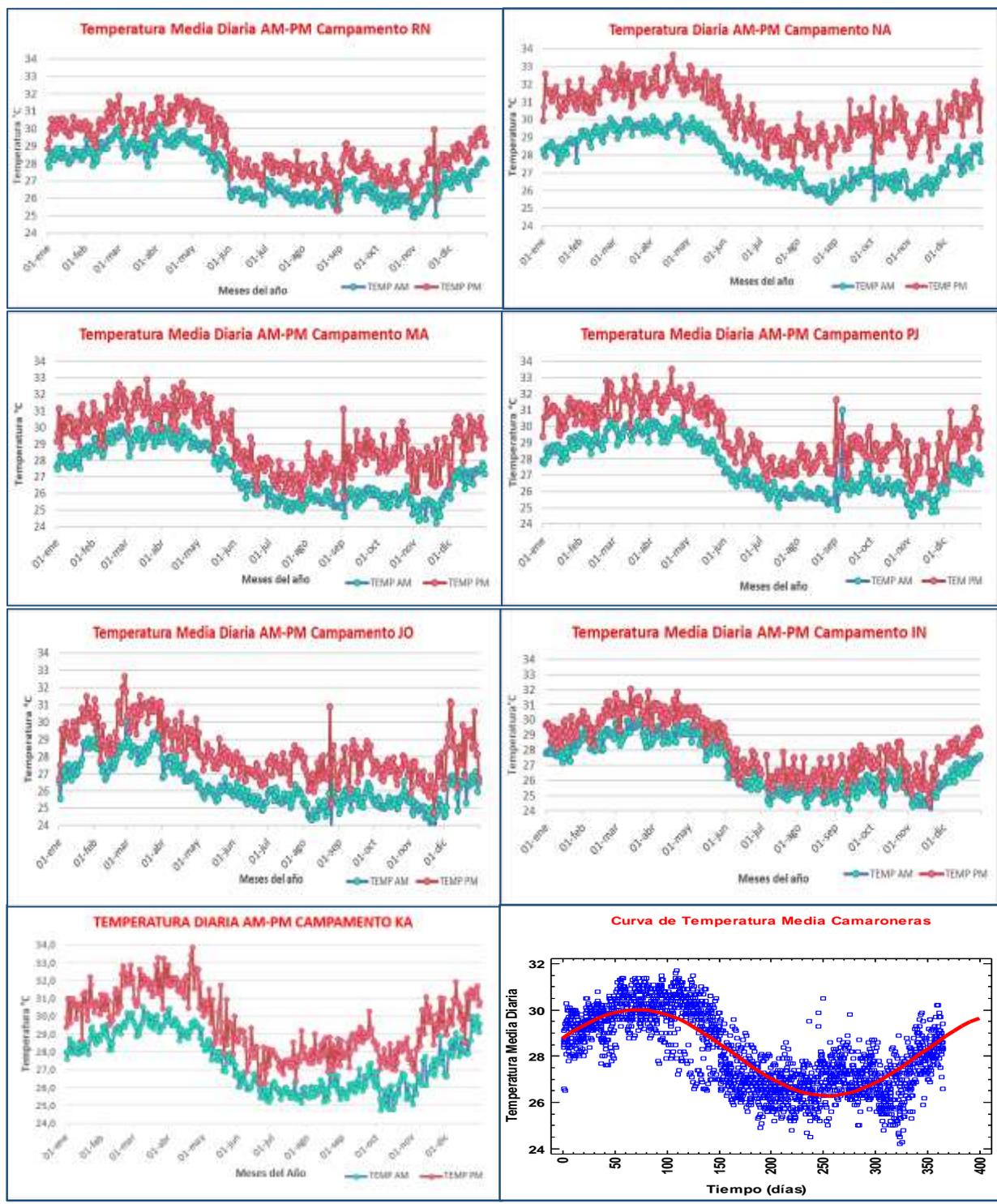


Figura 3. Curva y regresión lineal de temperatura media mensual de los 8 campamentos estudiados.
Fuente. Creación propia.

4.2. Caracterización del Coeficiente Térmico de Crecimiento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis estadístico ANOVA de los diferentes parámetros de producción establecidos: CTC, crecimiento (g/día), y SGR, en función de 4 factores: mes de inicio del lote, tamaño de estanque, año y sistema de alimentación.

En la tabla 1 se observan los valores del CTC calculadas en función del año de producción, donde se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para cada año.

Tabla 1. Efecto del año de producción en el Coeficiente Térmico de Crecimiento del camarón, Tasa de Crecimiento Específica y crecimiento diario.

Año	N° de Lotes	CTC \pm EE	SGR \pm EE	gr/día \pm EE
2015	15	0,001408 c \pm 0,000079	3,70 \pm 0,16	0,1583 b \pm 0,0062
2016	66	0,001610 b \pm 0,000037	3,82 \pm 0,08	0,1753 a \pm 0,0029
2017	127	0,001823 a \pm 0,000027	4,00 \pm 0,06	0,1723 a \pm 0,0021
Nivel Sig.		$P < 0,05$	No significativo	$P < 0,05$

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05\%$)

En la tabla 2 se presentan los resultados de crecimiento en los diferentes campamentos, donde parece que el campamento IN los camarones tienen un mayor crecimiento, y menor en el PJ, sin embargo, no se presentan diferencias significativas para ningún parámetro estudiado.

Tabla 2. Crecimiento correspondiente a cada granja camaronera: Coeficiente Térmico de Crecimiento, Tasa de Crecimiento Específico y Crecimiento Diario

Granja	N° de Lotes	CTC ± EE	SGR ± EE	g/día ± EE
IN	27	0,001931 ± 0,000062	4,09 ± 0,120229	0,1869 ± 0,0045
JO	4	0,001907 ± 0,000161	3,73 ± 0,312365	0,1775 ± 0,0117
MA	25	0,001743 ± 0,000064	3,75 ± 0,124946	0,1716 ± 0,0047
KA	15	0,001730 ± 0,000083	3,84 ± 0,161305	0,1618 ± 0,0060
RN	62	0,001715 ± 0,000041	3,89 ± 0,0799885	0,1659 ± 0,0030
CR	1	0,001678 ± 0,000322	4,37 ± 0,62473	0,1950 ± 0,0234
NA	53	0,001657 ± 0,000044	4,08 ± 0,0858132	0,1778 ± 0,0032
PJ	21	0,001605 ± 0,000070	3,70 ± 0,136327	0,1644 ± 0,0051
Nivel de sig.		No significativo	No significativo	No significativo

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05\%$)

Por otro lado, en la tabla 3 se comprueba que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las medias calculadas para el CTC y gramos día para el tipo de alimentación, mientras que para la tasa de crecimiento específico (SGR) tanto la alimentación por voleo como la alimentación automática por una parte, y voleo con hidrófonos por otra, comparten el mismo grupo homogéneo, siendo la alimentación automática y la alimentación mediante hidrófonos las que presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Tabla 3. Efecto del tipo de alimentación en el Coeficiente Térmico de Crecimiento del camarón, la Tasa de Crecimiento Específico y crecimiento diario

Año	N° de Lotes	CTC ± EE	SGR ± EE	g/día ± EE
Hidrófonos	25	0,001665 ± 0,000066	4,16 a ± 0,12	0,1782 ± 0,0049
Voleo	93	0,001725 ± 0,000034	3,97 ab ± 0,07	0,1712 ± 0,0025
A. Automática	90	0,001743 ± 0,000035	3,82 b ± 0,07	0,1717 ± 0,0026
Nivel Sig.		No significativo	$P < 0,05$	No significativo

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05\%$)

Al hacer una comparación en la tabla 4 de las medias obtenidas en el CTC con respecto al tamaño de los estanques, se puede observar que no existen diferencias significativas, y tampoco en los gramos días. Solo existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en el SGR para el tamaño de piscina mayor a veinte hectáreas.

Tabla 4. Efecto del tamaño de la piscina sobre el Coeficiente de Crecimiento Térmico del camarón, Tasa de Crecimiento Específico y crecimiento diario

Tamaño (ha)	N° de Lotes	CTC \pm EE	SGR \pm EE	g/día \pm EE
<5	22	0,001844 \pm 0,000070	3,95 b \pm 0,13	0,1787 \pm 0,0052
5-10	67	0,001683 \pm 0,000040	3,84 b \pm 0,08	0,1690 \pm 0,0029
10-15	80	0,001703 \pm 0,000037	3,95 b \pm 0,07	0,1729 \pm 0,0027
15-20	34	0,001744 \pm 0,000056	3,89 b \pm 0,11	0,1706 \pm 0,0042
>20	5	0,001990 \pm 0,000147	4,70 a \pm 0,28	0,1880 \pm 0,0109
Nivel Sig.		No significativo	$P < 0,05$	No significativo

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05\%$)

En la tabla 5 se puede observar el efecto del mes de inicio del ciclo de crecimiento sobre los diferentes parámetros. En la Tasa de Crecimiento Específico (SGR) no hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para todos los meses de producción, sin embargo, parece que el mes de marzo es el que presenta un mayor valor.

Para el CTC calculado con TME de 18°C, se muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en los lotes que inician en los meses de junio y julio, presentando valores más altos con respecto al resto. Por otro lado, en los meses de diciembre a febrero son los que menor valor de CTC poseen.

Por otro lado, se puede observar un mayor crecimiento diario en octubre, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) únicamente con respecto al mes de mayo, resultados que no coinciden con el mayor ni menor valor de CTC.

Tabla 5. Efecto del mes de producción sobre la Tasa de Crecimiento Específico, el Crecimiento Diario y el Coeficiente de Crecimiento Térmico del Camarón

Mes	N° Lotes	CTC ± EE	SGR ± EE	g/día ± EE
Enero	18	0,001514 de ± 0,000061	4,09 ± 0,15	0,1796 ab ± 0,0056
Febrero	16	0,001444 e ± 0,000065	3,89 ± 0,16	0,1676 ab ± 0,0060
Marzo	17	0,001653 cde ± 0,000063	4,13 ± 0,15	0,1695 ab ± 0,0058
Abril	22	0,001706 bcd ± 0,000055	4,01 ± 0,14	0,1636 ab ± 0,0051
Mayo	15	0,001777 bc ± 0,000067	3,80 ± 0,16	0,1571 b ± 0,0062
Junio	18	0,002075 a ± 0,000061	4,03 ± 0,15	0,1683 ab ± 0,0056
Julio	15	0,002111 a ± 0,000067	3,90 ± 0,16	0,1767 ab ± 0,0062
Agosto	21	0,001915 ab ± 0,000057	3,69 ± 0,14	0,1750 ab ± 0,0052
Septiembre	19	0,001808 bc ± 0,000059	3,83 ± 0,16	0,1776 ab ± 0,0055
Octubre	12	0,001665 cde ± 0,000075	3,88 ± 0,18	0,1848 a ± 0,0069
Noviembre	21	0,001570 cde ± 0,000057	3,98 ± 0,14	0,1813 ab ± 0,0052
Diciembre	14	0,001408 e ± 0,000069	3,82 ± 0,17	0,1662 ab ± 0,0064
Nivel Sig.		p<0,05	No significativo	p<0,05

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05%)

Al hacer el cálculo del CTC sin Temperatura Efectiva, y con los valores de 20°C y 22°C en la tabla 6, se observa una mayor diferencia entre los coeficientes de los lotes que inician en meses de junio a agosto, siendo junio y julio los que presentan los que presentan valores superiores, en comparación con el resto.

Tabla 6. Efecto del mes de producción sobre el Coeficiente de Crecimiento Térmico calculado sin temperatura efectiva, con 18°C, 20°C y 22°C.

MES	N° de Lotes	CTC sin T°E	CTC (18°C)	CTC (20°C)	CTC (22°C)
Enero	18	0,0006162 abc ± 0,000020	0,001514 de ± 0,000061	0,001806 def ± 0,000082	0,002239 ef ± 0,000127
Febrero	16	0,0005795 bc ± 0,0000215	0,001444 e ± 0,000065	0,001732 ef ± 0,000087	0,002165 ef ± 0,000135
Marzo	17	0,0006272 abc ± 0,0000208	0,001653 cde ± 0,000063	0,002022 cde ± 0,000084	0,002603 cdef ± 0,000131
Abril	22	0,0006157 abc ± 0,0000183	0,001706 bcd ± 0,000055	0,002126 cd ± 0,000074	0,002824 cd ± 0,000115
Mayo	15	0,0006109 abc ± 0,0000222	0,001777 bc ± 0,000067	0,002260 bc ± 0,000089	0,003111 bc ± 0,000139
Junio	18	0,0006683 ab ± 0,0000203	0,002075 a ± 0,000061	0,002713 a ± 0,000082	0,003930 a ± 0,000127
Julio	15	0,0006808 a ± 0,0000222	0,002111 a ± 0,000067	0,002761 a ± 0,000089	0,004004 a ± 0,000139
Agosto	21	0,0006460 abc ± 0,0000187	0,001915 ab ± 0,000057	0,002453 b ± 0,000076	0,003425 b ± 0,000117
Septiembre	19	0,0006363 abc ± 0,0000197	0,001808 bc ± 0,000059	0,002275 bc ± 0,000079	0,003070 bc ± 0,000124
Octubre	12	0,0006218 abc ± 0,0000248	0,001665 cde ± 0,000075	0,002048 cde ± 0,000099	0,002661 cde ± 0,000156
Noviembre	21	0,0006144 abc ± 0,0000187	0,001570 cde ± 0,000057	0,001899 def ± 0,000076	0,002403 def ± 0,000118
Diciembre	14	0,0005701 c ± 0,0000230	0,001408 e ± 0,000069	0,001684 f ± 0,000093	0,002095 f ± 0,000144
Nivel de sig.		P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05

Medias con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05%)

5. Discusión

Como parte de los resultados obtenidos se pudo determinar que el tipo de alimentación implementada en las granjas camaroneras tiene un efecto importante sobre el crecimiento del camarón (g/días), colocando al uso de los hidrófonos como uno de los métodos más efectivos, seguido por el voleo y el uso de alimentadores automáticos como método menos efectivo.

Debido a que los crustáceos son animales poiquilotermos, lo que se espera es que la temperatura tenga un efecto influyente sobre su crecimiento (Bureau, Azevedo, Tapia Salazar , & Cuzón , 2000). En algunos estudios realizados en diversas especies de la familia Penaeidae, se ha visto que la temperatura por encima de los 27°C acorta el periodo de crecimiento tanto en larvas como en juveniles, alcanzando un tamaño mucho mayor en relación a organismos que han sido mantenidos en temperaturas inferiores (Maguire & Allan, 1991) y (Victoria, 1998). Dado es el caso estudiado por Jackson y Wang (1998) donde demostraron que *P. monodon* a los 30°C puede alcanzar 34 g de peso, mientras que en 20°C solo llega a los 15 g en el mismo periodo de tiempo.

Para este trabajo no cabe duda que los valores de CTC son mayores en los lotes que inician su ciclo de crecimiento en los meses de junio y julio (Fig. 4), que son los que presentan una menor temperatura media (Fig. 5), para todas las temperaturas efectivas, y que cuando más alta sea la temperatura mínima efectiva utilizada para calcular el CTC, mayor será dicho valor.

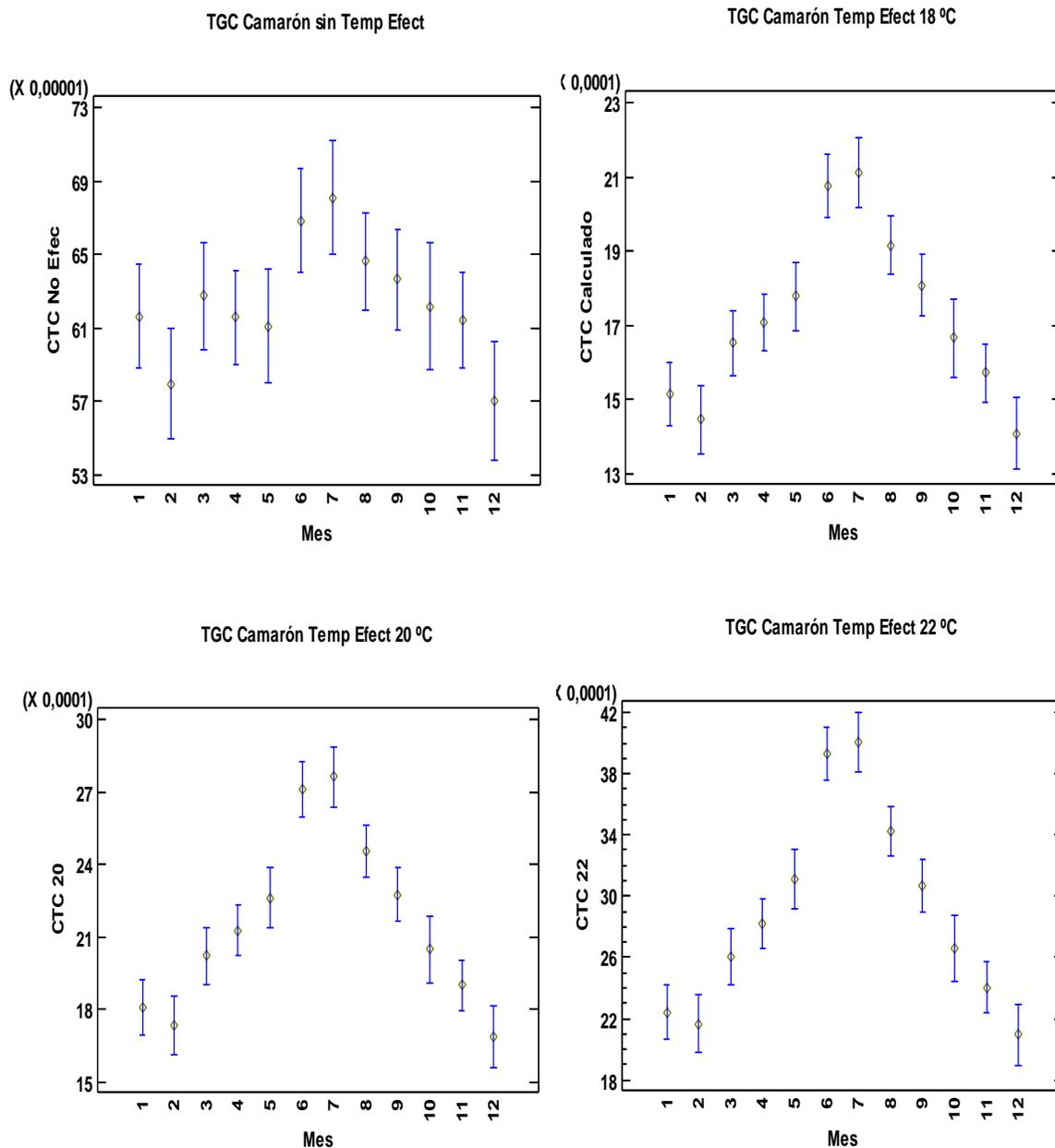


Figura 4. Medias del CTC a partir de diferente temperatura mínima efectiva, de 18, 20, 22°C, y sin temperatura mínima efectiva.

Fuente. Creación Propia.

Por el contrario, se puede observar como el valor de CTC es más bajo en los lotes que inicial su ciclo de crecimiento en los meses de diciembre a febrero, que son los de mayor temperatura media, lo que se ve reflejado como una correlación negativa entre ambos parámetros. Pero los resultados con el resto de los parámetros de crecimiento

son diferentes, pues el SGR apenas presenta diferencias en el mes de agosto que es relativamente menor y los gramos/día son mayores en octubre y noviembre, pero sin diferencia con los demás meses a excepción de mayo.

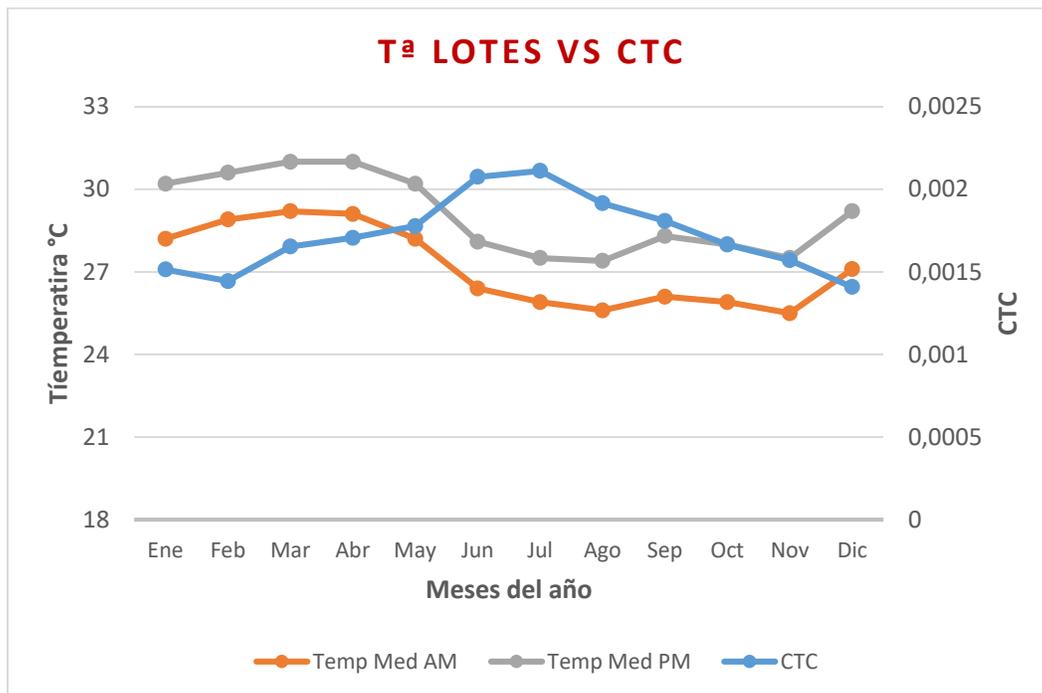


Figura 5. Temperatura °C del mes de inicio vs CTC.
Fuente. Creación Propia.

En un trabajo reciente (Borbor, 2020), se muestra un comportamiento similar entre los valores de CTC y los meses con mayor y menor temperatura, aunque se obtuvieron valores más altos de CTC (18°C), promedio 0,00297 frente a 0,00172 en el presente estudio.

Por otro lado, la curva de crecimiento en el trabajo citado (Borbor, 2020) es similar a la nuestra para los meses de marzo, septiembre, octubre y noviembre (Fig. 6), sin embargo, en sus resultados el mayor crecimiento se presenta en los lotes que inician en el mes de junio, y el menor en el mes de enero.

Si bien el crecimiento podría verse afectado por la temporada lluviosa, enero y febrero son los meses con mayor precipitación en el año, pero según la gráfica no son los que menor crecimiento presentan, al contrario, inicia un descenso hasta el mes de mayo (Fig. 6) que son los meses donde las lluvias son cada vez más escasas, alcanzando el pico más bajo de todo el año. Sin embargo, con el único mes que presenta diferencias significativas en (g/día) es octubre con el valor de crecimiento más alto, pero solo respecto a mayo (Tabla 5).

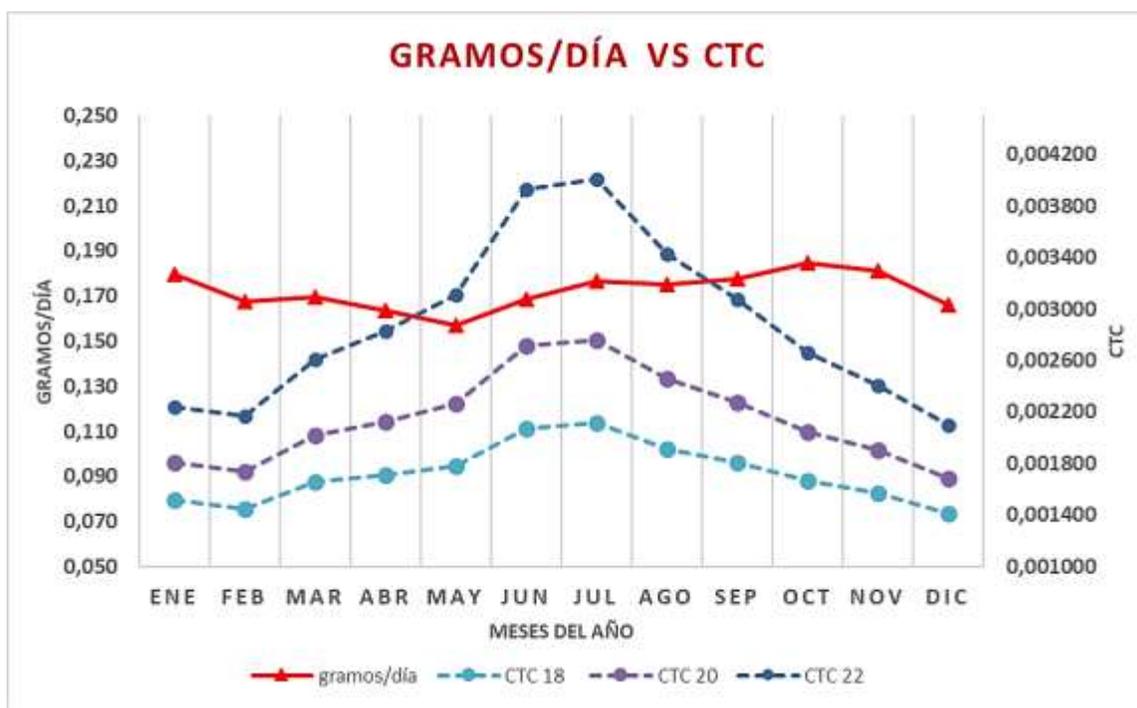


Figura 6. Crecimiento (g/día) vs CTC calculado con 18,20 y 22°C.
Fuente. Creación propia

Analizando las dos figuras anteriores (Fig. 5, Fig. 6), se esperaría que el crecimiento aumentase conforme aumenta el CTC y viceversa, pero no se ve ese comportamiento en los meses de abril, mayo, septiembre y octubre, por lo tanto, en este estudio no se comprueba que los mejores lotes son los que mejor CTC tienen. En base a lo mencionado, se podría decir que en este caso, para el camarón que es una especie cuyo ciclo de producción dura de tres a cuatro meses, el CTC podría estar fallando por el tema de temperaturas altas, ya que al hacer el sumatorio de temperaturas el valor es

muy alto (Fig. 7), lo que se ve reflejado en la obtención de un Coeficiente Térmico más bajo, pero sin un menor crecimiento real, por lo que podría darse el caso de que exista una temperatura máxima que no es efectiva para corregir este modelo de crecimiento.

Figura 7. Medias de Σ de temperatura a partir de diferente temperatura mínima efectiva, de 18, 20, 22°C, y sin

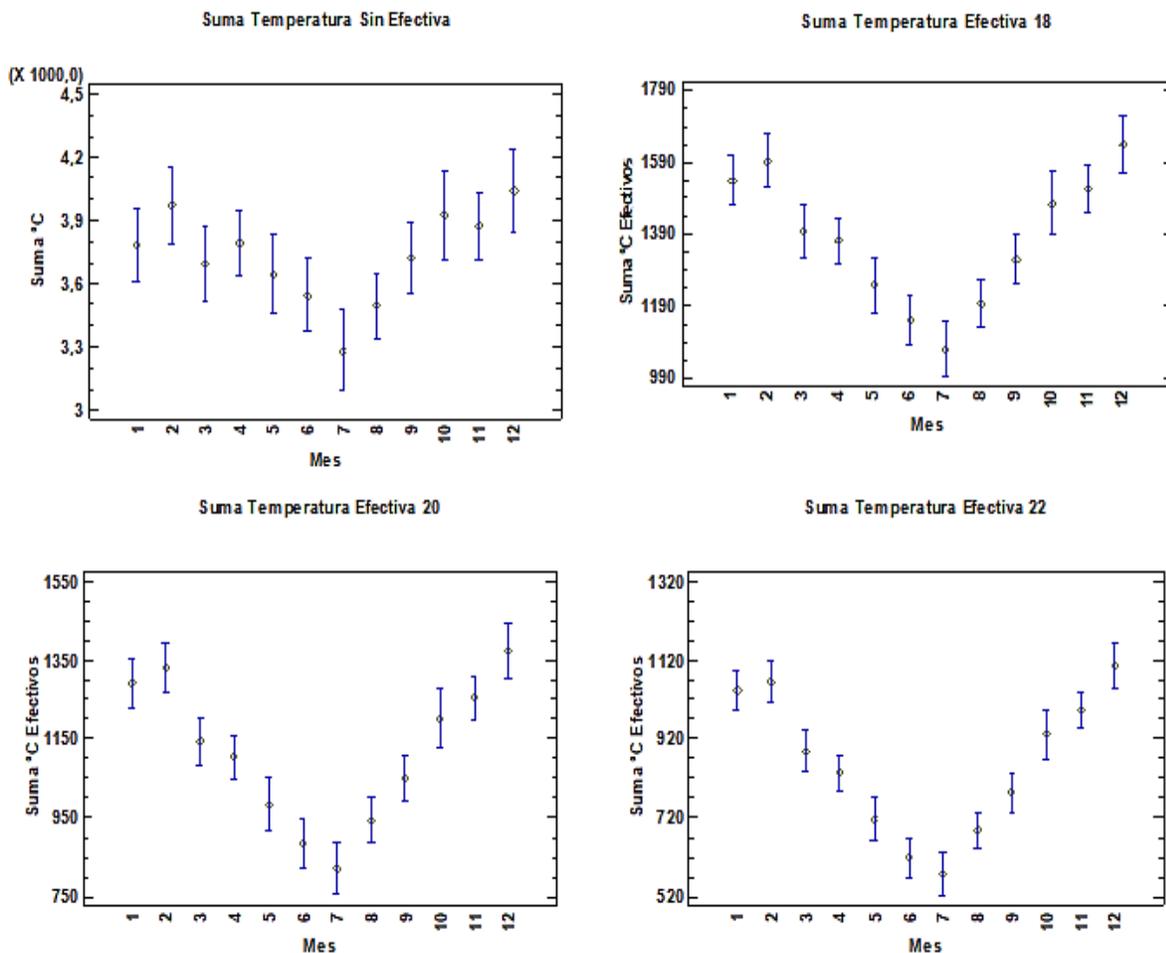


Figura 7. Medias de Σ de temperatura a partir de diferente temperatura mínima efectiva, de 18, 20, 22°C, y sin temperatura mínima efectiva.

Fuente. Creación propia.

El sumatorio de temperatura tiene un efecto claro en el valor del CTC, como puede verse en la figura 8, pues a medida que aumenta el sumatorio, disminuye significativamente el CTC, para todas las temperaturas efectivas consideradas.

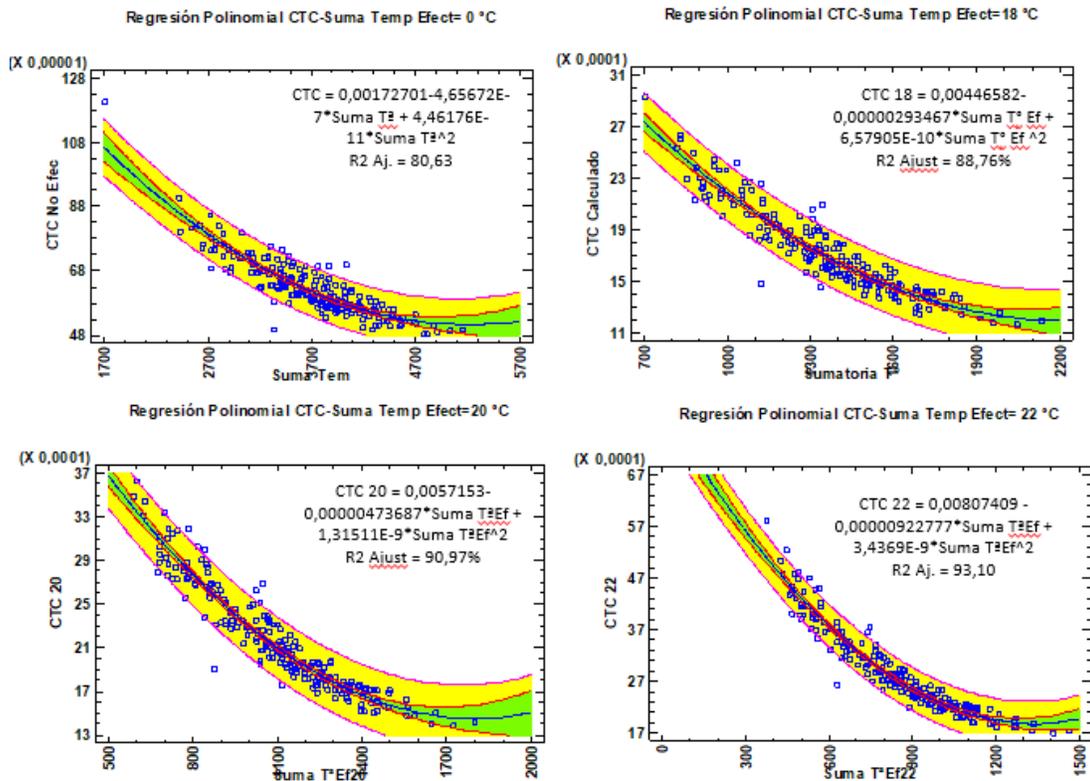


Figura 8. Regresiones matemáticas para el CTC y el sumatorio de temperatura.
Fuente. Creación Propia.

Al estudiar el efecto de considerar una temperatura máxima se obtiene que para 28 y 30°C se mantienen los mayores valores de CTC en junio y julio, pero al considerar 26 y 24°C las diferencias entre los meses desaparecen (Fig. 9), para ambas temperaturas efectivas mínimas de 18 y 20°C, lo que plantea una controversia sobre el modelo de CTC aplicado al camarón, pues el efecto del sumatorio de temperatura distorsiona el valor del CTC, lo que conduce a que se pueda deducir la posibilidad de que exista una temperatura máxima efectiva o una temperatura óptima que según Wyban et al. (1995) es de 27°C.

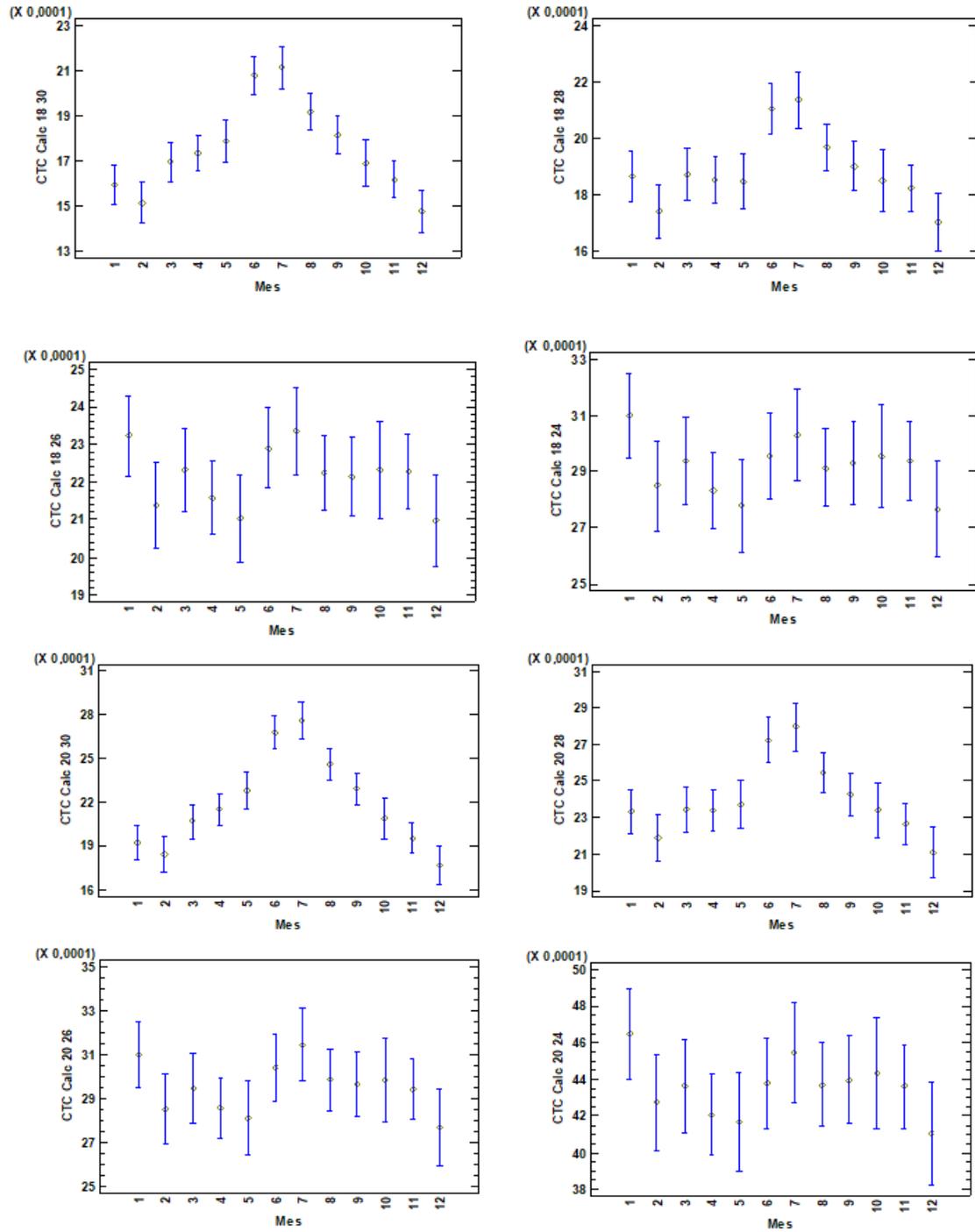


Figura 9. Medias del CTC a partir de diferentes temperaturas máximas de, 24,26, 28 y 30°C y mínimas efectivas de 18 y 20°C.

Fuente. Creación propia.

No obstante, Bureau et al. (2019) usaron el modelo CTC para estudiar el crecimiento de los camarones, aunque sin usar la temperatura mínima efectiva. Estos autores presentaron valores de CTC de, 0,00151 y 0,00152, sin embargo, en este trabajo se hace referencia a que durante el crecimiento aparece un punto de ruptura a los 7,5 g, por lo que el valor del exponente (1/3) no debería ser constante durante todo el ciclo de vida, de manera que ajustando dicho valor obtuvieron un CTC distinto de 0,00863 y 0,00982, lo que se vio reflejado en la obtención de una curva de crecimiento más cercana a la real.

Finalmente, los resultados obtenidos por Bureau et al. (2019) sugieren que se puede utilizar el Coeficiente Térmico de Crecimiento para modelar el crecimiento de camarones peneidos, sin embargo, se debe tener en cuenta que el crecimiento no va a depender solamente de la temperatura, dado que existen otros factores implicados como: el potencial genético, la nutrición, el entorno de producción, el fotoperiodo y el manejo. Por esta razón, dichos resultados no siempre podrán ser replicados con exactitud en otras fincas camaroneras, debido a que las condiciones pueden cambiar según la zona de localización y el personal a cargo, además, se debe tener en cuenta que la variación de temperatura puede ser muy limitada en condiciones tropicales, que es donde se encuentran la mayor parte de las granjas.

6. Conclusiones

- Se logró obtener un modelo de crecimiento del camarón blanco del pacífico, donde se muestra que el Coeficiente Térmico de Crecimiento es mayor durante los meses de verano, junio y julio, que coinciden con las temperaturas más bajas.
- Si bien el CTC tiene un comportamiento distinto durante las dos épocas de año, el crecimiento no va acorde con los valores máximos y mínimos de CTC, puesto que, a pesar de que en los meses de enero y febrero las temperaturas alcanzan los 32°C, los animales no crecen más de lo que lo hacen en junio y julio cuando las temperaturas son más bajas. Por lo tanto, en este estudio se ha considerado que este modelo térmico podría no estar funcionando con temperaturas mayores a 27°C, ya que al hacer el cálculo del CTC con 24 y 26°C, no presenta diferencias significativas, de manera que, para demostrar que el CTC es un modelo apropiado, se requieren más estudios que confirmen los resultados obtenidos en este trabajo.
- Finalmente es importante mencionar los datos de producción utilizados para el estudio, pudieron verse afectados por diversos factores relacionados con el manejo y la alimentación, recordando que este último factor va a ir siempre acorde con la temperatura para alcanzar un óptimo crecimiento, conociendo de antemano que a mayores temperaturas el animal puede no alimentarse de manera adecuada ya sea por la menor capacidad de retención de oxígeno en el agua, o porque al verse acelerado el metabolismo, esa cantidad de energía convertida, no se traduce en crecimiento.

7. Bibliografía

- Powell, C., Tansil, F., France, J., & Bureau, D. (27 de Octubre de 2019). Growth trajectory analysis of Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Comparison of the specific growth rate, the thermal-unit growth coefficient and its adaptations. *Aquaculture Research*, 2020, 51: 480-489. doi: <https://doi.org/10.1111/are.14391>
- Araneda, M., Hernández, J., Domínguez-May, R., Vela, M., & Eucario Gasca-Leyva. (2018). Harvest time optimization considering the stocking density and heterogeneity of sizes in the culture of white shrimp in freshwater. *Aquaculture Economics & Management*, 22:4, 431-457. doi:10.1080/13657305.2018.1431331
- Atwood, H., Tomasso, J., Weeb, K., & Gatlin III, D. (2003). Low temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors. *Aquaculture Research* 34 (3), 241-251.
- Borbor, P. L. (2020). Trabajo fin de Máster: DISEÑO DE GRANJA CAMARONERA EN ECUADOR . Valencia, Comunidad Valenciana, España.
- Bureau, D., Azevedo, P., Tapia Salazar, M., & Cuzón, G. (1 de Enero de 2000). Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. *Research Gate*, 111-140. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/228599040_Pattern_and_cost_of_growth_and_nutrient_deposition_in_fish_and_shrimp_Potential_implications_and_applications
- CAMAE. (27 de Abril de 2022). *Cámara Marítima del Ecuador*. Obtenido de Países mayores importadores de camarón y langostinos en el mundo: <http://www.camae.org/camaron/paises-mayores-importadores-de-camaron-y-langostinos-en-el-mundo/>
- Cho, C., & Bureau, D. (1998). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11, 199-210.
- Dumas, A., France, J., & Bureau, D. (11 de Enero de 2010). Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going? *Aquaculture Research*, 41(2), 161-181. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02323.x>
- FAO. (2009). *Cultured aquatic species fact sheets*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm
- Figuroa, J. L. (2002). El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas. *ContactoS* 43, 41-54. Obtenido de <https://cesasin.mx/wp-content/uploads/2017/12/Cam-Actualidades-en-el-cultivo-de-camaro%CC%81n.pdf>
- Jackson, C., & Wang, Y.-G. (1998). Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density. *Aquaculture Research* 29, 27-36.

- Jackson, L. (18 de Noviembre de 2021). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de GOAL 2021: Growth ahead for the aquaculture industry: <https://www.globalseafood.org/advocate/goal-2021-growth-ahead-for-aquaculture-industry/>
- Maguire, G., & Allan, G. (15-17 de Abril de 1991). Effects of temperature on growth, food consumption and food conversion of *Penaeus monodon*, *Penaeus plebejus* and *Metapenaeus macleayi*. *Proceeding of the Aquaculture Nutrition Workshop*, 97-99.
- Mishra, A., Verdegem, M., & Van Dam, J. (Enero de 2002). A Dynamic Simulation Model for Growth of Penaeid shrimps. *World aquaculture* , 449-470.
- Noriega, E. A. (2016). Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multi-modelo. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 44 (3), 480-486. Obtenido de <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-6>
- Parker, R., & Larkin, P. (1959). A concept of growth in fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 16, 721-745. doi:<https://doi.org/10.1139/f59-052>
- Piedrahita, Y. (23 de Julio de 2018). *Global Seafood Alliance* . Obtenido de La industria de cultivo de camarón en Ecuador, parte 1: <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>
- Sánchez, I., & González, I. (Noviembre de 2021). Monitoring shrimp growth with control charts in aquaculture. *Aquacultural Engineering* , 95(102180), 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102180>
- Seafoodsource. (2020). *Seafood Source*. Obtenido de El potencial del mercado europeo para el camarón blanco del pacífico: https://www.cbi.eu/sites/default/files/el_potencial_del_mercado_europeo_para_el_camaron_blanco_del_pacifico_def_0.pdf
- Van Dam, A. A., & Penning de Vries, F. W. (1995). Parameterization and calibration of a model to simulate effects of feeding level and feed composition on growth of *Oreochromis niloticus* (L.) and *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 26, 415-425.
- Victoria, L. (1998). Energía metabolizable y eficiencia neta de crecimiento baja el efecto de variaciones medioambientales en el camarón. *IV Simposium Internacional de Nutrición acuícola, Noviembre 15-18, 1998*. La Paz, B.C.S., Mexico.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries of growth laws II). *Hum. Biol*, 10 (2), 181-213.
- Wyban, J., A. Walsh, W., & M. Godin, D. (Diciembre de 1995). Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 138, 267-279. doi:10.1016/0044-8486(95)00032-1

8. Anexos

1	HA					PI	PF						PI	PF								
2	Ciclo					0,3	21,56						1,03	21,36								
3	Piscina					0,33	13,63	94							96B							
4																						
5						T _{min} Efe CTC							T _{min} Efe CTC									
6																						
7																						
8							0,00133															
9		Parámetro					18,00	0,00108		Parámetro					18,00	0,00155		Parámetro				
10	Fecha	Temperatura			T _{media}	Suma T	Crecim		Oxígeno		Temperatura			T _{media}	Suma T	Crecim		Oxígeno		Temperatura		
		PM	AM	PM				AM	PM	AM	PM							AM	PM	AM	PM	
744	12/03/2017	8,4	25,1	26,3	26,0	378,55	12,63	4,4	9,9	24,5	26,8	25,7	737,77	11,66			3,5	PM	8,4	AM	24,3	PM
745	13/03/2017	9,5	26	28,6	27,3	387,85	12,30	4,6	10,8	25,8	27,6	26,7	806,47	11,87			2,9	PM	8	AM	24,4	PM
746	14/03/2017	6,4	25,6	27,3	26,8	396,60	13,10	4,5	8,8	25,6	26,3	26,3	814,72	12,07			3	PM	8,2	AM	24,3	PM
747	15/03/2017	8,5	25,2	28,8	27,0	1005,60	13,31	4,5	9,2	25,7	27,5	26,6	823,32	12,28			4,4	PM	9,8	AM	25,2	PM
748	16/03/2017	8,7	26	27,7	26,3	1014,45	13,52	5,2	10	25,5	27,3	26,4	831,72	12,43			4,7	PM	9,8	AM	25,2	PM
749	17/03/2017	8,2	25,6	28,3	27,3	1023,70	13,74	4,5	9,2	25,8	27,5	26,7	840,37	12,71			4,6	PM	8,8	AM	25,5	PM
750	18/03/2017	6	25,4	26,5	26,0	1031,65	13,93	4,7	7,2	25,8	25,3	25,3	848,22	12,91			4,7	PM	8	AM	25,5	PM
751	19/03/2017	7,5	25,6	27,8	26,7	1040,35	14,14	4	8,6	25,7	26,8	26,3	856,47	13,12			4,8	PM	8,4	AM	26,1	PM
752	20/03/2017	9,9	26,1	27,7	26,9	1043,25	14,36	4,9	8,6	25,7	26,4	26,1	864,52	13,33			5,3	PM	9,3	AM	25,1	PM
753	21/03/2017	8	26,3	27,3	26,8	1058,05	14,58	4,8	8,3	25,5	26,5	26,0	872,52	13,54			5,4	PM	7,7	AM	25	PM
754	22/03/2017	7,1	25,8	27,6	26,7	1066,75	14,79	4,8	7,4	25,4	26,5	26,0	880,47	13,76			4,7	PM	8,7	AM	25	PM
755	23/03/2017		26	27,8	26,9	1075,63	15,02	5		25,7	26,7	26,2	888,68	13,98			4,6	PM		AM	24,8	PM
756	24/03/2017		26,1	27,8	26,9	1084,57	15,24	5,2		25,6	26,7	26,2	896,85	14,20			5,1	PM		AM	25	PM
757	25/03/2017	8,9	26,4	28	27,2	1093,77	15,48	4,4		25,3	26,7	26,0	904,87	14,42			5,5	PM		AM	25,3	PM
758	26/03/2017	8,3	26,5	28,2	27,4	1103,13	15,72		7,7	25,9	27,2	26,6	913,43	14,66				PM	8,7	AM		PM
759	27/03/2017		26,3	28,0	27,5	1112,60	15,97	4		26,4	27,3	26,8	922,26	14,90			5	PM		AM	26,2	PM
760	28/03/2017	8,2	26,7	28,6	27,7	1122,25	16,23	3,3	7	26,4	27,6	27,0	931,26	15,16			4,8	PM	9,3	AM	26,2	PM
761	29/03/2017	6,7	26,8	27,3	27,1	1131,30	16,47	4	7,1	26,0	27	26,5	939,75	15,40			5	PM	8,5	AM	26,4	PM
762	30/03/2017	8	26,5	29,1	27,8	1141,10	16,74	4,4	9,4	26,0	28,8	27,4	949,14	15,67			5	PM	9,8	AM	25,3	PM
763	01/04/2017	3,8	26,5	28	27,3	1150,35	16,93	4,1	10,6	26	28,2	27,1	958,24	15,94			4,7	PM	9,8	AM	25,8	PM
764	02/04/2017	6,4	26	27,1	26,6	1158,30	17,22	4,3	7,2	25,1	26,5	25,8	966,04	16,17			5,4	PM	7,8	AM	26	PM
765	03/04/2017	6,7	26,3	26,7	26,5	1167,40	17,46	4,1	7,7	25,3	26,6	26,0	973,33	16,41			4,7	PM	8,6	AM	25,7	PM
766	04/04/2017	6,6	26	27,4	26,7	1176,10	17,71	3,3	7,4	25,4	26	25,7	981,63	16,64			4,8	PM	7,6	AM	25,6	PM
767	05/04/2017	9	25,3	26,2	25,8	1183,85	17,93	3,7	6,4	24,6	25,8	25,2	988,83	16,86			4,9	PM	9,6	AM	24,8	PM
768	06/04/2017	8,6	25,4	26,6	26,0	1191,85	18,15	4,5	6	25,1	26,1	25,6	996,43	17,10			5,2	PM	8,4	AM	25,1	PM
769	07/04/2017	3,7	26,3	26,9	26,6	1200,45	18,40	5		25,3	26,1	25,7	1004,16	17,34			5,7	PM		AM	26	PM
770	08/04/2017		25,6	26,9	26,3	1208,70	18,64	4,4		25,4	26,1	25,7	1011,83	17,58			4,8	PM		AM	25,6	PM
771	09/04/2017	6,4	26,2	27,2	26,7	1217,40	18,90	4	6,6	25,5	26,3	25,3	1019,73	17,83			4,8	PM	7,1	AM	25,4	PM
772	10/04/2017	7,9	25,2	27,6	26,4	1225,80	19,15	4	7,8	24,6	26	25,3	1027,03	18,06			4,8	PM	8,4	AM	25,7	PM
773	11/04/2017	3,6	25,7	27,1	26,4	1234,20	19,40	4,2	6,5	24,7	25,7	25,2	1034,23	18,29			4,1	PM	8,4	AM	25,4	PM
774	12/04/2017		24	27,4	25,7	1241,87	19,63	4,4	7,4	26,5	26,5	26,5	1042,73	18,57			5,1	PM	8,4	AM	24,5	PM
775	13/04/2017							4,8	9,4	25,7	27,1	26,4	1051,13	18,84			4,6	PM	10,8	AM	25,3	PM

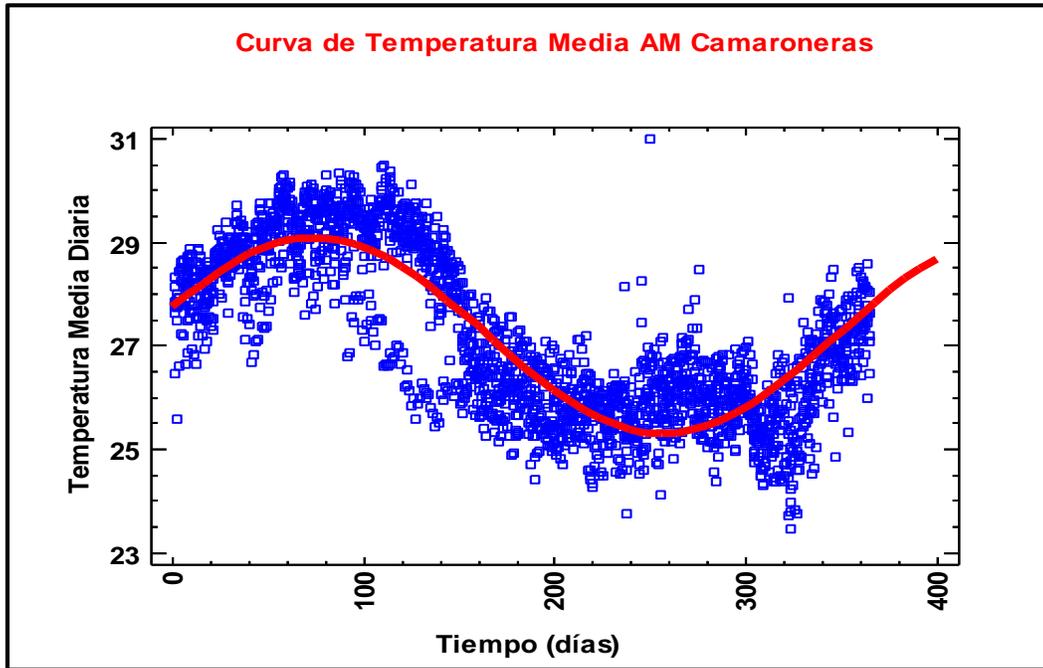
Anexo 1. Cálculos en Excel de curvas de temperatura, sumatoria de temperatura y CTC con temperatura mínima efectiva de 18 °C.

Fuente. Creación propia.

	A	B	D	F	G	H	I	J	AG	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
ZONA	Finca	Piscina	Has S	Año	Mes	FecSiem	FecCose	gr día	Suma Tem	CTC No Efec	Suma T [°] E120	CTC 20	Suma T [°] E122	CTC 22	
2	EA	12NA	5	15	2015	8	16/ago./15	23/ene./16	0,171	4699	0,000543	1499	0,001702	1179	0,002163
3	EA	12NA	29	5	2015	9	15/sep./15	18/feb./16	0,150	4563	0,000514	1443	0,001626	1131	0,002074
4	EA	12NA	9	10	2015	10	18/oct./15	20/feb./16	0,202	3740	0,000651	1240	0,001962	990	0,002458
5	EA	12NA	7	10	2015	11	22/nov./15	23/feb./16	0,223	2848	0,000794	988	0,002287	802	0,002818
6	EA	12NA	138	5	2015	12	27/dic./15	18/may./16	0,153	4419	0,000523	1559	0,001482	1273	0,001815
7	EA	12NA	13	0	2015	12	23/dic./15	30/may./16	0,151	4906	0,000488	1726	0,001387	1408	0,001700
8	EA	12NA	8	10	2016	1	21/ene./16	10/jun./16	0,184	4378	0,000575	1558	0,001616	1276	0,001974
9	EA	12NA	17	10	2016	1	20/ene./16	29/jun./16	0,161	4880	0,000512	1660	0,001504	1338	0,001865
0	EA	12NA	7	10	2016	3	22/mar./16	14/jul./16	0,157	3509	0,000608	1229	0,001722	1001	0,002114
1	EA	12NA	8	10	2016	7	28/jul./16	25/nov./16	0,144	3381	0,000621	981	0,002139	741	0,002832
2	EA	12NA	7	10	2016	8	07/ago./16	21/dic./16	0,197	3865	0,000656	1145	0,002213	873	0,002903
3	EA	12NA	217	0	2016	10	09/oct./16	11/feb./17	0,219	3605	0,000658	1105	0,002147	855	0,002775
4	EA	12NA	9	10	2016	9	23/sep./16	18/feb./17	0,182	4251	0,000597	1291	0,001966	995	0,002551
5	EA	12NA	10	5	2016	11	01/nov./16	25/feb./17	0,236	3417	0,000743	1097	0,002314	865	0,002935
6	EA	12NA	228	5	2016	9	22/sep./16	26/feb./17	0,176	4572	0,000535	1432	0,001710	1118	0,002190
7	EA	12NA	14	10	2016	11	09/nov./16	04/mar./17	0,225	3392	0,000684	1092	0,002127	862	0,002694
8	EA	12NA	13	5	2017	1	08/ene./17	05/mar./17	0,305	1711	0,001205	591	0,003490	479	0,004306
9	EA	12NA	29	5	2016	10	09/oct./16	11/mar./17	0,175	4472	0,000544	1412	0,001723	1106	0,002200
8	EA	12NA	14	10	2017	3	31/mar./17	26/ago./17	0,141	4292	0,000557	1332	0,001793	1036	0,002305
9	EA	12NA	1	10	2017	4	20/abr./17	27/ago./17	0,164	3746	0,000592	1166	0,001901	908	0,002441
0	EA	12NA	8	10	2017	4	10/abr./17	28/ago./17	0,164	4057	0,000577	1257	0,001861	977	0,002394
1	EA	12NA	4	10	2017	4	13/abr./17	31/ago./17	0,177	4088	0,000624	1288	0,001979	1008	0,002529
2	EA	12NA	168	5	2017	4	28/abr./17	07/sep./17	0,171	3746	0,000608	1106	0,002061	842	0,002707
3	EA	12NA	18	10	2017	4	29/abr./17	21/sep./17	0,158	4098	0,000559	1198	0,001912	908	0,002522

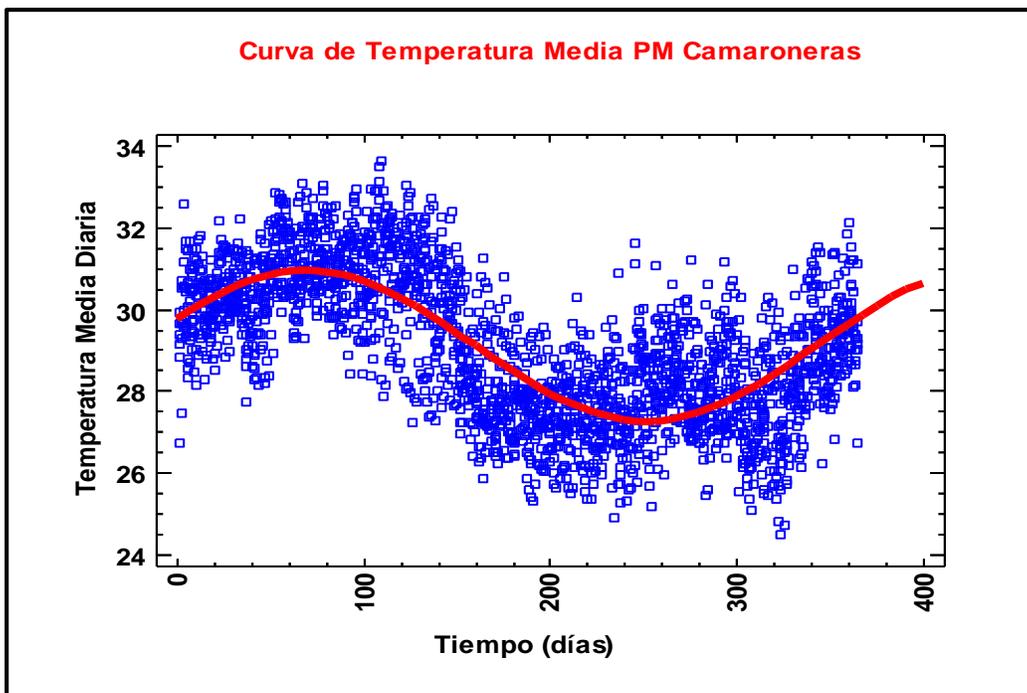
Anexo 2. Vinculación de los resultados obtenidos a la hoja de datos de producción y cálculo de CTC con el resto de temperaturas mínimas utilizadas.

Fuente. Creación propia.



Anexo 4. Regresión lineal de la temperatura am en todas las granjas camaroneras

Fuente. Creación propia.



Anexo 5. Regresión lineal de la temperatura pm en todas las granjas camaroneras

Fuente. Creación propia.