



Por : Bonny Bayot, Ph.D.

Tamaño de la Piscina, Densidad de Siembra y Número de Animales en una piscina camaronera afectada con una Enfermedad Infecciosa: ¿Cómo están Relacionados?

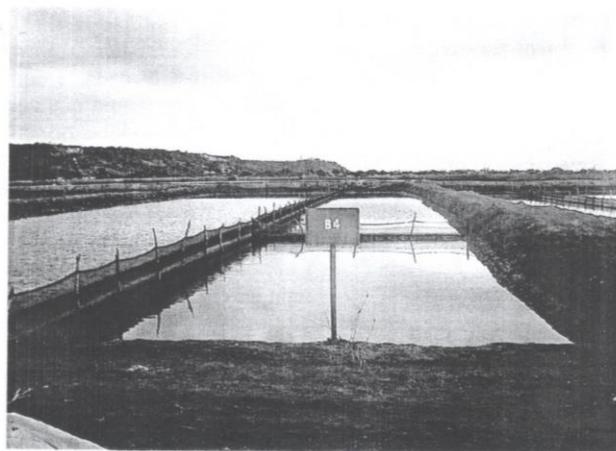
Antecedentes

La epidemia de la Mancha Blanca ha sido el principal problema patológico que han enfrentado los productores ecuatorianos de camarón de cultivo. Hace algunos años comenzamos en CENAIME un conjunto de estudios que tenían como objetivo investigar los determinantes de la enfermedad usando un enfoque epidemiológico. Estos estudios son listados a continuación:

1. Estudio de factores de riesgo asociados con brotes de Mancha Blanca en camaroneras.
 2. Efecto de la cohabitación y tamaño de la población (número de animales) sobre la mortalidad de camarones *Penaeus vannamei* durante brotes de Mancha Blanca.
 3. Efectos de la parcelación de piscinas sobre la supervivencia de camarones *P. vannamei* y sobre la prevalencia del virus del síndrome de la Mancha Blanca.
 4. Efecto del tamaño del encierro y densidad de siembra.
 5. División artificial de la población versus sustratos y refugios.
- Los resultados abrieron la posibilidad para el diseño de estrategias de manejo en piscinas que sirvan para paliar los efectos de esta enfermedad y otras de carácter infeccioso. En un primer paso de la investigación, se estudiaron potenciales factores de riesgo para Mancha Blanca, con énfasis en los determinantes ambientales (ambiente físico y manejo). Luego, las hipótesis generadas en la primera parte fueron refinadas a través de experimentos controlados en laboratorio y en el campo. Posteriormente, los resultados sirvieron para diseñar una estrategia para el control de Mancha Blanca, que al momento está siendo estudiada. Las investigaciones no han finalizado, pero contamos con información que nos ha permitido entender mejor la dinámica de un brote epidémico. El presente documento muestra un resumen de la investigación.

1. Estudio de factores de riesgo asociados con brotes de Mancha Blanca en camaroneras

En la primera etapa de la investigación, se analizaron datos históricos (1999-2000) de 715 ciclos de producción (15 camaroneras). El estudio tenía como finalidad encontrar factores de riesgo de Mancha Blanca que pudieran generar hipótesis para el posterior desarrollo de estrategias de control. Se encontró que el incremento en el área de la piscina era un riesgo, tanto para la ocurrencia de brotes epidémicos, como para la severidad de la enfermedad. Los resultados también mostraron que el incremento en la densidad de siembra estaba directamente relacionado con el incremento en el riesgo de ocurrencia y severidad de la enfermedad. Sin embargo, los riesgos fueron superiores por el incremento en el tamaño de la piscina comparado con el incremento en la densidad de siembra.



Piscina de 0.25 ha dividida en 3 tamaños de encierros: pequeños (112 m²), medianos (476 m²) y grandes (1932 m²).

1 ha. de incremento en el área de la piscina = 23% incremento en el riesgo para la ocurrencia de brotes de Mancha Blanca (95% de confianza).

Piscinas > 6.58 ha presentaron hasta 2.3 veces más riesgo de ocurrencia de brotes severos de Mancha Blanca comparadas con piscinas con menor área (95% de confianza).

Cada incremento en la densidad de siembra de 1 camarón/m² implicó un incremento del 10% en el riesgo para la ocurrencia de eventos epidémicos severos (95% de confianza).

2. Efecto de la cohabitación y tamaño de la población (número de animales) sobre la mortalidad de camarones *Penaeus vannamei* durante brotes de Mancha Blanca

En una segunda etapa de la investigación, se generó la hipótesis de que los riesgos no estarían relacionados tanto con el aspecto morfológico (tamaño de la piscina) per se, sino más bien con el tamaño de la población (número de animales en la piscina). Para soportar esta hipótesis contábamos, además de los resultados estadísticos arriba mencionados, con información anecdótica del comportamiento de los camarones. La literatura menciona que en el medio salvaje y en piscinas los camarones formarían grupos de cientos de individuos (Rosenberry 2001). Además de presentar un comportamiento gregario, también son caníbales. El canibalismo en post larvas y juveniles de *Penaeus monodon* ha sido directamente relacionado con la densidad de animales e inversamente relacionado a la disponibilidad de comida y refugio (Abdussamad & Thampy 1994).

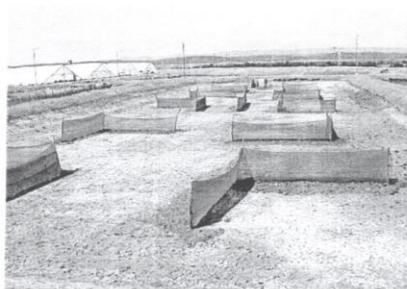


Foto 2. Piscinas con tratamientos de encierros (izquierda) y mallas (derecha)

Según nuestra hipótesis, la densidad con la que se siembra una piscina sería una densidad aparente. Las densidades efectivas podrían ser localmente más altas o más bajas, debido al comportamiento gregario de los animales.

Las tropas de animales congregados en grupos de gran tamaño provocarían hacinamiento, lo que incrementaría el número de contactos efectivos y también de daños (heridas) en los animales, siendo presas fáciles para otros individuos más agresivos.

En piscinas grandes las densidades efectivas podrían llegar a ser superiores a las que se presentarían en las piscinas pequeñas. Todo esto incrementaría la transmisión horizontal de la infección (por canibalismo e inmersión) y por tanto la mortalidad en las piscinas grandes.

Una vez planteada la hipótesis se realizaron tres experimentos en laboratorio. Ciertos resultados de estos experimentos ayudaron a refinar la hipótesis: (1) un animal infectado con el virus de la Mancha Blanca (WSSV) puede sobrevivir, independientemente de una alta o baja carga viral o de la ruta de transmisión de infección (ingestión o inmersión), si se encuentra aislado de otros animales. Esto no se observó cuando los camarones estuvieron sometidos a exposiciones secundarias en condiciones de cohabitación colectiva; (2) en un experimento a micro-escala en laboratorio con tanques de 1 tonelada métrica se construyeron encierros (separados con mallas que impedían la circulación de animales entre encierros) de dos tamaños distintos. Se encontró que durante un brote severo de WSSV, animales (0.8 ± 0.1 g) permaneciendo en los encierros con áreas pequeñas presentaban una supervivencia significativamente superior a los animales cultivados en los encierros más

grandes. Esto era observado en tanques sembrados a alta densidad (46 animales/m²), pero no a más baja densidad (26 animales/m²), por lo que se presumió que debería existir un tamaño de población crítico sobre el cuál la mortalidad sería importante y; (3) se encontró una significativa relación inversa entre el tamaño de la población inicial (número de animales sembrados) y supervivencia acumulada. Nuestros datos de laboratorio confirmaron que el tamaño de la población impactaba significativamente a la supervivencia.

3. Efectos de la parcelación de piscinas sobre supervivencia de camarones *Penaeus vannamei* y sobre la prevalencia del virus del síndrome de la Mancha Blanca

Posteriormente, en un primer estudio en camaronas, dividimos con malla larvera roja una piscina en dos tipos de encierros (pequeño: 431 y grande: 2794 m²), con tres réplicas para cada encierro (Tabla 1). En la cosecha se observó una supervivencia significativamente superior en los encierros pequeños (80.2 %) comparados con los grandes (12.0 %) (Ver Tabla 1). Además, en un muestreo rigurosamente estadístico, que se realizó a lo largo del ciclo de producción para cada una de las réplicas, no se encontró diferencias estadísticas en la prevalencia de WSSV entre ambos tipos de encierros. Llegando a ser en ambos encierros de hasta el 100% (valor presentado durante el pico epidémico). El hecho de que hasta el 100% de la población en los encierros pequeños se

infectaran sugirió que estos animales infectados pueden sobrevivir si no están hacinados.

Para ello, asumimos que las densidades efectivas en los encierros pequeños eran menores a las de los encierros grandes porque disminuían las probabilidades de hacinamiento. Además, se observó una "limpieza viral", ya que la prevalencia decreció luego del pico epidémico (llegó a bajar hasta corresponder al 5% de la población).

Las anteriores observaciones sugirieron que la cadena de infección podría ser mitigada con el decrecimiento del número de contactos por ingestión, lo que se conseguiría con encierros pequeños.

4. Efecto del tamaño del encierro y densidad de siembra

Siguiendo con las pruebas en piscinas camaronas, quisimos explorar la relación entre tamaños de encierros y niveles de densidades de siembra. Se realizaron tres experimentos (Tabla 2). Los dos primeros experimentos (Exp 1 y Exp 2) utilizaron 6 piscinas de 0.25 ha cada una, mientras que el tercero (Exp 3) se corrió en 4 de estas piscinas (Ver Foto 1). Cada piscina fue dividida (malla larvera roja) en tres encierros: pequeños (112 m²), medianos (476 m²) y grandes (1932 m²). En el primer experimento (época cálida, 100 días de cultivo) se probaron tres densidades de siembra (10, 16 y 26 animales/m²), con dos réplicas (2 piscinas) por densidad de siembra.

El rendimiento a la cosecha en el Exp 1 fue significativamente superior en los encierros pequeños (813 lb/ha), comparados con los grandes (343 lb/ha), pero no se encontró diferencias significativas entre encierros pequeños y medianos (542 lb/ha). No se presentaron diferencias significativas de supervivencias o rendimientos entre tamaños de encierros por efecto de la densidad de siembra.

En un segundo experimento (Exp 2, época fría) se probaron los mismos encierros y diseño experimental del primer experimento.

Tamaño del encierro	Densidad de siembra	No. de camarones sembrados	Supervivencia (%)	Peso (g)	Producción (lb/ha)
Pequeñas	16.0 ± 0.0	6900	80.2 ± 4.0 b	9.5 ± 0.2 b	2686.2 ± 198
Grandes	17.2 ± 0.4	48000	12.0 ± 5.7 a	8.4 ± 0.2 a	378.4 ± 180.4

Tabla 1. Resultados del experimento (92 días de cultivo). Medias en cada columna con diferentes letras son estadísticamente significativas a $p < 0.05$, basados en Anova de una vía.

En esta ocasión se probó 5, 10 y 16 animales/m². Los resultados de cosecha (111 días de cultivo) mostraron que el efecto de densidad de siembra superó al del área. Los encierros sembrados a alta densidad tuvieron significativamente superiores rendimientos (1700 lb/ha), comparados con los sembrados a mediana (1056 lb/ha) o baja densidad (679 lb/ha) de siembra. Cabe destacar, la ocurrencia de altos rendimientos en los encierros medianos (1958 lb/ha) y pequeños (1825 lb/ha) sembrados a 16 animales/m².

Estos resultados conllevaron a la ejecución de un tercer experimento (Exp 3, época fría), donde se pretendió confirmar los resultados obtenidos a 16 animales/m². En esta ocasión se incrementó el número de réplicas (4 réplicas). De tal manera que 4 piscinas fueron divididas en tres tamaños de encierros. A la cosecha, las supervivencias y rendimientos fueron significativamente superiores en los encierros pequeños (58% y 1512 lb/ha) y medianos (56% y 1505 lb/ha), comparados con los grandes (28% y 852 lb/ha).

5. División artificial de la población vs. sustratos y refugios

En un cuarto experimento (Exp 4, época cálida) se quiso verificar si el efecto positivo encontrado en las anteriores pruebas era explicado por un efecto de la división artificial de la población o por un efecto de incremento de sustrato para el crecimiento de la biota y/o incremento de refugio artificial para los animales. Para ello, 3 piscinas (0.25 ha) fueron divididas en cuatro encierros de 630 m². La malla "larvera" roja utilizada para dividir las parcelas no permitió el paso de animales entre parcelas, de esta manera se dividió artificialmente la población total de cada piscina en cuatro grupos. En cada una de las piscinas hubo un total de 114 metros lineales de malla roja. En otras 3 piscinas se construyeron estructuras en forma de "L" con malla larvera roja, asentadas en el fondo de la piscina con estacas, de tal manera que los camarones pudieron circular libremente por la piscina. En cada una de estas 3 piscinas también hubo un total de 114 metros lineales de malla roja. Las 6 piscinas fueron sembradas a 16 animales/m². A la cosecha (125 días de cultivo), las piscinas con mallas tuvieron en promedio supervivencias (42%) y rendimientos (1429 lb/ha) superiores que las piscinas con encierros (36% y 1232 lb/ha). Sin embargo, las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas (Anova de una vía, p < 0.05).

Discusión

Los resultados sugieren que el efecto positivo de mejores supervivencias en los encierros se podría deber a un efecto de incremento de sustratos u oportunidades de refugio. Con este experimento resulta imposible separar el efecto de sustrato vs. refugio, ya que ambos tratamientos pudieron haber ofrecido ambos efectos. El hecho de que no se hayan encontrado diferencias significativas entre los dos tratamientos mostraría que no es necesario dividir completamente la población, implicando un ahorro de material. Resulta difícil diseñar experimentos donde se separen estos dos efectos. Sin embargo, CENAIM está realizando experimentos donde se trata de estudiar el efecto del incremento en el área de sustratos sobre los parámetros de producción. Estos resultados aportarían información valiosa y dirigiría el estudio. Paralelamente, no se ha abandonado la investigación de lo que sucede en los encierros pequeños. En muchos de nuestros experimentos hemos observado encierros con un muy alto rendimiento y supervivencia, y otros con valores de producción bajos. De

acuerdo a nuestras observaciones, los encierros con valores bajos de producción son explicados por deficiencias en la circulación del agua. La malla larvera se tapona en el curso del ciclo de producción e impide la libre circulación del agua. Ciertos encierros se ven más afectados por su localización con respecto a la dirección del viento y al ingreso de agua. Esto por supuesto es un impedimento para aplicarlo en piscinas comerciales. Al momento, estamos corriendo un experimento que trata de solucionar este problema, levantando las mallas luego del pico del evento epidémico. Las mallas, en las piscinas con encierros, tienen el objetivo de dividir el número total de la población en varios grupos, disminuyendo el efecto de un evento epidémico, e incrementando la supervivencia. El levantamiento de estas mallas permitiría una mejor circulación durante el resto del ciclo de producción. En este punto de la investigación no se han realizado análisis de costo-beneficio, puesto que es primero importante dilucidar lo que está sucediendo (división artificial de la población vs. sustrato vs. refugio). Una vez que se cuente con más información se podrá experimentar con estructuras o superficies de distintos materiales que ofrezcan refugios y/o sustratos.

Tablas 2. Parámetros de producción en Exp 1, Exp 2, Exp 3 y Exp 4. * Dato descartado del análisis estadístico por considerar que es un dato extremo.

Supervivencia (%)		17 Enero - 27 Abril	06 Junio - 25 Septiembre	04 Octubre - 17 Enero	13 Febrero - 15 Junio
Encierros	Densidad de siembra (anim/m ²)	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4 Encierros / Exp 4 Mallas
Grande (1932 m ²)	5		53,0		
	10	19,7	46,5		
	16	7,9	51,5	28,1	
	26	10,6			
Mediana (476 m ²)	5		77,0		
	10	33,3	40,0		
	16	17,6	60,0	55,6	35,8
	26	5,2			42,3
Pequeña (112 m ²)	5		58,5		
	10	29,8	61,5		
	16	35,7	65,5	58,1	
	26	50,1			

Rendimiento (lb/ha)		17 Enero - 27 Abril	06 Junio - 25 Septiembre	04 Octubre - 17 Enero	13 Febrero - 15 Junio
Encierros	Densidad de siembra (anim/m ²)	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4 Encierros / Exp 4 Mallas
Grande (1932 m ²)	5		572		
	10	359	908		
	16	289	1317	852	
	26	380			
Mediana (476 m ²)	5		876		
	10	672	890		
	16	717	1958	1505	1231
	26	237			1429
Pequeña (112 m ²)	5		589		
	10	580	1370		
	16	1228	1825	1512	
	26	2624*			

Peso promedio (g)		17 Enero - 27 Abril	06 Junio - 25 Septiembre	04 Octubre - 17 Enero	13 Febrero - 15 Junio
Encierros	Densidad de siembra (anim/m ²)	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4 Encierros / Exp 4 Mallas
Grande (1932 m ²)	5		9,8		
	10	9,7	9,0		
	16	9,5	7,8	9,0	
	26	7,0			
Mediana (476 m ²)	5		10,3		
	10	10,0	10,1		
	16	10,0	9,9	8,3	10,4
	26	8,3			10,2
Pequeña (112 m ²)	5		9,5		
	10	9,2	10,1		
	16	9,3	8,8	8,0	
	26	8			