

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**INFLUENCIA DE LA SALINIDAD Y LA TEMPERATURA EN EL
CRECIMIENTO (PESO) DEL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei***

Inés Elizabeth Chiriboga Pinos

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

ACUICULTOR

Guayaquil – Ecuador

2001

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad para los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

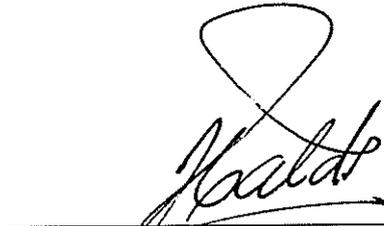
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, reading "Inés Elizabeth Chiriboga Pinos", is written over a horizontal line. The signature is cursive and includes a large initial 'I'.

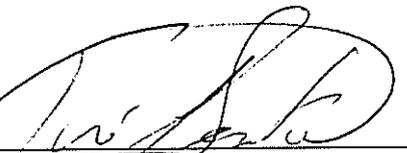
Inés Elizabeth Chiriboga Pinos



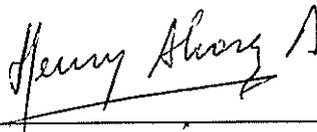
Jerry Landivar Ms. C
Presidente del Tribunal



Jorge Calderón Velásquez Ph.D
Director de Tesis



José Luis Santos Ph.D
Miembro del Tribunal



Henry Álvarez Ac.
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la voluntad que puso en mí para poder culminar con éste trabajo.

A todos mis maestros que pusieron todo su empeño para transmitir sus conocimientos.

A mi familia por el apoyo incondicional

todo el personal de CENAIM que estuvieron durante el desarrollo de mi experimento,

aportando con sus ideas, sobre todo a mi director de tesis y al grupo de Análisis

Ambiental.

DEDICATORIA

A mi esposo y a mi hija,
cómo recompensa por el
tiempo que no pude estar
junto a ellos durante el
desarrollo de mi tesis.

INDICE

DECLARACION EXPRESA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA	v
INDICE.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	4
1.1. Características biológicas generales del <i>Penaeus spp</i>	4
1.2. Factores que influyen en la Regulación Osmótica y Térmica de <i>Penaeus spp</i>	10
1.3. Cultivo de Peneidos	20
CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
2.1. Sistema experimental	23
2.2. Funcionamiento del sistema.....	24
2.2.1 Filtro Biológicos.....	27
2.3. Protocolo de experimento	29
2.4. Diseño del experimento	31
2.4.1. Diseño Factorial Bloqueado	33

5.	Análisis estadístico	34
2.5.1	Análisis de varianza de Multivías	35
2.5.2	Pruebas de idoneidad del modelo	36
2.5.2.1	Análisis Estadístico de parámetros controlados	36
TULO 3 RESULTADOS		58
1.	Datos de peso a través del tiempo con respecto a parámetros controlados ..	58
3.1.1	Análisis de la variación de peso durante el proceso de acimatación ..	58
3.1.2	Incremento de peso a los quince días	61
3.1.3	Incremento de peso al mes	63
3.1.4	Incremento de peso al mes con quince días	65
3.1.5	Incremento de peso a los dos meses	68
2.	Efecto de la temperatura y salinidad	71
3.2.1.	Pruebas estadísticas de los efectos de temperatura y salinidad sobre el crecimiento	71
3.2.2	Pruebas de Duncan para comparaciones múltiples entre tratamientos ..	73
3.	Análisis estadístico del error	74
4.	Gráficos ilustrativos de los efectos de temperatura y salinidad sobre el crecimiento	78
5.	Modelo explicativo de efectos de temperatura y salinidad	82
3.5.1	Prueba de Normalidad para temperatura y salinidad en el modelo	83
5.	Análisis estadístico de Mortalidad	86
DISCUSIÓN		89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA		94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Tratamientos con combinaciones de salinidad y temperatura	26
Tabla 2.- Análisis estadístico de pH por tanque	36
Tabla 3.- Análisis de varianza de pH por kruskal-wallis.....	37
Tabla 4.- Análisis estadístico de oxígeno disuelto por tanque.....	39
Tabla 5.- Análisis estadístico de oxígeno disuelto por tratamiento	40
Tabla 6.- Análisis de varianza de oxígeno disuelto por kruskal-wallis.....	40
Tabla 7.- Análisis Estadístico de amonio total por tratamiento.....	42
Tabla 8.- Análisis de varianza de Amonio Total	43
Tabla 9.- Matriz de significancia de amonio total entre tratamientos	44
Tabla 10.- Análisis estadístico de nitrito por tanque.....	45
Tabla 11.- Análisis estadístico de Nitrito por tratamiento.....	46
Tabla 12.- Análisis de varianza para Nitrito	46
Tabla 13.- Análisis estadístico del nitrato por tanque	47
Tabla 14.- Análisis Estadístico de amonio	48
Tabla 15.- Análisis de varianza para nitrato por kruskal-wallis	49
Tabla 16.- Análisis estadístico de temperatura por tanque.....	50
Tabla 17.- Pruebas de uniformidad de temperatura	52
Tabla 18.- Análisis estadístico de salinidad.....	53
Tabla 19.- Análisis de varianza de salinidad por tanque por Kruskal-Wallis	55
Tabla 20.- Análisis de varianza de los pesos absolutos al inicio del experimento.....	58
Tabla 21.- Análisis de varianza de peso relativo en los primeros 15 días	61

Tabla 22.- Análisis de varianza de peso al mes	63
Tabla 23.- Análisis de varianza de peso a mes con quince días	65
Tabla 24.- Análisis de varianza del peso a los dos meses	68
Tabla 25.- Análisis de varianza del efecto de temperatura y salinidad bloqueado	71
Tabla 26.- Análisis de varianza del efecto de la temperatura y salinidad sin bloquear ..	73
Tabla 27.- Matriz de análisis de diferencias de medias y decisión por pruebas de Duncan	73
Tabla 28.- Análisis estadístico del error	75
Tabla 29.- Estadística descriptiva de los residuos del modelo de mínimos cuadrados...	83
Tabla 30.- Análisis de varianza de Mortalidad	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 11.- Comportamiento de Nitrato por tratamiento.....	50
Figura 12.- Comportamiento de Temperatura por tratamiento	55
Figura 13.- Comportamiento de niveles de salinidad por tanque	57
Figura 14.- Representación de peso absoluto de camarones con relación a salinidad al inicio del experimento	59
Figura 15.- Representación peso absoluto de camarones con relación a temperatura al inicio del experimento	60
Figura 16.- Representación de peso absoluto de camarones con relación a interacción	
Figura 1.- Ciclo de Vida del <i>P. vannamei</i>	06
Figura 2.- Morfología externa del camarón.....	07
Figura 3.- Órganos principales de los diferentes sistemas del camarón.....	09
Figura 4.- Filtro biológico del experimento.....	29
Figura 5.- Vista de sala de experimentación.....	31
Figura 6.- Comparaciones de pH en cada tratamiento	38
Figura 7.- Combinaciones de oxígeno disuelto con los tratamientos.....	41
Figura 8.- Histograma de frecuencia de amonio	42
Figura 9.- Comportamiento de amonio por tratamiento.....	44
Figura 10.- Comportamiento de Nitrito por tratamiento	47
de temperatura y salinidad al inicio del experimento.....	60
Figura 17.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs temperatura a los 15 días.....	61

Figura 18.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad a los 15 días.....	62
Figura 19.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad por temperatura a los 15 días.....	62
Figura 20.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs temperatura al primer mes.....	64
Figura 21.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad al primer mes.....	64
Figura 22. Efecto combinado del diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad por temperatura al primer mes.....	65
Figura 23.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs temperatura al mes y quince días.....	66
Figura 24.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad al mes con quince días.....	67
Figura 25.- Efecto combinado del diferencial de peso relativo al peso inicial vs temperatura por salinidad al mes con quince días.....	67
Figura 26.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs temperatura a los dos meses.....	69
Figura 27.- Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs salinidad a los dos meses.....	69
Figura 28.- Efecto combinado de temperatura y salinidad con respecto al diferencial del peso relativo a los dos meses.....	70
Figura 29.- Gráfico de los residuos contra los valores ajustados de la tasa de crecimiento.....	76

Figura 30.- Gráfico de residuos por Temperatura.....	77
Figura 31.- Gráfico de residuos por salinidad.....	77
Figura 32. Efecto de la temperatura sobre el peso (diseño bloqueado).....	78
Figura 33.- Efecto de la salinidad sobre el peso (diseño bloqueado).....	78
Figura 34.- Análisis del Efecto del bloqueo sobre la tasa de crecimiento.....	79
Figura 35.- Efecto combinado de la temperatura y salinidad sobre peso relativo (diseño bloqueado)	79
Figura 36.- Efecto de la Temperatura sobre el peso (sin bloquear)	80
Figura 37.- Efecto de la salinidad sobre el peso (sin bloquear).....	80
Figura 38.- Efecto combinado de la temperatura y salinidad sobre el diferencial del peso relativo (sin bloquear)	81
Figura 39.- Modelo de explicación del crecimiento con respecto a los factores de salinidad y temperatura.....	84
Figura 40.- Vista transversal del modelo (factor temperatura).....	84
Figura 41.- Vista transversal del modelo (factor salinidad)	85
Figura 42.- Gráfico de los residuos del modelo.....	86
Figura 43.- Tasa de Mortalidad vs Temperatura.....	87
Figura 44.- Tasa de Mortalidad vs Salinidad.....	88
Figura 45.- Efecto combinada de la temperatura y salinidad sobre la Tasa de Mortalidad.....	88

RESUMEN

El camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), es la especie que más se cultiva en nuestro medio en ambientes que son muy variados, siendo sus características diferenciales principales la temperatura y la salinidad. Para pronosticar el crecimiento es imprescindible conocer su comportamiento bajo diferentes combinaciones de estos parámetros.

Para entender la influencia de éstas variables sobre el crecimiento y sobrevivencia se desarrolló un ensayo utilizando dos niveles de temperaturas (21.4 y 29.5 °C) y tres niveles de salinidad (2.1; 18.2 y 33.8 ups). Grupos de 30 animales fueron utilizados en cada combinación de temperatura y salinidad, con tres réplicas por cada combinación. El tiempo de experimentación fue de dos meses. Diariamente se midió en el agua el pH, oxígeno disuelto y quincenalmente se midió los contenidos amonio, nitrito, nitrato.

Los resultados del experimento indicaron que existe una diferencia significativa en la tasa de crecimiento dada por la temperatura y también por la salinidad ($P < 0.05$). El efecto temperatura-salinidad también fue significativo, a temperaturas altas el efecto de la salinidad se hace más acentuado. La mejor tasa de crecimiento se dio a los 29.5 °C y a los 18.2 ups. Con respecto a la mortalidad, la mayor tasa se encontró a los 29.5 °C y 2.1 ups.

INTRODUCCIÓN

El camarón *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), es la especie que más se cultiva en el Ecuador, por lo que es importante saber cuál es su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales.

El crecimiento del camarón *L. vannamei* se ve influenciado por el sexo, talla, factores ambientales, calidad y cantidad de alimento suministrado, densidad de siembra, luz, temperatura y salinidad. (Dall, 1990)

La temperatura y la salinidad son factores ecológicos fundamentales, mostrando efectos significativos en la supervivencia, crecimiento y eficiencia de conversión alimenticia de algunas especies de camarones (Zein-Eldin, 1965 *fide* Minda C., 1976). Los factores ambientales que más influyen el crecimiento del *L. vannamei* son la temperatura y la salinidad.

En el Ecuador, las producciones de camarón se encuentran sujeta a dos estaciones climáticas en las que se dan grandes variaciones de temperatura, debido al relieve y a la influencia de la corriente fría de Humboldt en verano o estación seca y a la cálida de El Niño en invierno o estación lluviosa, estas variaciones traen como consecuencia también aumento o disminución de salinidad en las aguas para cultivo.

Greco, (1988) *fide* Vega, (1992) considera a la temperatura como un factor importante en el control del crecimiento del camarón marino; además identifican a la tasa de crecimiento como un poderoso factor de determinación económica en el cultivo de camarón, por esto los efectos de temperatura en el crecimiento del camarón son económicamente importantes. (Wyban *et al.*, 1995).

Zein- Eldin (1966), en un estudio con *Penaeus astecus* reporta que la tasa de crecimiento aumenta rápidamente entre 15-20°C, continúa su incremento pero en menor proporción entre 20-25°C y al llegar a 35°C disminuye. Por otro lado, Pretto, (1984)

fide Zúñiga *et al.*, (1990), señala que la temperatura óptima del agua para el crecimiento rápido del camarón es superior a los 25°C e inferior a los 30°C. En el *Penaeus setiferus* se observó que su peso se incrementa a temperaturas entre 18 y 25 °C, siendo este efecto más pronunciado por encima de 25 °C y con niveles de salinidad entre 5 y 15 ups, (Zein- Eldin, 1966).

En sistemas de cultivo de camarón de EE.UU., China y Australia, se reportaron disminución en el crecimiento asociado con el descenso brusco de la temperatura (Lester & Pante, 1991). Para *Penaeus japonicus* se ha reportado que alrededor de 10 °C la actividad alimenticia del camarón es nula, empieza a ser importante a los 15 °C y no existe crecimiento por debajo de los 13 °C (Toumier, 1972 *fide* Oltra, 1989); mientras que para Lumare & Palmegiano, (1980) *fide* Oltra, (1989), dejan de alimentarse a los 12 °C, entran en letargo a los 10 °C. y mueren a los 6 °C.

Wyban *et al.*, (1995) reportó, temperaturas óptimas para *P. vannamei*, las mismas que son específicas para la talla y van decreciendo a medida que el camarón aumenta su talla. Para camarones pequeños la temperatura óptima podría ser mayor de 30 °C. Para camarón mediano la temperatura óptima está cerca de 27°C pero el crecimiento disminuyó a los 30°C. De acuerdo a la talla alcanzada del camarón se puede reconocer la fuerte influencia de la temperatura sobre el comportamiento alimenticio del camarón, pudiendo indicar la relación directa de la tasa de alimentación con la temperatura.

Otro factor importante en el crecimiento del camarón es la salinidad. Según Gunter (1950) *fide* Zein-Eldin (1969), la salinidad es un factor que puede estar comúnmente correlacionado con la abundancia de peneidos juveniles y adultos en el medio natural, además de esto también tiene mucho que ver con la tasa de crecimiento, disminuyendo a medida que ésta aumenta.

Lumare *et al.*, (1986) *fide* Oltra, (1989) menciona que hay disminución de la tasa de crecimiento para *Litopenaeus californiensis* cuando se encuentra a salinidades mayores de 42 ups El *Litopenaeus brasiliensis* de Venezuela se lo encuentra en aguas

hipersalinas (40-60 ppt.), aunque la mayoría de peneidos se distribuyen en salinidades de 5 a 28 ppt. (Chung, 1980 *fide* Harpaz. & Karplus, 1991).

Para Harpaz & Karplus, (1991) la mayoría de la especie de peneidos se comportan bien en agua de baja salinidad, pero se demostró que sólo pocos son capaces de completar su ciclo de vida en aguas estuarinas y generalmente migran para la reproducción.

En Israel, Harpaz. & Karplus (1991) hicieron pruebas de crecimiento de *Litopenaeus semisulcatus* en salinidades de 9, 18, 27, 36 ups resultando mejor los pesos promedios y la biomasa final para salinidades de 18 y 27 ups teniendo un crecimiento severamente restringido en salinidades de 9 ups

Otro ensayo realizado por Valencia (1977) *fide* Harpaz.& Karplus (1991), donde se compararon salinidades de 30, 20, y 10 ups en un período de crecimiento de 16 días, resultó mejor crecimiento a 30 ups En cambio Samocha, (1980) *fide* Harpaz & Karplus (1991) usó rangos de salinidades de 16 a 60 ups en su experimento de 31 días en postlarvas reportando el mejor crecimiento a 23 ups.

Al igual que la temperatura, la salinidad es determinante en el crecimiento del camarón (Greco, 1988 *fide* Vega, 1992).

El objetivo del presente estudio será estudiar la influencia que tiene la salinidad y temperatura en el crecimiento del camarón *Litopenaeus vannamei*

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1. CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS GENERALES DEL *Litopenaeus spp.*

1.1.1. Taxonomía

El *Litopenaeus vannamei* forma parte de uno de los más grandes phylum del reino animal, los Artrópodos, caracterizados por poseer apéndices y un exoesqueleto que muda periódicamente.

Clasificación Taxonómica

Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Mandibulata
Clase:	Crustácea
Subclase:	Malacostraca
Serie:	Eumalacostraca
Superorden:	Eucarida
Orden:	Decápoda
Suborden:	Natantia
Sección:	Penaeida

Familia:	Penaeidaea
Género:	Penaeus
Supergénero:	<i>Litopenaeus</i>
Especie:	<i>vannamei</i>

(Holthuis, 1980; Pérez-Farfante, 1988)

1.1.2. Distribución

El *Litopenaeus vannamei* es nativo del Pacífico en la costa de México, América Central y del Sur. Es conocido como camarón de télico abierto; se lo encuentra en la columna de agua entre 0-72 m y en áreas donde la temperatura del agua oscila alrededor de los 20°C a través del año. La población de esta especie es muy adaptable ya que se encuentra distribuida por todo el mundo (Brown, 1992).

1.1.3. Ciclo de Vida

El ciclo de vida del *L. vannamei* incluye varios estadios en una variedad de hábitat distintos. Como ocurre con la mayoría de los organismos marinos pasan una corta etapa de su vida formando parte del plancton (meroplancton), hasta transformarse en postlarvas. Los estados larvales y postlarvales migran desde aguas oceánicas más saladas y profundas, de condiciones menos cambiantes, hacia esteros o estuarios para su desarrollo. Los camarones adultos usualmente prefieren altas salinidades y gran profundidad, mientras que los juveniles prefieren aguas salobres de estuarios y costas pantanosas (Cun, 1982).

Valenzuela (1997) reportó que el tiempo de duración de cada estadio es de aproximadamente 24 h para huevos, 2-3 días en los 5-6 estadios de nauplios, 3-4 días en los 3 estadios de zoea, 3-5 días en 3 estadios de mysis y aprox. 3-35 días para postlarvas 15. El tiempo para juveniles está alrededor de los 180 días y un adulto maduro entre 180-300 días. El tiempo de duración y el número de mudas variará con la especie y la temperatura. **Fig.1**

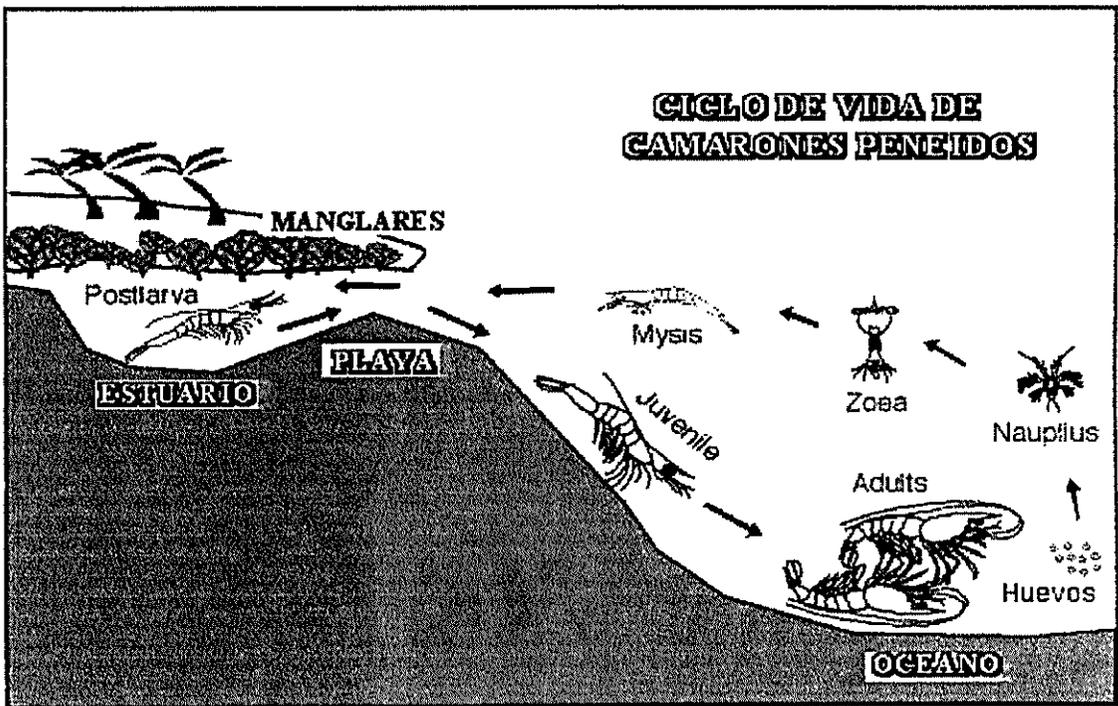


Fig.1 Ciclo de Vida del *L. vannamei* (Eleovaara, 2000)

1.1.4. Morfología Externa de los Penaeus

Los *Penaeus* son crustáceos decápodos de simetría bilateral con un abdomen bien desarrollado adaptado para la natación. Poseen un cuerpo alargado y segmentado, cubierto por un exoesqueleto de consistencia quitinosa, con sales calcáreas. Los

Peneidos se encuentran divididos en dos grandes regiones que son; el cefalotórax o cabeza (Perión) y abdomen o cola (Pleón) (Dall *et al.* , 1990)

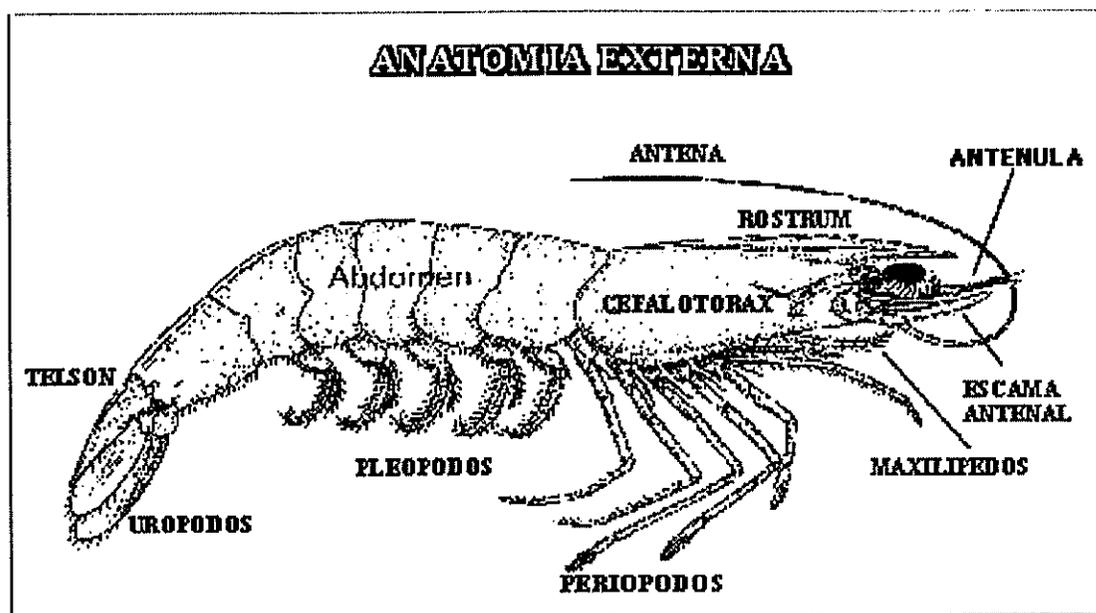


Fig.2. Morfología externa del camarón vista lateral (Eleovaara, 2000)

1.1.5. Principales sistemas y su funcionamiento

1.1.5.1 Sistema digestivo y hábitos de alimentación

Los camarones peneidos han sido considerados omnívoros-carnívoros, omnívoros oportunistas, detritívoros y predadores. En cultivos intensivos se ha mostrado que la productividad natural del estanque como algas, bacterias, etc., que provee una importante fuente nutritiva para *L. vannamei*. (Fast, 1992)

1.1.5.2 Sistema Respiratorio

Los camarones respiran por medio de branquias, localizadas en las cámaras lateroventrales del cefalotórax. El mecanismo de la respiración consiste en el intercambio del oxígeno que toma del medio acuático expulsando anhídrido carbónico (Dall *et al.* , 1990).

1.1.5.3 Sistema Circulatorio

La circulación es abierta. El compacto corazón triangular tiene 3 pares de ostias (dos dorsales y una ventral) y está contenido en un pericardio justo frente del lado postero dorsal del caparazón (Dall *et al.* , 1990). La sangre (hemolinfa) sale del corazón (dorsal), distribuyéndose por el cuerpo, en su sangre las únicas células presentes son los glóbulos blancos (hemocitos. El pigmento respiratorio que posee es la hemocianina (contiene cobre) y se encuentra disuelto en el plasma donde se encuentran además otras proteínas sanguíneas, aminoácidos, lípidos y carbohidratos.

1.1.5.4 Aparato Reproductor

Los sexos están separados y se diferencian externamente. Los peneidos tienen dos gónadas situadas en el cefalotórax cerca del corazón. Los machos poseen un par de testes y una pareja de vasos deferentes que terminan en ampollas que contienen los espermátóforos o paquetes de esperma y gonóporos en la base del quinto par de

periópodos, y el petasma (estructura membranosa utilizado para transferir los espermátóforos) ubicado entre el primer par de pleópodos. En la hembra el ovario está fusionado en partes simétricas bilateralmente y se extiende a lo largo del cuerpo de la hembra, los oviductos terminan en el gonoporo en la base del tercer par de periópodos, posee una estructura externa llamada télico, localizado entre el quinto par de periópodos (Castille-Lawrence, 1991).

1.1.5.5 Sistema Nervioso y Sentidos

EL sistema nervioso de los peneidos es ganglionar (animales protostomos). Incluye el encéfalo y los ganglios que se suceden a lo largo del cuerpo hasta el final del abdomen. (Dall *et al.*, 1990).

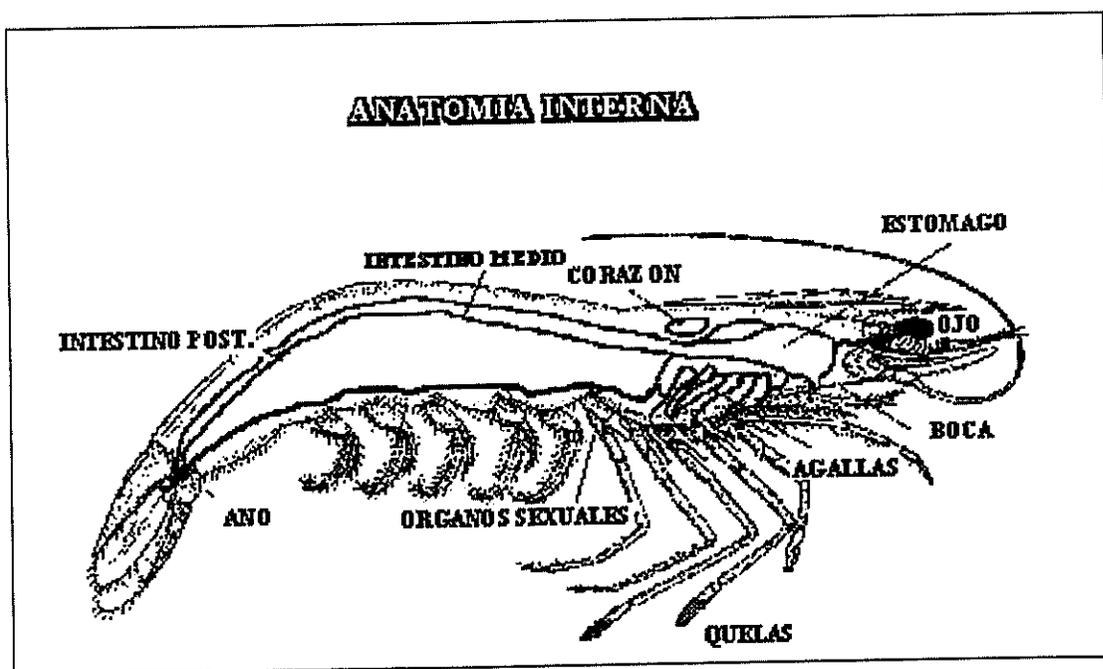


Fig. 3 Órganos principales de los diferentes sistemas del camarón (Eleovaara, 2000)

1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REGULACION OSMOTICA Y TERMICA DEL *Litopenaeus spp.*

1.2.1. Regulación osmótica

Osmosis se define como la regulación de la concentración total de partículas disueltas en fluidos internos cuando éstos están a niveles diferentes de aquellos fluidos del medio externo. También se define como un proceso de difusión de moléculas a través de membranas las cuales permiten el paso de moléculas de solvente, pero no de soluto, Talbot H., (1960).

El mayor problema que todos los animales acuáticos tienen, es mantener un volumen celular compatible a las diferentes actividades celulares que son soporte de vida. La homeostasis, fluctúa en medios con salinidades, tales como agua salobres o de zonas intersticiales, lo que hace necesario que posean mecanismos de osmoregulación suficientemente poderosos para responder a algunas demandas extremadamente difíciles del medio (Mantel & Farmer, 1983).

La osmoregulación puede ser considerada como la capacidad para asegurar el mantenimiento apropiado del volumen celular o como un prerrequisito esencial al establecimiento de comunidades en medio de fluctuaciones de salinidades tales como las estuarinas o medios intersticiales, en aguas dulces o marinas entre otras Mantel & Farmer, (1983).

Factores como sexo, estación del año, tamaño y estadio del ciclo de intermuda, son importante para la determinación de la habilidad osmoregulatoria. A los organismos acuáticos se los puede clasificar de acuerdo a la habilidad para tolerar los cambios de salinidad (organismos que sobreviven a rangos pequeños rangos de salinidad se lo conoce estenohalino, y a amplio eurihalino) o, para mantener sus fluidos internos a una determinada concentración, sin embargo la tolerancia a la salinidad no está relacionada con la habilidad osmoregulatoria. (Panikkar, 1968).

Las especies que habitan aguas dulces y las encontradas en aguas salobres o estuarinas, tienen regulación hiperosmótica, es decir concentración de sales mayores en la sangre que en el medio. Las especies marinas y las que habitan en aguas con alto contenido de sales, tienen regulación hiposmóticas, esto es que poseen una concentración interna de sales en la sangre menor a la del medio, los organismos que mantienen la concentración interna de sales igual a la del medio interno se los llama isosmóticos. (Pearse, 1971).

Por todo esto, un problema importante para los organismos acuáticos es mantener una concentración óptima de agua y sales en los fluidos internos a través de la osmoregulación, la osmoregulación en los organismos acuáticos es realizada por las membranas semipermeables, las que pueden presentar algunas áreas osmóticas inactivas, reduciéndose así la capacidad osmoregulatoria o convirtiéndose en membranas selectivas, permitiendo sólo el paso a ciertos electrolitos y obstruyendo el paso de otros (Mantel & Farmer, 1983).

1.1.1.2 Epitelios especializados para el transporte o intercambio iónico.

Para el intercambio iónico las partes de los crustáceos que intervienen son:

- a) Las branquias: constan de una capa sencilla de células epiteliales, formada por un complejo grupo de ramificaciones cuya superficie basal es bañada por la hemolinfa, localizada bajo la cutícula. La capa epitelial puede ser fina que sirve para el intercambio gaseoso o gruesa que se encarga de transporte de iones y agua, son el principal sitio tanto de pérdida pasiva como de captación activa de sales (Mantel & Farmer, 1983).

- b) El intestino: es un tubo, esta formado por células epiteliales especializado regionalmente para diferentes funciones, el intestino medio contiene divertículos que desarrollan funciones de absorción, secreción y almacenamiento. Se cree que el proceso complejo de digestión puede estar relacionado con la regulación osmótica e iónica y que hay evidencias de que las porciones anteriores del intestino medio pueden estar involucrados en el intercambio de agua e iones. (Malley *et al.* , 1977 *fide* Marcillo, 1991).

- c) Órganos excretores: Hay una variedad de tejidos y órganos que ayudan a la descarga de desechos metabólicos siendo los principales órganos involucrados en la producción de orina, estas son las glándulas maxilares y antenales.

Las glándulas maxilares son órganos excretores más comunes de los crustáceos inferiores adultos; las glándulas antenales son órganos excretores más comunes de los

malacostrácos adultos como peneidos, los que presentan, saco central conocido como celomosaco, laberinto, canal nefridial, que consiste en una masa de canales que se unen al final y descargan en el canal nefridial que conduce a la vejiga y de aquí a una abertura en la superficie ventral del segmento vasal antenal.

El principal mecanismo utilizado por estos organismos, es el que realiza las branquias, la cual posee una membrana semipermeable a través de la cual se realiza el transporte de iones, por lo que el tamaño de éstas es un factor importante en el proceso osmoregulatorio, así cuando las branquias están mejor desarrolladas ofrecen mejor superficie de intercambio (Mantel & Farmer, 1983).

El proceso de ósmosis con los epitelios especializados funciona de acuerdo al medio en que se encuentre el animal, ocurriendo que en organismos acuáticos pueden reducir los efectos de osmosis por posesión de una cutícula relativamente impermeable, no se ha realizado estudios sistemáticos respecto a la función de ésta cutícula en peneidos, se han encontrado que regiones impermeables de la cutícula se caracterizan por la presencia de una epicutícula y una proteína. (Vernberg, 1983).

Cuando los animales acuáticos están en un medio externo que está por debajo de la presión osmótica de sus fluidos internos, el agua tiende a entrar por ósmosis, como los animales no pueden excretar agua sin alguna pérdida acompañante de sales, éstas pueden ser por lo tanto ganadas, esta evidencia sugiere que esto es logrado vía absorción por agallas. Los animales entonces secretan una orina hipertónicas vía

glándulas antenales, este mecanismo se presume que los peneidos regulan en medio hiposmótico (Vernberg, 1983).

Por otro lado cuando la presión osmótica del medio externo está más arriba que la de los fluidos internos, la tendencia será hacia la deshidratación con agua perdida por ósmosis, el agua por lo tanto puede ser ganada pero como los animales no pueden absorber agua pura, las sales también entran al cuerpo, las que luego estarán en exceso y pueden ser excretadas por las agallas. La orina secreción de la glándula antenal es isosmótica para la sangre sobre un rango de salinidad de 10-40 ppt. (Vernberg, 1983).

La hemolínfa de los crustáceos cambian en su composición cuando los animales se exponen a diferentes salinidades, el animal responde a los cambios gracias a que posee mecanismos responsables que intervienen en dichas variaciones y regulaciones. Los crustáceos deben alcanzar un estado de balance, el mismo que se lo hace mediante mecanismos que entran en dos categorías, mecanismos limitantes (osmoconformación) que minimizan las pérdidas; y mecanismos compensatorios (osmoregulación), que producen un movimiento inverso de soluto de la misma magnitud o equilibrio de las pérdidas debidas a la difusión (Vernberg, 1983)

Los camarones de la familia Penaeidae se encuentran en el segundo grupo, de modo que pueden regular para agua salobre hiperosmóticos; es de decir, concentración de sales mayores en la sangre que en el medio, siendo en agua de mar hiposmóticos (Mantel & Farmer, 1983).

Se conoce como organismos poikilosmóticos (osmoconformes) a aquellos crustáceos que bajo cambios de salinidad del medio externos mantienen su hemolinfa isosmótica al agua del mar, los que mantienen constantes el estado hemolinfático (isotónico) a pesar a cambios osmóticos externos son homeiosmóticos. (Pearse, 1971)

Los peneidos en su gran mayoría son camarones marinos que emigran en sus fases juveniles a los estuarios y a aguas salobres, donde se desarrollan más rápido. En la fase sub-adulta, vuelven al mar para el apareamiento, reproducción y eclosión de los nauplios. A pesar de que los adultos son organismos con características marinas, siendo capaces de sobrevivir a considerables variaciones de salinidad externa, siendo esta habilidad mejor desarrollada en los estadios juveniles (Mantel y Farmer, 1983).

Los peneidos están dotados con poderosas condiciones osmoregulatorias, permitiendo mantener la concentración iónica de los fluidos corporales a niveles mayores que los del medio diluido. El grado de hipertonicidad que éstos organismos mantienen, es un indicativo de su amplia tolerancia a la salinidad, son buenos reguladores hipertónicos, son capaces de alcanzar rangos de salinidades menores y en ocasiones hasta agua dulce, como es el caso del *L. vannamei* (Ogle *et al.* , 1988).

La salinidad puede influenciar en el cultivo de camarones marinos en un sin número de maneras incluyendo efectos ecológicos y fisiológicos entre estos podemos anotar consumo de alimento, eficiencia en la conversión y por lo tanto crecimiento y supervivencia. En los camarones las variaciones de salinidad que se producen en el medio y las modificaciones del balance osmótico e iónico causan un incremento a la

demanda de energía metabólica, dando como resultado que los organismos dirijan menos energía para el crecimiento y procesos reproductivos, esto fue determinado por un estudio, donde demuestra que la máxima demanda de la rutina metabólica por el camarón blanco está entre 35 y 40 ups (Villarreal & Ocampo. , 1991).

Otro aspecto donde interviene el buen funcionamiento de la osmoregulación es el expuesto por Galli, 1987 *fide* Dall, 1990 quien menciona que el cambio de salinidad afecta directamente al consumo de oxígeno y la excreción varía en algunas especies de crustáceos, el camarón *L. vannamei* tiene la capacidad de adaptarse a bajas salinidades, pero hay valores mínimos de conductividad debajo de los cuales pierde la capacidad de osmoregular.

1.2.2 Regulación térmica

La termorecepción es probablemente el área más abandonada de la fisiología sensorial de los crustáceos, alguna vez se han hecho adelantos significantes en el estudio de receptores, pero la temperatura puede servir no sólo como un estímulo para los órganos específicos del extremo, sino también para los centros en el sistema nervioso central, la temperatura puede afectar al metabolismo total del cuerpo, el metabolismo del nervio central específico, además es sensible a los receptores periféricos. En general se cree que los artrópodos tienen las antenas y otros accesorios especialmente sensibles a los cambios de temperatura, por lo que se dice que el efecto de la temperatura afecta al metabolismo general o al sistema nerviosos en conjunto (Fast, 1992).

La inhabilidad de crustáceos para controlar la temperatura de su cuerpo a un grado significativo, sugiere que su tasa metabólica puede variar directamente con un cambio en la temperatura ambiente. En los crustáceos algo típico es la disminución de la tasa de respiración con la disminución de temperatura e incremento con un incremento de temperatura. La temperatura puede influenciar el mecanismo activo y estándar de los crustáceos, según estudios realizados los animales están sujetos a temperaturas constantes por varios periodos de tiempo antes de que las tasas de consumo de oxígeno sean determinadas (Vernberg, 1983).

La mayoría de los crustáceos toleran un amplio rango de temperaturas ambientales, consecuentemente la tasa de metabolismo oxidativo en un individuo puede variar más veces en la naturaleza (Prosser, 1973 *fide* Cameron and Mangun, 1983). Estos cambios en la tasa metabólica pueden ser marcados por cambios correspondientes en la tasa de liberación de oxígeno y excreción de dióxido por el sistema de intercambio de gases.

Como respuesta de aumento moderado de temperatura, al igual que el incremento de la demanda metabólica de oxígeno de los tejidos puede darse ajustes significativos en:

a) Branquias: El intercambio total de gases puede aumentar debido al flujo abundante de agua y sangre, posiblemente ocasionado a cambios de las organizaciones espaciales y temporales del flujo de fluidos dentro y fuera de las agallas. Aquí se incrementa la ventilación pero no en todas las temperaturas.

b) En los tejidos: La tasa de liberación de oxígeno en la sangre puede aumentar por el incremento del flujo, este ajuste puede ser logrado enteramente por la tasa de incremento que se observa de manera invariable en los crustáceos.

c) También en los tejidos se da la extracción del contenido de oxígeno en un volumen único de sangre que puede incrementar frecuentemente. Este incremento es debido a varios factores con efectos separados pero acumulativos: Entre estos anotamos un pequeño aumento del gradiente molecular del oxígeno manejado a las mitocondrias; un cambio estructura intrínseco a la molécula de hemoglobina y hemocianina que generalmente baja más su afinidad al oxígeno y un cambio extrínseco estructural con el mismo resultado, el cual es debido a una caída del nivel de pH en la sangre. Sin embargo ninguna de estas adaptaciones logran una verdadera relación entre la liberación del oxígeno total y la temperatura ambiental sobre un intervalo muy grande, razón por la cual son escasamente claras.

El sistema de ventilación y circulatorio también tiene la habilidad para aclimatarse a un cambio de temperatura, aunque éste varía de acuerdo a la especie y a la temperatura en particular, (McMahon *et al.* , 1978 *fide* Cameron and Mangun, 1983).

Además de los efectos en la demanda de transporte de oxígeno y sistema de liberación, también se dice que la temperatura ejerce un profundo efecto en el dióxido de carbono y sistema ácido-base en todos los poiquilotermos; además, que varía inversamente con el pH de la sangre, la cual es una forma de mantener una alcalinidad relativa y una ionización casi constante de las proteínas (Cameron and Mangun, 1983)

Otro efecto reportado por Vernberg, (1983) los cambio de temperatura tienen un pequeño efecto sobre el grado de pérdida del Na. Un aumento o disminución de la temperatura produce un desequilibrio en la pérdida y absorción de iones. Una baja brusca de temperatura conduce a un descenso en la concentración de la sangre. Sin embargo la sangre se ajusta a un nuevo estado de concentración solamente un poco por debajo del nivel original, porque esta disminución en la concentración de la sangre activa el mecanismo de absorción de iones.

La temperatura es un factor importante a nivel de migraciones en la columna de agua, o migraciones estacionales y diurnales la que es determinada por las pendientes de temperaturas. En una investigación realizada en América Central (Teichert-Coddington *et al.*, 1994 *fide* Wyban, 1995) se presenta grandes diferencias en producción, debido a las variaciones de temperaturas que se daban por cambios de estaciones, de donde se obtuvo como conclusión, que la temperatura es el principal factor ambiental que determina las diferencias de producción estacional en estas regiones.

1.3. CULTIVO DE PENEIDOS

En el Hemisferio Occidental, Ecuador es el pionero de la industria camaronesa y llegó a ser primer productor de camarón en cautiverio. Con su práctica por más de 30 años, se ha convertido en un país, donde la mayoría de sus técnicos tienen la suficiente experiencia y habilidad para llevar un buen cultivo en cautiverio.

3.1. Larvicultura

Por medio del cultivo de larvas en laboratorios se asegura un buen suministro de larvas durante todo el año para el posterior cultivo en granjas camaroneras. Aunque algunos laboratorios comercializan dos productos: camarones en estadios de nauplios y postlarvas. Los nauplios son vendidos a laboratorios especializados de mayor escala, los cuáles los cultivan hasta postlarvas que irán a las respectivas camaroneras para la cría y el engorde. Las larvas también pueden ser obtenidas del medio natural.

3.2. Sistemas de cultivo en camaroneras

3.2.1 Preparación de la piscina

El rendimiento del cultivo de camarón es determinado por diferentes factores ambientales y entre los más importantes están la temperatura, oxígeno disuelto, sustancias tóxicas, acidez y sólidos suspendidos. Una buena preparación de la piscina ayuda a prevenir la producción de sulfuro de hidrógeno, amoníaco y nitritos los cuales son perjudiciales para el camarón. El fondo y el agua son los dos componentes de la preparación de la piscina camaronera, debido a que estos es el ambiente donde se desarrolla el camarón (Brown, 1992)..

3.2.2 Preparación del fondo

Consta de diferentes etapas: secado y limpieza que son necesarios para oxidar la materia orgánica que se asienta en el suelo como consecuencia del ciclo anterior,

además para permitir la oxidación del sulfuro de hidrógeno de la descomposición de los suelos anaerobios y para remover del suelo larvas y huevos de depredadores. El rango óptimo de acidez del suelo en la piscina debe ser de 6.5 -7. Es necesario tomar en cuenta la nivelación del fondo con un declive hacia el canal de drenaje.

1.3.2.3 Preparación del agua

Consiste en implementar en la piscina la producción primaria (fitoplancton), lo cual se logrará mediante la fertilización durante el proceso de llenado que alcanzará sólo una profundidad media para aprovechar el fertilizante. El fertilizante debe contener como base nitrógeno y fósforo que es la fuente de las algas preferidas por camarones, para medir la turbidez del agua se emplea el disco secchi. La transparencia del agua óptima está entre 35-45 cm.

1.3.2.4 Siembra de postlarvas

La siembra de las Pls puede ser directa o en precriaderos, por lo general esto depende del origen de la larva aunque no siempre es así. La siembra directa consiste en liberar las Pls en la piscina de engorde directamente sin ninguna fase intermedia. La utilización de tanques reservorios o piscinas de precría (0.1- 1 Ha) tiene sus ventajas: mejor control, eficiencia, ganancias en ambas fases de producción, mejor valoración del camarón almacenado (Oltra, 1989).

Además la transferencia de juveniles de 0.5- 1.5 g es menos estresante y permite predecir más acertadamente la supervivencia, la precría provee un medio donde las salinidades pueden ser lentamente ajustadas a la de los niveles de la piscina de engorde. Las densidades utilizadas en un estanque de precría son de 50 a 200/m² durante 30-60 días, logrando supervivencias promedio de 70-80% (Cobo, 1997).

1.3.2.5 Engorde

El engorde de camarones peneidos toma de 3-6 meses para cosechar un camarón cotizado en el mercado. En el norte de China, los EEUU y el norte de México producen una cosecha/año; en países semitropicales producen 2 cosechas/año, mientras que países cercanos al Ecuador han producido 3 cosechas/año. Las operaciones de engorde para *L. vannamei* son clasificadas en diferentes sistemas de acuerdo a la densidad de cultivo que se utilice y de esto dependerá la alimentación, labor, energía, inversión original. Estos sistemas de engorde son denominados “extensivos” (baja densidad de siembra), “semi-intensivos” (mediana densidad de siembra) e intensivos (alta densidad de siembra). El Ecuador está cambiando de cultivos extensivos a semi-intensivos (Brown, 1992).

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y METODOS

Para este experimento se utilizaron 1500 camarones juveniles de la especie *Litopenaeus vannamei*, obtenidos en la Camaronera Fuentes que se encuentra ubicada en la zona de Palmar, provincia del Guayas; el peso aproximado de los animales oscilaba entre 1 a 1,6 gramos antes de la aclimatación. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del CENAIM (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas). Una vez que los animales llegaron al centro fueron colocados en tanques de concreto con capacidad de 5 toneladas para un periodo de adaptación y aclimatación que tomó 3 días; después, se procedieron a pesar los animales, para colocarlos aleatoriamente, es decir, se procedió a pesar 5 animales en forma sucesiva para trasladarlos a los tanques del 1 al 18, estos eran colocados consecutivamente hasta completar 50 animales por cada tanque.

2.1. SISTEMA EXPERIMENTAL

Durante un período de ocho semanas se realizó el experimento en las instalaciones del CENAIM para evaluar la Influencia de la salinidad y la temperatura en el crecimiento (peso) de *Litopenaeus vannamei*.

Los niveles promedios de salinidad y temperatura a experimentar fueron elegidos de acuerdo a las diferentes oscilaciones de salinidad y temperatura que se reportan en las épocas de invierno y verano, influenciando las zonas de cultivo del Ecuador. Los efectos fijos fueron temperatura con dos niveles 21.4 y 29.5 °C y salinidad con tres niveles 2.1, 18.2 y 33.8 ups, dando como resultado seis tratamientos con tres réplicas. La sala de experimentación se conformó de 18 tanques circulares de policarbonato con capacidad de 500 litros, colocados en tres filas de seis tanques cada una, los tanques fueron recubiertos con material aislante para mantener la temperatura (Fig. 5).

Los valores medios para temperatura y salinidad fueron ($29.5 \pm 0,8$ y $21,4 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$); ($33.8 \pm 0,9$; $2,1 \pm 0,7$ y $18,2 \pm 0,6$ ups) respectivamente, estas variaciones se pudieron dar debido a que éste experimento fue desarrollado en época en que las condiciones ambientales estaban influenciadas por el fenómeno climático “El Niño”. El agua dulce (2.1 ups) traída de los pozos de Sinchal y fue previamente pasada por filtro de hilo. El agua de 18.2 ups se obtuvo con una mezcla de agua de mar y agua de pozo. Todos los tanques recibieron aireación continua; y fueron cubiertos por una red para evitar que al saltar los camarones salgan del tanque. El agua de los tres tanques de cada tratamiento fue recirculada por un biofiltro, y el caso de los tratamientos con 21.4°C se pasó por un intercambiador de calor. Se suministro de aire constantemente, manteniendo un fotoperiodo de 12:12.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En el experimento después de colocar los 50 animales en sus respectivos tanques se procedió a la aclimatación, durante ésta etapa el experimento pasó por una serie de

inconvenientes debido al racionamiento de energía, el que se venía soportando a nivel del país, esto ocasionó que las temperaturas no sean alcanzadas en el tiempo esperado, resultando un incremento de peso desigual antes de lograr los parámetros de temperatura deseados. Superar todo este tipo de inconveniente tomó 2 semanas, luego se inició con el experimento.

Una vez que todo el sistema funcionó; es decir, los animales estaban aclimatados a su respectivo tratamiento y todo el sistema funcionaba bien, se procedió a realizar el primer peso y equilibrar el número de animales a 30 por tanque, partiendo con el experimento. El objetivo del experimento es determinar la influencia de salinidad y temperatura en el crecimiento de *L. vannamei*, se probó con dos temperaturas que se presentan comúnmente en nuestro medio 21.4°C, 29.5°C, al igual que tres niveles de salinidades 2.1, 18.2, 33.8 ups.

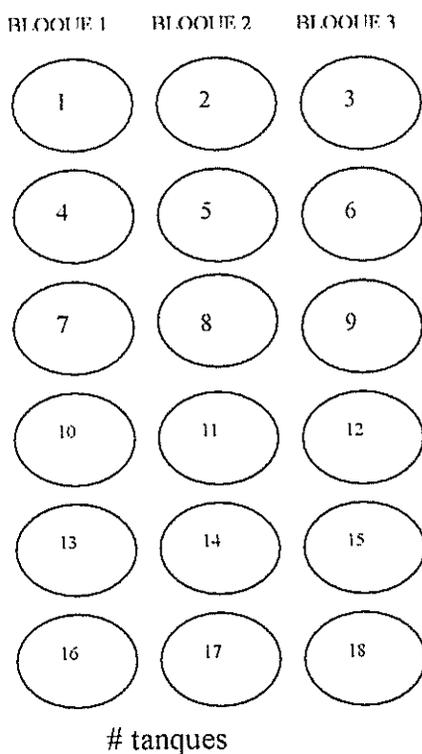
En éste experimento se usó un sistema de recirculación de agua, utilizando filtros biológicos, los mismos que fueron utilizados como herramienta para remover metabolitos tóxicos. La recirculación de agua se tomó como alternativa debido a dos razones; Costos elevados de agua dulce, sin dejar de mencionar lo complicado del manejo de agua a 18.2 ups y a temperaturas frías de 21.4 °C durante el recambio constante por el período que demoró el experimento.

Los tratamientos se colocaron en tres filas (tres réplicas), eligiendo al azar, esto es: Se quiere probar 3 salinidades y 2 temperaturas, resultando 6 tratamientos para los cuales se realizarán tres replicas; es decir, 18 tanque de bioensayo, los que se eligieron así, se

marcaron 18 tapas de cola de igual marca y forma con el número de tratamientos (del 1 al 6 multiplicado por el numero de tratamientos) estas tapas fueron colocadas en una tómbola donde se sacaron una a una y se las ordenaba de acuerdo a orden de salida, empezando por bloque 1, 2, y 3 así hasta completar las 18 tapas , resultando el orden de los tanques de la siguiente manera:

Tabla 1. Tratamientos con combinaciones de salinidad, temperatura y # de tanques

TRATAMIENTO	SALINIDAD ups	TEMPERATURA °C	TANQUES #
1	18.2	29.5	1. 15. 17
2	2.1	21.4	2. 3. 16
3	18.2	21.4	4. 12. 14
4	2.1	29.5	5. 6. 7
5	33.8	21.4	8. 13. 14
6	33.8	29.5	9. 10. 11



2.2.1. Filtros Biológicos

Los filtros biológicos fueron utilizados como herramienta de ayuda en el experimento, de esta manera se pudo controlar metabolitos tóxicos, se ahorró agua dulce y además se pudo manejar agua de salinidad media (18.2 ups), así como temperaturas bajas de alrededor de 21.0°C.

Conformación de los filtros: Los filtros biológicos consisten de una fase porosa (graba, rocas, conchas, etc.) sobre la cual crecen las bacterias nitrificantes, nitrosomonas y nitrobacter, ellas a través de una actividad microbiológica permiten la conversión del amoníaco que es tóxico a nitrito y luego a nitrato que es considerado no tóxico para algunos organismos acuáticos.

En el experimento se procedió a preparar los filtros utilizando tanques de capacidad de 300 a 500 l., donde se colocó un piso falso sobre la parte inferior de los tanques, el piso falso estaba formado por tubos de PVC de aproximadamente 8 cm de diámetro, sobre esto se colocó una malla de plástico bien firme, y sobre ésta otra malla con diámetro menor, quedando como una cama; pegado a ésta, se colocaron de manera vertical tubos de PVC de 3 centímetros de diámetro; luego se procedió a colocar capas de piedra bien fina (piedra grava).

Cuando se colocaron las piedras se procedió a colocar sifones hechos con los tubos de PVC, por donde ingresan las mangueras de aireación, la misma que debe ser abundante; finalmente, el tanque debe estar cubierto por un plástico negro (Fig. 4).

A cada filtro se le agregó 10 ppm de cloruro de amonio dejando madurar el filtro por 15 días, después de esto se procedió a medir niveles de amonio cada 3 días. Cuando las mediciones de amonio dieron los valores esperados, el filtro fue conectado a un pequeño sistema, éste procedimiento se realizó con los 6 filtros utilizados.

El sistema consistía de 3 tanques de experimentación de capacidad de 500 l., los que se encontraban conectados a un intercambiador de calor (para alcanzar temperaturas bajas) o a una bomba, que eran las que ayudaban a movilizar en agua.

Una vez conectados, se procedió a recircular agua de los tanques al filtro y del filtro a los tanques, esto se lo hizo durante 2 días, luego se colocaron 30 camarones de peso aproximado de 1 g. A los animales que se encontraban en los tanques se los alimentó con dieta natural, algas, artemias y dieta artificial, 3 veces por día. Durante los primeros días, al medir niveles de amonio resultó niveles altos (fuera de rango); después de transcurrir aproximadamente 15 días los niveles de amonio comenzaron a reducir, y al cabo de 20 días las lecturas de amonio se mostraron en niveles óptimos.

Cuando se consiguió estos niveles de amonio se procedió a desconectar los filtros de sistema. Los filtros biológicos se mantenían con adición de 10 ppm de cloruro de amonio, dosificación que se realizaba cada semana. Este procedimiento se hizo con cada filtro. El objetivo principal de la utilización de los filtros biológicos era lograr la conversión del amoniaco a nitrito y de nitrito a nitrato, eliminando metabolitos tóxicos.

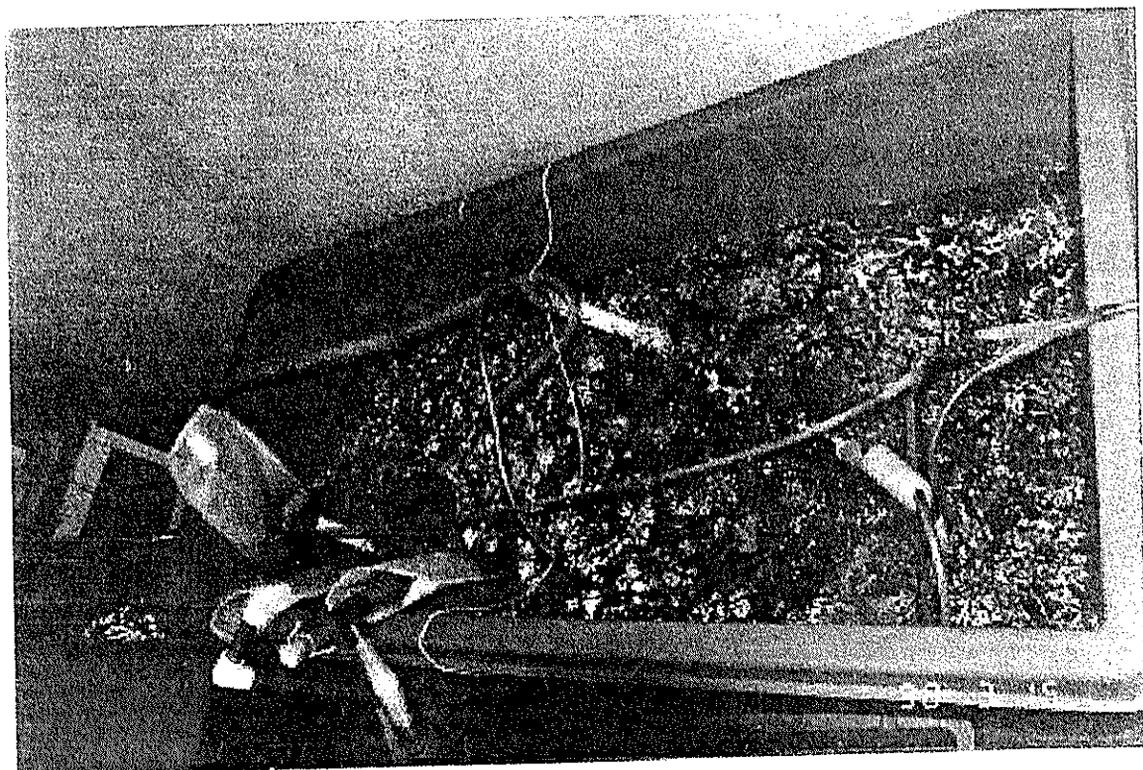


Fig. 4. Filtro biológico del experimento

2.3. PROTOCOLO DE EXPERIMENTO

2.3.1. Actividades quincenales

- a) **Medición quincenal de peso húmedo de los camarones:** Cada quince días se procedió a retirar los animales de cada tanque, eliminar la humedad con papel absorbente y pesarlos uno a uno, evitando que se maltraten demasiado, una vez pesados se los regresaba inmediatamente al tanque de experimentación.
- b) **Reajuste de alimento de acuerdo al peso:** Cada quince días la dieta era modificada de acuerdo al peso y a la población. Este reajuste se lo hizo con la ayuda de la Tabla de Alimentación diaria para camarones "Ralston Purina". El alimento

utilizado fue una dieta preparada por El CENAIM “CENAIM 40” Camba, N. *et al.*, 1992.

- c) Control de metabolitos tóxicos: Con el propósito de que el cultivo no se vea afectado por la presencia de metabolitos tóxicos como amoniaco desionizado (NH_3) se llevaba un control de éste, al igual nitrito.

2.3.2. Actividades diarias

- a) Medición diaria de parámetros: Diariamente se procedió a medir en el agua parámetros como: Salinidad, donde se utilizó un refractómetro de mano marca ATAGO S/MILL, compensado; temperatura, donde para las mediciones se utilizó un termómetro de mercurio; oxígeno disuelto, se midió con un oxigenómetro (YSI-57, Yellow Spring Instrumental, OH, USA); y para el pH se utilizó un pHmetro marca WTW pH Set 320. Estas mediciones se las realizaba por las mañanas (entre 7 y 9 a.m).
- b) Alimentación: Tres veces por día (8:00, 13:00, y 20:00 h) los animales fueron alimentados.
- c) Limpieza de cada tanque: 1 vez por día (11:00), se procedió a sifonear los tanques, el objetivo era retirar las heces fecales, las mudas y cualquier material extraño que se encuentre en los tanques, utilizando un sifón.

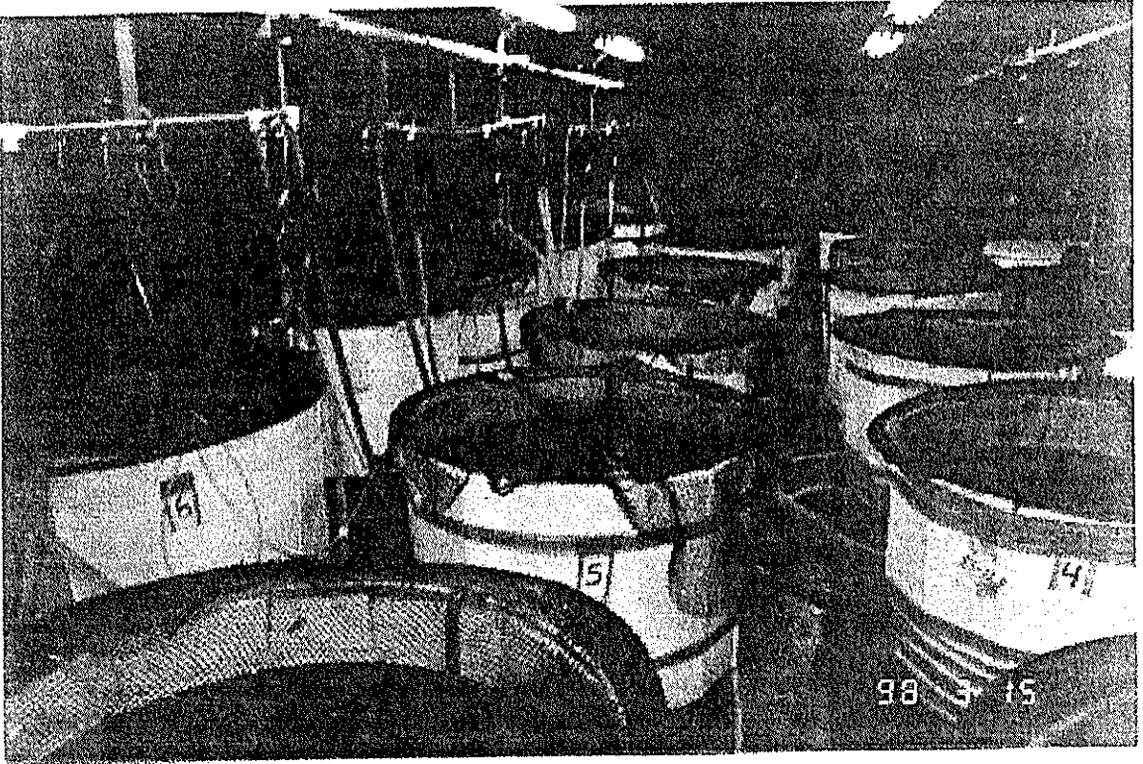


Fig. 5. Vista de sala de experimentación

2.4. DISEÑO DE EXPERIMENTO

Se quiere determinar si existe una relación significativa entre el crecimiento del camarón con la temperatura y salinidad; además, qué efecto tienen los diferentes niveles de temperatura y salinidad sobre el crecimiento en peso del camarón *L. vannamei*. Siendo los demás parámetros controlados; se eligió tres niveles para la salinidad, esto es 2.1, 18.2, y 33.8 ups y dos niveles de temperatura 21.4 y 29.5°C. Debido a las condiciones del lugar donde se realizó el experimento se planificó usar tres bloques para minimizar el error por ruido.

La distribución de los tratamientos en los tanques se eligieron aleatoriamente de tal manera que cada tratamiento se vea influenciado por las mismas condiciones; además,

que debido a factores ambientales externos propios de la sala de experimentación, se planificó utilizar el bloqueo en el diseño de experimento y minimizar el error.

Ciertamente una gran parte del diseño ha sido explicada, pero había que puntualizar la **variable de respuesta**, ya que debido a las diferencias de peso resultantes del período de aclimatación, había que definir el crecimiento del camarón en términos confiables. Hubo algunas alternativas entre las que se analizó:

Peso absoluto: Es un buen parámetro siempre y cuando al inicio del experimento todos los tratamientos tengan en promedio el mismo peso, lo que fue realmente difícil lograr ya que durante el proceso de aclimatación se produjeron las primeras diferencias. (tabla 20 y figuras 14, 15, 16)

Peso relativo al tiempo: Es un parámetro erróneo si tomamos en cuenta que no es lo mismo el aumento de peso en tres gramos de un camarón de seis gramos aumente 3 en un período de tiempo Δt , a un camarón de dos gramos cuyo aumento en peso en el mismo periodo de tiempo fue de dos gramos. En este ejemplo podemos observar claramente que según el incremento de peso con respecto al tiempo fue mayor en el camarón de 6 g. que en el de 2 g., sin embargo el camarón de 2 gramos aumentó su peso en 100%, mientras que el de 6 gramos sólo 50%.

Peso relativo al peso inicial: Es la mejor variable de respuesta por lo explicado anteriormente, y su fórmula sería:

$$\frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}}$$

Ahora si considerando los factores y la variable de respuesta (de naturaleza cuantitativa y continua) se tomó como modelo para medir los resultados un diseño bifactorial bloqueado.

2.4.1. Diseño bifactorial bloqueado

Un diseño bifactorial busca demostrar que existe algún efecto por dos factores cualesquiera, en este caso por temperatura, salinidad o ambos en la variable de respuesta.

Sea la variable de respuesta Y_{ijk} entonces cada respuesta es igual a

$$Y_{ijk} = u + T_i + S_j + TS_{ij} + e_k$$

Donde T_i representa el efecto del primer factor en nuestro caso la temperatura, S_j el efecto del segundo factor, en nuestro caso, la salinidad, TS_{ij} el efecto combinado y e_k el error por aleatoriedad, finalmente u sería el valor promedio que tiene en común la variable de respuesta, en nuestro caso el incremento de peso relativo.

Ahora, si considerando el efecto por bloqueo obtuviésemos

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + b_k + e_l$$

Donde b_k es el efecto del error por bloques.

Los bloques se escogieron en forma completamente aleatorizada donde cada tratamiento por columnas y por filas fue distribuido considerando que cada bloque contenga los mismo tratamientos.

Las hipótesis a demostrar son:

$$H_0: T_1 = T_2 = 0 \quad \text{vs} \quad H_1: \text{Al menos un efecto } T_i \text{ es diferente de } 0$$

$$H_0: S_1 = S_2 = S_3 = 0 \quad \text{vs} \quad H_1: \text{Al menos un efecto } S_j \text{ es diferente de } 0$$

$$H_0: TS_{ij} = 0 \text{ para } i = 1, 2, \text{ y } j = 1, 2, 3 \quad \text{vs} \quad H_1: \text{Al menos un efecto } TS_{ij} \text{ es diferente de } 0$$

A continuación trataremos de probar estas hipótesis mediante un modelo bifactorial de Análisis de Varianza.

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se lo hizo con el correspondiente ANOVA

2.5.1. Análisis de Varianza por Multivías

Los datos fueron procesados mediante un Análisis de Varianza de dos vías bloqueado, considerando que el efecto por bloqueo no se mostró importante, también se hizo un modelo de ANOVA sin bloqueo. Además de analizar los resultados del modelo también se estudió la compatibilidad de los datos con el modelo; es decir se realizó un análisis de idoneidad del modelo, mediante pruebas de normalidad y gráficos de dispersión.

Este es un experimento con parámetros controlados, por lo tanto debemos suponer que la variable de respuesta no está influenciada, o por lo menos se encuentra influenciada por igual en todos los tratamientos excepto por los niveles de cada factor. Además el modelo de análisis de varianza requiere que se cumplan con ciertas premisas que nos permiten concluir que el modelo se ajusta a la realidad. En algunas pruebas se utilizó el modelo de Kruskal-wallis para análisis de varianza, ya que las pruebas de error no se ajustaron al modelo, éste utiliza las medianas como estimador de las medias.

En cuanto a parámetros controlados se hizo pruebas de pH, oxígeno disuelto, nitrato, amonio, nitrito, temperatura y salinidad. Se procedió a un análisis de estadística descriptiva y pruebas estadísticas posteriores.

En todos los modelos estadísticos se usó el paquete computacional estadístico SYSTAT obtuvimos los resultados a un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$) como patrón

2.5.2. Pruebas de idoneidad del modelo

2.5.2.1 Análisis estadístico de parámetros controlados.

2.5.2.1.1 Análisis Estadístico del pH

Tabla 2. Análisis estadístico de pH por tanque

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	7.620	7.380	7.380	7.750	7.880
Maximum	8.420	8.490	8.490	8.320	8.620
Mean	8.058	8.248	8.261	8.118	8.366
Standard Dev	0.110	0.188	0.161	0.122	0.134

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	7.800	7.900	7.560	7.550	7.540
Maximum	8.630	8.620	8.090	8.150	8.150
Mean	8.367	8.369	7.892	7.944	7.950
Standard Dev	0.134	0.130	0.121	0.115	0.108

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	7.680	7.750	7.450	7.790	7.730
Maximum	8.150	8.330	8.330	8.340	8.420
Mean	7.958	8.129	7.898	8.136	8.076
Standard Dev	0.099	0.121	0.124	0.116	0.120

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
N of cases	56	56	56
Minimum	7.420	7.800	7.450
Maximum	8.610	8.420	8.080
Mean	8.303	8.102	7.895
Standard Dev	0.185	0.103	0.129

Tenemos en el experimento, 6 combinaciones diferentes de salinidad y temperatura, por lo que se procede a hacer una prueba no paramétrica para buscar diferencias significativas en el pH.

TABLA 3. Análisis de varianza de pH por Kruskal-wallis

Categorical values encountered during processing are:

TRATAMIENTOS (6 levels) 1, 2, 3, 4, 5, 6

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 1008 cases

Dependent variable is pH

Grouping variable is TRAT

Group	Count	Rank Sum
1	168	78114.000
2	168	124739.000
3	168	90001.500
4	168	142934.500
5	168	30941.000
6	168	41806.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 688.200

Probability is 0.000 assuming Chi-square distribution with 5 df

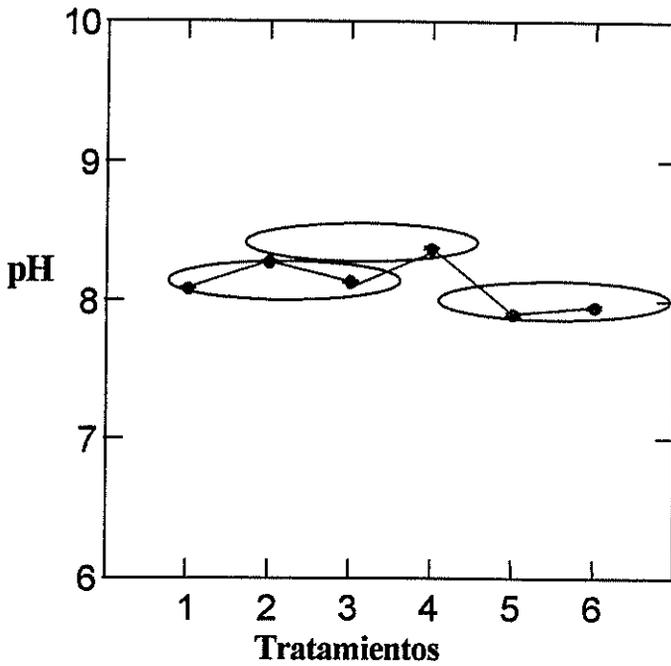


Fig. 6 Comparaciones de pH en cada tratamiento

En ésta figura se observa diferencias significativas, encontrando tres grupos de variaciones de pH, esto es presumiblemente ocasionado por la salinidad. Pero además, podemos observar en todo el análisis, que los valores de pH se encontraron dentro de niveles ideales para el cultivo de camarones, esto es entre 6.5 y 9. (Lloyd 1992, *fide* Zweig *et al*, 1999)

5.2.1.2 Análisis estadístico de Oxígeno Disuelto

Tabla 4. Análisis estadístico de oxígeno disuelto por tanque

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	5.300	6.900	6.500	5.700	5.300
Maximum	7.200	8.600	8.600	8.900	8.400
Median	6.600	8.000	8.000	7.800	6.700
Mean	6.571	7.966	7.884	7.759	6.698
Standard Dev	0.420	0.389	0.451	0.557	0.464

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	6.000	5.900	6.100	5.700	5.100
Maximum	7.500	7.300	8.700	7.800	8.900
Median	6.900	6.900	7.800	6.700	6.650
Mean	6.780	6.720	7.654	6.657	6.596
Standard Dev	0.301	0.343	0.566	0.393	0.607

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	5.400	6.100	6.400	6.200	5.500
Maximum	8.800	8.800	8.900	8.800	7.200
Median	6.700	7.950	7.900	7.900	6.650
Mean	6.629	7.773	7.827	7.782	6.557
Standard Dev	0.551	0.590	0.526	0.569	0.408

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
N of cases	56	56	56
Minimum	6.400	5.300	5.900
Maximum	8.800	7.600	8.500
Median	8.000	6.700	7.900
Mean	7.861	6.614	7.777
Standard Dev	0.467	0.470	0.535

Agrupando los tanques en las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad se obtuvo.

Tabla 5. Análisis estadístico de oxígeno disuelto por tratamiento

	TRAT1	TRAT2	TRAT3	TRAT4	TRAT5	TRAT6
N of cases	168	168	168	168	168	168
Minimum	5.300	6.400	5.700	5.300	5.300	5.100
Maximum	7.600	8.800	8.900	8.400	8.700	8.900
Median	6.700	8.000	7.900	6.800	7.400	6.700
Mean	6.581	7.904	7.771	6.733	7.348	6.627
Standard Dev	0.431	0.437	0.569	0.375	0.739	0.522

En el análisis estadístico que se hace por tratamiento se pueden observar los valores de las medias obtenidas, dan como resultados dos grupos marcados (tratamiento 1.4.6) (2.3.5); esto se lo va a demostrar estadísticamente.

TABLA 6. Análisis de varianza de oxígeno disuelto por Kruskal-wallis

Categorical values encountered during processing are:

TRATAMIENTO (6 levels) 1, 2, 3, 4, 5, 6

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 1008 cases

Dependent variable is OXIGENO

Grouping variable is TRATAMIENTO

Group	Count	Rank Sum
1	168	46857.500
2	168	132682.000
3	168	124460.500

4	168	56535.500
5	168	97803.500
6	168	50197.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 526.227

Probability is 0.000 assuming Chi-square distribution with 5 df

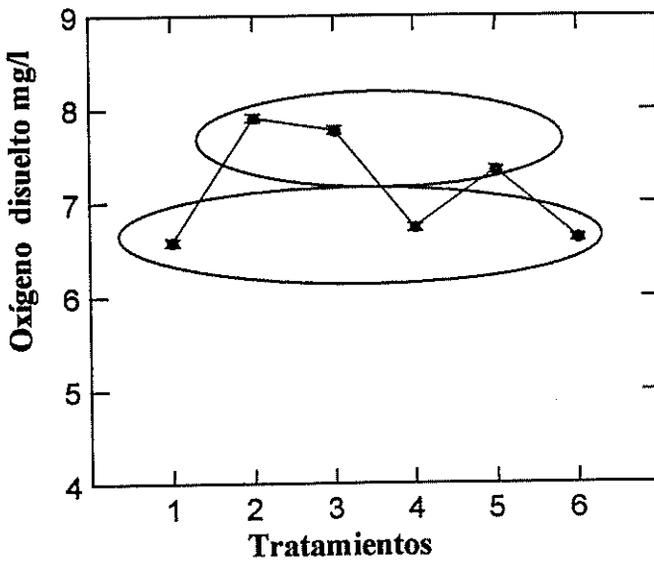


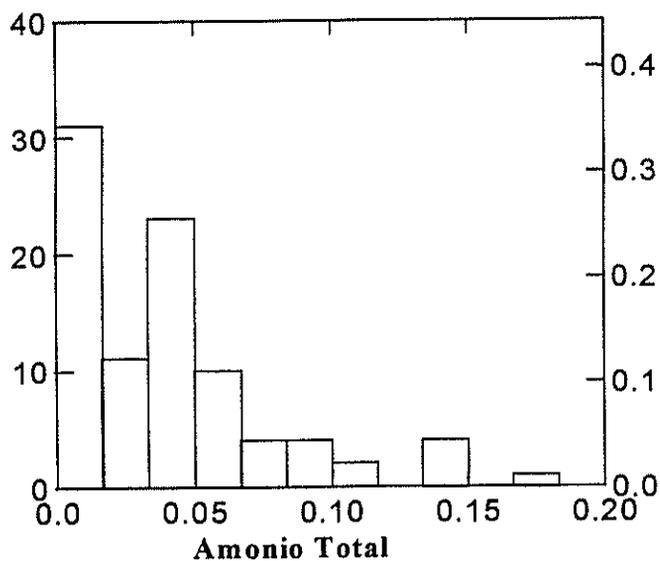
Fig. 7. Combinaciones de oxígeno disuelto con los tratamientos

Esta prueba nos indica que el oxígeno disuelto sí estuvo en diferentes rangos en los diferentes tratamientos, presentándose diferencias significativas. También podemos observar en éste gráfico que el oxígeno disuelto se mantuvo dentro de los rangos óptimos para cultivo de *L. vannamei* que es entre 5 y 10 mg/l (Clifford, 1994, *fide* Zweig *et al*, 1999)

2.5.2.1.3 Análisis estadístico de amonio

Tabla 7. Análisis Estadístico de amonio total por tratamiento

	AMONIO TOTAL	TRAT1	TRAT2	TRAT3	TRAT4	TRAT5	TRAT6
N of cases	90	15	15	15	15	15	15
Minimum	0.0	0.010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maximum	0.170	0.17	0.096	0.144	0.144	0.110	0.076
Median	0.036	0.060	0.040	0.050	0.036	0.012	0.020
Mean	0.039	0.056	0.044	0.057	0.041	0.020	0.025
Standard Dev	0.039	0.039	0.027	0.056	0.040	0.029	0.027

**Fig. 8.** Histograma de frecuencia de amonio

En la figura 8 podemos observar el control que se tuvo en el experimento con respecto al amonio, obteniendo valores máximos a 0.17 mg/l teniendo la mayor frecuencia entre 0 y 0.1 mg/l el valor óptimo de amonio total se encuentra entre 0.1 y 1 mg/l (Clifford, 1994 *fide* Zweig *et al.* , 1999).

Tabla 8. Análisis de varianza de Amonio Total

Durbin-Watson D Statistic 1.004
 First Order Autocorrelation 0.441

COL/ ROW	TRATAMIENTO
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Using least squares means.

Post Hoc test of AMONIO TOTAL

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
TRATAMIENTO	0.018	5	0.004	2.561	0.053
ERROR	0.118	84	0.001		

En esta prueba se observa una diferencia poco significativa. Para estar más seguros, haremos un test para construir una matriz de significancias.

Tabla 9. Matriz de significancia de amonio total entre tratamientos

Fisher's Least-Significant-Difference Test.

Matrix of pair wise comparison probabilities:

	1	2	3	4	5	6
1	1.000					
2	0.095	1.000				
3	0.915	0.077	1.000			
4	0.291	0.534	0.245	1.000		
5	0.011	0.357	0.018	0.125	1.000	
6	0.030	0.603	0.023	0.255	0.68	1.000

En éste análisis se observa en general poca significancia al comparar los tratamientos, sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 3 con los demás.

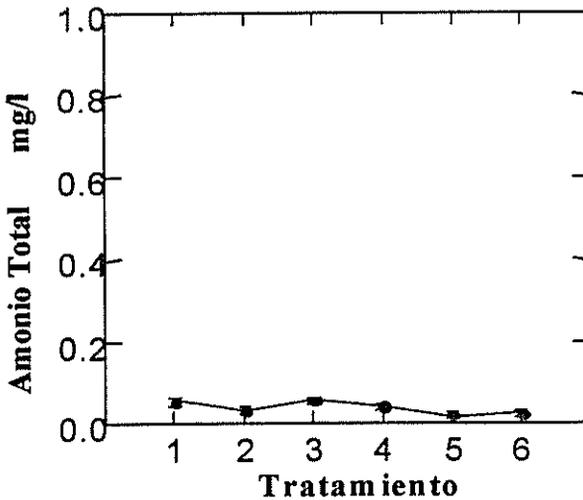


Fig. 9 Combinación de amonio total por tratamiento

2.5.2.1.4 Análisis estadístico del Nitrito

Tabla 10. Análisis estadístico de nitrito por tanque

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
Minimum	0.027	0.015	0.010	0.014	0.015
Maximum	0.106	0.080	0.080	0.056	0.119
Mean	0.053	0.031	0.032	0.027	0.047
95% Upper	0.093	0.065	0.066	0.049	0.099
95% Lower	0.013	0.000	0.000	0.006	0.000
Standard Dev	0.032	0.028	0.028	0.017	0.042

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
Minimum	0.019	0.012	0.017	0.018	0.016
Maximum	0.076	0.069	0.080	0.069	0.056
Mean	0.038	0.039	0.032	0.042	0.041
95% CI Upper	0.067	0.068	0.066	0.066	0.062
95% CI Lower	0.009	0.010	0.003	0.018	0.020
Standard Dev	0.023	0.023	0.027	0.019	0.017

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
Minimum	0.016	0.011	0.018	0.011	0.028
Maximum	0.058	0.036	0.080	0.073	0.083
Mean	0.045	0.026	0.043	0.032	0.049
95% CI Upper	0.067	0.038	0.076	0.062	0.075
95% CI Lower	0.023	0.014	0.011	0.003	0.023
Standard Dev	0.018	0.010	0.026	0.024	0.021

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
Minimum	0.011	0.018	0.016
Maximum	0.092	0.112	0.080
Mean	0.033	0.057	0.037
95% CI Upper	0.075	0.102	0.070
95% CI Lower	-0.009	0.012	0.004
Standard Dev	0.034	0.036	0.027

Tabla 11. Análisis estadístico de Nitrito por tratamiento

	TRAT1	TRAT2	TRAT3	TRAT4	TRAT5	TRAT6
N of cases	15	15	15	15	15	15
Minimum	0.018	0.010	0.011	0.012	0.016	0.016
Maximum	0.112	0.092	0.073	0.119	0.080	0.069
Mean	0.053	0.032	0.028	0.042	0.037	0.043
Standard Dev	0.028	0.028	0.017	0.029	0.025	0.017

Aquí se observa que los valores de las medias se encuentran dentro de los rangos establecidos de nitrito, esto es menor a 1 mg/l.

Tabla 12.. Análisis de varianza para Nitrito

Categorical values encountered during processing are:

TRATAMIENTO (6 levels) 1, 2, 3, 4, 5, 6

Dep Var: NITRITO N: 90 Multiple R: 0.322 Squared multiple R: 0.104

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
TRATAMIENTO	0.006	5	0.001	1.941	0.096
ERROR	0.051	84	0.001		

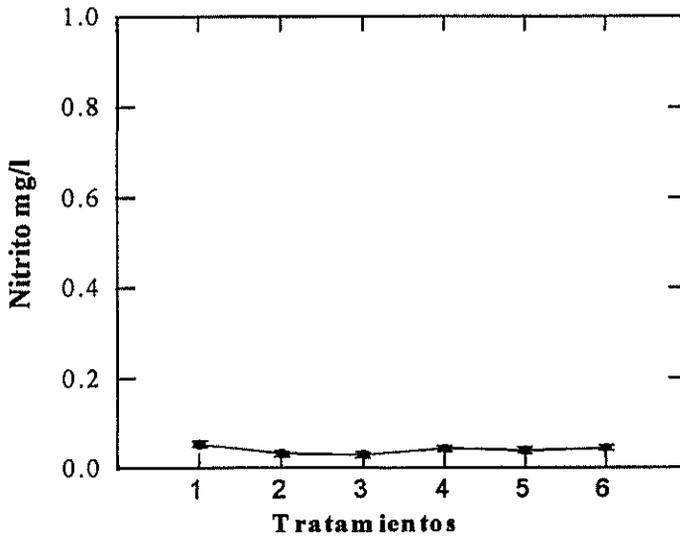


Fig. 10 Comportamiento de Nitrito por tratamiento

Podemos observar que el nitrito también estuvo controlado durante todo el experimento.

El nivel óptimo para *L. vannamei* reportado es menor a 1 mg/l (Clifford1994, *vide* Zweig *et al.*, 1999)

2.5.2.1.5 Análisis estadístico del Nitrato

Tabla 13. Análisis estadístico del nitrato por tanque

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
N of cases	5	5	5	5	5
Minimum	0.924	1.933	1.644	0.836	1.937
Maximum	2.970	3.630	3.630	3.410	4.180
Mean	1.925	2.774	2.584	1.650	2.895
Standard Dev	0.902	0.683	0.780	1.035	0.923

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
N of cases	5	5	5	5	5
Minimum	1.855	2.215	0.367	0.466	0.367
Maximum	4.033	3.872	1.232	1.760	1.936
Mean	3.114	3.124	0.827	1.030	0.975
Standard Dev	0.985	0.761	0.400	0.583	0.626

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
N of cases	5	5	5	5	5
Minimum	0.421	0.769	0.362	0.858	0.909
Maximum	2.530	1.848	1.452	2.420	3.080
Mean	1.074	1.293	0.838	1.443	1.986
Standard Dev	0.855	0.439	0.447	0.642	0.956

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
N of cases	5	5	5
Minimum	1.965	0.623	0.183
Maximum	3.080	3.300	1.203
Mean	2.644	2.040	0.752
Standard Dev	0.448	1.144	0.441

Tabla 14. Análisis estadístico de Nitrato por tratamiento

	TRAT1	TRAT2	TRAT3	TRAT4	TRAT5	TRAT6
N of cases	15	15	15	15	15	15
Minimum	0.623	1.644	0.769	1.855	0.183	0.367
Maximum	3.300	3.630	3.410	4.180	1.452	2.530
Mean	1.984	2.667	1.462	3.044	0.806	1.027
Standard Dev	0.933	0.609	0.708	0.835	0.400	0.648

Aquí se observa que las desviaciones son bastante elevadas, por lo que los resultados que se dio en las mediciones no fueron iguales por tratamientos; sin embargo, se puede decir que los valores de nitrato se encuentran dentro de los límites permisibles para cultivos menores a 5 mg/l (Meade, 1989 *fide* Zweig *et al.*, 1999), además se han reportado que *P. monodón* no fue afectado por concentraciones de 200 mg/l de nitrato después de 3-5 semanas (Wickins, 1976).

Tabla 15. Análisis de varianza para nitrato por Kruskal-wallis

Categorical values encountered during processing are:

TRATAMIENTO (6 levels) 1, 2, 3, 4, 5, 6

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 90 cases

Dependent variable is NITRATO

Grouping variable is TRATAMIENTO

Group	Count	Rank Sum
1	15	763.000
2	15	1012.500
3	15	573.000
4	15	1092.500
5	15	280.000
6	15	374.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 54.001

Probability is 0.000 assuming Chi-square distribution with 5 df

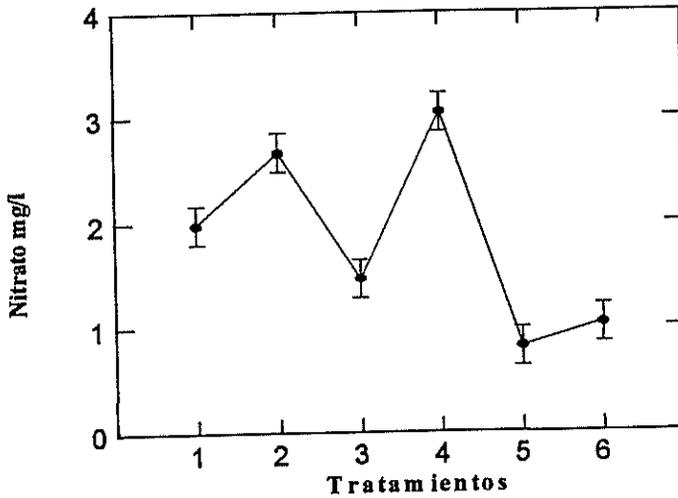


Fig. 11 Comportamiento de Nitrato por tratamiento

2.5.2.1.6 Análisis estadístico de temperatura

En cuanto a temperatura nos interesa que esta haya estado en un rango prudente donde se evidencie el control de ésta. Veamos la estadística descriptiva.

Tabla 16. Análisis estadístico de temperatura por tanque

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	28.000	20.200	19.900	19.700	28.000
Maximum	30.800	23.700	23.800	23.500	31.700
Median	29.400	21.000	21.000	21.450	29.700
Mean	29.339	21.229	21.182	21.571	29.618
Standard Dev	0.678	0.510	0.653	0.850	0.765

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	28.000	28.000	19.400	28.000	28.000
Maximum	31.800	31.800	22.500	31.800	31.400
Median	29.900	29.900	21.200	29.600	29.800
Mean	29.736	29.750	21.263	29.589	29.679
Standard Dev	0.727	0.735	0.546	0.782	0.671

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
N of cases	56	56	56	56	56
Minimum	28.000	19.500	19.500	19.600	28.000
Maximum	31.200	23.800	23.100	24.000	30.700
Median	29.800	21.500	21.200	21.250	29.050
Mean	29.663	21.532	21.246	21.464	29.232
Standard Dev	0.640	0.880	0.540	0.858	0.760

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
N of cases	56	56	56
Minimum	20.200	28.000	19.500
Maximum	24.700	30.800	23.100
Median	21.200	29.300	21.200
Mean	21.495	29.304	21.304
Standard Dev	0.842	0.743	0.582

Observemos las medias aritméticas en cada tanque y su desviación estándar, la que realmente es pequeña.

2.5.2.1.6.1 Pruebas de temperatura por grupos de salinidad

Se agrupó los tanques que debían estar en un solo nivel de temperatura y diferentes salinidades para probar que el nivel de temperatura era igual.

Tabla 17 Pruebas de uniformidad de temperatura

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 168 cases

Dependent variable is temperatura

Grouping variable is salinidad

Group salinidad	Count	Rank Sum
2.1	168	4873.000
18.2	168	4504.000
33.8	168	4819.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 0.609

Probability is 0.738 assuming Chi-square distribution with 2 df

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 168 cases

Dependent variable is temperatura

Grouping variable is salinidad

Group salinidad	Count	Rank Sum
2.1	168	4533.500
18.2	168	4325.500
33.8	168	5337.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 4.528

Probability is 0.804 assuming Chi-square distribution with 2 df

Observamos que no existen diferencias, lo que prueba que la temperatura fue uniforme para cada tratamiento; esto es, que se mantuvo bien controlada.

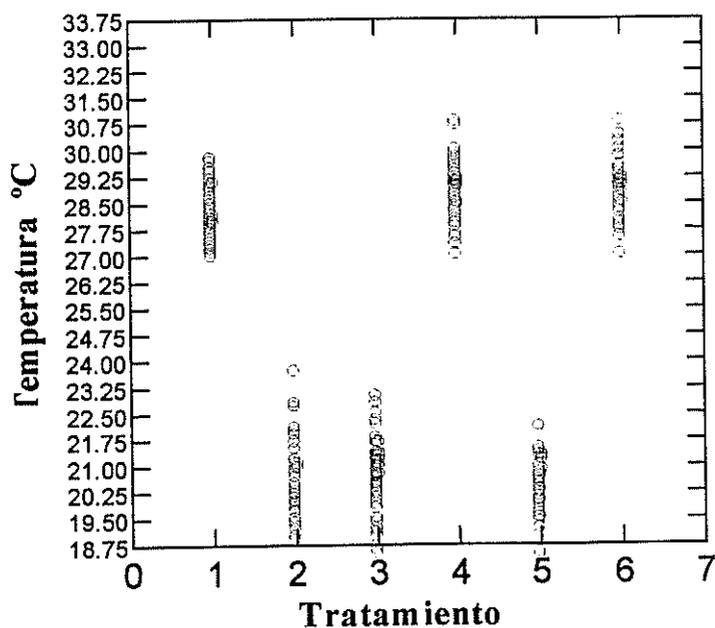


Fig. 12 Comportamiento de Temperatura por tratamiento

2.5.2.1.7 Análisis estadístico de salinidad

En cuanto a la salinidad se realizó una estadística descriptiva, observando las medias aritméticas bien ajustadas a los niveles de salinidad que se deseaban obtener, con una desviación estándar pequeña.

Tabla 18. Análisis estadístico de salinidad

	TANQUE1	TANQUE2	TANQUE3	TANQUE4	TANQUE5
N of cases	54	54	54	54	54
Minimum	17.000	2.000	2.000	17.000	2.000
Maximum	19.000	3.000	3.000	20.000	3.000
Median	18.000	2.000	2.000	18.000	2.000
Mean	18.056	2.093	2.093	18.220	2.096
Standard Dev	0.342	0.293	0.293	0.610	0.293

	TANQUE6	TANQUE7	TANQUE8	TANQUE9	TANQUE10
N of cases	54	54	54	54	54
Minimum	2.000	2.000	32.000	31.000	32.000
Maximum	3.000	3.000	35.000	35.000	35.000
Median	2.000	2.000	34.000	34.000	34.000
Mean	2.093	2.093	33.852	33.741	33.722
Standard Dev	0.293	0.293	0.920	0.955	0.856

	TANQUE11	TANQUE12	TANQUE13	TANQUE14	TANQUE15
N of cases	54	54	54	54	54
Minimum	31.000	17.000	32.000	17.000	17.000
Maximum	35.000	20.000	35.000	21.000	20.000
Median	34.000	18.000	34.000	18.000	18.000
Mean	33.722	18.237	33.954	18.300	18.289
Standard Dev	0.960	0.671	0.963	0.730	0.560

	TANQUE16	TANQUE17	TANQUE18
N of cases	54	54	54
Minimum	2.000	17.000	32.000
Maximum	3.000	20.000	35.000
Median	2.000	18.000	34.000
Mean	2.056	18.133	33.963
Standard Dev	0.231	0.477	0.846

Tabla 19. Análisis de varianza de salinidad por tanque por Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 324 cases

Dependent variable is SALINIDAD

Grouping variable is TANQUES 1, 12, 14, 15, 17, 4

Group	Count	Rank Sum
tanque1	54	8126.000
tanque12	54	8957.500
tanque14	54	9138.000
tanque15	54	9138.000
tanque17	54	8505.000
tanque4	54	8785.500

Kruskal-Wallis Test Statistic = 2.524

Probability is 0.773 assuming Chi-square distribution with 5 df

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 324 cases

Dependent variable is SALINIDAD

Grouping variable is TANQUES 16, 2, 3, 5, 6, 7

Group	Count	Rank Sum
tanque16	54	8479.500
tanque2	54	8804.500
tanque3	54	8804.500
tanque5	54	8952.500
tanque6	54	8804.500
tanque7	54	8804.500

Kruskal-Wallis Test Statistic = 1.055

Probability is 0.958 assuming Chi-square distribution with 5 df

Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance for 324 cases

Dependent variable is SALINIDAD

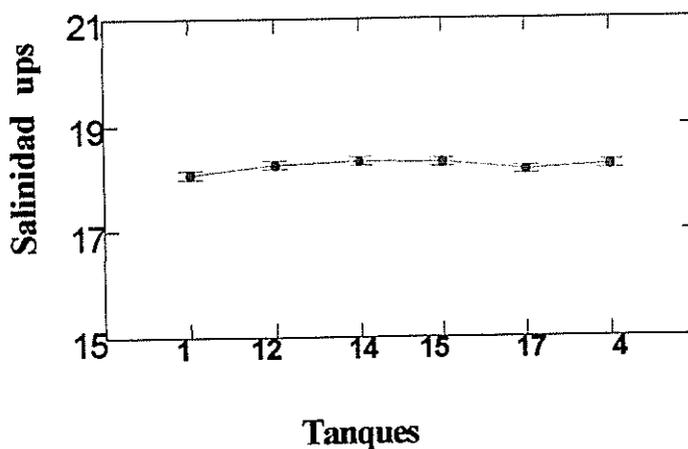
Grouping variable is TANQUES 10,11, 13, 18, 8, 9

Group	Count	Rank Sum
tanque10	54	8137.000
tanque11	54	8324.500
tanque13	54	9435.500
tanque18	54	9405.500
tanque8	54	8915.500
tanque9	54	8432.000

Kruskal-Wallis Test Statistic = 3.682

Probability is 0.596 assuming Chi-square distribution with 5 df

Observamos el Análisis de varianza de Kruskal-Wallis, donde se comprueba que para cada grupo de temperatura las salinidades eran iguales en los diferentes tanques; que los parámetros de salinidad en los diferentes niveles se encontraron dentro de los parámetros establecidos.



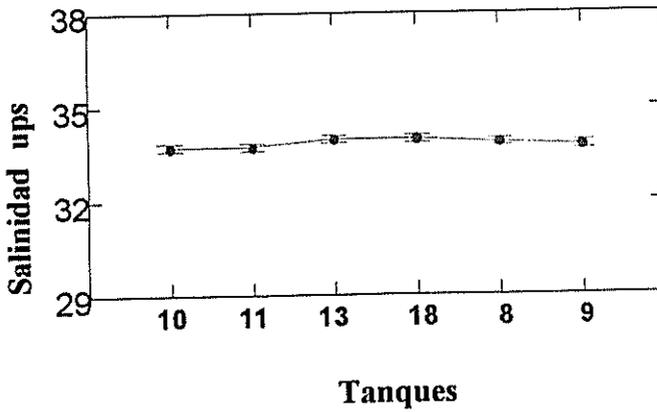
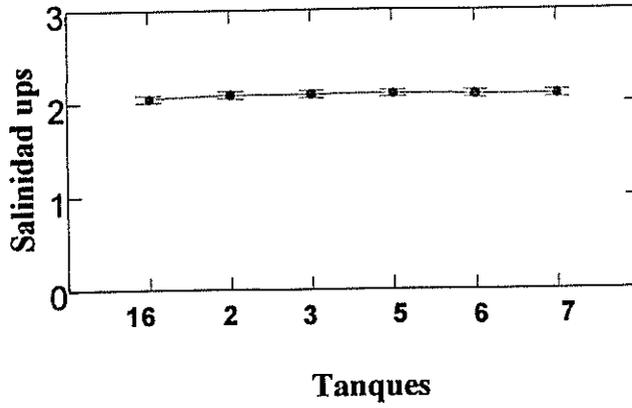


Fig. 13 Comportamiento de niveles de salinidad por tanque

En los gráficos se puede observar las variaciones pequeñas del factor salinidad durante el desarrollo del experimento.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

3.1. DATOS DE PESO A TRAVÉS DEL TIEMPO CON RESPECTO A PARÁMETROS CONTROLADOS

3.1.1. Análisis de la variación de peso durante el proceso de aclimatación.

Ahora se analizará los datos que resultaron en el transcurso del experimento: Como se mencionó anteriormente, el tiempo que tomó aclimatar los animales al inicio del experimento dieron como consecuencia alteraciones en los camarones, las que a continuación serán analizadas.

Tabla 20 Análisis de varianza de los pesos absolutos al inicio del experimento

Categorical values encountered during processing are:

SALINIDAD (3 levels) 2.1, 18.2, 33.8

TEMPERATURA (2 levels) 21.4, 29.5

Dep Var: PESO N: 554 Multiple R: 0.242 Squared multiple R: 0.058

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Salinidad	1.081	2	0.540	1.691	0.185
Temperatura	8.252	1	8.252	25.819	0.000
Temperatura *salinidad	1.380	2	0.690	2.159	0.116
Error	175.139	548	0.320		

En ésta tabla se puede apreciar la razón por la que no se pudo utilizar los pesos absolutos al inicio del experimento, observando que no existen diferencias significativas con respecto a salinidad ni a salinidad por temperatura, pero se observa claramente que las diferencias con respecto a la temperatura.

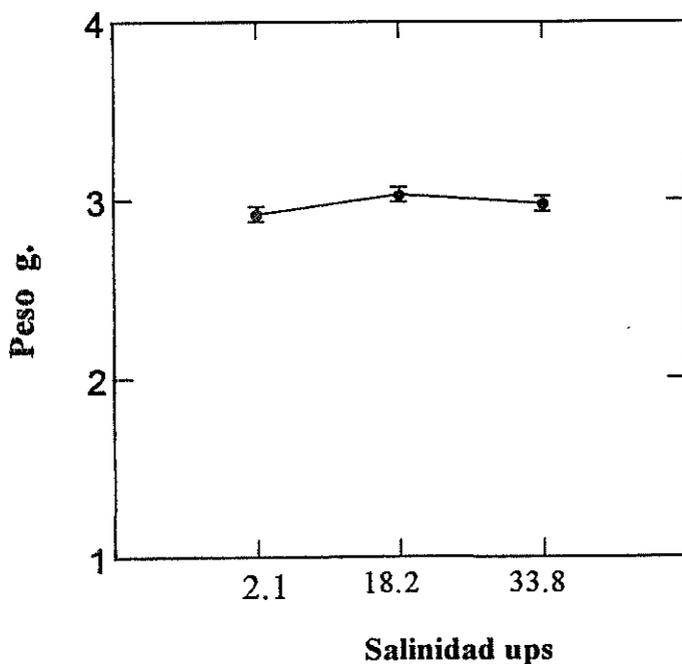


Fig.14. Representación de peso absoluto de camarones con relación a salinidad al inicio del experimento

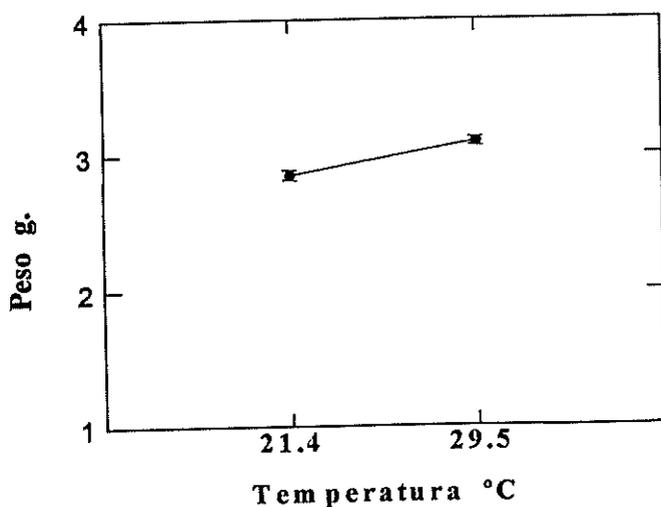


Fig. 15. Representación peso absoluto de camarones con relación a temperatura al inicio del experimento

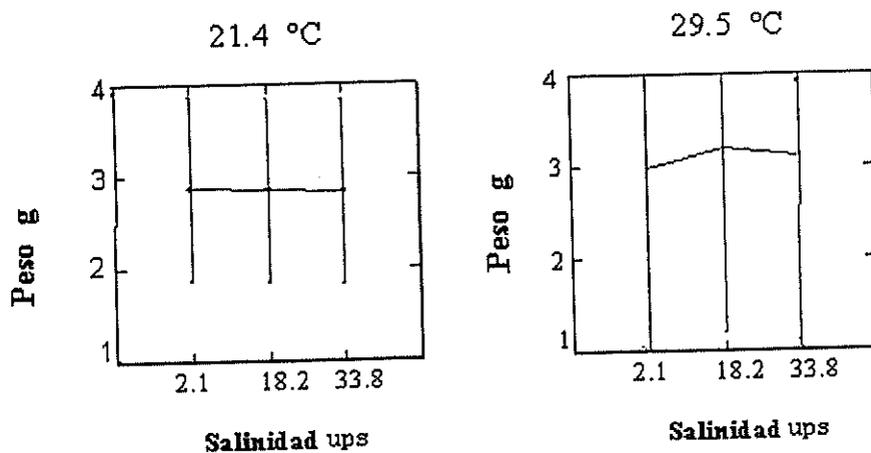


Fig. 16. Representación de peso absoluto de camarones con relación a interacción de temperatura y salinidad al inicio del experimento

Con estos gráficos se aprecia las variaciones de peso a las que fueron sometidos los camarones en el proceso de aclimatación por el factor temperatura.

3.1.2. Incremento de peso a los quince días de experimento

Tabla 21: Análisis de varianza de peso relativo en los primeros 15 días

Categorical values encountered during processing are:

TEMPERATURA (2 levels) 21.4; 29.5

SALINIDAD (3 levels) 18.2, 2.1; 33.8

Dep Var: ACLIMQUINCE N: 18 Multiple R: 0.875 Squared multiple R: 0.766

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	0.085	1	0.085	33.133	0.000
Salinidad	0.004	2	0.002	0.778	0.481
Temperatura *salinidad	0.007	2	0.003	1.308	0.306
Error	0.031	12	0.003		

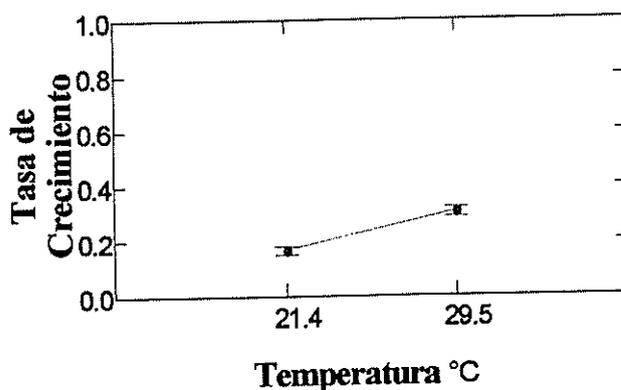


Fig. 17. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. temperatura a los 15 días de experimento

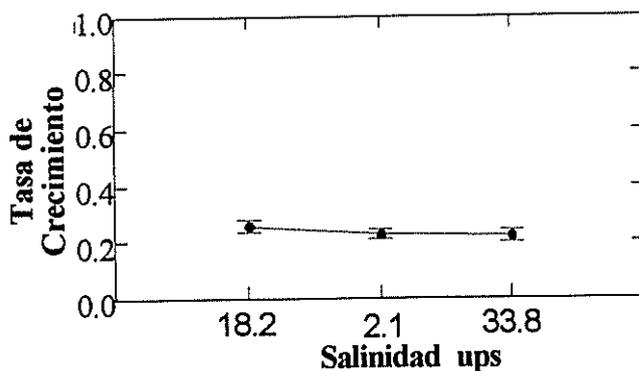


Fig. 18 Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad a los 15 días de experimento

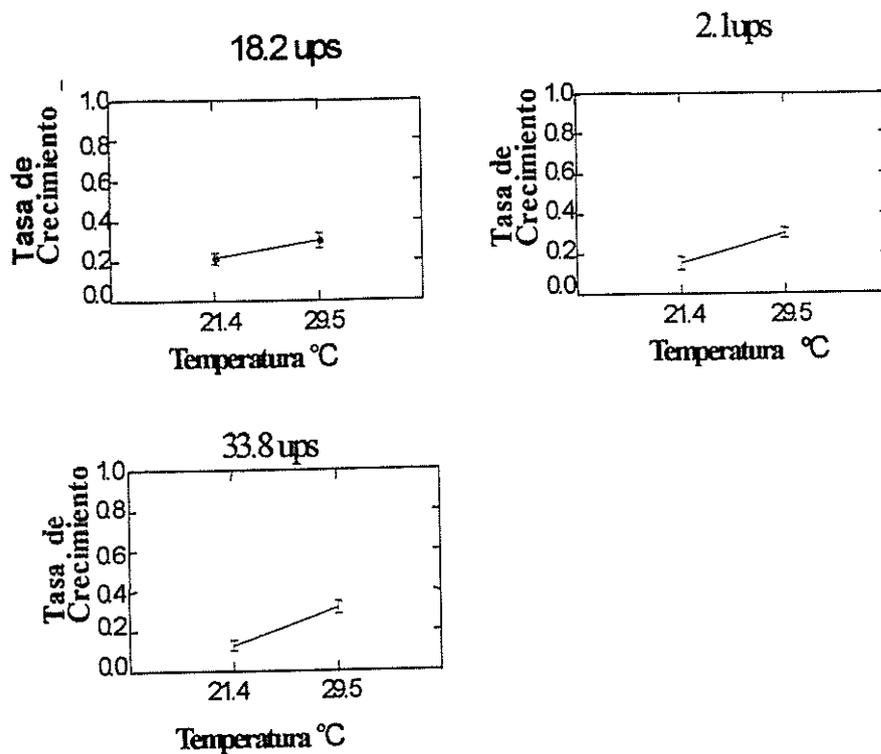


Fig. 19. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad por temperatura a los 15 días de experimento

Durante los primeros 15 días se observó que no existe el efecto de salinidad ni de interacción de salinidad con temperatura, vemos en la tabla de análisis de varianza con probabilidades de 0.5 y 0.3 respectivamente (ver figura 18 y 19), no obstante, en cuanto a la temperatura, se manifiesta inmediatamente el efecto sobre el incremento en peso (ver figura 17).

3.1.3. Incremento de peso relativo al mes

Tabla 22 Análisis de varianza de peso al mes

Categorical values encountered during processing are:

TEMPERATURA (2 levels) 21.4; 29.5

SALINIDAD (3 levels) 18.2; 2.1, 33.8

Dep Var: MES N: 18 Multiple R: 0.865 Squared multiple R: 0.748

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	0.091	1	0.091	15.530	0.002
Salinidad	0.109	2	0.054	9.286	0.004
Temperatura *salinidad	0.037	2	0.019	3.181	0.078
Error	0.070	12	0.006		

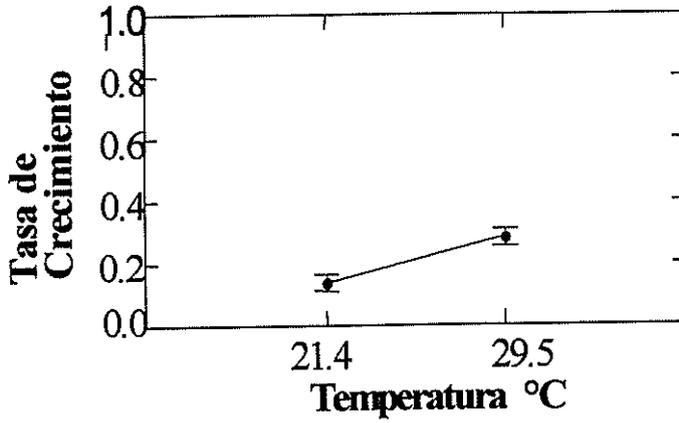


Fig. 20. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. temperatura al primer mes de experimento

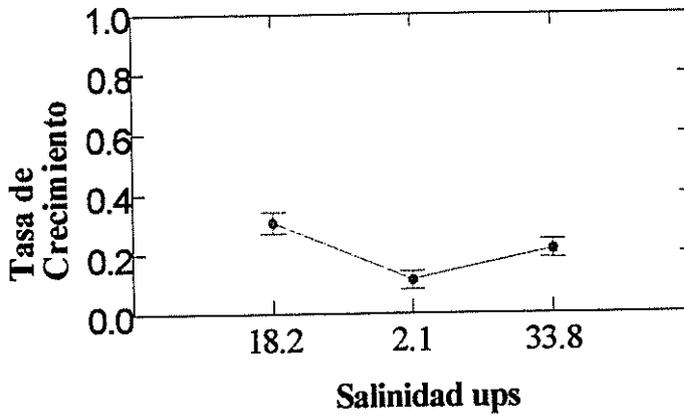


Fig. 21. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad al primer mes de experimento

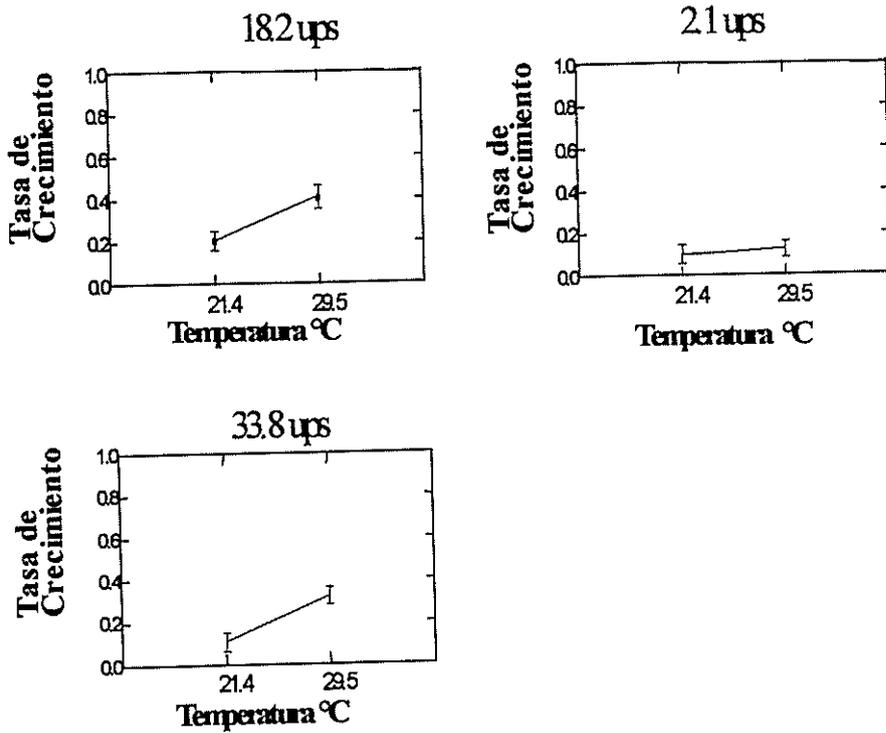


Fig. 22 Efecto combinado del diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad por temperatura al primer mes de experimentación

En la figura 22, se observa ya un efecto por salinidad; sin embargo, todavía no se obtiene un efecto significativo por la interacción de los dos factores.

3.1.4. Incremento de peso relativo al mes con quince días de experimentación

Tabla 23. Análisis de varianza de peso a mes con quince días

Categorical values encountered during processing are: '
 TEMPERATURAS (2 levels) 21.4; 29.5
 SALINIDAD (3 levels) 18.2; 2.1; 33.8
 Dep Var: MESQUIN N: 18 Multiple R: 0.875 Squared multiple R: 0.766

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	0.442	1	0.442	37.972	0.000
Salinidad	0.043	2	0.021	1.842	0.201
Temperatura *salinidad	0.014	2	0.007	0.594	0.568
Error	0.140	12	0.012		

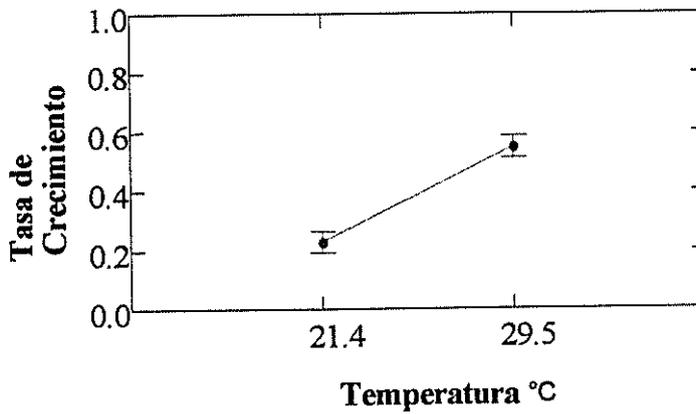


Fig. 23. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. temperatura al mes y quince días de experimentación

Aquí podemos observar la diferencia significativa bien clara con respecto a la temperatura.

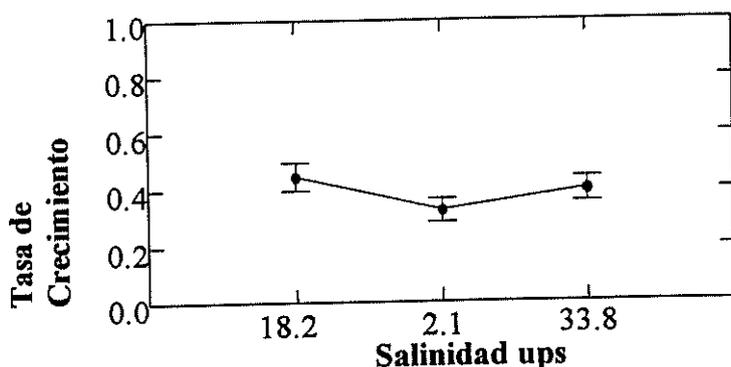


Fig. 24. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad al mes con quince días de experimentación

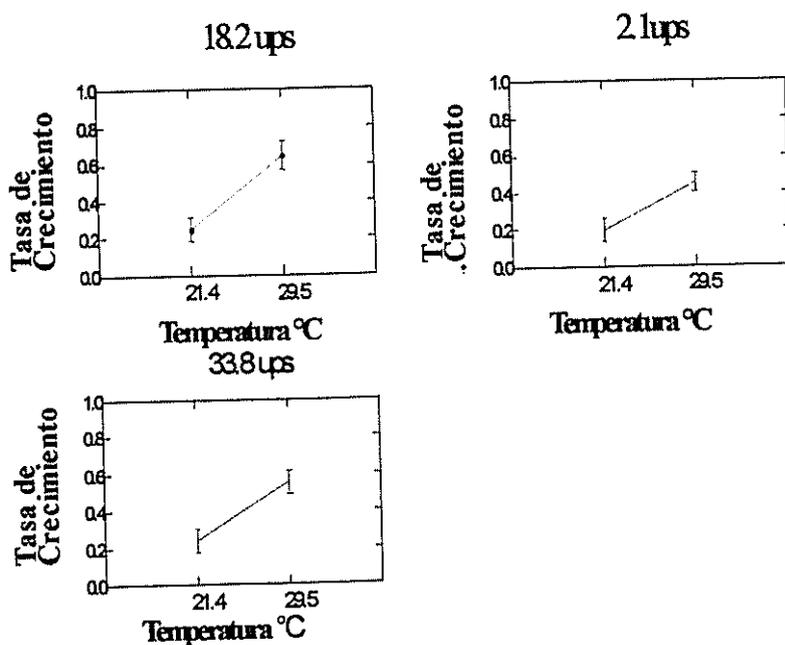


Fig. 25. Efecto combinado del diferencial de peso relativo al peso inicial vs. temperatura por salinidad al mes con quince días de experimentación

Durante éste período se puede observar que en la combinación de los efectos de temperatura y salinidad, ocurre algo interesante esto es, que el efecto de salinidad deja

de ser significativo, esto se da con probabilidad de 0.2. El efecto por temperatura aún se mantiene en forma significativa.

3.1.5. Incremento de peso relativo a los dos meses de experimentación

Tabla 24: Análisis de varianza del peso a los dos meses

Categorical values encountered during processing are:

TEMPERATURA (2 levels) 21.4; 29.5

SALINIDAD (3 levels) 18.2; 2.1; 33.8

Dep Var: DOSMESES N: 18 Multiple R: 0.848 Squared multiple R: 0.719

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	0.118	1	0.118	21.303	0.001
Salinidad	0.018	2	0.009	1.601	0.242
Temperatura *salinidad	0.031	2	0.015	2.786	0.101
Error	0.066	12	0.006		

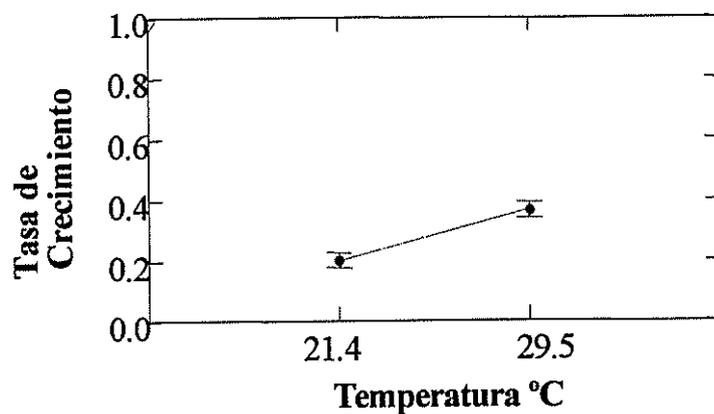


Fig. 26. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. temperatura a los dos meses de experimentación

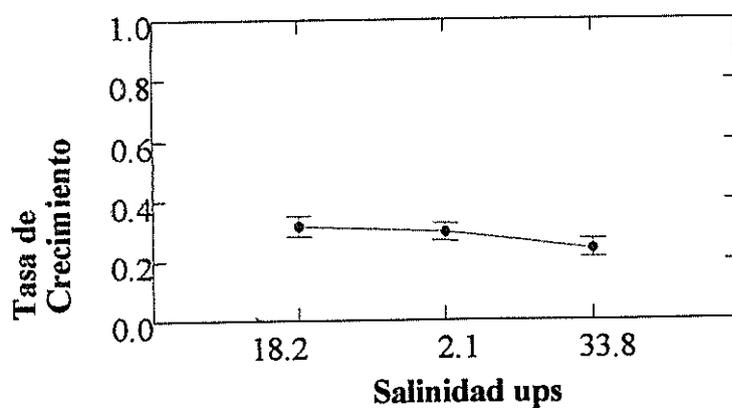


Fig. 27. Diferencial de peso relativo con respecto al peso inicial vs. salinidad a los dos meses de experimentación

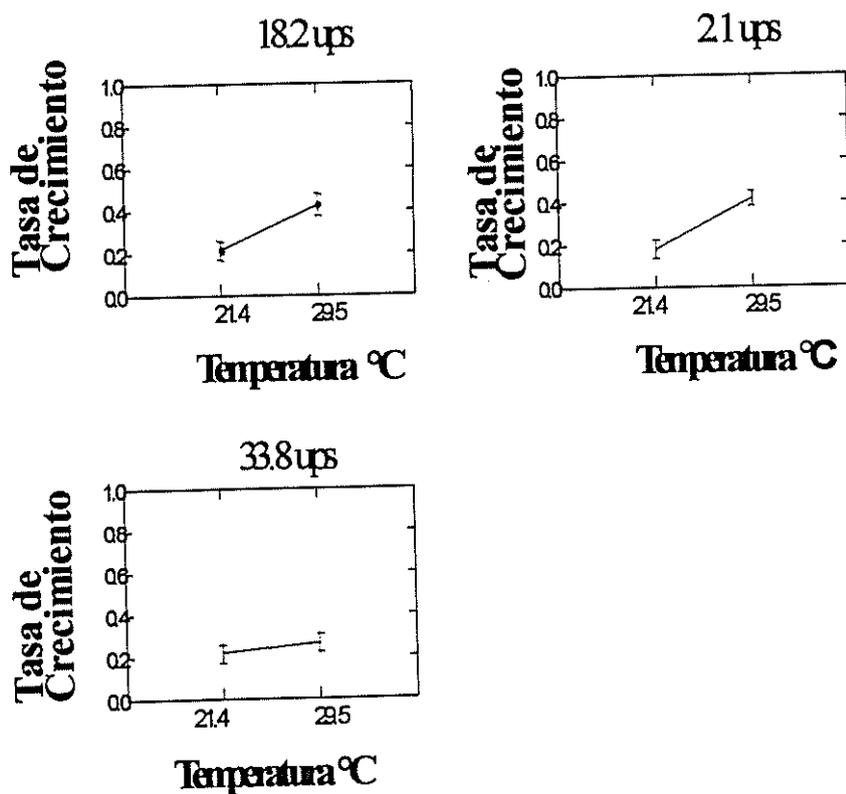


Fig. 28. Efecto combinado de temperatura y salinidad con respecto al diferencial del peso relativo a los dos meses de experimentación

Otra vez se observa, en éste periodo de tiempo poca significancia en el aumento de peso, explicado por el factor salinidad, esto nos podría llevar a la conclusión de que el efecto salinidad se manifiesta en algún período de temprana edad de los camarones con tanta significancia, y que después de dos meses de experimento se prueba con suficiente evidencia que hubo un efecto en el incremento del peso que se explica por la

salinidad, siendo mayor el incremento en salinidad media de 18.2 ups y significativamente menor en las salinidades extremas de 2.1 y 33.8 ups.

3.2. EFEECTO DE LA TEMPERATURA Y SALINIDAD

3.2.1. Pruebas estadísticas de los efectos de temperatura y salinidad sobre el crecimiento

Mediante el paquete estadístico SYSTAT se obtuvo:

Valores categóricos encontrados durante el proceso son:

Tabla 25. Análisis de varianza del efecto de temperatura y salinidad bloqueado

TEMPERATURAS (2 niveles) 21.4; 29.5

SALINIDADES (3 niveles) 18.2 ; 2.1; 33.8

BLOQUES (3 niveles) 1, 2, 3

VARIABLE DEPENDIENTE: Diferencial de peso N: 18 MULTIPLE R: 0.977

SQUARED MULTIPLE R: 0.955

Analysis of Variance					
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	10.550	1	10.550	185.051	0.000
Salinidad	1.852	2	0.926	16.238	0.001
Bloques	0.382	2	0.191	3.348	0.097
Salinidad * temperatura	0.491	2	0.246	4.309	0.045
Error	0.570	10	0.057		

Como se puede apreciar en el análisis de varianza vemos que, estadísticamente hablando, hay diferencias significativas claras causadas por los efectos de temperatura y salinidad, sin embargo al 95% de confianza no existe evidencia estadística para mantener la hipótesis de que existe efecto por bloqueo (ver gráfico 38). Observemos en las figuras 32, 33, 34 y 35, los respectivos intervalos de confianza en base a las medias de cuadrados esperados al 90% de confianza.

En cuanto a efectos por temperatura se obtuvo ya desde la primera semana una probabilidad significativa que tiende a 0. En la figura 32, se observa que a 29.5°C existe un incremento mayor en peso indiscutible, el cual, como veremos mas adelante, se hizo notable inmediatamente.

En cuanto a salinidad, también se obtuvo significancia en el efecto por este factor con una probabilidad de 0.001, lo que nos hace aceptar la hipótesis de que existe un efecto significativo por salinidad. En la figura 33, se puede detectar la diferencia que existe en salinidades de 18.2 ups frente a las de 2.1 ups y 33.8 ups, las que parecen no tener diferencias en cuanto al aumento de peso, lo que se ve notablemente es que la de 18.2 ups es superior frente a las salinidades extremas de 2.1 ups y 33.8 ups.

El efecto de bloque aparece como sin importancia en el análisis lo que lleva a hacer un nuevo análisis, esta vez sin considerarlo.

Tabla 26. Análisis de varianza del efecto de la temperatura y salinidad sin bloquear

Dep Var: DIFERENGLoba N: 18 Multiple R: 0.961 Squared multiple R: 0.924

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperatura	10.630	1	10.630	134.003	0.000
Salinidad	2.005	2	1.003	12.641	0.001
Salinidad * temperatura	0.548	2	0.274	3.454	0.065
Error	0.952	12	0.079		

Observamos que los resultados, en realidad son los mismos, aunque el efecto combinado de temperatura salinidad pierde significancia. (ver gráfico 38).

3.2.2. Pruebas de Duncan para comparaciones múltiples entre tratamientos

Por el análisis de varianza se conoce que existen diferencias significativas en cuanto a temperatura y a salinidad, pero no se conoce la diferencia entre tratamientos, para esto nos ayudamos con un análisis estadístico de Comparación de Medias de tratamientos individuales, haciendo las prueba de Intervalos Múltiples de Duncan (Duncan, 1955 *fide* Montgomery, 1992)

Tabla 27.- Matriz de análisis de diferencias de medias y decisión por pruebas de Duncan

DIFERENCIA DE MEDIAS						
TRATAMIENTO	2	5	3	4	6	1
2	0					
5	0,07657355	0				
3	0,3972062	0,32063265	0			
4	1,14820053	1,07162698	0,75099433	0		
6	1,60022757	1,52365402	1,20302137	0,45202704	0	
1	2,01093758	1,93436402	1,61373138	0,86273704	0,41071	0

INTERVALOS MÍNIMOS SIGNIFICATIVOS

TRATAMIENTO	2	5	3	4	6	1
2						
5	0,4998085					
3	0,52414982	0,4998085				
4	0,54037737	0,52414982	0,4998085			
6	0,54524563	0,54037737	0,52414982	0,4998085		
1	0,55173665	0,54524563	0,54037737	0,52414982	0,499808	

MATRIZ DE DECISIÓN

TRATAMIENTO	2	5	3	4	6	1
2	NO					
5	NO	NO				
3	NO	NO	NO			
4	SI	SI	SI	NO		
6	SI	SI	SI	NO	NO	
1	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Con esta matriz de decisión podemos observar las diferencias significativas entre tratamientos; las mismas que han sido ocasionadas en todos los tratamientos con diferentes temperaturas y se observa sólo un caso que se da diferencias por salinidad, esto es entre el tratamiento 1 y 4 , donde difieren en la salinidad 2.1 y 18.2 ups, sucediendo lo mismo que se demostró en las pruebas a través del tiempo a partir de la segunda semana de experimento.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ERROR

El modelo de análisis de varianza supone la normalidad de los errores e_k , esto es por que de otra manera la convergencia en probabilidad de la prueba sería dudosa, por lo tanto carecería de credibilidad. Este es un problema que a menudo se presenta en los experimentos, sin embargo la variable de respuesta es sacada a partir de medias, lo que

desde ya nos hace presumir que la normalidad se va a dar, sin embargo se debería probarlo. De no darse la normalidad, se puede acudir a modelos no paramétricos, que aunque no son tan precisos, tienen buenos resultados ya que son pruebas donde se usan estimadores robustos de la media.

Se usará la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad:

Tabla 28. Análisis estadístico del error

RESIDUAL	
N of cases	18
Minimum	-0.493
Maximum	0.457
Mean	0.000
Standard Dev	0.237

Kolmogorov-Smirnov One Sample Test using Normal (0.00,0.23) distribution

Variable	N-of-Cases	Max Dif	Probability (2-tail)
Residual	18.000	0.141	0.817

Los residuos pasan la prueba con un valor (p de 0.8), aceptando la hipótesis de que siguen la ley de probabilidades normal con media igual a cero.

En un modelo de ANOVA además de asumir la normalidad de los e_k , se supone que la varianza de los residuos es uniforme entre tratamientos, esta es una suposición que tiene mayor flexibilidad que la anterior, es decir que se puede admitir cierta diferencia, aunque se puede corregir usando transformaciones.

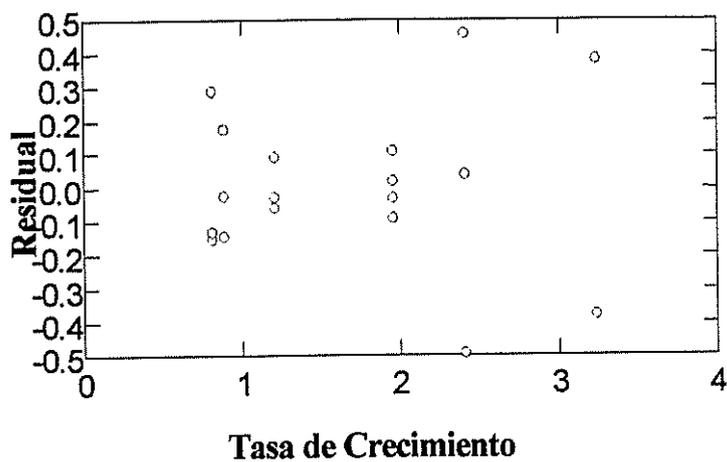


Fig. 29. Gráfico de los residuos contra los valores ajustados de la tasa de crecimiento

Veamos la figura 29 en el cual no se ve tendencia alguna en los residuos, los que forman una nube dispersa la que visualmente nos indica la independencia de los errores con respecto a la tasa de crecimiento.

Consideremos los gráficos de los residuos contra los factores salinidad y temperatura.

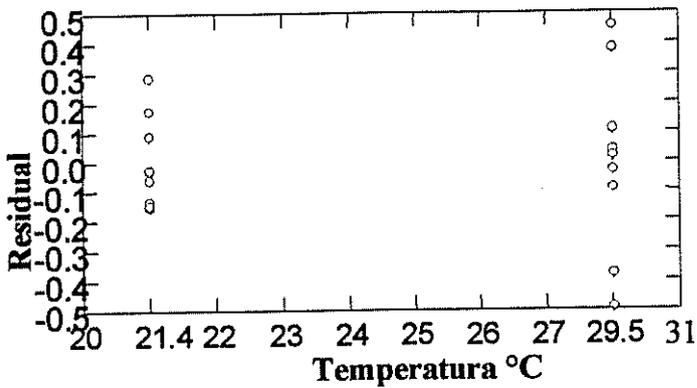


Fig. 30 Gráfico de residuos por Temperatura

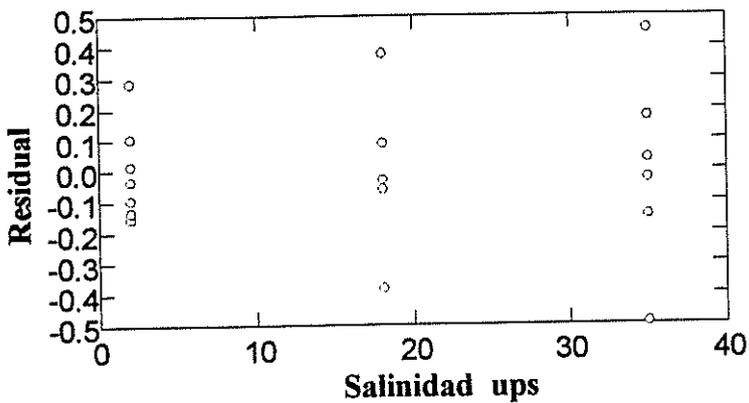


Fig. 31 Gráfico de residuos por salinidad

Podemos observar en la figura 31, que existe una diferencia en las varianzas, especialmente en la temperatura a 29.5°C donde es mayor, de igual manera observamos diferencias de varianza en salinidad 18.2 ups, es posible que en esta combinación de temperatura y salinidad se produzca una tasa de crecimiento más errática; sin embargo, esta no es una diferencia muy brusca como para tener un efecto importante en los resultados y las conclusiones.

3.4. GRÁFICOS ILUSTRATIVOS DE LOS EFECTOS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD SOBRE EL CRECIMIENTO.

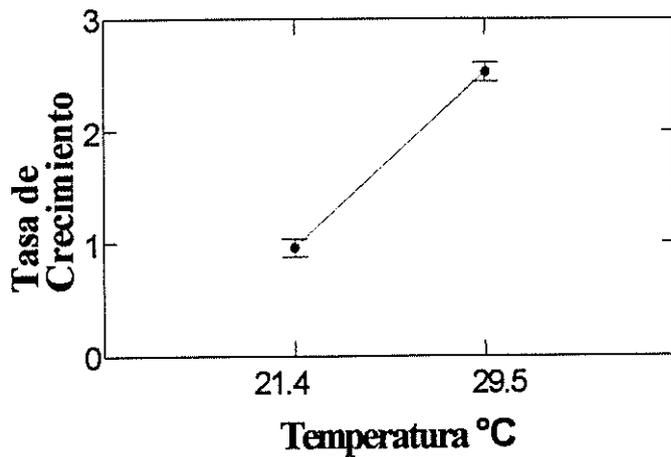


Fig. 32. Efecto de la temperatura sobre el peso (diseño bloqueado)

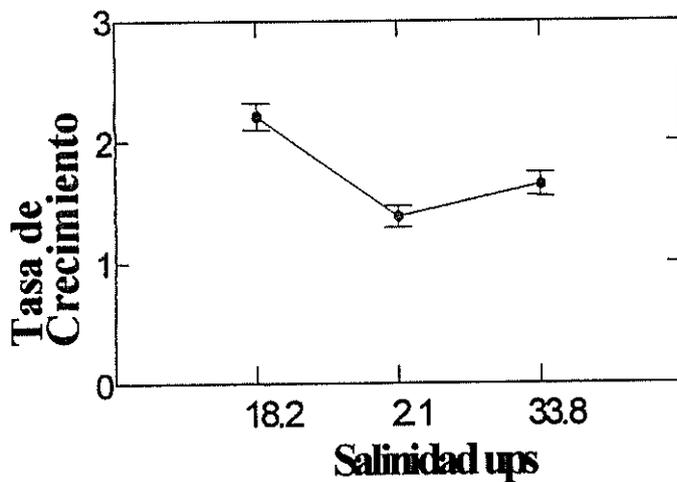


Fig. 33 Efecto de la salinidad sobre el peso (diseño bloqueado)

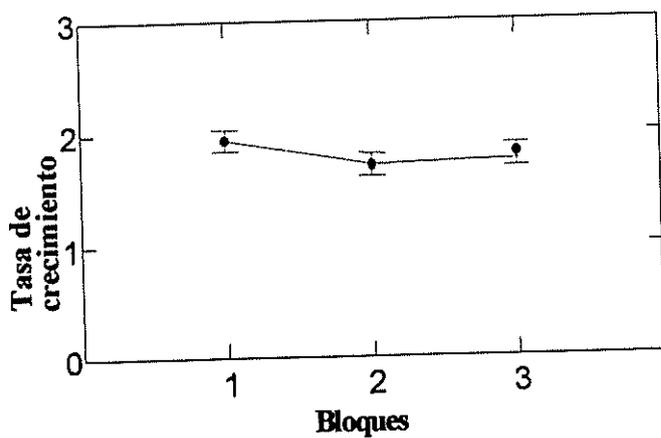


Fig. 34. Análisis del Efecto del bloqueo sobre la tasa de crecimiento

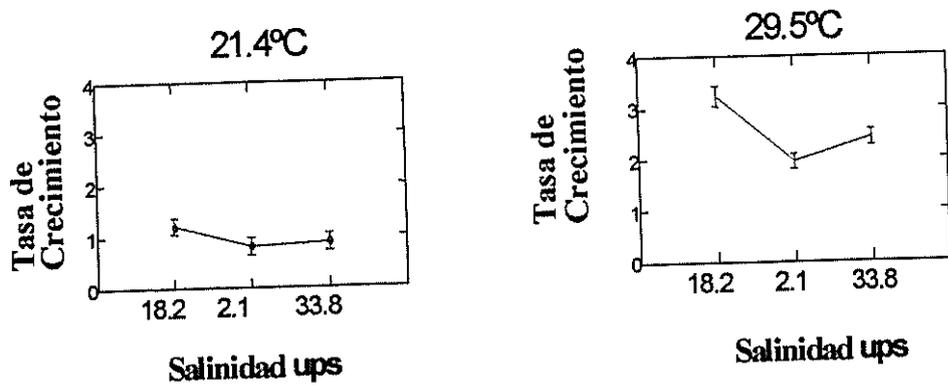


Fig. 35 Efecto combinado de la temperatura y salinidad sobre peso relativo (diseño bloqueado)

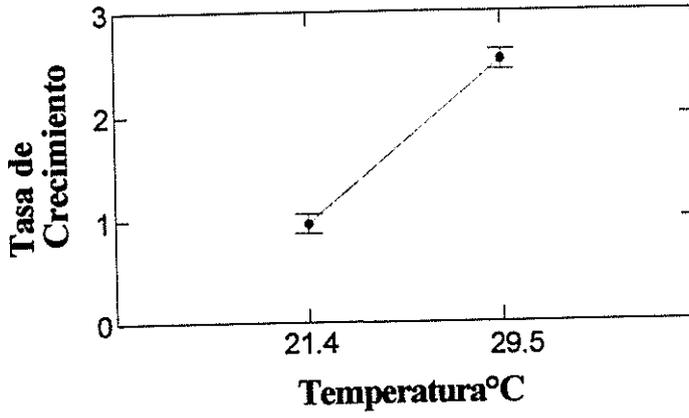


Fig. 36 Efecto de la Temperatura sobre el peso (sin bloquear)

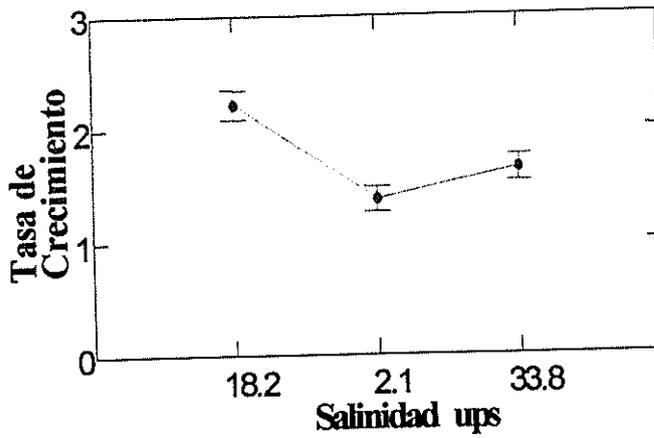


Fig. 37 Efecto de la salinidad sobre el peso (sin bloquear)

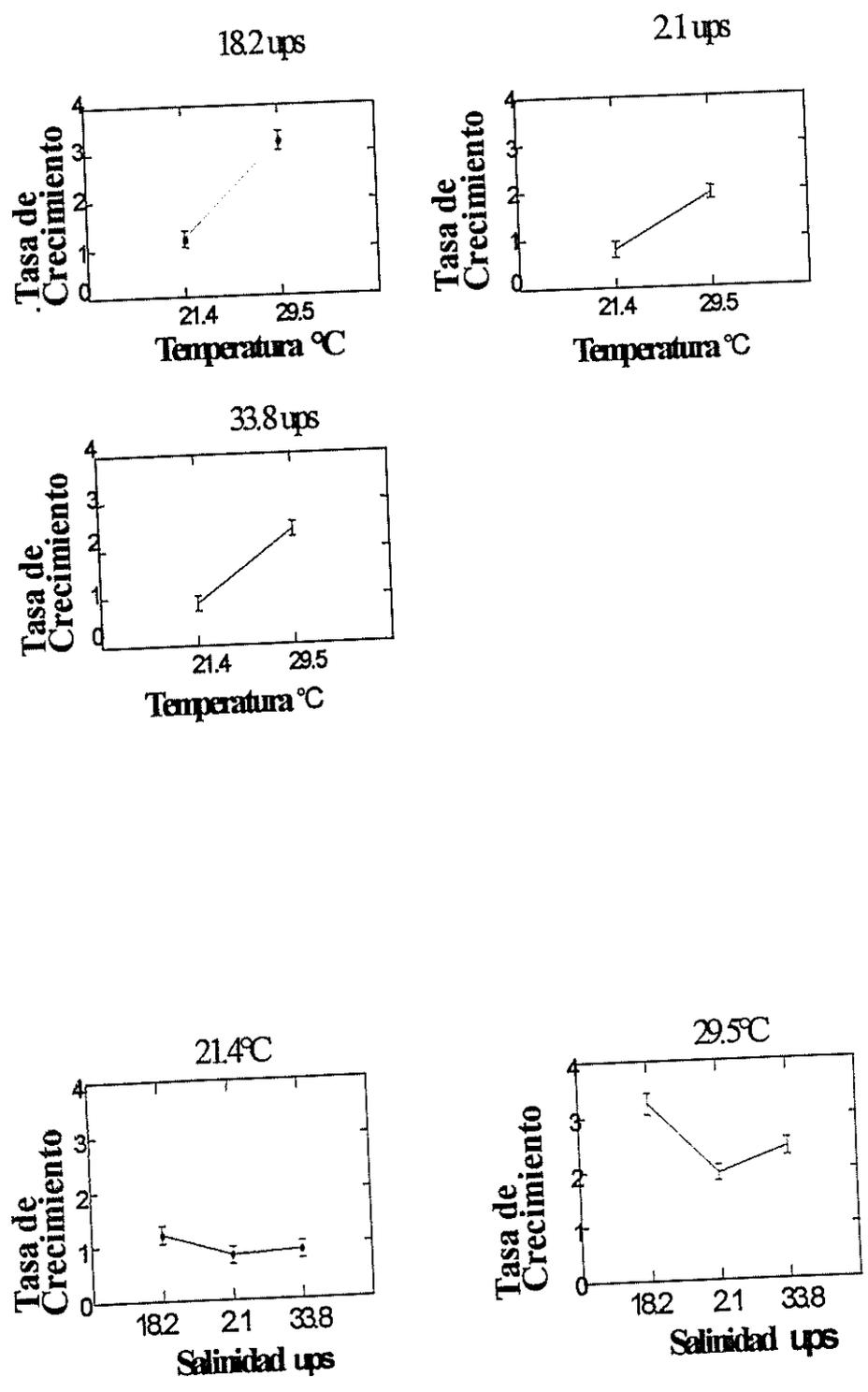


Fig. 38. Efecto combinado de la temperatura y salinidad sobre el diferencial del peso relativo (sin bloquear)

3.5. MODELO EXPLICATIVO DE EFECTOS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

En un intento por encontrar un modelo que explique cuantitativamente los efectos de la temperatura y la salinidad en la tasa de crecimiento se construyó un Modelo Matemático que en base a los datos obtenidos y a la técnica de los errores mínimos cuadrados nos describa una superficie de respuestas de la forma:

$$\text{Tasa de crecimiento} = A * \text{temperatura} + B * \text{salinidad}^2 + C * \text{temperatura} * \text{salinidad}$$

Raw R-square (1-Residual/Total)	=	0.944
Mean corrected R-square (1-Residual/Corrected)	=	0.717
R (observed vs. predicted) square	=	0.743

Wald Confidence Interval

Parameter	Estimate	A.S.E.	Param/ASE	Lower < 95%>	Upper
A	0.050	0.008	6.002	0.032	0.068
B	-0.003	0.001	-3.895	-0.004	-0.001
C	0.005	0.001	4.006	0.002	0.007

Obteniendo la fórmula de mínimos errores al cuadrado correspondiente:

$$\text{Tasa de crecimiento} = 0.05 * \text{temperatura} - 0.003 * \text{salinidad}^2 + .005 * \text{salinidad} * \text{temperatura}$$

3.5.1. Prueba de Normalidad para temperatura y salinidad en el modelo

Una prueba más acerca de los residuos del modelo fue necesaria para comprobar la idoneidad de este.

Tabla 29. Estadística descriptiva de los residuos del modelo de mínimos cuadrados

RESIDUAL	
N of cases	18
Minimum	-0.704
Maximum	0.766
Mean	0.000
Standard Dev	0.301

Kolmogorov-Smirnov One Sample Test using Normal (0.00,0.30) distribution

Variable	N-of-Cases	Max Dif	Probability (2-tail)
RESIDUAL	18.000	0.196	0.435

De esta manera el modelo se ajusta a la suposición de normalidad de los residuos. Cabe destacar que este modelo es aplicable para temperaturas entre alrededor de 21.4°C y alrededor de 29.5°C y así mismo para salinidades alrededor de 2.1 ups y de 33.8 ups.

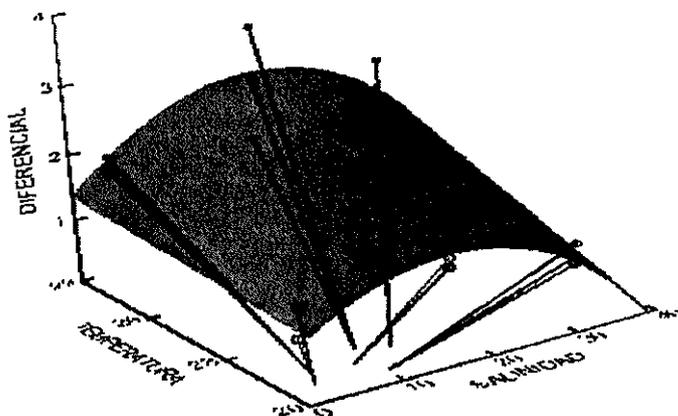


Fig. 39. Modelo de explicación del crecimiento con respecto a los factores de salinidad y temperatura

En este gráfico se observa el comportamiento de la tasa de crecimiento, según los datos obtenidos en el experimento, resultando las mayores tasas de crecimiento a temperaturas de 29.5 °C y salinidades de 18.2 ups.

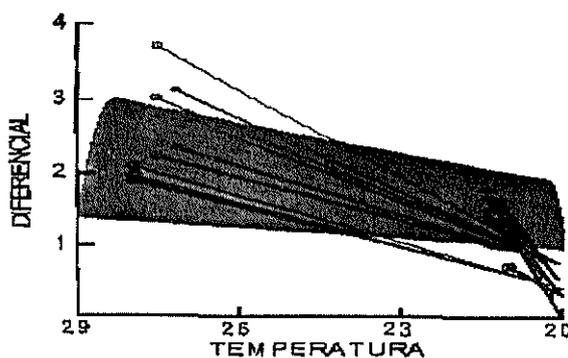


Fig. 40. Vista transversal del modelo (factor temperatura)

En estos gráficos observamos la superficie de respuesta del modelo, en donde encontramos que en el efecto de temperatura se observa un gradiente positivo; es decir, a mayor temperatura, mayor tasa de crecimiento; pero en salinidades bajas y altas, el gradiente es menor, resultando más importante a salinidades medias.

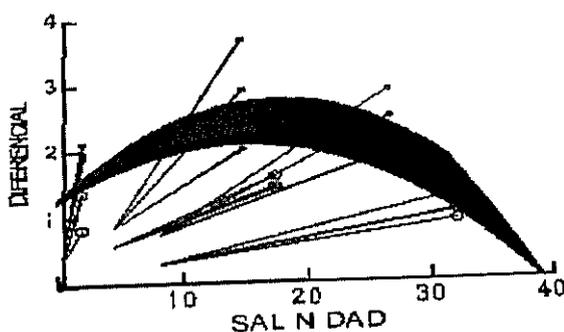


Fig. 41 Vista transversal del modelo (factor salinidad)

Con respecto al efecto de salinidad, se observa variaciones bruscas desde las salinidades bajas, hasta las medias, siendo aquí que comienzan a suavizarse, resultando los mejores crecimientos en 18.2 ups.

Plot of Residuals against Predicted Values

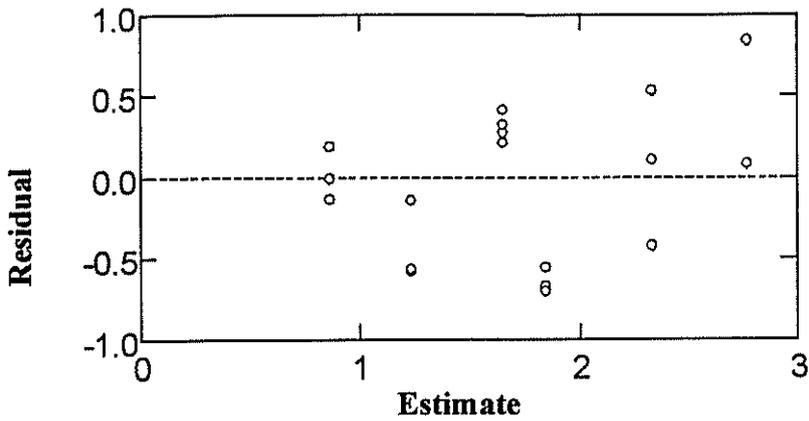


Fig. 42. Gráfico de los residuos del modelo

En el gráfico 42, se observa residuos que demuestran tener una dispersión que no está correlacionada al incremento de peso.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MORTALIDAD

Tabla 30. Análisis de varianza de Mortalidad

Effects coding used for categorical variables in model.

Categorical values encountered during processing are:

TEMPERATURA (2 levels) 21.4; 29.5

SALINIDAD (3 levels) 18.2; 2.1; 33.8

Dep Var: VAR00004 N: 18 Multiple R: 0.946 Squared multiple R: 0.896

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Temperaturas	0.663	1	0.663	81.736	0.000
Salinidad	0.112	2	0.056	6.912	0.010
Temperatura*Salinidad	0.061	2	0.030	3.755	0.054
Error	0.097	12	0.008		

Se observa diferencias significativas por el efecto temperatura y salinidad aunque no se ve tan significativa la interacción temperatura-salinidad. En cuanto a temperatura se observa en el gráfico que la tasa de mortalidad fue significativamente mayor a los 29.5°C. Mientras que en el análisis de salinidad dio como resultado las más altas tasas de mortalidad a los 2.1 ups.

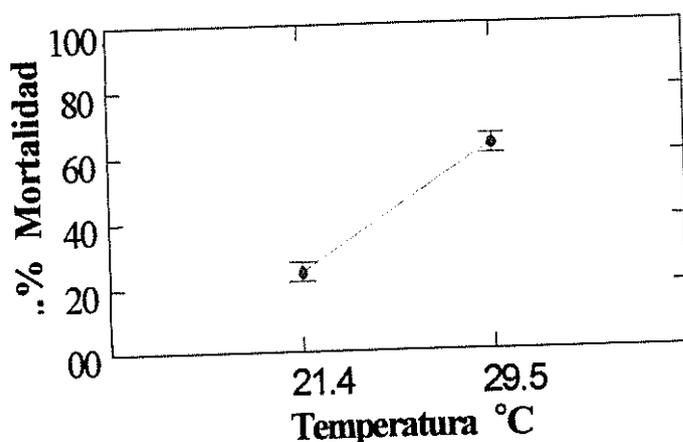


Fig. 43 Tasa de Mortalidad vs. Temperatura

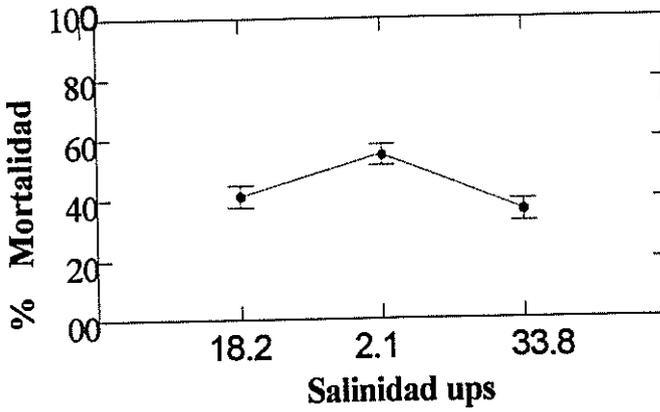


Fig. 44. Tasa de Mortalidad vs. Salinidad

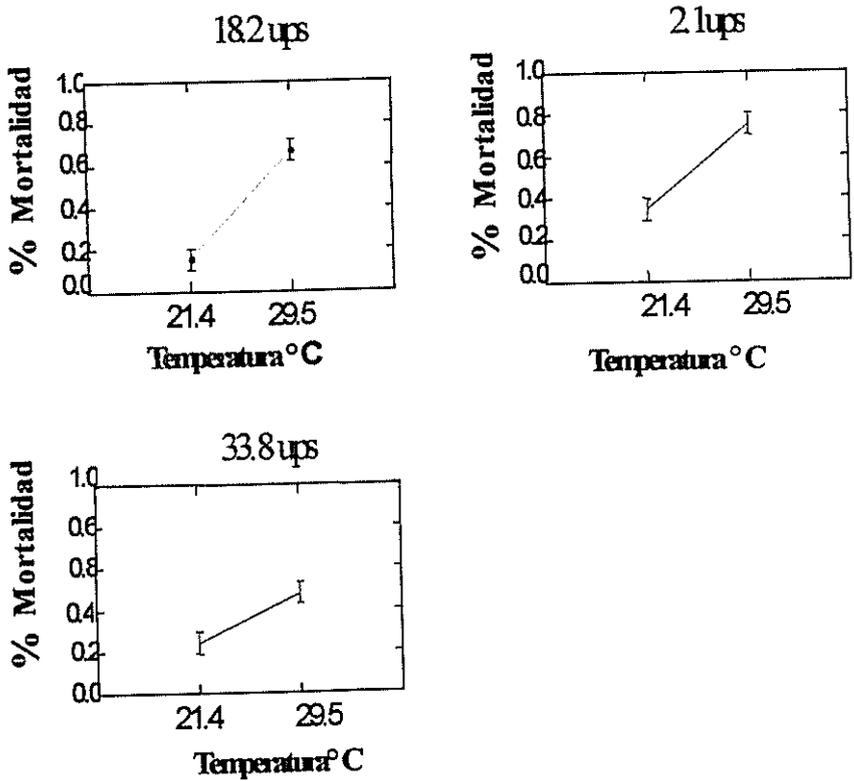


Fig. 45 Efecto combinado de la temperatura y salinidad sobre la Tasa de Mortalidad

DISCUSIÓN

Todos los parámetros físicos y químicos del agua de los tanques de cultivo en los tres tratamientos fueron controlados durante todo el experimento. En cuanto a los resultados del experimento en general pasaron todas las pruebas de idoneidad. Todos los valores de los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites permisibles para un buen desarrollo de los cultivos. El oxígeno se presentó alto cuando la temperatura era alta, el pH alto cuando la salinidad era alta.

En el presente estudio la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento, los camarones en el experimento obtuvieron una tasa de crecimiento mayor a temperaturas altas, 29.5°C, este resultado concuerda con el encontrado por Pretto, (1984) *fide* Zúñiga *et al.*, (1990) quien planteó que las temperaturas óptimas del agua para crecimiento rápido de camarón son superiores a 25°C e inferiores a 30°C; sin embargo, en el experimento de Zein-Eldin (1969), reportó una tasa de crecimiento alta para post-larvas de *P. setiferos* (camarón blanco), hasta llegar a temperaturas de 32°C.

Con respecto a la influencia de la salinidad, se obtuvieron los mejores resultados a salinidades medias de 18.2 ups, resultando crecimientos bajos a 2.1 y a 33.8 ups, registrándose los pesos más bajos a 2.1 ups. Sin embargo, no hubo diferencias significativas con los de 33.8 ups. Estos resultados se diferencian con los encontrados por Ponce *et al.*, (1997) donde obtuvo los mejores crecimientos a salinidades de alrededor de 35 ups y temperaturas altas. Otros resultados obtenidos por Huang, (1983) *fide* Ponce *et al.*, (1997) reportan que los mejores crecimientos se lograron a 20

ups dando crecimientos pobres a salinidades de 5 y 45 ups, por lo que los mejores crecimientos se presentaron a salinidades medias.

En otro experimento realizado por Zein- Eldin (1969) con post larvas de *P. setiferos* donde reportó mayor tasa de crecimiento a salinidades de 5- 15 ups, con respecto a salinidades de 2, 25 y 35 ups; estos resultados son resultados muy parecidos a los obtenidos, tomando en consideración que el *P. setiferos* es un camarón blanco originario de Texas y que su hábitat natural es a temperaturas mayores a 25°C.

Con respecto a la interacción de la salinidad con la temperatura se observa con claridad que el efecto de salinidad (18,2 ups), es más notable a temperaturas mayores (29,5°C), obteniendo aquí los mejores crecimientos, esto concuerda con el estudio realizado por Zein-Eldin (1969) con *P. setiferos* (camarón blanco), donde obtuvo los mejores crecimientos a salinidades de 5 y 15 ups y temperaturas de 32°C. En cambio, para Ponce *et al.* , (1997) los mejores resultados se obtuvieron a temperaturas mayores (sobre 29°C) junto con las salinidades más altas (> 30 ups).

Estos resultados e incluso el modelo del experimento es un modelo desarrollado bajo parámetros controlados por lo tanto en un cultivo habría algunas variaciones debido a factores externos que intervienen en el crecimiento normal de los seres acuáticos; no obstante, éstos son factores que podrían ayudar a entender mejor el medio acuícola especialmente en cultivos de camarón en edades juveniles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que los pesos iniciales no fueron uniformes los resultados son congruentes ya que al utilizar como variable el peso relativo se pudo corregir las diferencias significativas ocasionadas por el factor temperatura, el mismo que en el ensayo demostró que se encontraba completamente relacionado al peso.

Durante los primeros quince días no existe diferencia significativa en la tasa de aumento de peso explicada por el factor salinidad, sin embargo ya en la segunda quincena del experimento se observan diferencia significativas, siendo la tasa de aumento de peso significativamente menor a una salinidad de 2.1 ups y mayor a una salinidad de 18.2 ups. , no obstante, a medida que transcurre el experimento se observa que esa diferencia desaparece.

A pesar de esto parece ser que en ese periodo la diferencia fue lo suficientemente grande para hacer que al final del experimento se pueda decir que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la salinidad está relacionada al peso de los camarones, siendo la salinidad de 18.2 ups la que mejoró los incrementos de peso significativamente frente a las salinidades extremas de 2.1 y 33.8 ups.

En cuanto a temperatura, como se había mencionado, desde la primera quincena tiene relación significativa con la tasa de peso, y en los resultados finales observamos que continúa en la misma tendencia siendo la de 29.5 °C la que nos da mejores resultados en

cuanto a la ganancia de peso, además se observa que esa diferencia se incrementa con el tiempo.

El factor de temperatura y salinidad combinados en cambio no es muy significativo en los intervalos de tiempo, sin embargo se nota que hay cierta relación al comparar los datos globales.

Las pruebas de idoneidad demuestran que el experimento se acopla bien al modelo de análisis de varianza. Estas pruebas son tan importantes como el diseño mismo del experimento, ya que los modelos matemáticos suponen condiciones, las que de no darse no se podría hablar con bases científicas, es decir, estadísticamente no se puede probar nada aunque parezcan obvios los resultados.

Con respecto a la tasa de mortalidad se puede decir que a mayor temperatura se produjo mayor mortalidad, y con respecto a la salinidad la mayor tasa de mortalidad se presentó a 2.1 ups, sin embargo no es significativa la diferencia con respecto a la producida en 18.2 ups, en cambio sí fue significativa con la que se produjo a los 33.8 ups; es decir, parece ser que mayores salinidades reducen la tasa de mortalidad o sea hay mayor sobrevivencia.

Con respecto al efecto de temperatura y salinidad la más baja tasa de mortalidad se presentó a 21.4 °C y 18.2 ups. ; sin embargo, en ese nivel de temperatura, es poco significativo el efecto de salinidad, en altas temperaturas se hizo más notoria el efecto de salinidad sobre la tasa de mortalidad.

Como recomendación se puede decir que dado a que ya se ha probado que la temperatura y salinidad son factores importantes en el crecimiento de camarón, es imprescindible encontrar los niveles óptimos, para lo cual es necesario que se realicen experimentos con más niveles, de tal manera que se pueda inferir sobre la base de una superficie de respuesta más compleja que la desarrollada en este trabajo.

Un estudio de este tipo a nivel de camaroneras, podría aportar datos que corroboren o desechen los resultados de esta y otras investigaciones

BIBLIOGRAFIA

BROWN CAROL M. 1992 Production of aquatic animals crustaceans, molluscos, amphibians and reptiles. World Animal Science pp 21.

CAMBA, E. PEDRAZZOLI A. YAGUACHI, M. AKIYAMA T. 1992, Requerimientos Nutricionales en dietas artificiales para Juveniles *Penaeus vannamei*. En Memorias Primer Congreso Ecuatoriano de Acuicultura 18-23 octubre, pp. 55.

CAMERON JAMES N. AND MANGUN CHARLOTE P. 1983., Ventilation, circulation, and oxygen transport. Environmental adaptations of the Respiratory System: Vol. 2 pp 118-135.

CASTILLE, F.L.JR. & LAWRENCE A.L., 1981 A comparison of the captalities of juveniles and adult *Penaeus zetiferos* and *Penaeus stylirostris* to regulate the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph, Pergamon Press. Comp. Biochemist. Physiology: pp 677 t 680

COBO, M. 1997 Semi-Purified and practical diets for supplementation of phosphatidy choline in *Penaeus vannamei* (Boone). University of Ghent. Faculty of Agricultural and Applied Biological Science. 1997 pp. 4-10

CUN, M. 1982. Guía practica para la cría de camarones comerciales (*Penaeus*) en Ecuador. Boletín Científico y Técnico, 5 (1) Guayaquil, 1982, Vol. V.1: pp9-10.) Instituto Nacional de Pesca, Ecuador

DALL, W. J; HILL, B. J.; ROTH LISBERG, P. C. & STAPLES, D. J. 1990 The Biology of Penaeidae. Growth. En: advances in Marine Biology. Vol. 27. pp.. 203, 349, 223, 239, 240, 351

ELEOVAARA ARNOLD K 2000 Shrimp farming Manual, Factors Affecting Production. Practical Technology For intensive commercial Shrimp production pp. 1,2. Tomado de Internet [www. About Shrimp Farming](http://www.About Shrimp Farming)

FAST, A. W., 1992 Peneid Taxonomy, Biology and Zoogeography. In: Fast, A.W. & Lester, L.J. (eds.). (1992). Marine Shrimp Culture: principles and practices. Amsterdam, Elsevier BV. Pp 9-27)-

HARPAZ, S. AND KARPLUS I. 1991. Effect of salinity on growth and survival of Juvenile *Penaeus Semisulcatus* in the laboratory. :En The Israeli Journal of Aquaculture ,pp 156-163.

HOLTHUIS, L.B., 1980. FAO Species Catalogue: Vol. 1, Shrimp and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. Rome, FAO. Fisheries Synopsis, No 125, 269 p.

LESTER I. J., PANTE. J.R., 1991. Penaeid temperature and salinity responses. In: Fast, A.W. Marine Shrimp Culture: Principles and 1991. Vol. 23, pp. 515-534.

MARCILLO M. FABRICIO. 1989. Pruebas de estrés de temperatura y salinidad en postlarvas de *Penaeus vannamei* alimentado con tres dietas distintas, 1989. Tesis de grado, Acuacultor, Escuela Superior Politécnica del Litoral pp.89

MANTEL, L.H. Y FARMER, L.L. 1983 Osmotic and ionic regulation. The biology of crustacean 1983. Vol. 5, PP. 53-161.

MINDA C. VALENCIA 1976 the effects of salinity and temperature on the growth and survival of penaeid postlarvae The Philippine Journal of Fisheries Vol. 14 1976 pp 5-15.

MONTGOMERY DOUGLAS C. 1992. Comparación de medias de tratamientos individuales, y pruebas de intervalos múltiples de Duncan. . Diseño y Análisis de experimento Tempe, Arizona. pp 66.

OGLE, J. T.; BEAUGEZ, K. A. & MCILWAIN T. D. 1988. Effect of salinity on Growth of *Penaeus vannamei* Postlarvae. Program and Abstracts World Aquaculture Society Annual Meeting, Honolulu, Hawaii: En Journal of the World Aquaculture Society 1988 Vol 19. No.1., pp. 55-60A.

OLTRA, R. CRUZ F., & SAN FELIU J. M. 1989 Evolución de algunos parámetros ambientales durante un engorde semiintensivo de langostinos. *Penaeus japonicus*

BATE. : En : Engorde y maduración de camarones peneidos CITED -D 1989 Vol. . II pp. 23-33

PANIKKAR, N. K. 1968, Osmotic behavior of shrimps and prawns en relation to their biology and culture. . FAO, Rep., (57) 2: pp. 527-538

PEARSE, A. S; GUNTER, G.. JOEL W. 1971 Salinity Treatises on Marine Ecology and Paleoecology, Hedgpeth, editor, California Vol.1.chapter 7: 129-158.

PONCE-PALAFOX J., MARTINEZ-PALACIOS C., ROSS L. 1997 The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*; Boone, 1931. Aquaculture 157 pp 107 - 115.

TALBOT H. 1960 The physiology of crustacean Vol. II Department of zoology, Yale university pp 125,415.

VALENZUELA, E. 1996 Métodos de selección de anticuerpos monoclonales contra compuestos presentes en el cerebro y ganglio torácico de hembras maduras *Penaeus vannamei*. Tesis de grado, Acuacultor, Escuela Superior Politécnica del Litoral pp.2

VEGA, A. J. & DE LA CRUZ S. A. 1992. Efecto de la temperatura, salinidad y pH sobre el crecimiento de las larvas de Camarón blanco, *Penaeus schmitti*. Larvicultura de camarones *Penaeus*. CITED- D. Vol. I ., pp.125 - 130.

VERNBERG F. AND VERNBERG 1983 Environmental Adaptations. The Biology of Crustacean Vol 8 pp. 339-341, 353-357.

VILLARREAL H. & OCAMPO L.1991. Effect of size and temperature on the oxygen consumption of the browns shrimp *Penaeus californiensis*.: Program and Abstracts World Aquaculture Society Annual Meeting, San Juan, Puerto Rico. Journal of the World Aquaculture Society Vol 22. No.3. pp. 62A

WYBAN J.; WALSH W. & GODIN D. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). En Journal of the World Aquaculture Society vol 138 1-462 pp. 267-279

WICKINS, J.F.,1976. Prawn biology and culture. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 14: 328.

ZEIN-ELDIN AND G.W.GRIFFITH, 1969 An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids. FAO Fish Rep. 57, Vol. 3 pp 1015-1024.

ZWEIG RONALD, MORTON J., STRWART, M 1999. Source Water Quality For Aquaculture. A give for Assessment 1999 pp 14, 16,17

ZUÑIGA O., RAMOS R., WILSON R., AND RETAMALES E. 1990. Efecto de la densidad y temperatura en el cultivo en el cultivo de *Penaeus vannamei* (Boone, 1931)

(crustáceo, Penaeidae). FONDECYT 2010 Departamento de Acuicultura, Facultad de Recursos del Mar pp. 121, 133.