



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFECTO DE LA CONSANGUINIDAD SOBRE CARACTERÍSTICAS
REPRODUCTIVAS EN EL CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO

Penaeus (Litopenaeus) vannamei

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

LIDIA DE LOS RIOS PÉREZ

Asesores:

MVZ Dr. Gabriel Ricardo Campos Montes
MVZ Dr. Héctor Castillo Juárez

MÉXICO D.F.

2011

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
RESULTADOS	10
DISCUSIÓN.....	11
REFERENCIAS.....	13
CUADROS.....	16

RESUMEN

DE LOS RÍOS PÉREZ LIDIA. Efecto de la consanguinidad sobre características reproductivas en el camarón blanco del Pacífico *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. (Bajo la dirección de: MVZ Dr. Gabriel Ricardo Campos Montes y MVZ Dr. Héctor Castillo Juárez).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la consanguinidad sobre la producción del número de huevos (NH), porcentajes de fertilización y de eclosión (PF y PE), y número de nauplios (NN), en *P. vannamei* bajo condiciones experimentales.

Los datos fueron obtenidos del Núcleo Genético de la empresa Maricultura del Pacífico SA de CV y se utilizaron dos grupos: (1) testigo con 14 familias, donde los apareamientos se realizaron evitando que la consanguinidad resultante fuera superior a 3%, y (2) consanguíneo con 25 familias, el cual se formó a partir de apareamientos de hembras consanguíneas (29.4% de consanguinidad promedio) con sus hermanos. El análisis se llevó a cabo con un modelo lineal que incluyó el efecto de grupo (Testigo, Consanguíneo) y el peso corporal de la hembra como covariable. Los resultados obtenidos muestran diferencias para PF, PE y NN ($P < 0.05$), pero no para NH entre los grupos ($P > 0.05$). El coeficiente de regresión (error estándar) de PE sobre PF, obtenido para el grupo consanguíneo fue 0.91 (0.12) y para el grupo testigo 0.86 (0.08) y no se detectó diferencia entre ellos ($P > 0.05$).

INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los 60's la producción acuícola se ha incrementado debido a los esfuerzos por satisfacer la creciente demanda alimenticia. A su vez los avances en la producción y comercialización de especies acuícolas han favorecido que los mercados mundiales se centren en especies de elevado valor económico como el camarón¹. En México, la camaronicultura es una actividad realizada principalmente en el noroeste del país con una producción que supera las 100 mil toneladas anuales² y que se basa principalmente en el cultivo de *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*.

En la camaronicultura existen dos tipos de unidades de producción: los laboratorios productores de larva y las granjas engordadoras. La rentabilidad de los laboratorios está asociada con su capacidad para entregar los volúmenes de nauplios y postlarvas requeridos por las granjas camaroneras, lo cual depende en buena medida del éxito de los procesos reproductivos.

Debido a que se trata de una especie de la que se obtiene un alto número de crías por apareamiento, es posible emplear pocos reproductores para la formación de familias; lo que en el mediano plazo aumenta la probabilidad de que se presenten apareamientos entre individuos emparentados³, lo que se conoce como consanguinidad. Lo anterior puede además contribuir a disminuir la variabilidad genética, limitar el potencial de respuesta a la selección en las

generaciones subsecuentes y puede estar asociado con una depresión en el comportamiento productivo y reproductivo⁴. La depresión consanguínea se refiere al efecto de la consanguinidad normalmente medido como la reducción en el rendimiento de la característica de interés y se calcula como la diferencia entre el rendimiento promedio de una población consanguínea y una población control⁵.

Estimaciones de los niveles de consanguinidad y depresión consanguínea realizadas en salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*) demostraron que la progenie de individuos emparentados presenta disminución de la viabilidad genética, crecimiento, y de la resistencia a infecciones por protozoarios⁶. En trucha Arcoíris, Su *et al.* (1996)⁷ estimaron que por cada 10% de incremento en la consanguinidad el número de huevos disminuye 6.1%. En *Penaeus japonicus*, Keys *et al.* (2004)⁵ observaron efectos negativos pero no significativos en niveles de consanguinidad que variaron entre 28 y 31% para crecimiento y supervivencia, sugiriendo que los niveles por debajo de 31% de consanguinidad pueden ser tolerados por estos Peneidos; sin embargo la tendencia negativa puede continuar en niveles superiores. Koenig (1982)⁸ en su estudio en el pájaro carpintero bellotero (*Melanerpes formicivorus*) menciona que la consanguinidad puede llevar a la expresión de alelos recesivos letales causando mortalidad en etapas entre la fertilización y la eclosión de los huevos. En *P. vannamei*, De Donato *et al.* (2005)⁹ observaron que tanto la disminución de la variabilidad, como la consanguinidad, estuvieron altamente relacionadas con la reducción de la tasa de eclosión. Sin embargo existe poca información publicada acerca del efecto de la consanguinidad en las características reproductivas en *P. vannamei*.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la consanguinidad sobre la producción del número de huevos, el porcentaje de fertilización, porcentaje de eclosión y número de nauplios, en el camarón blanco del Pacífico *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, bajo condiciones experimentales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

Los datos fueron obtenidos del Núcleo Genético de la empresa Maricultura del Pacífico S.A. de C.V. ubicado en el ejido Los Pozos, Municipio El Rosario, Sinaloa. Esta empresa se dedica a la producción de postlarva de camarón y es el mayor proveedor nacional con una producción que cubre el 22% del total.

Manejo de reproductores

Los progenitores pertenecen al programa de mejora genética de la empresa¹⁰ y fueron identificados con elastómeros inyectados a los 60 días en la masa muscular, cuyas combinaciones de colores (6) y posiciones (3) representan el código para la identificación de las diferentes familias, además de colocárseles un anillo numerado en el pedúnculo ocular para su identificación individual, el cual se aplica a los 150 días de edad. Se separaron por sexo y fueron colocados en estanques de maduración de 39 m² a una densidad de 8 camarones/m², con una columna de agua de 0.35 m con recambio diario de 400%, temperatura de 28 a 29 °C, salinidad de 30-35 g/L, pH de 7.5 a 8, amonio de 1 a 1.5 mg/L y aireación constante. La dieta se basó en alimento comercial balanceado de la marca VIMIFOS® con contenido proteico de 35 a 40% y alimento fresco consistente en una mezcla de calamar, mejillón, paprika, gusanos de la clase *Polychaeta*, crustáceos del género *Euphausia* y vitamina C.

Producción de familias

Se utilizaron dos grupos de hembras: 1) el grupo testigo con 14 hembras, con una consanguinidad promedio de 1.52 % y una desviación estándar (DE) de 0.88 que se aparearon evitando que la consanguinidad en la familia resultante fuera superior a 3%; y 2) el grupo consanguíneo con 25 hembras con una consanguinidad promedio de 29.37 % con DE de 4.82, las cuales se aparearon con sus hermanos. Los niveles de consanguinidad de cada hembra se estimaron utilizando el programa ENDOG¹¹. Previo a la inseminación se obtuvo el peso de la hembra y una vez inseminada fue colocada en un tanque de 200 L en donde se mantuvo por un periodo de 6 horas. Posteriormente se recolectaron los huevos, se lavaron con una solución de yodo a una concentración de 96 mg/L y se colocaron en cubetas de 15 L con 4.5 a 5.4 mg/L de oxígeno.

Obtención del porcentaje de fertilización

Después de lavar los huevos con yodo, se tomó una muestra de 50 mL del agua donde se concentró el desove. Por medio de fuerza centrípeta se recopilaron los huevos al centro y fondo del vaso de precipitados donde se tomó la muestra para posteriormente recolectarlos con ayuda de una pipeta Pasteur. Para el conteo de huevos fértiles se delimitó en una laminilla un área de 0.2 x 5 cm, de forma tal que la lectura fuese de derecha a izquierda sobre la misma línea. Se utilizó un microscopio compuesto, empleando el objetivo 10X. Se contabilizó como huevo fertilizado aquel que presentaba membrana externa e interna, y que se encontraba en fase de mórula. El número de huevos totales y fertilizados se

determinó como el promedio de los conteos realizados por dos observadores sobre la misma laminilla.

El porcentaje de fertilización (PF) se obtuvo dividiendo la suma del conteo de huevos fértiles de las muestras observadas al microscopio entre la suma del conteo de huevos totales, y multiplicando por cien.

Obtención del número de huevos, número de nauplios y porcentaje de eclosión.

El número de huevos y nauplios por hembra se estimó a partir de diez muestras tomadas con una pipeta de 1 mL de la cubeta de eclosión, posteriormente el resultado se extrapoló para obtener el total de huevos (NH) y nauplios (NN) en 15 L. El porcentaje de eclosión (PE) se obtuvo como el porcentaje de nauplios obtenidos del total del número de huevos.

Análisis estadísticos

Dado que la distribución de las variables a analizar se alejaba del modelo normal, se transformaron las mismas¹². El NH y NN se utilizaron transformados a su raíz cuadrada, en tanto que para el PF y PE se utilizó la transformación arco seno.

El análisis de los datos se llevó a cabo empleando el siguiente modelo lineal, y usando el programa JMP¹³ versión 7.0:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \beta_1(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} es la variable de interés de la j -ésima familia en el i -ésimo nivel de consanguinidad.

μ es la media general.

T_i corresponde al i -ésimo efecto de nivel de consanguinidad (Grupo testigo = 0; Grupo consanguíneo = 1).

β_1 es el coeficiente de regresión asociado a la covariable peso corporal.

x_{ij} es el peso corporal de la hembra (covariable)^{14, 15}.

\bar{x} es la media del peso corporal de la hembra

ε_{ij} es el residuo, $\sim N(0, \sigma^2 e)$.

La diferencia entre grupos se determinó a partir de la prueba de F con un nivel de significancia de 0.05.

Para estimar la diferencia entre la viabilidad de los huevos fertilizados de cada grupo, se compararon los coeficientes de regresión de PE sobre PF utilizando una prueba de t de Student con un nivel de significancia de 0.05

RESULTADOS

La estadística descriptiva de las variables estudiadas se presenta en el cuadro 1, y las medias mínimo-cuadráticas y error estándar de las variables re-transformadas por grupo de datos (testigo y control) en el cuadro 2, ambos cuadros se localizan en el apartado correspondiente.

No se encontró diferencia entre los grupos para NH ($P > 0.05$). En tanto que en las variables PF, PE y NN si se encontraron diferencias entre los grupos estudiados ($P < 0.05$), hallándose una reducción de 18.8%, 79.7% y 87.4% respectivamente en el grupo consanguíneo con respecto al grupo testigo.

El coeficiente de regresión (error estándar) entre el PF y el PE, obtenido para el grupo consanguíneo fue de 0.91 (0.12) y para el grupo testigo fue de 0.86 (0.08) y no se detectó diferencia entre ellos ($P > 0.05$).

DISCUSIÓN

Falconer y Mackay (1996)⁴ mencionan que la consecuencia más evidente de la consanguinidad es la reducción en el valor de las medias fenotípicas dadas por características relacionadas con la capacidad reproductiva o con la eficiencia biológica. En tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) Fessehaye *et al.* (2009)¹⁶ mencionan que la consanguinidad estuvo asociada con una reducción en el éxito reproductivo tanto en hembras como en machos. En el experimento realizado por Crocos *et al.* (2002)¹⁷ en *P. japonicus*, las características reproductivas se vieron afectadas a partir de la segunda generación, observándose en el grupo consanguíneo una reducción de 42.4% sobre el número de nauplios por gramo de peso corporal. Los resultados anteriores son consistentes con los hallazgos de este trabajo.

En los resultados de este estudio no se encontraron diferencias entre el grupo testigo y el grupo consanguíneo para NH ($P > 0.05$). Existe poca información respecto a esta variable y su relación con la consanguinidad en Peneidos. En otras especies acuícolas como trucha Arcoíris Su *et al.* (1996)⁷ estimaron una disminución del 6.1% en el número de huevos por cada 10% de incremento en la consanguinidad.

Las medias obtenidas para PF fueron distintas entre los grupos consanguíneo y testigo ($P < 0.05$). Cabe resaltar que los machos usados para la

formación de familias del grupo consanguíneo tenían el mismo porcentaje de consanguinidad que las hembras, por lo que no es posible determinar si los resultados se vieron afectados por efecto de la hembra, del macho, o de ambos. En estudios recientes en *P. vannamei* se ha encontrado que el 30% de la eficiencia reproductiva de la hembra está asociada al macho (Caballero A, comunicación personal), por lo que no es posible descartar el efecto de los machos consanguíneos relacionado a la fertilidad.

No se encontraron diferencias en la viabilidad de los huevos fecundados entre grupos ($P > 0.05$), por lo que es posible asociar la reducción del PE y NN, del grupo consanguíneo, a la disminución del PF y no a diferencias en la viabilidad del huevo fecundado relacionadas con la consanguinidad. Estudios en poblaciones de plantas y animales reportan un efecto negativo de la consanguinidad en características como viabilidad, fecundidad y fertilidad¹⁸. Así por ejemplo, Van Noordwijk y Scharloo (1981)¹⁹ en sus estudios en el ave carbonero común (*Parus major*) mencionan que la mortalidad en etapas embrionarias puede ser causada por efecto de la consanguinidad.

Con los resultados obtenidos se tiene evidencia de que la consanguinidad no influye sobre el número total de huevos producidos; sin embargo sí afecta el porcentaje de fertilización, aunque con los datos de este estudio (i.e., por el diseño de apareamientos) no es posible diferenciar entre el efecto del macho y de la hembra en el grupo consanguíneo. La disminución en el porcentaje de fertilización afectó de manera directa el porcentaje de eclosión y el número de nauplios, sin

embargo la viabilidad del huevo fecundado no se vio afectada por la consanguinidad.

REFERENCIAS

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2008. Roma (Italia): FAO, 2009.
2. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. México (Sinaloa): CONAPESCA, 2008.
3. Moss DR, Arce SM, Otoshi CA, Doyle RW, Moss SM. Effects of inbreeding on survival and growth of Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. *Aquaculture* 2007; 272S1: S30 - S37.
4. Falconer DS, Mackay TFC. Introducción a la Genética Cuantitativa. 4ª ed. España: Acribia, 1996.
5. Keys SJ, Crocos PJ, Burridge CY, Coman GJ, Davis GP, Preston NP. Comparative growth and survival of inbred and outbred *Penaeus (marsupenaeus) japonicus*, reared under controlled environment conditions: indications of inbreeding depression. *Aquaculture* 2004; 241: 151-168.
6. Gallardo JA, García X, Lhorente JP, Neira R. Inbreeding and inbreeding depression of female reproductive traits in two populations of Coho salmon selected using BLUP predictors of breeding values. *Aquaculture* 2004; 234: 111-122.

7. Sue GS, Liljedahl LE, Gall GAE. Effects of inbreeding on growth and reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 1996; 142: 139-148.
8. Koenig WD. Ecological and social factors affecting hatchability of eggs. *The Auk* 1982; 99: 526-536.
9. De Donato M, Manrique R, Ramírez R, Mayer L, Howell C. Mass selection and inbreeding effects on a cultivated strain of *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* in Venezuela. *Aquaculture* 2005; 247: 159-167.
10. Castillo-Juárez H, Quintana CJC, Campos-Montes GR, Cabrera VC, Martínez OA, Montaldo HH. Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, (*Penaeus (Litopenaeus) vannamei*), from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models. *Aquaculture* 2007; 273: 42-49.
11. Gutiérrez JP, Goyache F. ENDOG: a computer program for analyzing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 2005; 122: 172-176.
12. Neter J, Wasserman W, Nachtsheim, C and M. Kutner. *Applied Linear Statistical Models*. 4th ed. Homewood: Richard D. Irwin, 1996.

13. JMP. SAS Institute Inc. (programa de cómputo) versión 7.0. Cary (NC): 1989-2007.
14. Caballero A. Asociaciones fenotípicas entre el peso corporal de la hembra y características reproductivas en camarón blanco del pacífico *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* (tesis de licenciatura). México (Distrito Federal): Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
15. Macbeth M, Kenway M, Salmon M, Benzie J, Knibb W, Wilson K. Heritability of reproductive traits and genetic correlations with growth in the black tiger prawn *Penaeus monodon* reared in tanks. *Aquaculture* 2007; 270: 51 - 56.
16. Fessehaye Y, Bovenhuis H, Rezk MA, Crooijmans R, van Arendonk JAM, Komen H. Effects of relatedness and inbreeding on reproductive success of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 2009; 294: 180 -186.
17. Crocos P, Davis G, Preston N, Keys S. Comparative growth, survival and reproductive performance of inbred and outbred lines of domesticated shrimp, *Penaeus japonicus*, in Australia. *Aquaculture* 2002; 204: 198,199.
18. Kempenaers B, Adriaensen F, van Noordwijk A, Dhondt AA. Genetic similarity, inbreeding and hatching failure in blue tits: are unhatched eggs infertile? *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 1996; 263: 179 -185.

19. Van Noordwijk AJ, Scharloo W. Inbreeding in an island population of the Great Tit. *Evolution* 1981; 35: 674-688.

Cuadro 1

Estadística descriptiva del número de huevos, porcentaje de fertilización, porcentaje de eclosión, número de nauplios y peso de la hembra.

Variable	N	Media	D.E.	Min	Max
Número de huevos ($\times 10^3$)	39	189.15	82.98	59	387
Porcentaje de fertilización	39	24.4	28.5	0	88.5
Porcentaje de eclosión	39	23.4	27.7	0	90.7
Número de nauplios ($\times 10^3$)	39	40.15	57.02	0	242
Peso de la hembra (g)	35	56.4	8.75	43.2	75.9

N: Número de registros (hembras), D.E: Desviación estándar, Min: Mínimo, Max: Máximo

Cuadro 2
**Estadística descriptiva para número de huevos, porcentaje de fertilización,
porcentaje de eclosión y número de nauplios**

Variable	N	Media± DE	M.M.C⁺± E.E.	Min.	Max.
Número de huevos (x10 ³)					
Testigo	14	203.3±19.16	196.8±0.50	81	341
Consanguíneo	25	176.3±14.69	166±0.30	59	387
Porcentaje de fertilización*					
Testigo	14	45.4±6.7	43.6±0.85	0	88.5
Consanguíneo	25	14.9±5.3	8.2±0.50	0	81.1
Porcentaje de eclosión*					
Testigo	14	43.1±6.79	41.2±0.84	1.1	90.7
Consanguíneo	25	16.0±5.21	8.5±0.49	0	76.6
Número de nauplios (x10 ³)*					
Testigo	14	88.20±13.78	72.3±1.00	2	242
Consanguíneo	25	18.96±10.56	9.1±0.59	0	113

N: Número de registros, DE: Desviación Estándar, M.M.C: Media mínimo-cuadrática, E.E: error estándar.

* Presentó diferencia significativa (P < 0.05)

+ Datos retransformados: Para NH y NN se utilizó la raíz cuadrada del registro de producción, para PF y PE se utilizó el arco seno del registro de producción.
