



ALLIANCE™

(<https://debug.globalseafood.org>).

---



Health &  
Welfare

---

# Experiencias en el mejoramiento genético del camarón en siete países

1 October 2017

By João Luís Rocha, Ph.D.

**La selección para mejorar el crecimiento es fácil, pero difícil para la resistencia y tolerancia**



La selección para, y el logro de mejoras genéticas para el crecimiento en camarones peneidos es fácil, ya que hay un fenotipo (peso o tamaño) que podemos medir rigurosamente.

Las ecuaciones matemáticas fundamentales de la teoría genética cuantitativa, incluida la que predice la respuesta de selección, se establecieron en la primera mitad del siglo XX, hace más de 80 años, son probablemente eternas y se aplican a todas las especies animales y vegetales, e incluso a los procariotas.

Bajo el mismo ambiente sin cambios, la genética es matemática pura y precisa, una ciencia exacta que puede predecir todo. Introduzca múltiples cambios ambientales, especialmente en los sistemas extensivos de producción, y la matemática precisa de la genética se convierte en una ciencia muy inexacta, a menudo con poca previsibilidad.

RS es la Respuesta de Selección que queremos determinar en nuestras poblaciones mejoradas, y se basa en la ecuación  $RS = (i * h * \sigma_a)$ . RS es un factor de: *i*, **la intensidad o la presión de selección** (una función del porcentaje de animales extremos que seleccionamos; cuanto menor sea el porcentaje, mayor será la ganancia genética); de *h*, que es la **exactitud o precisión** de los criterios de selección adoptados (la correlación entre lo que medimos y el verdadero valor genético del animal para lo que realmente queremos); y de  $\sigma_a$ , que es una función de la variabilidad genética aditiva existente en la población.

## Mejora genética: la tasa de crecimiento es fácil, la resistencia y la tolerancia son difíciles

Seleccionar para, y lograr mejoras genéticas para el crecimiento es o puede ser fácil, ya que hay un fenotipo (peso o tamaño) que podemos medir rigurosamente. Generalmente existe una considerable variabilidad genética aditiva para este rasgo, y la correlación entre el peso o tamaño que medimos y el verdadero valor genético del animal para lo que queremos, el crecimiento, es alto, usualmente  $> 0,6$ . La aplicación de la genética en sistemas reales de producción comercial es también una cuestión de

personas y de gestión humana. Al combinar los conocimientos genéticos con una adecuada gestión humana y adaptarlos a los sistemas productivos y operativos existentes, es factible y relativamente fácil lograr mejoras genéticas para el crecimiento.



La identificación individual es una característica clave de la mayoría de los esquemas genéticos.

Sin embargo, para la supervivencia/resistencia/tolerancia/robustez general, las cosas son más complejas y menos directas. Sólo conozco tres ejemplos concretos de selección exitosa para resistencia/tolerancia a enfermedad en el camarón vannamei, uno de los cuales es el modelo de selección natural que históricamente se ha utilizado en Ecuador. El problema es que el fenotipo más simple y accesible que tenemos que medir, la supervivencia, es impreciso, de naturaleza estadística binomial, y con una muy baja correlación con el verdadero valor genético del animal para lo que realmente queremos, robustez general antes todo tipo de desafíos.

Lo que realmente estamos buscando es un camarón que no morirá, ya sea de enfermedades como el Virus del Síndrome de Mancha Blanca (WSSV), el Virus de la Mionecrosis Infecciosa (IMNV), el Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS) y la Vibriosis; agotamiento de oxígeno, fluctuaciones de alcalinidad y salinidad; y todas las posibles combinaciones de factores de estrés.

Queremos un animal robusto que pueda hacer frente a todo tipo de condiciones adversas y que también crece rápido y con una baja conversión alimenticia. En los estanques comerciales de producción de sistemas extensivos con enfermedades, las verdaderas causas de la mortalidad son a menudo múltiples y pueden ser muy variables de una situación a otra. Son combinaciones específicas de niveles específicos de factores de estrés, que a veces pueden incluir deficiencias nutricionales, en presencia de patógenos.

Las características biológicas, y la naturaleza y la arquitectura genética que confieren capacidad de supervivencia en un conjunto específico de situaciones estresantes, pueden ser considerablemente diferentes de aquellas que permiten la supervivencia en diferentes situaciones. Por lo tanto, sólo tener

el fenotipo de supervivencia es muy limitante y restringe en gran medida lo que se puede lograr a través de la genética. Se necesitan otros fenotipos a medir, preferentemente cuantitativos y con amplia variabilidad, de manera que se pueda lograr un progreso genético rápido y predecible para este tipo de características. Sin embargo, la realidad es también que cuanto más preciso sea un fenotipo, menos general y, a menudo, menos útil se hace su aplicabilidad. Por ejemplo, años de esfuerzos exitosos para la selección de camarones resistentes/tolerantes al IMNV pueden llegar a ser casi inútiles en un corto tiempo cuando la enfermedad prevalente se cambia a WSSV, como es el caso de Brasil.



Recolección de muestras de pleópodos para análisis de marcadores genéticos.

En vista de todo esto, las dificultades inherentes en la naturaleza biológica de lo que queremos – junto con cambios permanentes en los factores ambientales, en los sistemas de producción y en las enfermedades actuales – hacen que la selección específica de la resistencia/tolerancia a las enfermedades sea una propuesta difícil que ha dado como resultado varios casos en grandes proyectos con inversiones sustanciales que terminaron sin resultados tangibles. En este contexto, el modelo genético de selección natural de estanques de producción comerciales históricamente utilizado en Ecuador y bajo un estado sanitario no-SPF (libre de patógeno específico)/APE (expuesto a todos los patógenos) ha reunido varias características, atributos y ventajas muy interesantes.

La cuestión del estatus sanitario, SPF, Alta Salud o APE es otra que complica la selección genética para la resistencia/tolerancia a la enfermedad, porque según algunas hipótesis, el contacto directo entre patógenos y reproductores en estanques de crecimiento podría conducir al desarrollo de mecanismos naturales de resistencia o tolerancia que no podrían obtenerse de otra manera. La implicación es que el modelo de estado de salud de SPF (sin contactos directos entre patógenos y reproductores) tendría desventajas significativas en este contexto de producir animales robustos y resistentes/tolerantes a enfermedades. La evidencia disponible de diferentes países parece corroborar estas hipótesis, de que el contacto directo entre patógenos y poblaciones reproductoras aumenta los mecanismos naturales de resistencia/tolerancia a la enfermedad. Esto complica aún más el tema de la selección genética para la resistencia/tolerancia a las enfermedades.

Nuevas herramientas y capacidades para la implementación de la genética están ahora disponibles a un nivel nuevo y superior a través de la genómica, con mapas de muy alta densidad de SNPs (un tipo de marcador genético, un polimorfismo de un solo nucleótido SNP es una variación en un único nucleótido encontrado en una posición específica en el genoma) para la selección directamente al nivel del gen. Los costos son altos, pero siempre es, por supuesto, un ejercicio de evaluación de costo-beneficio.

La verdad es que mientras el fenotipo que se mide siga siendo la supervivencia, o mientras los sistemas de producción no estén estandarizados a un nivel mucho más riguroso y preciso que el actual – por las razones explicadas y porque las ecuaciones fundamentales de la genética cuantitativa siguen siendo las mismas – es difícil creer que algo pueda cambiar significativamente, ya sea con la selección genómica o con cualquier otro tipo de genética más convencional. Algo similar podría ser mencionado con respecto a la tasa de conversión alimenticia, una característica productiva y económica muy importante, pero sin un fenotipo que pueda ser fácilmente medido a nivel individual o familiar para fines de selección genética.

## **Mejoras del crecimiento son predecibles, tasas de supervivencia menos**

Actualmente estamos gestionando ocho programas de mejoramiento genético en siete países diferentes, uno de estos programas ya por 14 años y el más reciente por poco más de un año. Las mejoras en el crecimiento han sido constantes en todos los programas, con tasas anuales entre 5 y 12 por ciento.

Los objetivos, la esencia y las metodologías genéticas, y las realidades comerciales de estos ocho programas son todas diferentes entre sí. Manejamos todo tipo de programas, familias con elastómeros, familias con marcadores moleculares, sistemas de familia de dobles primeros primos que excluyen la necesidad de esquemas de identificación física o genética, y programas de selección masal; además, hemos comenzado a considerar los esquemas de selección genómica (con el apoyo de empresas especializadas) en algunos casos.

Las mejoras en las tasas de supervivencia han sido menos predecibles y menos consistentes que las mejoras en las tasas de crecimiento. En general, la evolución de las tasas de supervivencia ha sido positiva, pero moderada y a menudo con fluctuaciones que no se registran en la evolución más lineal, predecible y constante de las tasas de crecimiento. En otros casos, las tasas de supervivencia se han mantenido bastante estables a lo largo de los años sin mayores mejoras.

Fig. 1: Mejora genética del crecimiento – sistema biofloc – Genearch, Brasil.

Fig. 2: Mejora genética de las tasas de crecimiento (g/wk) – Ecuador.

Fig. 3: Evolución de las supervivencias en granjas en dos programas genéticos – Ecuador.

Fig. 4: Mejora genética de las tasas de crecimiento – ensayos en jaulas, PrimaGen, Indonesia.

Fig. 5: Evolución de las supervivencias en ensayos en jaulas – desafíos de enfermedad, PrimaGen, Indonesia.

Fig. 6: Mejora genética de las tasas de crecimiento (g/wk) – Panamá.

Fig. 7: Evolución de supervivencias en granjas – programa genético, Panamá.

Indudablemente, bajo condiciones comerciales extensivas y especialmente con enfermedades, las correlaciones entre crecimiento y supervivencia suelen ser negativas; sin embargo, no son de una magnitud muy marcada ( $> -0,3$ ). Por esta razón, los programas de selección familiar generalmente permiten productos más equilibrados entre los atributos de crecimiento y supervivencia. Sin embargo, también es cierto que, debido a su naturaleza, los programas de selección masal bien administrados a veces permiten, en períodos de un clima más estable, marcar ciertas ventajas de crecimiento que a menudo son bastante significativas.

Debido a su simplicidad, los programas de selección masal permiten relaciones de costo-beneficio que a menudo son interesantes, especialmente en contextos de volatilidad como los que a menudo caracterizan la realidad económica de la producción de camarón. Para las características que más nos interesan en el camarón (resistencia/tolerancia/robustez general), las propuestas realistas y factibles para los esquemas de selección genómica han sido lentas en aparecer, debido a las dificultades inherentes descritas anteriormente.

La selección eficaz en los muros del estanque para el crecimiento del camarón se puede lograr, pero requiere procedimientos apropiados y a menudo enfoques ingeniosos.

## Perspectivas

La emergencia de nuevas enfermedades en algunos países de América Latina ha determinado situaciones que desde un punto de vista genético son muy peculiares, muy interesantes y merecen reflexión. Las cuestiones comerciales a menudo impiden un enfoque franco y sincero de algunas cuestiones en las reuniones científicas o en los artículos publicados. Esto es lamentable, porque con el tiempo se establece una tendencia para dos realidades diferentes, la que realmente ocurre en los estanques acuícolas, y la que sólo ocurre en las reuniones técnicas y científicas y en los artículos publicados.

El mundo de la genética del camarón no está (todavía) dominado por grandes corporaciones multinacionales, probablemente debido al marcado nivel de volatilidad y riesgo en la realidad económica del cultivo de camarón, determinado principalmente por enfermedades nuevas y siempre emergentes. Esto también merece alguna reflexión, ya que no es probable que corresponda a la genética convencional o a la genómica resolver estos problemas de volatilidad y riesgo en la cría de camarón. Más bien, yo esperarí que el gran beneficiario sea la ciencia de la genética cuando los sistemas de producción y manejo de camarón alcancen la madurez.

## Author

---



**JOÃO LUÍS ROCHA, PH.D.**

Consultor, Iowa Genetics  
João Pessoa, Paraíba, Brasil

[joaollcrocha@yahoo.com](mailto:joaollcrocha@yahoo.com) (<mailto:joaollcrocha@yahoo.com>)

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.