

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Propuesta de un modelo de predicción de dosificación de alimento
para *Penaeus vannamei*, en función del crecimiento y las
estaciones del año

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Acuicultura

Presentado por:

Andrés Alejandro Paredes Elaje

Kevin José Martínez Cali

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022 – 2023

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Proposal of a feed dosage prediction model for *Penaeus vannamei*,
as a function of growth and seasons of the year

INTEGRATION PROJECT

Prior to obtaining the title of:

Aquaculture Engineer

Presented by:

Andrés Alejandro Paredes Elaje

Kevin José Martínez Cali

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022 – 2023

“Más fuerte que el mar es el amor, y más sensible que una hoja es un corazón quebrantado. Escucha los anhelos de mi corazón, y sacia sus buenas intenciones. Justo eres en todo lo que haces YHWH, y tu creación perfecta. Si tuviera que escoger nuevamente mi vida, te volvería a escoger a ti.

Más sabio es ser de corazón puro; que rico, gobernante y necio. Enséñame tu camino y muéstrame cada día tu luz, guíame con tus consejos y fortaléceme en mi debilidad. Eres tú Jesús, mi guía, mi refugio y salvación eterna, gracias”.

Andrés Paredes

DEDICATORIAS

El presente proyecto se lo dedico:

A Dios, quien me abrió las puertas y dio fuerzas para cumplir una de mis metas más deseadas junto con personas que influyeron positivamente en mí.

A mis abuelos Máximo Fidel Cali Luna y Zenaida Ciria Magallanes Quinto por su apoyo, amor y sacrificio desde que tengo uso de razón. A mi tío, Christian Geovanny Cali porque junto con mis abuelos me inculcaron el ejemplo de perseverancia, tenacidad, valentía ante cualquier situación.

A mis Padres Walter Eduardo Martínez Fernández y Doris Jeannette Cali Magallanes por darme el don de la vida, inculcando en mi valores y virtudes.

A mi Hermana, tíos, primos y familia en general por palabras de aliento en todo mi proceso estudiantil. A la Sra. Mercedes González y Sr. José Pérez por siempre tener sabios consejos, siendo apoyo importante a lo largo de este proceso.

A mi Futura Esposa Joselyne Gabriela Pérez González por ser mi motor, mi sostén, paño de lágrimas, motivo de mis risas, mi compañera eterna. Siempre confiando en mí, gracias por estar siempre a mi lado en todo momento. Tu amor real, tolerancia, paciencia fueron el motivo de cumplir mi sueño, Te Amo

Kevin José Martínez Cali

El presente proyecto lo dedico a:

Mi Padre Celestial (Dios), por estar en cada paso de mi vida y haberme permitido llegar hasta este punto. Mi señor Jesús, quien me demostró que todo se puede, cuando se cree y esfuerza.

A mis padres, Agustín Paredes y Consuelo Elaje, quienes fueron inspiración con su ejemplo, amor, esfuerzo y fe hacia Dios. A mis hermanas, Sara y Ana Paredes, con quienes siempre he compartido mi vida. Así mismo, mi amada sobrina Cesia, quien me tiene como un ejemplo, y me ha alentado a no desmayar para servir como fuente de inspiración para ella y muchos más. También, a Ximena Gualán, por haberme acompañado en momentos especiales en mi vida y haber conocido el amor como pareja. A mis amigos y colegas, Rufino Paredes, Gabriel Rodríguez, Kevin Menéndez, Oscar Collantes, Cinthia Medina, Lissette Zabala, Rafael Samaniego y hermanos en la fe de todas las congregaciones, fueron de inspiración para no rendirme ante las dificultades, recordarlos siempre me ha dado aliento para seguir, gracias por sus consejos y estar conmigo en las buenas y en las malas.

A ESPOL y FIMCM, quienes me abrieron sus brazos hacia un nuevo conocimiento y manera de pensar. Gracias por todas las oportunidades brindadas, para la cuales me enseñaste que el esfuerzo, valores y conocimiento es lo que importa. Siempre te llevaré en mi corazón ESPOL.

Andrés Paredes Elaje

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi tutor Jerry Landívar por darme la posibilidad de plasmar los conocimientos adquiridos, en esta tesis. A mis Amigos que siempre tuvieron palabras de aliento en todo el proceso. A mis compañeros de trabajo Jonathan Ledesma, Giovanni García, Kevin Herrera, Valentín Rosado, Washington Vázquez, y el personal de Algarrobo en general por el apoyo laboral en momentos de tesis, finalmente, agradezco a compañeros y profesores de Carrera por cada granito de arena para culminar esta maravillosa etapa.

Kevin Martínez Cali

Agradezco al cuerpo docente y administrativo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) y quienes fueron de valiosa ayuda para la realización de este proyecto. En especial, agradezco al Dr. Sergio Báuz, Mgtr. Jerry Landívar, Dr. Marco Álvarez, Dr. Wilfrido Argüello y Dr. Marcelo Muñoz; quienes fueron piezas claves durante el desarrollo de este proyecto. Finalmente, agradezco a la empresa que proporcionó muy gentilmente los datos requeridos.

Andrés Paredes Elaje

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Andrés Paredes y Kevin Martínez damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Andrés Paredes



Kevin Martínez

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**WILFRIDO ERNESTO
ARGUELLO GUEVARA**

.....
Dr. Wilfrido Argüello

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
**JOSE JERRY
LANDIVAR
ZAMBRANO**

.....
Mgtr. Jerry Landívar

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En las etapas de crecimiento de *P. vannamei* hay diferencia en la dosificación para ingesta del alimento, esta varía en función de variables como las estaciones del año, niveles de oxígeno disuelto, temperatura, etc. Por ende, el presente proyecto tiene como finalidad determinar modelos estadísticos matemáticos que estimen la dosificación de alimento para *P. vannamei* en función del crecimiento y las estaciones del año, mediante datos históricos de granja camaronera. Se utilizó el software Minitab 2021, para el respectivo análisis estadístico, el cual consistió en análisis de componentes principales, análisis por conglomerado, ajuste del modelo lineal y determinación de los límites de predicción. Los resultados obtenidos consistieron en cuatro modelos lineales, uno para cada segmentación de talla (0.03 – 4; 4.1 – 10.0; 10.1 – 16.0; 16.1 – 33.6) g. Permitiendo concluir que, no todas las variables de manejo y ambientales afectan significativamente al FCA. Las variables relevantes determinadas en el modelo lineal fueron: peso, crecimiento, sobrevivencia, densidad de siembra, oxígeno disuelto, temperatura y estación del año. Siendo las de mayor aportación el crecimiento y la sobrevivencia. Finalmente, la metodología estadística con modelo lineal aporta a una predicción que busca la reducción de costos mediante valores de FCA eficientes. Sin embargo, para trabajos futuros, se recomienda ampliar la muestra.

Palabras Clave: Factor de conversión Alimenticia (FCA), Modelo lineal, Parámetros ambientales, Variables de manejo, Análisis estadístico.

ABSTRACT

*In the growth stages of *P. vannamei* there is a difference in the dosage for feed intake, which varies according to variables such as the seasons of the year, dissolved oxygen levels, temperature, etc. Therefore, the present project aims to determine mathematical statistical models that estimate feed dosage for *P. vannamei* as a function of growth and seasons of the year, using historical data from a shrimp farm. Minitab 2021 software was used for the respective statistical analysis, which consisted of principal component analysis, cluster analysis, adjustment of the linear model and determination of prediction limits. The results obtained consisted of four linear models, one for each size segmentation (0.03 - 4; 4.1 - 10.0; 10.1 - 16.0; 16.1 - 33.6) g. Allowing to conclude that, not all management and environmental variables significantly affect the FCA. The relevant variables determined in the linear model were weight, growth, survival, planting density, dissolved oxygen, temperature and season of the year. Growth and survival made the greatest contribution. Finally, the statistical methodology with the linear model contributes to a prediction that seeks to reduce costs by means of efficient FCA values. However, for future work, it is recommended that the sample be expanded.*

Keywords: *Feed conversion factor (FCR), Linear model, Environmental parameters, Management variables, Statistical analysis.*

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCM	Facultad de Ingeniería y Ciencias del Mar
FCA	Factor de Conversión Alimenticio
FIV	Factor de Inflatación de Varianza

SIMBOLOGÍA

g	gramo
G	Grupos
P	valor de P-value

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 Factor de conversión Alimenticia (FCA)	3
1.4.2 Alimentación	3
1.4.3 Factores Fisiológicos	4
1.4.4 Factores Abióticos	5
1.4.4.1 Oxígeno disuelto	5
1.4.4.2 Salinidad	7
1.4.4.3 Temperatura.....	8
1.4.5 Efecto de las épocas del año sobre el crecimiento.....	9
CAPÍTULO 2	10
2. Metodología	10

2.1	Descripción	10
2.2	Selección de la muestra	11
2.2.1	Tamaño de la muestra	11
2.3	Ordenamiento y depuración de datos	12
2.4	Segmentación de datos.....	12
2.5	Selección de variables	14
2.5.1	Análisis de componentes principales.....	14
2.5.2	Regresión Lineal múltiple	15
2.5.3	Selección de modelo lineal final.....	16
2.5.4	Límites o intervalos de predicción.....	17
CAPÍTULO 3		18
3.	RESULTADOS.....	18
3.1	Determinación de variables.....	18
3.2	Ecuaciones de Regresión	19
3.3	Intervalo de predicción	20
3.4	Costos.....	21
CAPÍTULO 4		22
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	22
5.	Bibliografía	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1 <i>Efecto de la tasa de alimentación sobre la concentración de oxígeno disuelto al amanecer y sobre la visibilidad de disco Secchi.</i>	6
Imagen 2 <i>Variabilidad anual en lluvia y salinidad en camaroneras en Ecuador.</i> 8	
Imagen 3 <i>Flujograma de procedimiento obtención de modelo lineal.</i>	10
Imagen 4 <i>Topografía del mapa de granja camaronera</i>	11
Imagen 5 <i>Segmentación de grupos clasificados por talla</i>	14
Imagen 6 <i>Componentes Principales de variables</i>	15
Imagen 7 <i>Análisis por conglomerado de variables (Dendrograma)</i>	15
Imagen 8 <i>Componentes Principales según modelo elegido.</i>	18
Imagen 9 <i>Componentes Principales según modelo elegido.</i>	19
Imagen 10 <i>Diferencias de FCA</i>	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efecto del Oxígeno disuelto.....	7
Tabla 2 Variables consideradas para modelo matemático.....	12
Tabla 3 <i>Segmentación por rango de peso clasificados en grupos</i>	13
Tabla 4 Análisis Fisher, las medias de FCA que no comparten letra son significativamente diferentes ($p\text{-value} > 0.05$)......	13
Tabla 5 <i>Segmentación de grupos clasificados por talla</i>	14
Tabla 6 <i>Coefficientes de variables, para determinar diferencia significativa según el valor de $p\text{-value}$ y el FIV.</i>	16
Tabla 7 <i>Ecuaciones Lineales en función de las tallas de <i>P. vannamei</i></i>	19
Tabla 8 <i>Coefficientes, $p\text{-value}$ y FIV de modelo lineal general seleccionado</i>	20
Tabla 9 Costos.....	21

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Factor de Conversión Alimenticia (FAO, 2017)	3
Ecuación 2 Ecuación de regresión lineal (Coeficiente_variable)	15
Ecuación 3 Resumen del modelo	17
Ecuación 4 Límites de predicción para FCA	17
Ecuación 5 Modelo lineal general seleccionado (todas las tallas)	20
Ecuación 6 Rango de posibles FCA a tomar	20

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

El sector del camarón en el Ecuador cada año ha aumentado la producción de *P. vannamei*, hasta alcanzar el primer lugar como productor a nivel mundial. En las etapas del crecimiento hay diferencia de ingesta de alimento, así mismo varía en función de otras variables como son las estaciones del año (esta variación exacta es difícil de calcular), niveles de oxígeno disuelto, temperatura, etc.

Por ende, en muchas ocasiones la diferencia entre la ración suministrada y la requerida por el crustáceo es alta. Esto genera sobre o subalimentación y afecta directamente la salud de los organismos, disminuyendo la tasa de supervivencia y crecimiento. Además, del desperdicio del alimento balanceado y deterioro de la calidad del agua.

Con el transcurso de la experiencia, cada granja o grupo camaronero ha desarrollado tablas de referencia para dosificar el alimento diario. Sin embargo, todavía se ven afectados por la variación de dosis que está en función de las variables ambientales conocidas.

1.2 Justificación del problema

El presente proyecto propone un método para generar un modelo matemático basado en las características propias de cada granja camaronera para determinar una corrección en la dosificación de la alimentación, mediante el análisis del comportamiento alimentario del *P. vannamei*, el cual está en función de variables ambientales y de producción. Este modelo de corrección permitirá dosificar el alimento, prediciendo el comportamiento alimentario del crustáceo. De esta manera, se evita el desperdicio al precautelar no alimentar por debajo o muy por encima de lo requerido por la especie. Esta metodología permitirá que la industria camaronera reduzca pérdidas económicas, ya que el alimento balanceado puede generar más del 50% del costo de la producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar un modelo estadístico matemático que estime la dosificación de alimento para *P. vannamei* en función del crecimiento y las estaciones del año, mediante datos históricos de granja camaronera.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar datos históricos de manejo productivo, factores abióticos y alimentación automática para el estudio de las variables relevantes que afectan al Factor de Conversión Alimenticia (FCA).
- Determinar la relación de la dosificación alimentaria de *P. vannamei* en función del peso y la selección de variables controlables y no controlables.
- Establecer un modelo de regresión lineal para la estimación de la dosificación en la alimentación de *P. vannamei*, incorporando variables productivas y externas, en condiciones de producción de *P. vannamei*.

1.4 Marco teórico

P. vannamei, como en la mayoría de las especies cultivadas, su ingesta del alimento varía principalmente con el tipo de alimento proporcionado, tamaño, temperatura del agua, condiciones climáticas, densidad de cultivo y salud. Los productores de camarón deben tomar todos estos factores en consideración para maximizar la eficiencia del programa de alimentación. Por lo tanto, es fundamental que los horarios y periodos de ingesta de alimento sean los apropiados para suministrar el alimento a saciedad (Córdova, 2008).

El camarón blanco del pacífico (*P. vannamei*) se caracteriza por poseer una división básica en su sistema digestivo, dividiéndose en tres segmentos: intestino anterior, intestino medio e intestino posterior (Felgenhauer & Abelle, 1989, citado por Muhammad, 2011). Sin embargo, se han realizado múltiples estudios para comprender como cambian las necesidades nutricionales y comportamiento alimenticio en relación con la fisiología del sistema digestivo, las diferentes etapas durante el crecimiento, parámetros ambientales y técnicas de manejo de producción (Silva, 2018; Kotiya, 2021; Araneda, 2020).

1.4.1 Factor de conversión Alimenticia (FCA)

Una estimación de la calidad del alimento a suministrarse en las piscinas es un aval para un crecimiento exponencial del camarón y adquirir un factor de conversión alimenticia (FCA) económicamente rentable al final de la corrida. Para la obtención del FCA, en el cálculo se toma en cuenta la ración de balanceado que se suministró en cada piscina y la biomasa de camarones (Ecuación 1). Por lo tanto, La eficiencia del alimento está representada por la cantidad necesaria para producir una unidad de peso de camarón.

Ecuación 1 Factor de Conversión Alimenticia (FAO, 2017)

$$FCA = \frac{\text{Kg de alimento distribuido}}{\text{Kg de camaron producido}}$$

1.4.2 Alimentación

1.4.2.1 Tabla de alimentación

Según (FAO, 2017) existen tablas de alimentación que son de gran ayuda para la cantidad a distribuir según el peso promedio y la biomasa de camarones. Estas, son realizadas según la experiencia de cada acuicultor o el historial de la granja, tomando en cuenta las corridas exitosas, con el objetivo de regular apropiadamente la dosificación. Sin embargo, el medio natural y la biología de los organismos poseen variabilidad entre puntos muy cercanos en tiempo y espacio, que con frecuencia puede anular las tablas de alimentación.

1.4.2.2 Importancia del porcentaje de proteína en el pienso

Diversos estudios proponen metodologías para optimizar el uso del alimento balanceado, mediante la biología del camarón blanco, del sistema de cultivo y las características del pienso.

Por ejemplo, Fox, Treece, & Sanchez (2001), realizaron un estudio donde determinaron que la relación entre el porcentaje de proteína en el pienso y el consumo energético en el camarón influyen de manera directa a su crecimiento y comportamiento alimenticio. *P. vannamei* necesita un balance específico entre el porcentaje de proteína y los carbohidratos; siendo el factor dominante el porcentaje de proteína; ya que, si este, está en una elevada proporción puede ser usado como fuente de energía y no de crecimiento, habiendo otras fuentes de energía (carbohidratos) más económicas. Por el contrario, si el porcentaje de proteína está en baja proporción respecto a los carbohidratos el camarón comería menos debido a que estaría satisfecho con menos cantidad de pienso, disminuyendo su crecimiento.

1.4.3 Factores Fisiológicos

1.4.3.1 Ritmo Circadiano

Se conoce al ritmo circadiano, como varios fenómenos biológicos que ocurren en un mismo lapso, esto se encuentran presentes no solo en organismos primitivos sino también en los más avanzados. En todas las familias de crustáceos se han detectado ritmos circadianos diarios en muchos aspectos, “desde bioquímicos relacionados con la concentración de proteínas, aminoácidos libres, ácidos grasos, pigmentos y secreción de enzimas digestivas hasta rutinarios como la actividad alimenticia” (Barreto, 2012)

En el cultivo del camarón, el alimento juega un papel primordial, Factores como: la ración, la frecuencia y el horario de alimentación influyen directamente en el comportamiento de *P. vannamei*. Córdova (2008) determinó diversas frecuencias y horarios de alimentación en el crecimiento del camarón. Debido a estas determinaciones, se evidenció una considerable variación en la ración del alimento según el crecimiento, y la importancia de los factores bióticos (actividad enzimática) y abióticos (parámetros ambientales) como efectores en el comportamiento alimentario del camarón.

Estudios señalan que los horarios de alimentación se pueden ajustar Tomando en cuenta el ritmo circadiano de los organismos. Córdova (2008) mencionó el efecto cíclico del fotoperiodo sobre el consumo de alimento. En

efecto, el ritmo circadiano afecta al camarón porque la actividad locomotora y la alimentaria (incluida la actividad de enzimas digestivas) poseen un ritmo generalmente influenciado por los diversos patrones de luz que ocurren durante un día. Los órganos más afectados por este fenómeno son los que pertenecen al aparato digestivo del crustáceo como es hepatopáncreas y el microbiota intestinal.

1.4.3.2 Muda

Es comprensible que los niveles de hambre y la privación de alimento afecten los comportamientos alimentarios de los camarones. A lo largo de los años, en estudios, que conllevan a la nutrición del crustáceo en los que se prueban diferentes alimentos o componentes de alimentos para determinar la preferencia o atracción alimentaria, se priva a los crustáceos de alimento durante un período de 18 a 24 h antes de pruebas (Kim N. Holland Russell J. Borski , 1993). Este quite o privación de alimento se ha estudiado en varias especies de Peneidos (G. Cuzon, 1980); pero cabe recalcar que es un enfoque en efectos fisiológicos y bioquímicos.

Los estudios recientes realizados recomiendan que la privación de alimento y el estado de muda tienen una relación muy particular en el comportamiento alimentario de *P. vannamei* con implicaciones importantes para el diseño de futuros ensayos de elección de alimento (Bardera et al., 2019). Por otro lado, en otro estudio se encontró niveles altos de alimentación de niveles reducidos de variación individual en camarones privados de alimento durante 48 horas adicionales y entre mudas. Así mismo, se determinó que el comportamiento pasivo se relaciona con una baja motivación para alimentarse. Añadiendo que así el alimento tenga mayor atractabilidad, los camarones en época de muda disminuyen su energía un 60% por motivo de esta (Álvarez et al., 2022).

1.4.4 Factores Abióticos

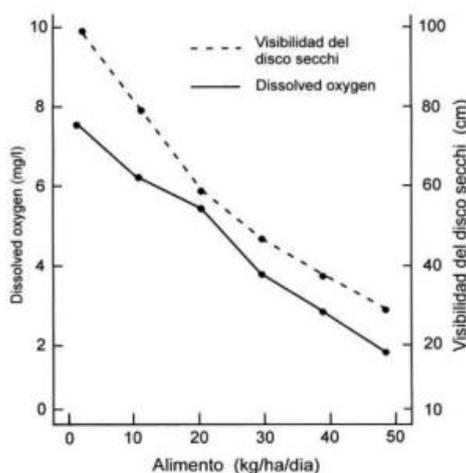
1.4.4.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es considerado como uno de los factores más importantes en la calidad de agua en acuicultura. En los cultivos de camarón, una baja concentración de oxígeno afecta de modo directo el crecimiento y la

salud de los organismos (Supriatna, 2018). Cuando ocurre una baja concentración de oxígeno, el entorno presenta una alteración en la calidad del agua y esto desencadena una gran cantidad de mortalidad acompañado de un incremento en el FCA. Sin embargo, el efecto del oxígeno disuelto bajo se ve reflejado en crecimientos lentos o en mayor susceptibilidad frente a enfermedades. Si el oxígeno disuelto no se encuentra en los rangos óptimos los camarones comerán menos y no habrá una conversión alimenticia eficiente.

Según Boyd (1980). El alimento que el camarón no consume se descompone y libera nutrientes, de lo cual resulta un alto índice de fitoplancton y los problemas derivados del oxígeno disuelto bajo durante la noche, en proporción al incremento de alimento balanceado (Imagen 1). Esta variable se puede controlar, siempre y cuando el recambio de agua en los estanques sea alto o si se cuenta con aeración.

Imagen 1 *Efecto de la tasa de alimentación sobre la concentración de oxígeno disuelto al amanecer y sobre la visibilidad de disco Secchi.*



Fuente: (Boyd, 1980).

En la Tabla 1, se resumen los efectos de las diferentes concentraciones de oxígeno sobre los camarones. La concentración del oxígeno disuelto puede disminuir de manera notable causando alta mortalidad en la piscina.

Tabla 1 Efecto del Oxígeno disuelto

Concentración de oxígeno disuelto	Efecto
Menor de 1 ó 2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas horas
2-5 mg/L	Crecimiento será lento si la baja de oxígeno disuelto se prolonga
5 mg/L-saturación	Mejor condición para crecimiento adecuado
Supersaturación	Puede ser dañino si las condiciones existen por todo el estanque. Generalmente, no hay problema.

Fuente : (Boyd, 1980).

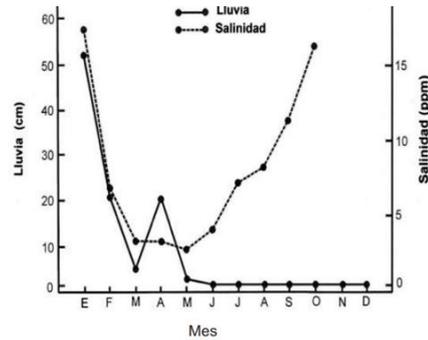
1.4.4.2 Salinidad

La salinidad del agua es conocida como la concentración total de los iones disueltos. Depende únicamente de siete iones, cuyos valores promedio de concentración en el agua de mar son: 10,500 ppm de Sodio; 1,450 ppm de Magnesio; 400 ppm de Calcio; 370 ppm de Potasio; 19,000 ppm de Cloruro; 2,700 ppm de Sulfato; 142 ppm de Bicarbonato.

La salinidad del agua de mar tiene un promedio de 34.5 partes por mil (ppt). En agua salobre, la salinidad puede tener distintas variaciones dependiendo de la fuente de agua que se maneja. La salinidad que poseen las fuentes estuarinas puede ser similares a las fuentes de agua dulce en época lluviosa y llegan a aumentar durante la época seca. Las fuentes poseen mayor salinidad durante la temporada seca, ya que todos los iones se concentran por la evaporación. La salinidad disminuye conforme se aleja de la boca del estuario, y puede estratificarse de acuerdo con la profundidad (Aranada et al., 2022).

Existen casos exitosos en dos tipos de salinidades, una especie cultivada a baja salinidad y otra a salinidad costera, los casos se dan en las especies *P. vannamei* y *P. monodon*, las cuales resisten salinidades entre 1 y 40 ppt. El camarón se produce mejor con una salinidad superior a 5 ppt y siendo la óptima entre 20 y 25 ppt. En la Imagen 2, se proporciona la variabilidad anual de salinidad en un estanque de camarón en Ecuador, donde se nota que la salinidad está claramente relacionada al nivel de lluvia.

Imagen 2 Variabilidad anual en lluvia y salinidad en camaroneras en Ecuador



Fuente: (Boyd, 1980)

Se debe tener en cuenta que una salinidad alta hace que la energía invertida en el crecimiento se interrumpa, teniendo como consecuencia una baja alimentación. La osmorregulación ocupa gran parte de la energía, lo que disminuye la tasa de crecimiento del camarón, en ambientes de mayor salinidad se genera un mayor consumo energético (Champions, 2021).

1.4.4.3 Temperatura

Según Álvarez et al., (2022), la actividad alimentaria varía en dependencia de la talla, estado fisiológico, condiciones ambientales de luz y fase lunar. En estudios recientes, realizados por Aranada, Gasca, Vela & Dominguez (2022) se ha demostrado que la temperatura tiene un efecto directo sobre el crecimiento del *P. vannamei*. Siendo positivo a temperaturas superiores a 26°C. Coincidiendo con estudios anteriores, donde Fox, Treece, & Sanchez (2001) aseveraron que la tasa de alimento se reduce con temperaturas menores a 25°C.

Wyban et al. (1995) citado por Araneda (2020), determinó una correlación entre el crecimiento de *P. vannamei* y la temperatura del agua (23, 27 y 30°C); obteniendo correlación positiva y subóptima para los diferentes rangos de tallas. Para camarones menores a 10 gramos se determinó que la temperatura óptima se encuentra mayor a los 30°C, mientras que, para los camarones entre 10 y 15 gramos, la temperatura óptima puede ser 30°C. Para los camarones de tamaño mayor a 15 gramos, la temperatura óptima estuvo cercana a los 27°C; debido a que al ser expuestos a 30°C disminuyó su crecimiento. De esta forma, se hace referencia de como la temperatura afecta la digestibilidad; lo cual, al mismo

tiempo significa el aprovechamiento de la proteína y demás compuestos del alimento.

Por otro lado, Vinu, Kasivelu, Raguraman, & Sharma (2022) realizaron un estudio en el cual demostraron el efecto del cambio brusco de temperatura sobre *P. vannamei*; tomando como referencia una temperatura ambiente (28°C), incrementaron la temperatura hasta los 40°C; mientras que, con un grupo se lo hizo de forma gradual, con otro se lo hizo de forma brusca. Como resultado, obtuvieron supervivencia del 100% en los camarones sometidos a un incremento gradual hasta los 37°C; mientras que, con un cambio brusco a la misma temperatura, la supervivencia fue del 30%.

1.4.5 Efecto de las épocas del año sobre el crecimiento

Según Wyban, Walsh, & Godin (1995) el cambio de temperatura durante las estaciones del año es de gran influencia sobre el crecimiento de *P. vannamei*, el momento que puede ser más crítico es la transición entre el cambio de calor a frío; concordando con Noriega, y otros (2019), quienes determinaron la relación entre la densidad de siembra y las estaciones del año, concluyendo que: "las estaciones del año en el estado de Sonora afectaron el desempeño de los cultivos de camarón. La transición entre las dos épocas tiene un efecto significativo, dependiendo de la época en que se realizó la siembra, y la densidad el efecto negativo puede ser de mayor impacto en el crecimiento y supervivencia. Por lo tanto, se recomienda disminuir la densidad de siembra en la época fría, o previo a esta.

CAPÍTULO 2

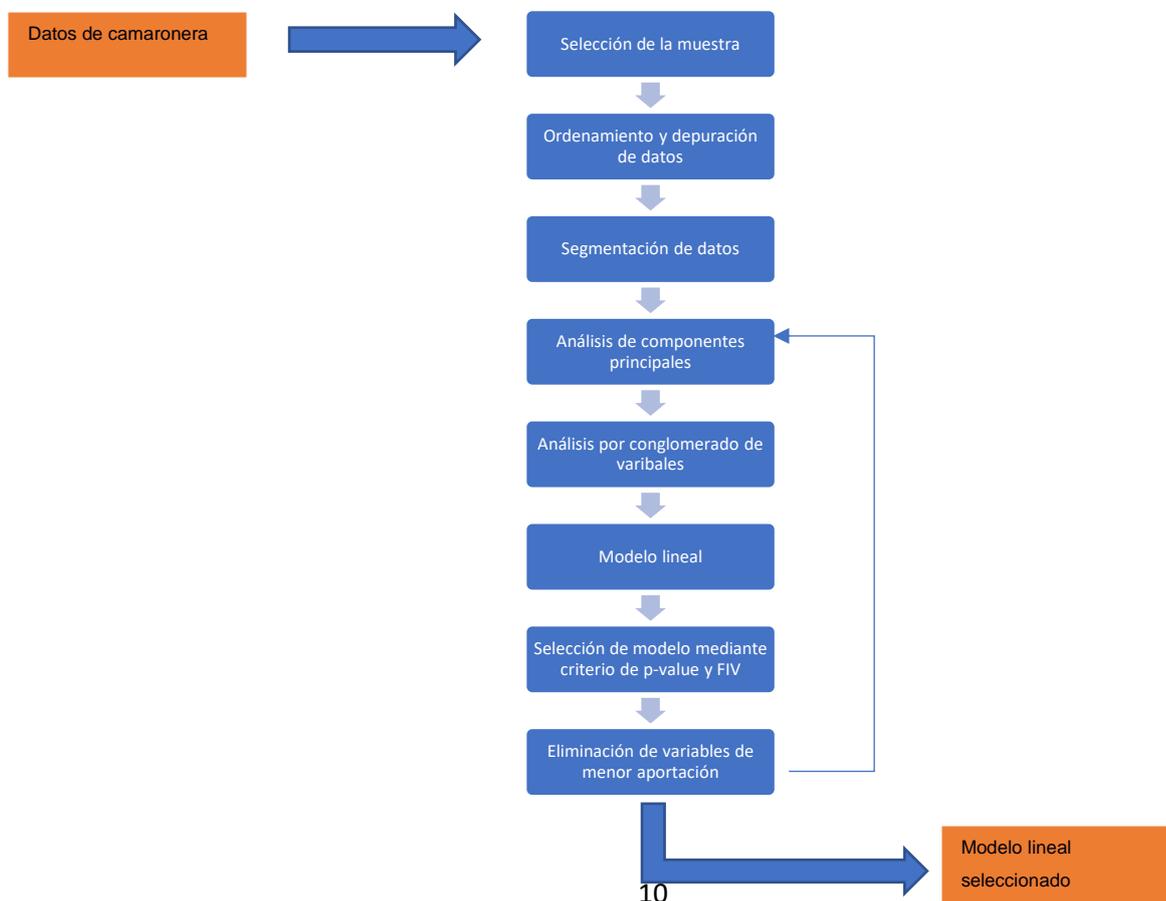
2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción

La metodología aplicada consistió mayoritariamente en un proceso de selección, donde por medio de análisis de componentes principales, análisis por conglomerado de variables y el modelo lineal se eliminaron las variables con menor peso, quedando como parte del modelo lineal final las variables más influyen en el FCA. El diagrama de flujo muestra la secuencia de los pasos realizados.

Para los análisis estadísticos se usó el software "Minitab 20.4". Los análisis realizados fueron: análisis de componentes principales, observaciones por conglomerado, ANOVA, análisis de regresión (modelo matemático) y límites de predicción.

Imagen 3 Flujograma de procedimiento obtención de modelo lineal



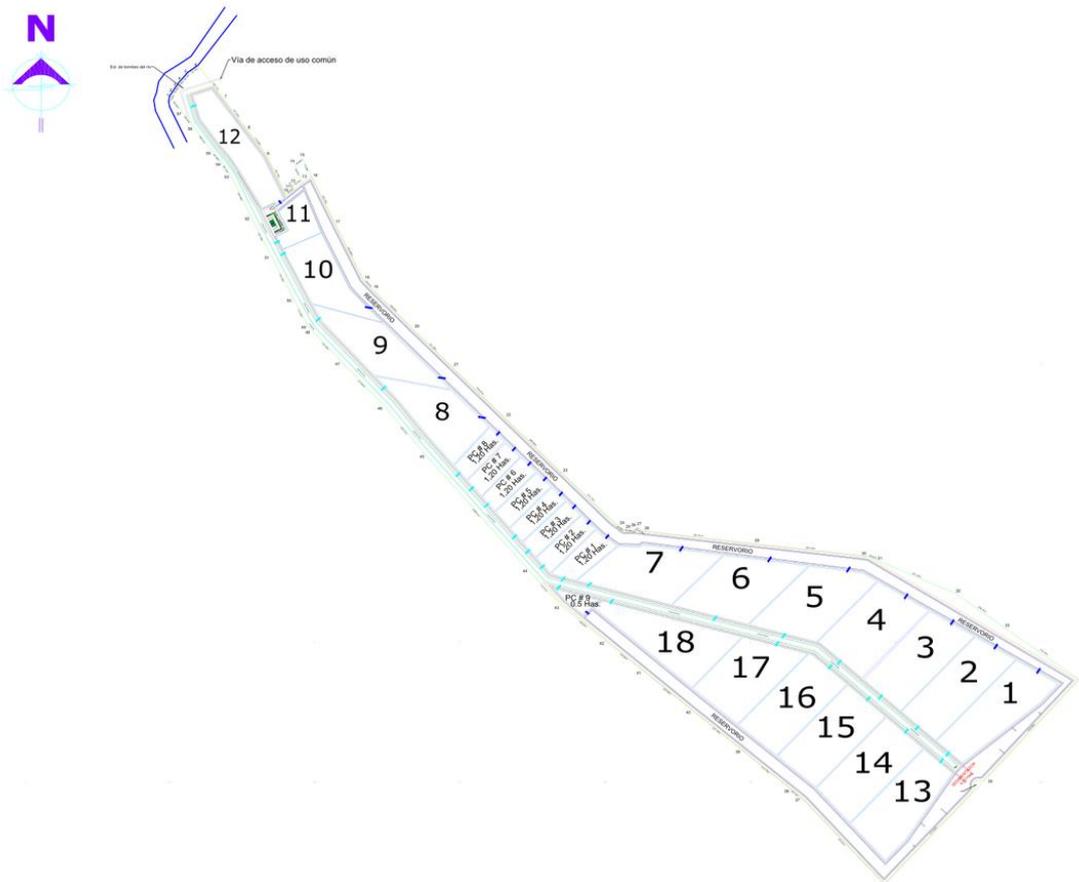
2.2 Selección de la muestra

Se solicitaron datos históricos de manejo de producción de engorde (2 años) a una camaronera ubicada en la costa – sur del Ecuador, la cual posee 168 ha y ejecuta un cultivo semi-intensivo (25 camarones/m²). Las piscinas de engorde poseen un área promedio de 6 ha, la salinidad del agua oscila entre 2.5 ppt (época lluviosa) y 3.8 ppt (época seca).

2.2.1 Tamaño de la muestra

De un total de 18 piscinas de engorde, para el análisis de las variables se seleccionaron 8 piscinas (Piscinas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10); representando el 40% de las piscinas dedicadas al engorde en la granja (Ver imagen 4).

Imagen 4 Topografía del mapa de granja camaronera



2.3 Ordenamiento y depuración de datos

La data obtenida fue de dos años anteriores (2019 y 2020), lo que corresponde a seis ciclos por piscina. En un archivo Excel fueron debidamente clasificados según las variables y año, para posteriormente depurarlos (eliminar datos erróneos o ambiguos). Las variables que se tomaron en consideración se especifican en la tabla 2.

Tabla 2 Variables consideradas para modelo matemático

• Tasa de alimentación	• Factor de Conversión Alimenticio (FCA)	• Precipitación
• Tamaños de piscina	• Crecimiento promedio semanal	• Temperatura
• Semana	• Supervivencia	• Oxígeno
• Días de alimentación	• Peso promedio cosecha	• Turbidez
• Fecha de siembra	• Libras cosechadas por hectárea	• Salinidad
• Peso de siembra	• Días de producción	• Estación del año
• Densidad de siembra		

2.4 Segmentación de datos

Los datos fueron segmentados por la estación del año y por rangos de tallas. Los datos obtenidos fueron registrados por semana, por lo que, se tomó como época seca o fría los meses desde enero a mayo, y como época lluviosa o caliente los meses desde junio a noviembre. Para la selección de los meses se consultó con registros históricos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), donde se notó cambios relevantes en la precipitación y temperatura.

Por otro lado, para la segmentación de las tallas se realizaron varios grupos según su peso (Tabla 3); y fueron sometidos a un análisis múltiple de medias (Fisher). Luego, los grupos seleccionados fueron clasificados y

agrupados según la diferencia significativa ($p\text{-value} > 0.05$) entre sí (Tabla 4).
Obteniendo como resultado 6 tallas (Tabla 5).

Tabla 3 Segmentación por rango de peso clasificados en grupos

Grupos	Peso (g)
G1	0.3 – 1.2
G2	1.3 – 2.0
G3	2.1 – 4.0
G4	4.1 – 6.0
G5	6.1 – 8.0
G6	8.1 – 10.0
G7	10.1 – 12.0
G8	12.1 – 14.0
G9	14.1 – 16.0
G10	16.1 – 18.0
G11	18.1 – 20.0
G12	20.1 – 33.6

Tabla 4 Análisis Fisher, las medias de FCA que no comparten letra son significativamente diferentes ($p\text{-valué} > 0.05$).

Grupo	N	Media	Agrupación			
G12	76	2,604	A			
G11	43	2,530	A			
G10	54	2,373	A			
G9	52	2,068	B			
G8	56	1,8732	B	C		
G7	53	1,8208	B	C		
G6	55	1,6669	C		D	
G5	67	1,5513	D		E	
G4	67	1,4019	E		F	
G1	28	1,3096	E		F	G
G3	69	1,2345	F			G
G2	32	1,0266	G			

Imagen 5 Segmentación de grupos clasificados por talla

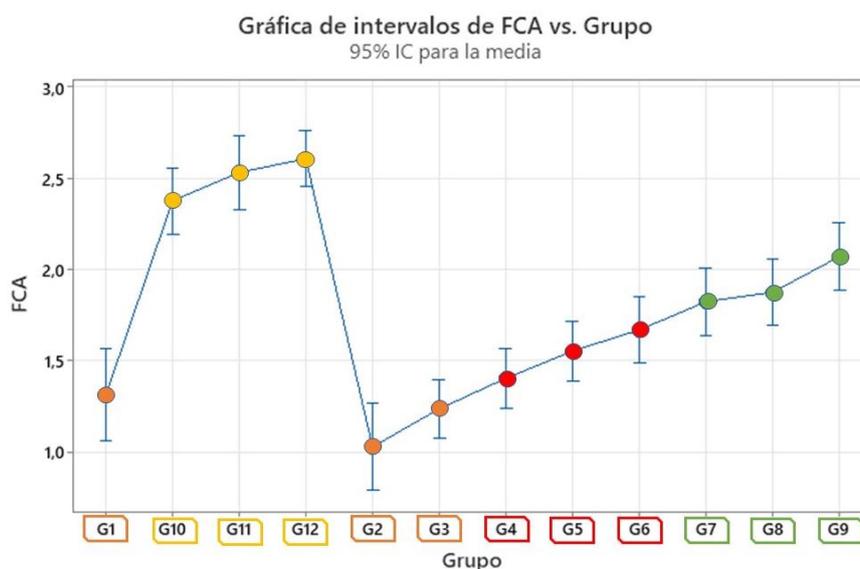


Tabla 5 Segmentación de grupos clasificados por talla

Grupos	Talla	Peso (g)
G1, G2, G3	1	0.03–4.0
G4, G5, G6	2	4.1–10.0
G7, G8, G9	3	10.1–16.0
G10, G11, G12	4	16.1-33.6

2.5 Selección de variables

2.5.1 Análisis de componentes principales

Para la selección de variables se aplicó un análisis de componentes principales de forma general a todas las variables y segmentos juntos, con el fin de ver la correlación y similitud positiva y negativa entre las variables con respecto al FCA. Así mismo, el descarte de las variables fue acompañado de un análisis por conglomerado, el cual permitió ver la similitud entre las variables y descartar las de menor aportación.

Imagen 6 Componentes Principales de variables

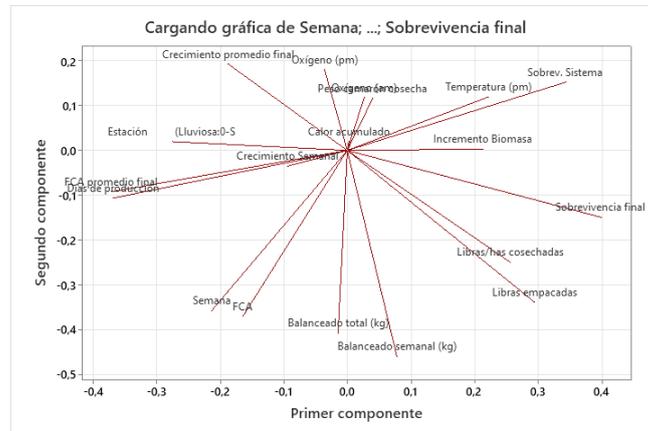
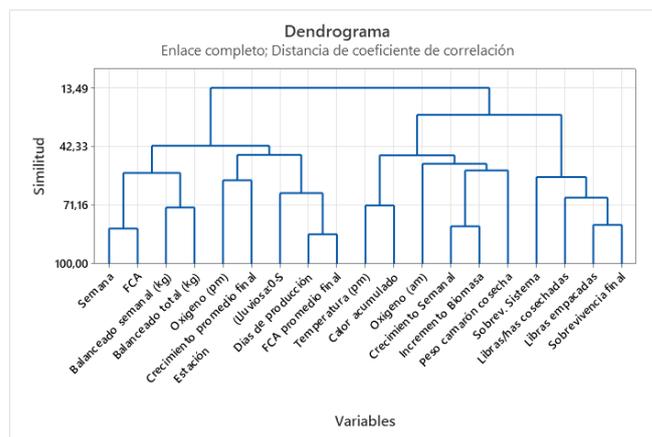


Imagen 7 Análisis por conglomerado de variables (Dendrograma)



2.5.2 Regresión Lineal múltiple

Se generó un modelo lineal en el que el valor de la variable dependiente (Y) se determinó a partir de un conjunto de variables independientes llamados predictores. Estos Modelos se emplearon para predecir el valor de la variable dependiente y evaluar el aporte que tienen los predictores sobre ella (esto último se debe analizar con cautela para no malinterpretar causa-efecto).

Ecuación 2 Ecuación de regresión lineal (Coeficiente_variable)

$$\begin{aligned}
 \text{FCA} = & 1,287 + 0,11130 \text{ Semana} - 0,0190 \text{ Temperatura (pm)} + 0,0133 \text{ Calor acumulado} \\
 & + 0,00296 \text{ Oxígeno (am)} + 0,0431 \text{ Oxígeno (pm)} - 1,1008 \text{ Crecimiento Semanal} \\
 & - 1,196 \text{ Sobrev. Sistema} + 0,000299 \text{ Balanceado semanal (kg)} \\
 & - 0,000457 \text{ Incremento Biomasa} - 0,0832 \text{ Estación (Lluviosa:0-5)} \\
 & - 0,00868 \text{ Días de producción} + 0,781 \text{ Crecimiento promedio final} \\
 & + 0,000000 \text{ Peso camaron cosecha} + 0,5953 \text{ FCA promedio final} \\
 & + 0,000001 \text{ Balanceado total (kg)} + 0,000017 \text{ Libras/has cosechadas} \\
 & - 0,000009 \text{ Libras empacadas} + 1,157 \text{ Sobrevivencia final}
 \end{aligned}$$

Mediante el valor del coeficiente (coef > 0.01), p-value ($p < 0.05$) y factor de inflación de varianza (FIV < 3) se determinó la aportación o importancia de cada variable en el modelo lineal. Se analizan los tres valores y se decide en base a su nivel de aportación a la ecuación, pudiendo ser más significativa en un valor y menor en otro.

Tabla 6 *Coeficientes de variables, para determinar diferencia significativa según el valor de p-value y el FIV.*

Coeficientes Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1,287	0,585	2,20	0,028	
Semana	0,11130	0,00671	16,60	0,000	3,82
Temperatura (pm)	-0,0190	0,0101	-1,88	0,061	2,44
Calor acumulado	0,0133	0,0172	0,77	0,440	1,77
Oxígeno (am)	0,00296	0,00533	0,56	0,579	1,06
Oxígeno (pm)	0,0431	0,0231	1,87	0,062	1,31
Crecimiento Semanal	-1,1008	0,0845	-13,03	0,000	6,29
Sobrev. Sistema	-1,196	0,240	-4,98	0,000	6,35
Balanceado semanal (kg)	0,000299	0,000033	9,06	0,000	2,41
Incremento Biomasa	-0,000457	0,000278	-1,64	0,101	5,61
Estación (L:0-S:1)	-0,0832	0,0411	-2,02	0,043	2,11
Días de producción	-0,00868	0,00181	-4,79	0,000	3,50
Crecimiento promedio final	0,781	0,129	6,05	0,000	2,18
Peso camarón cosecha	0,000000	0,000000	0,59	0,558	1,44
FCA promedio final	0,5953	0,0736	8,09	0,000	4,16
Balanceado total (kg)	0,000001	0,000005	0,26	0,792	4,54
Libras/has cosechadas	0,000017	0,000015	1,11	0,266	1,72
Libras empacadas	-0,000009	0,000004	-2,10	0,036	4,28
Sobrevivencia final	1,157	0,208	5,55	0,000	4,75

2.5.3 Selección de modelo lineal final

Como se indicó en el flujograma de proceso de selección de variables (Imagen 4), las variables de menor aportación se deben ir descartando, obteniendo como resultado final un modelo matemático de mayor precisión. Un indicador estadístico, que describe la precisión del modelo lineal es el R-cuadrado, el cual está dado en porcentaje (Ecuación 3). Siendo favorable el R-cuadrado cercano al 100%. El proceso debe repetirse hasta obtener el modelo lineal más depurado con las variables más relevantes.

Ecuación 3 Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,324161	82,07%	81,43%	78,93%

Mediante el criterio del R-cuadrado, se seleccionó el modelo adecuado que representa la dosificación adecuada dadas respectivas variables de mayor peso.

2.5.4 Límites o intervalos de predicción

Los límites de predicción son intervalos de confianza que determinan un valor central, máximo y mínimo para una respuesta predicha. Además, la diferencia entre los límites superior e inferior (amplitud) determinan la precisión de la predicción.

En este proyecto, los límites de predicción se determinaron a través del mismo software (Minitab 2021). El procedimiento para la estimación de la predicción en un conjunto de datos de prueba (es decir, ingresando las variables independientes) se realiza ejecutando el mejor modelo y calculando la predicción y los intervalos de confianza al 95%, como se puede ver en la ecuación 4.

Ecuación 4 Límites de predicción para FCA

Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
2,12267	0,148634	(1,83065; 2,41468)	(1,42205; 2,82329) XX

CAPÍTULO 3

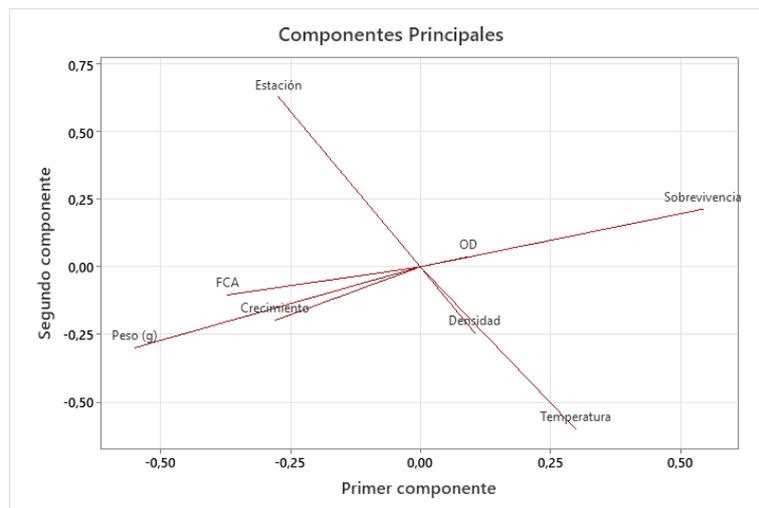
3. RESULTADOS

3.1 Determinación de variables

Las variables seleccionadas según el criterio detallado en la metodología fueron: FCA, oxígeno disuelto (OD), sobrevivencia, densidad, crecimiento, peso, temperatura y estación del año.

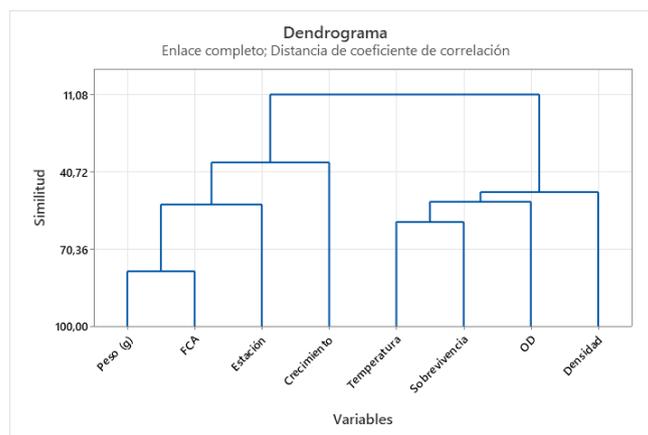
En el análisis por componentes principales se observó a la sobrevivencia, peso y crecimiento como factores determinantes en el incremento del FCA. Mientras que, la estación del año, oxígeno disuelto, temperatura y densidad tuvieron menor impacto sobre le FCA (Imagen 8).

Imagen 8 Componentes Principales según modelo elegido



Por otro lado, en el dendrograma se buscó que las variables no violen el supuesto de independencia en los modelos lineales (Imagen 9). Es decir, las variables seleccionadas tuvieron menor similitud entre sí, incrementado la precisión predictiva del modelo lineal.

Imagen 9 Componentes Principales según modelo elegido



3.2 Ecuaciones de Regresión

Teniendo un coeficiente distinto cada variable según la talla de *P. vannamei*. Las ecuaciones lineales para cada grupo de talla se muestran en la Tabla 9. Cada ecuación representa el FCA según la talla de *P. vannamei*. El peso y crecimiento están dados en gramos; la temperatura en grados Celsius; la estación del año está representada por dos valores (1 y 2), 1 para la estación lluviosa y 2 para la estación seca; el oxígeno disuelto está en ppm; la densidad en camarones por metro cuadrado; y finalmente, la supervivencia está en décimas, que representan el porcentaje. El nivel de confianza de los modelos es del 95%.

Tabla 7 Ecuaciones Lineales en función de las tallas de *P. vannamei*

Talla	Talla (g)	Ecuación lineal	R ² (%)
1	0.03 – 4.0	FCA = 1,66 + 0,3411 Peso (g) - 1,254 Crecimiento + 0,0722 Estación - 0,0327 Temperatura + 0,0860 OD - 0,0089 Densidad + 0,565 Supervivencia	54
2	4.1–10.0	FCA = 3,408 + 0,10658 Peso (g) - 1,1318 Crecimiento + 0,0858 Estación - 0,0077 Temperatura + 0,00154 OD - 0,03168 Densidad - 0,338 Supervivencia	76
3	10.1–16.0	FCA = 3,56 + 0,1056 Peso (g) - 1,4413 Crecimiento + 0,206 Estación + 0,0089 Temperatura + 0,0458 OD - 0,0461 Densidad - 0,861 Supervivencia	70
4	16.1–33.6	FCA = 8,66 + 0,0337 Peso (g) - 1,838 Crecimiento - 0,206 Estación - 0,1107 Temperatura - 0,0455 OD + 0,0112 Densidad - 0,388 Supervivencia	64

Al ejecutar la regresión se determinó mediante la significancia (p-value < 0.05), valor FIV (>3) y el coeficiente de cada variable (> |0.01|). Por lo tanto, las variables son las que más influyeron en el FCA.

Ecuación 5 Modelo lineal general seleccionado (todas las tallas)

$$\text{FCA} = 4,347 + 0,09454 \text{ Peso (g)} - 1,2871 \text{ Crecimiento} - 0,0355 \text{ Estación} \\ - 0,0335 \text{ Temperatura} \\ + 0,0106 \text{ OD} - 0,0149 \text{ Densidad} - 0,568 \text{ Supervivencia}$$

Tabla 8 Coeficientes, p-value y FIV de modelo lineal general seleccionado

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	4,347	0,559	7,77	0,000	
Peso (g)	0,09454	0,00453	20,86	0,000	2,79
Crecimiento	-1,2871	0,0501	-25,67	0,000	1,30
Estación	-0,0355	0,0553	-0,64	0,521	2,17
Temperatura	-0,0335	0,0136	-2,46	0,014	2,12
OD	0,0106	0,0142	0,75	0,456	1,02
Densidad	-0,0149	0,0113	-1,31	0,189	1,08
Supervivencia	-0,568	0,211	-2,69	0,007	2,87

3.3 Intervalo de predicción

Para los intervalos de predicción se usó el mismo software, obteniendo límites diferentes según los valores dados a las variables de cada modelo. Es decir, cada vez que se agregan valores diferentes a las variables, los límites también cambian.

Ecuación 6 Rango de posibles FCA a tomar

Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
1,55491	0,530724	(0,496141; 2,61367)	(-0,178413; 3,28822)

Dado el ejemplo mostrado, los valores de FCA posibles están dentro de un rango, el límite inferior fue 0.530724, el límite superior fue 2.61367, y finalmente, el valor central fue de 1.55491. Se puede escoger cualquier valor dentro de este rango.

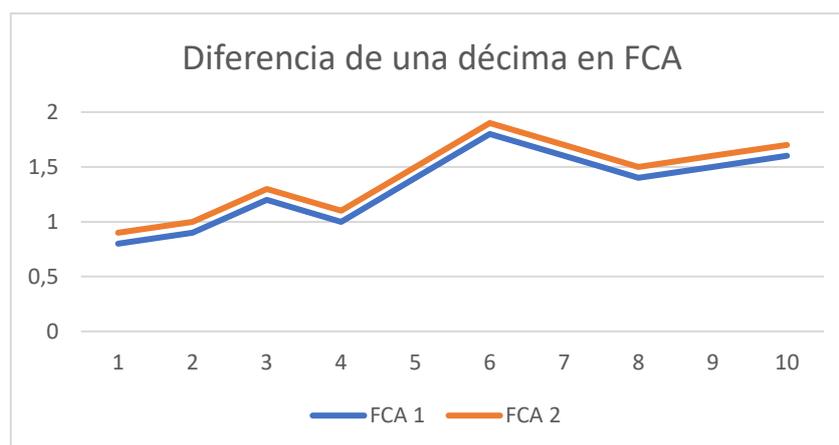
3.4 Costos

Para determinar el costo beneficio que implica el aplicar los modelos lineales obtenidos, se procedió a calcular el costo de una décima de FCA, esto es, respecto al costo de cada tipo de balanceado, el cual es usado según el estadio de *P. vannamei*.

Tabla 9 Costos

Balanceado	Tallas	FCA	Biomasa asumida	Kg balanceado	Precio (\$/kg)	Costo \$	Diferencia Costo (\$)
35% 1,2mm	0,4-1,5	1,5	100	150	1,8	270	18
35% 1,2mm	0,4-1,6	1,4	100	140	1,8	252	
35% 1,2 mm	1,6-3	1,5	100	150	1,52	228	15,2
35% 1,2 mm	1,6-4	1,4	100	140	1,52	212,8	
35% 1,6 mm	3,1-5	1,5	100	150	1,2	180	12
35% 1,6 mm	3,1-6	1,4	100	140	1,2	168	
35% 2,0 mm	5,1-12	1,5	100	150	1,12	168	11,2
35% 2,0 mm	5,1-13	1,4	100	140	1,12	156,8	
35% 2,0 mm	12,1-35	1,5	100	150	1,06	159	10,6
35% 2,0 mm	12,1-36	1,4	100	140	1,06	148,4	

Imagen 10 Diferencias de FCA



Tomando un caso hipotético donde se disminuye una décima de FCA, en 10 piscinas en un cultivo de *P. vannamei* de talla inicial (0,4-1,5). Donde el costo por cada décima es \$18,00 el ahorro total sería \$180/día por cada 100 kg de biomasa.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y recomendaciones

➤ En el manejo de una piscina camaronera existen variables de manejo productivo sobre las cuales se tiene control, y variables de los factores abióticos sobre las cuales se tiene poco control. Sin embargo, no todas las variables de ambos grupos afectan el consumo de balanceado por parte de *P. vannamei*, lo cual, es directamente proporcional al FCA. Las variables relevantes determinadas en el modelo lineal fueron: peso, crecimiento, sobrevivencia, densidad de siembra, oxígeno disuelto, temperatura y estación del año.

➤ La dosificación varía entre las diferentes tallas de *P. vannamei*, mostrando diferencia significativa (p -value < 0.05) entre los conjuntos de pesos seleccionados (0.03 – 4; 4.1 – 10.0; 10.1 – 16.0; 16.1 – 33.6) g. Por otro lado, la relevancia de cada variable (controlable y no controlable) del modelo lineal, varía para cada talla.

➤ Se establecieron modelos lineales para cada rango de peso, lo cual, sirve para dosificar el balanceado de manera más eficiente para *P. vannamei*. Las variables ambientales (temperatura, oxígeno disuelto y época del año) fueron las que tuvieron un menor aporte debido al clima tropical de la zona. Coincidiendo con Araneda y otros., (2020), quienes aseveraron, que el rendimiento del crecimiento en *P. vannamei* disminuye por debajo de los 22°C. Por otro lado, las variables que dieron mayor aporte al modelo fueron el crecimiento y la sobrevivencia.

➤ La metodología estadística con modelo lineal aporta a una predicción que busca la reducción de costos (Tabla 10) mediante valores de FCA eficientes. Sin embargo, para trabajos futuros, se recomienda ampliar la muestra; es decir, incrementar el número de datos de granja camaronera, para cubrir más variables y más datos por variable, además de abarcar las condiciones ambientales más frecuentes del país. De esta forma, las granjas poco tecnificadas podrían dosificar de manera más eficiente.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Boyd. (1980). CONSIDERACIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SUELO EN CULTIVOS DE CAMARÓN. *Department of Fisheries and Allied Aquaculture*, 25.
- A. Kotiya, K. V. (2021). Effect of different stocking density on growth, survival on *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in summer and monsoon crop in province of Gujarat States in India. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*.
- Alvarez, J., Sorí, M., Pelegrin, E., & Galindo, J. (2022). Conducta alimentaria del camarón *Litopenaeus vannamei* durante la época. *Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias* (pág. 3). Cuba: Aqua Docs.
- Aranada, M., Gasca, E., Vela, M., & Dominguez, R. (2022). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Elsevier*, 10.
- Araneda, Gasca, Vela, & Dominguez. (2020). Efectos de la temperatura y la densidad de población en el cultivo intensivo del camarón blanco del pacífico. *Elsevier*, 19.
- Barreto, A. (2012). *Consumo de oxígeno disuelto como indicador del metabolismo*. Nicaragua: UNAN.
- Champions, M. (24 de 06 de 2021). *Molinos Champions*. Obtenido de <https://www.molinoschampion.com/como-debe-ser-el-manejo-correcto-de-los-alimentos-balanceados-para-camaron/>
- Córdova, L. R. (20 de 5 de 2008). *Cyted*. Obtenido de <https://www.cibnor.gob.mx/images/stories/biohelis/pdfs/Estrategias-de-alimentacion-en-la-etapa-de-engorda-del-camaron.pdf>
- F. Muhammad, Z. Z. (28 de junio de 2011). Ontogenesis of digestive system in *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931) (Crustacea: Decapoda). Obtenido de <https://doi.org/10.1080/11250003.2011.590534>
- FAO. (23 de 5 de 2017). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/fishery/ru/countrysector/ec/es>
- Fox, J., Treece, D., & Sanchez, D. (2001). Nutrición y manejo del alimento. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. *MC, Haws y CE (eds)*, 65-90.

- G. Cuzon, C. C. (1980). STARVATION EFFECT ON METABOLISM OF *Penaeus japonicus*. En W. A. Society, *World Aquaculture Society* (pág. 410). USA: Wiley.
- Guillermo Barderaa, Mateo AG Owenb , Daniel Pountneyb , Mhairi E. Alexander . (2019). El efecto de la privación de alimento a corto plazo y el estado de muda en el. *Acuicultura - Elsevier*, 2-10.
- José Silva, S. H. (08 de Noviembre de 2018). Acoustic characterization of feeding activity of *Litopenaeus vannamei* in captivity.
- Kim N. Holland Russell J. Borski . (1993). Un bioensayo de palatabilidad para determinar estímulos ingestivos en el camarón marino *Penaeus vannamei*. En S. Direct, *Aquaculture* (págs. Volumen 109, Número 2). Países Bajos : Elsevier BV.
- M. Araneda, G. E. (2020). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Journal of Thermal Biology*.
- Martínez, & Córdova. (20 de 5 de 2008). Obtenido de <https://www.cibnor.gob.mx/images/stories/biohelis/pdfs/Estrategias-de-alimentacion-en-la-etapa-de-engorda-del-camaron.pdf>
- Noriega, A., Alberto, E., Humberto, J., Murueta, C., Trias, H., & García, A. (2019). Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. *Ciencia Pesquera*, 39.
- Supriatna. (2018). Dissolved oxygen models in intensive culture of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in East Java, Indonesia. *SHRIMP CULTURE, PHYTOPLANKTON, AQUACULTURE, LITOPENAEUS*, 13.
- Vinu, D., Kasivelu, G., Raguraman, V., & Sharma, A. N. (2022). Studies on temperature impact (sudden and gradual) of the white-leg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Springer-Verlag GmbH Germany*, 3.
- Wenceslao Valenzuela-Quiñónez, G. R.-Q.-P.-L. (2011). Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 300.
- Wyban, J., Walsh, W., & Godin, D. (1995). Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Elsevier*.

