

Buscando una distribución poblacional óptima: Marcando hitos de referencia para la industria

Autores:

Mikie Allan¹
Anthony Hagouel¹
Alex de Wind²

Departamento de Producto y Diseño XpertSea¹
General Manager Pesquera e Industrial Bravito²

info@xpertsea.com

Actualmente, la industria camaronera enfrenta una serie de desafíos importantes causados por el aumento del costo de insumos y la presión sobre los precios en mercados internacionales. Por ello, es importante encontrar oportunidades de optimización y mejora continua en las prácticas de producción, y una nueva herramienta que se puede aprovechar es la inteligencia artificial (IA), que hoy permite un seguimiento continuo del estado de las piscinas durante el ciclo de producción, enfocado en monitorear la variedad de tamaños de los animales y tomar decisiones para maximizar el valor de la cosecha final.

Desde el 2018 llegaron a Ecuador plataformas de IA especializadas para el

sector camaronero. Una de ellas fue una aplicación desarrollada en Canadá para automatizar la recopilación y análisis de datos de producción, con el fin de empoderar a productores a agilizar la toma de decisiones y mejorar la rentabilidad de sus operaciones.

Al cabo de 5 años de trabajo constante con líderes del sector camaronero ecuatoriano se abordaron conceptos de distribución, dispersión y coeficiente de variación (CV), para analizar y explicar los beneficios que se consiguen al monitorearlos cuidadosamente. Este artículo resume estos conceptos fundamentales, compartiendo datos acumulados en varios escenarios y en pruebas exhaustivas con productores, y propone unas reglas de base que pensamos

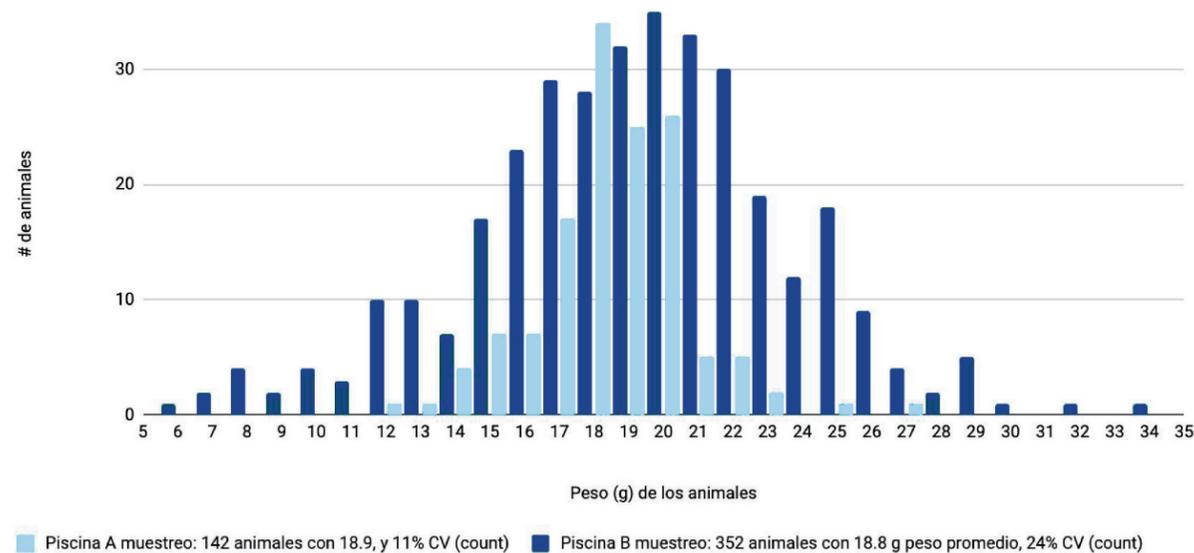
deberían ser consideradas como parte de las mejoras prácticas de producción.

Es insuficiente monitorear solo con peso promedio

Por lo general, los equipos de producción en camaroneras usan una medición manual del peso corporal promedio de 100 a 150 camarones para guiar sus estrategias de producción y cosecha. Sin embargo, cuando las piscinas tienen una alta dispersión de tamaños, el peso promedio no brinda suficiente información.

Para ilustrar esta problemática se tomaron como ejemplo dos piscinas de una camaronera elegidas aleatoriamente con

Gráfico 1: Peso promedio parecido no significa igualdad de tamaños en la piscina



pesos promedios iguales. Se nota que tienen una dispersión de tamaños muy diferentes, lo que tendrá un impacto significativo en la rentabilidad final. (Ver Gráfico 1). La A tiene solamente 14 tamaños de camarones en el rango de la muestra (de 12 a 27 gramos), mientras que la B tiene 28 (de 6 a 34). Las estrategias de alimentación y cosecha entonces deben ajustarse para ambos en función de las distintas dispersiones que tienen, un hecho que no puede observarse solo con el peso promedio.

Aspectos poblacionales a considerar

Para saber el rango real de tamaños presentes en una piscina, los equipos de producción deben evaluar los otros aspectos de la distribución de una población. La dispersión es el concepto estadístico crítico que se puede aprovechar para determinar la cantidad de tamaños en la piscina, y de allí ajustar el enfoque de la producción. La dispersión de una población se mide por la desviación estándar (DE) de una distribución; es decir, la variación promedio del peso de cada camarón con respecto al peso promedio de la población. (Ver Figura 1)

Para una población de camarones se mide en gramos por encima o por debajo de la media, que varía mucho en el transcurso del ciclo. Para obtener un número único e independiente para cuantificar la dispersión a lo largo del ciclo de crecimiento, podemos dividir la DE por la media de la muestra y obtener el CV. Además, es útil visualizar la

- De 0-5 g:** puede ser que los animales se alimentan de manera desigual en la piscina, lo que resulta en una mortalidad temprana de animales frágiles.
- De 5 a 15 g:** reduce la confianza en el peso corporal promedio, lo que puede conducir a un crecimiento más lento con alimentación insuficiente o problemas de calidad del agua con alimentación excesiva.
- Por arriba de 15 g:** las cosechas pueden retrasarse para obtener más camarones del tamaño objetivo, lo que resulta en más días de producción, o pueden ocurrir antes, recibiendo menos ingresos para los camarones más pequeños.
- En la planta:** el procesamiento de una cosecha con muchos tamaños de camarones es más compleja y toma más tiempo que una más uniforme.

Figura 1: Lo que puede señalar una alta dispersión durante el ciclo

población tras un histograma, que puede ser simétrico o asimétrico, y así desplegar si tiene un sesgo o no.

Problemáticas e hipótesis

$$\text{Coeficiente de Variación (CV)} = \frac{\text{Desviación Estándar (DE)}}{\text{Media de la Muestra}}$$

Problema 1: Contar y pesar manualmente 150 camarones para una muestra para cada piscina toma tiempo y es laborioso, pero es necesario para calcular la dispersión de una población.

Hipótesis: Usando una herramienta de inteligencia artificial se podría automatizar el conteo y el pesaje de camarones individuales con alta precisión en cualquier punto del

ciclo del camarón.

Problema 2: La dispersión de una población disminuye a medida que aumenta la población promedio: una diferencia de 1g entre camarones cuando una piscina tiene un promedio de 3g es mucho más severa que una diferencia de 1g cuando la piscina tiene un promedio de 30g, lo que dificulta el uso de una sola medida de dispersión para comprender cuándo una piscina tiene demasiada dispersión para su tamaño.

Hipótesis: al medir la dispersión en muchas piscinas y ciclos, sería posible crear un punto de referencia para una dispersión adecuada en cada peso a lo largo del ciclo, lo que permite una identificación rápida de piscinas

con alta dispersión en cualquier momento.

Metodología:

Procedimientos que los equipos de producción deben ejecutar en la camaronera

Se desarrolló una aplicación móvil que reemplaza los procesos de pesaje manual y un portal web para revisar los resultados. Los trabajadores capturan una muestra de camarones de varias piscinas y los colocan en bandejas especialmente diseñadas para el monitoreo. Con un teléfono celular se toma una foto de cada bandeja. La

aplicación envía imágenes a la web para su procesamiento y los usuarios pueden obtener instantáneamente esta data (Ver Figura 2):

- Conteo de camarones
- Peso corporal promedio de la muestra
- Histograma de: distribución de peso, distribución de tallas comerciales en cola y entero
- Imágenes de todos los camarones monitoreados
- Curva de crecimiento y predicciones de la población.

Resultado:

Hito de referencia para la industria

Entre 2020 y 2022, la aplicación de inteligencia artificial tomó más de 22.000 muestras de peso en casi 10.000 hectáreas de granjas camaroneras ecuatorianas. Se entrenó un modelo de regresión de cuantiles isotónicos con CV como objetivo y ABW como característica para establecer zonas de dispersión alta, media y baja por peso corporal promedio muestreado. Estas zonas se pusieron a disposición de todas las muestras futuras para determinar si, en un peso específico, la muestra tenía una dispersión alta, media o baja.

1 Sacar Animales
Llena con 150 camarones de diferentes partes de tu piscina las bandejas de xpertSea MAX.



2 Tome fotos. Para animales grandes necesita de 4 a 6 fotos y de 2 a 3 para pequeños.



3 Obtenga resultados en la app móvil o el portal web, una vez que su dispositivo esté conectado a internet.



Se determinó que el CV varía drásticamente en cada piscina y punto específico del ciclo.

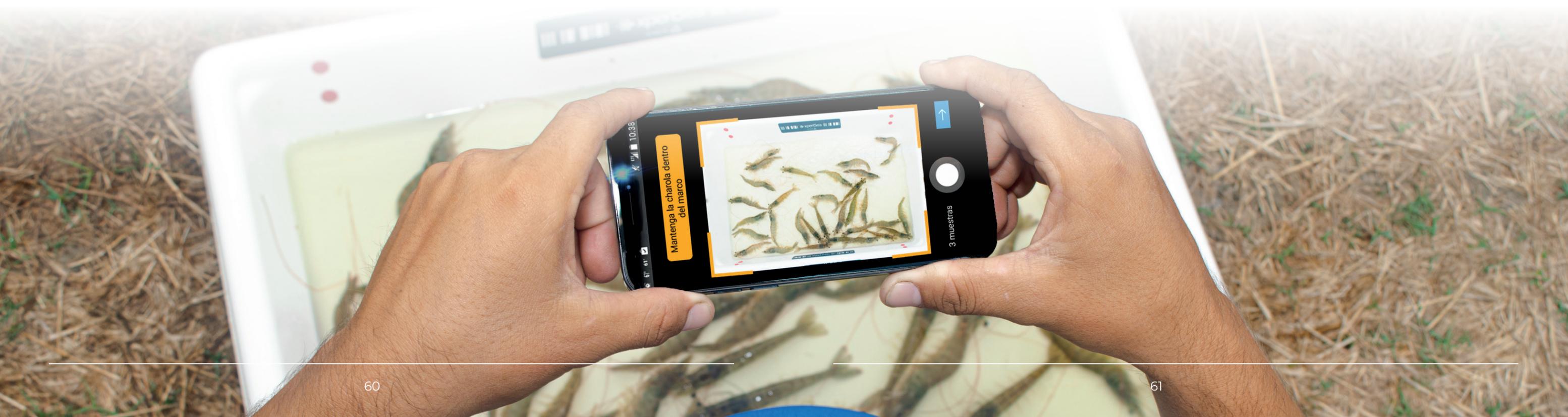
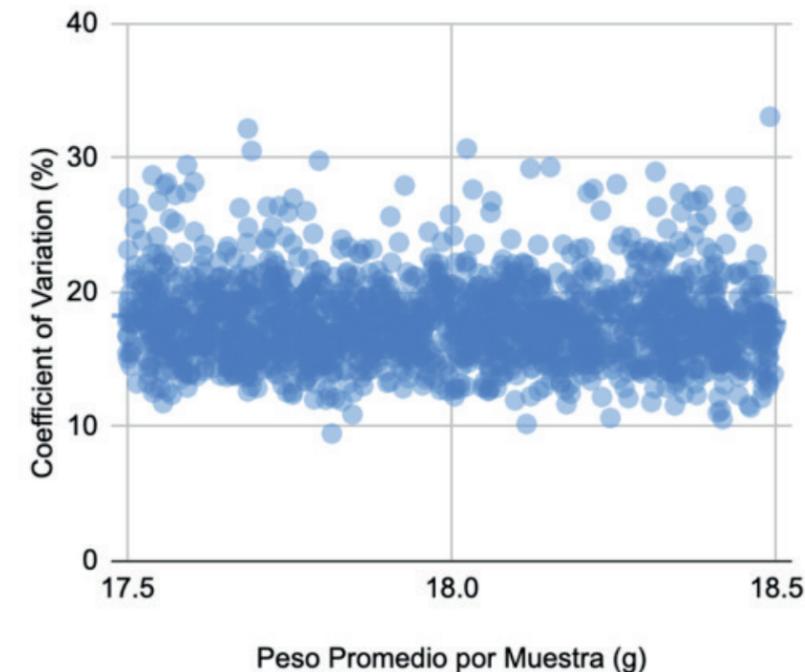
Por ejemplo, entre 17,5g y 18,5g, el CV máximo encontrado fue del 33,1% y el mínimo fue del 9,5%, mientras la mayoría de los valores estuvieron entre el 12% y el 23%; por lo tanto, con este peso corporal promedio, un CV superior al 17,4% se considera alto. (Ver Gráfico 2).

Se ha utilizado este conjunto de datos para crear el CV típico en cada peso promedio en la fase de crecimiento, y para simplificar la labor de los equipos de producción, la app proporciona alertas cuando la dispersión es alta.

Caso de estudio: camaronera de 300 ha en El Oro y su experiencia con valores cv tras un periodo de prueba

Se ha trabajado con una camaronera que estaba logrando a inicios del 2021 solo el 64% de sus metas; es decir, sus cosechas estaban rindiendo camarones más pequeños de lo esperado y con cierta inconsistencia en

Gráfico 2: CV de muestras con peso promedio entre 17.5 g a 18.5 g



cuanto a la calidad. La camaronera reemplazó su protocolo de pesaje manual semanal con la aplicación móvil, automatizando el proceso de monitoreo tomando muestras dos veces por semana para medir la dinámica de distribución de la población durante todo el ciclo. El peso corporal promedio, el histograma de tamaño, el crecimiento y la dispersión de tamaños (CV) se evaluaron después de cada monitoreo. Uno de los aprendizajes fue que la detección temprana de que el peso anda por debajo de una curva de crecimiento normal es crítico, y que las probabilidades de cambiar este escenario aumentan si se detecta al inicio del ciclo de producción. Considerando que cada día cuenta, es necesario mencionar que tomando las medidas correctas, se logrará corregir el problema en 2 o 3 semanas.



Figura 3: Alerta de alta dispersión

Por ejemplo, cuando una piscina comenzó a mostrar alta dispersión, el equipo de producción ajustó su estrategia de alimentación para ayudar a los camarones pequeños a crecer (Ver Figura 3).

Estas incluyeron mezclar tamaños de gránulos para camarones pequeños, mover las alimentadoras automáticas a áreas con condiciones óptimas en el fondo de la piscina, aumentar el número de alimentadores en ciertas piscinas y orientar manualmente la alimentación de los camarones más pequeños mucho antes de la cosecha.

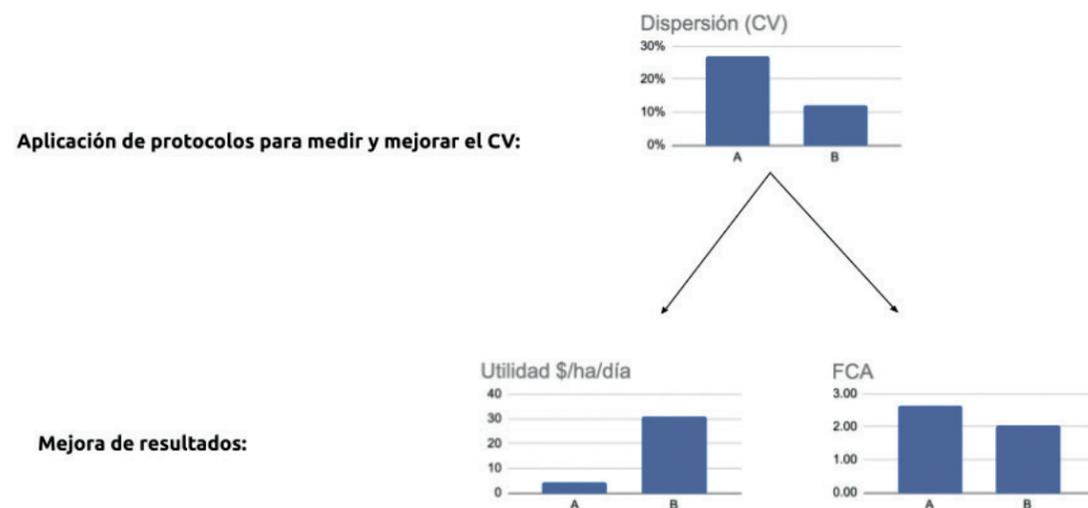
Conclusión: Es clave monitorear y mejorar el CV (Coeficiente de Variación) de cada piscina porque tiene un impacto directo tanto en la rentabilidad de la piscina como en otras métricas de producción como el FCA (Factor de Conversión Alimenticia).

Como ejemplo, comparamos dos piscinas cosechadas y parecidas en pesos promedio

(A=25g, B = 27g) y días de cultivo (A=89, B=94), pero con CV muy diferentes (A=27%, B=12%). El resultado fue un rendimiento financiero de 86% menos en la piscina A. (Ver Gráfico 3).

Como se puede ver en la gráfica, una medición cercana del CV es una herramienta clave para mejorar el rendimiento de cada piscina.

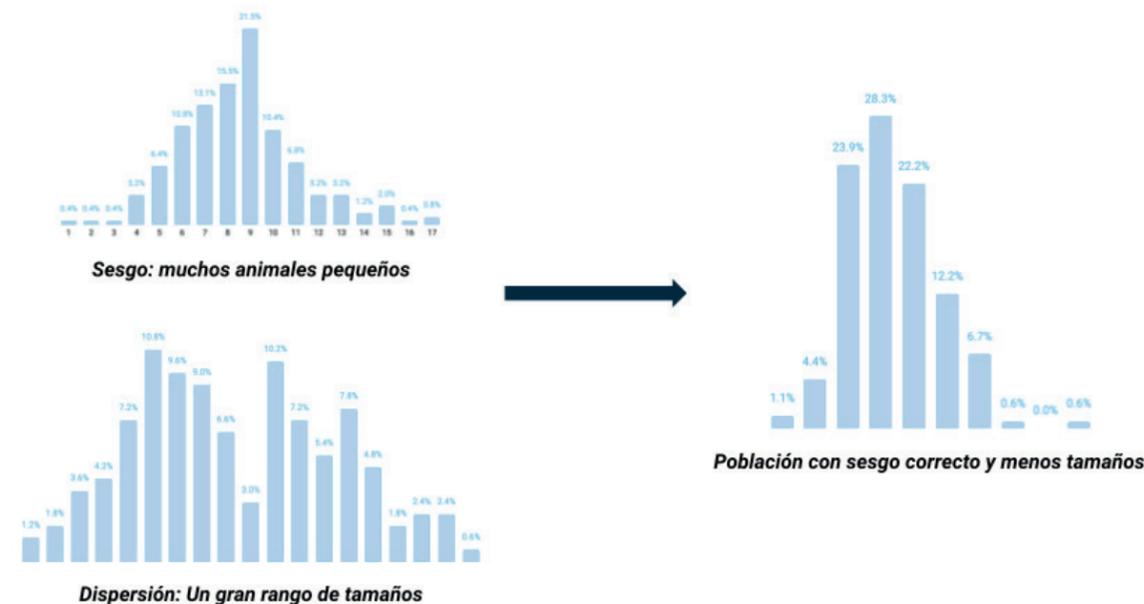
Gráfico 3: Piscinas con ciclos parecidos (A: CV alto B: CV manejado)



Aplicación de protocolos para medir y mejorar el CV:

Mejora de resultados:

Gráfico 4: Seguimiento de distribución permite mejor resultados



Conclusiones

Después de analizar más de 22.000 muestras saliendo de 10.000 HA, hemos podido establecer rangos para el ritmo de crecimiento del camarón en "rutas adecuadas" de CV en el tiempo por tamaño y análisis del sesgo del histograma de acuerdo con el promedio. Así se ha establecido un punto de referencia para la dispersión de tallas. Una acción rápida y la reducción de los problemas de distribución conducen a mejores ganancias y menor FCA, lo que es beneficioso tanto para el agricultor como para la sostenibilidad de la industria. (Ver Gráfico 4)

Lo primero que se observa en alimentadores automáticos bien manejados es que el histograma no es una campana perfecta, sino que tienen un sesgo a la derecha.

Esto se debe a que, en una piscina bien alimentada, existe una población creciendo más que el tamaño promedio, lo que lleva a una distribución sesgada hacia la derecha.

Si el histograma no tiene cola (o sesgo) a la izquierda es que esa larva fue de buena calidad o esos juveniles no tuvieron complicaciones de salud, ya que no hay animales chicos que comen y no convierten.

Un histograma con el sesgo a la derecha distanciado del promedio (con un CV de 15% o menor) permite los siguientes tres beneficios:

- 1) Significa que la población ha sido bien alimentada y por lo general deberá estar en mejor salud para la cosecha.
- 2) Cuando el camarón llegue a la empacadora, la población es uniforme, lo cual será un ahorro de tiempo al pasarlo por la clasificadora. Una población muy dispersa implica más tiempo en la clasificadora porque esta correrá más lento y se requerirán más personas en línea para separar animales.
- 3) Si la clasificadora es bien calibrada de acuerdo con el gramaje del lote y la población tiene un sesgo a la derecha, se podrá colocar camarón en empaques de mayor clasificación. En especial en clasificación de menor rango, por ejemplo el 50/60 y 40/50. Esta relación tiene un peso más fuerte que en clasificaciones como el 20/30 o el 30/40, donde el rango de tamaños para hacer 1kg de empaque es mayor.

Para concluir, no hay duda de que el monitoreo diligente de la dinámica de la población durante el ciclo permite intervenciones y

estrategias de producción enfocadas para lograr mejores resultados finales en la planta. Hoy en día, las herramientas modernas de IA facilitan este seguimiento disciplinado mejor que nunca •

Para mayor información: sobre este artículo escriba a: teresa@xpertsea.com

GLOSARIO

Coeficiente de Variación (CV): Es una medida estadística que nos informa acerca de la dispersión relativa de un conjunto de datos y que se utiliza para comparar conjuntos de datos pertenecientes a poblaciones distintas.

Dispersión: Acción y efecto de ser disperso, generalmente entendido en la industria como la naturaleza de una población y si tiene mucha variedad de tamaños (muy disperso) o poca.

Distribución: Acción y efecto de ser distribuido, entendido en la industria como la cantidad de tamaños y/o clasificaciones comerciales presente en una piscina o cosecha.

Factor de Conversión Alimenticia (FCA): Es la relación entre el monto de alimento entregado y la ganancia de peso logrado; es la medida más usual para la utilización/eficiencia del alimento balanceado en la acuicultura.

Histograma: Representación gráfica de una distribución de frecuencias por medio de barras, cuyas alturas representan las correspondientes frecuencias.

Modelo de regresión de cuantiles isotónicos: La regresión es un método estadístico que se utiliza ampliamente en modelos cuantitativos. La regresión cuantil modela la relación entre un conjunto de variables predictoras (independientes) y percentiles específicos ("cuantiles") de una variable de destino (dependiente), la mayoría de las veces, la mediana.