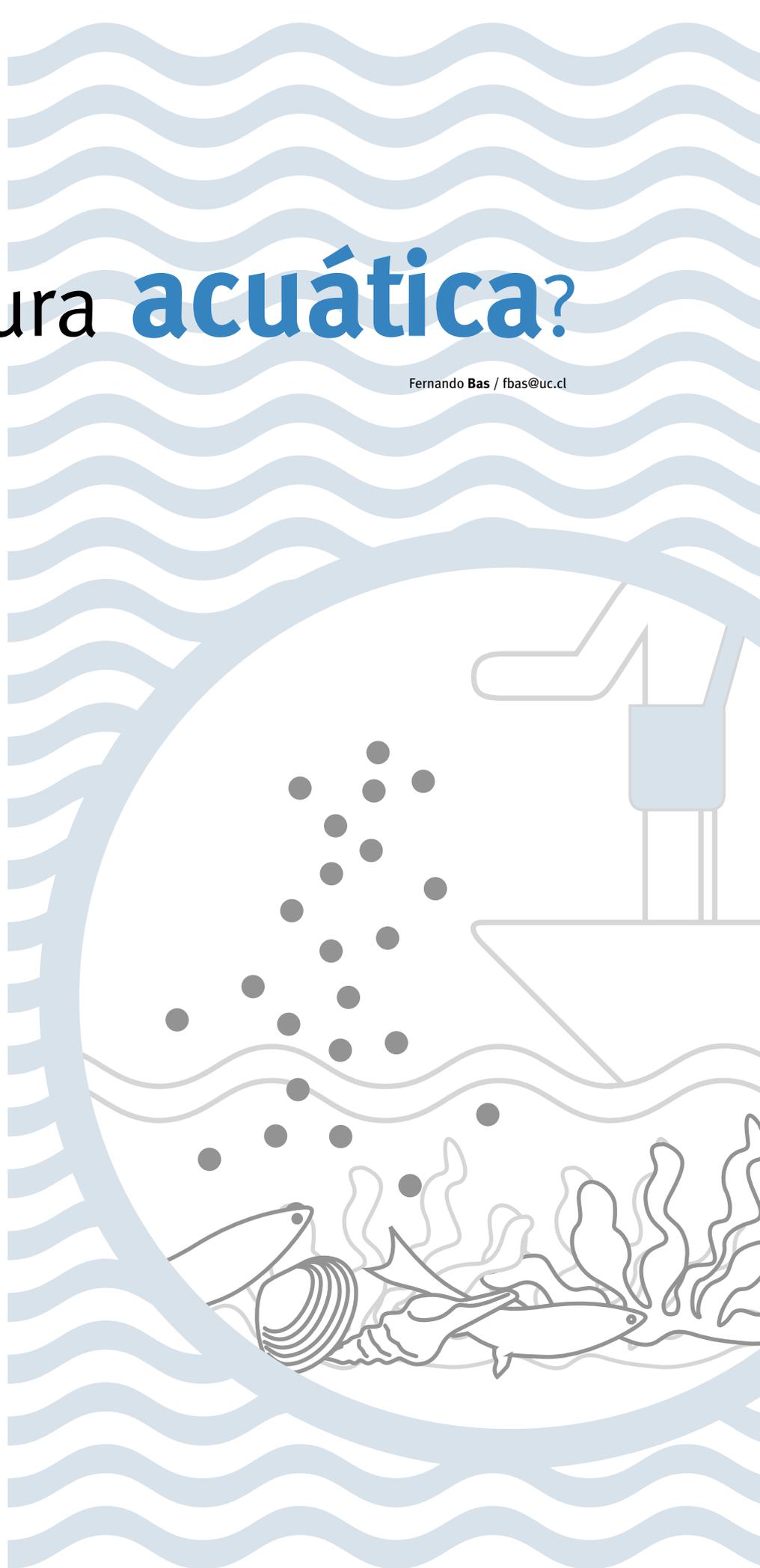


Acuicultura

¿Agricultura acuática?

Fernando Bas / fbas@uc.cl

La industria acuícola chilena, independiente de las dificultades por las que atraviesa actualmente su rama más importante, la salmicultura, mantiene su importancia y potencial futuro. Aún cuando se trata del cultivo de organismos vivos, o una forma de agricultura, presenta diferencias sustanciales que se deben considerar. El medio acuático, donde tiene lugar el cultivo, no es un soporte estable como la tierra, sino que uno que fluye a través de las agallas de sus propios organismos. Estas diferencias se deben considerar al abordar cualquier sistema de producción acuático.



Durante la última década, la industria acuícola en Chile, representada en más de un 90% por la salmonicultura, ha contribuido en forma muy importante la economía del país. En el año 2007, esta industria exportó más de US\$2.300 millones entre salmones y truchas. Sin embargo, y producto de la situación sanitaria actual, se estima que para este año, los envíos no superarán los US\$1.700 millones.

La difícil situación por la que está atravesando la industria y las negativas proyecciones, que indican que el nivel de producción y tasas de crecimiento pre crisis sólo se retomarán en una década más, nos lleva a reflexionar respecto a la forma en que se debe abordar la acuicultura en nuestro país.

Desarrollo

La acuicultura, también conocida como “agricultura acuática”, es el cultivo de organismos marinos entre los que se incluyen peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, cosechados para ser utilizados como fuente de alimento para el ser humano. Comprende el diseño, construcción y operación de sistemas de agua dulce o marinos para la reproducción, crianza, engorda, procesamiento y comercialización de estos organismos.

Es, en general, el equivalente de la agricultura terrestre, y de la producción animal en particular. Se basa en los principios y prácticas utilizados en el cultivo extensivo e intensivo de animales domésticos y cuyo principal objetivo es mejorar los índices de productividad para la obtención de más alimentos a menor costo.

La producción animal terrestre se ha desarrollado llegando a un punto en el cual ejerce un enorme impacto sobre el medioambiente. Bovinos, ovinos y caprinos, además de otras especies ruminantes, pastorean el 50% de la superficie de praderas naturales disponibles en el planeta. A su vez, estos animales, junto a cerdos y aves, se alimentan de insumos vegetales producidos en el 25% de la tierra cultivable. La gran mayoría de las plantas y animales consumidos hoy son cultivados y muy poco del alimento terrestre es recolectado o cazado.

Lo opuesto ocurre en el ambiente marino. Sobre el 90% de los pescados y mariscos cosechados son producto de la pesca, ya sea artesanal o industrial. Y menos del 10% de lo que se consume proviene de cultivos. La producción pesquera se ha mantenido relativamente estable durante la última década, con la excepción de fluctuaciones generadas por la corriente de El Niño, en Sudamérica. La tendencia futura en esta materia apunta hacia una declinación relativa producto del agotamiento de varias especies de relevancia y de otras en las que se ha alcanzado los niveles máximos de captura.

A pesar de que la acuicultura continúa siendo el sector productor de origen animal que crece más rápido en el mundo (a tasas del 7% anual durante los últimos 50 años), el incremento de la producción acuícola se está desacelerando como consecuencia, en parte, de una consciencia pública negativa respecto de las prácticas de cultivo y la calidad de los peces.



Diferencias entre la agricultura terrestre y acuática

La sofisticación y eficiencia de la producción animal terrestre tiene una historia de más de 150 años de investigación y desarrollo, especialmente en las áreas de selección genética, alimentación y sanidad.

En el cultivo intensivo de *broilers*, por ejemplo, los sistemas de producción se basan en ambientes controlados para crear un ecosistema ideal que promueva el crecimiento y desarrollo de los individuos, y en donde se pueda controlar la mayor cantidad de variables posibles. En particular, la ‘artificialización’ del sistema, lograda a través de constantes innovaciones, ha requerido de un mayor control sobre parásitos y enfermedades, dietas y desarrollo de razas o líneas de aves resistentes a un manejo intensivo.

Como resultado de estas innovaciones el costo de producción de un kilo de carne se ha reducido consistentemente a lo largo del tiempo.

Los sistemas de producción de organismos acuáticos, por su parte, se basan en estos mismos principios. Sin embargo, las características ambientales y los factores limitantes son diferentes.

En la producción animal terrestre los procesos ocurren sobre una superficie estable y los animales son de fácil ac-

ceso. La cadena alimentaria en el ambiente terrestre es corta y eficiente, de modo que puede ser modificada para maximizar rendimiento tanto de cultivos vegetales como animales.

En un medio acuático, los organismos corresponden prácticamente a una extensión de su ambiente. Están inmersos en éste; fluye a través de sus agallas y este medio los puede nutrir o aniquilar, dependiendo de sus características físicas y químicas y la respuesta fisiológica del organismo. Estos, a su vez, alteran el ambiente por medio de sus acciones metabólicas. Además, el agua contiene nutrientes, sales, oxígeno y anhídrido carbónico, entre otras cosas, pero no necesariamente en concentraciones uniformes. Su mayor o menor disponibilidad depende de patrones de circulación de grandes masas de agua.

Las cualidades físicas y químicas del agua impiden compartimentalizar al animal de su alimento y de sus residuos. A su vez, la interdependencia de los integrantes del ecosistema es completa. No basta con establecer prácticas de manejo para el producto final en cuestión, el sistema completo debe ser manipulado para que los componentes que interactúan creen un medio que contribuya al crecimiento.



Océano, ¿pozo inextinguible?

Hasta hace poco los océanos eran considerados como unos pozos inextinguibles, que podía ser cosechados sin la necesidad de retornarle nada a cambio. Esta posición desafía el principio tradicional de la agricultura: que es necesario sembrar para cosechar.

Con el fin de mantener la producción primaria y preservar el balance ecológico de los ecosistemas marinos, la cantidad de nutrientes extraído debe ser balanceado por un equivalente de insumos. En el caso del cultivo de peces, una proporción de los ingredientes utilizados en las dietas son de origen marino, y deben, en consecuencia, ser retornados al mar, para ser reciclados allí.

En general, es cierto que en los sistemas marinos abiertos, los nutrientes

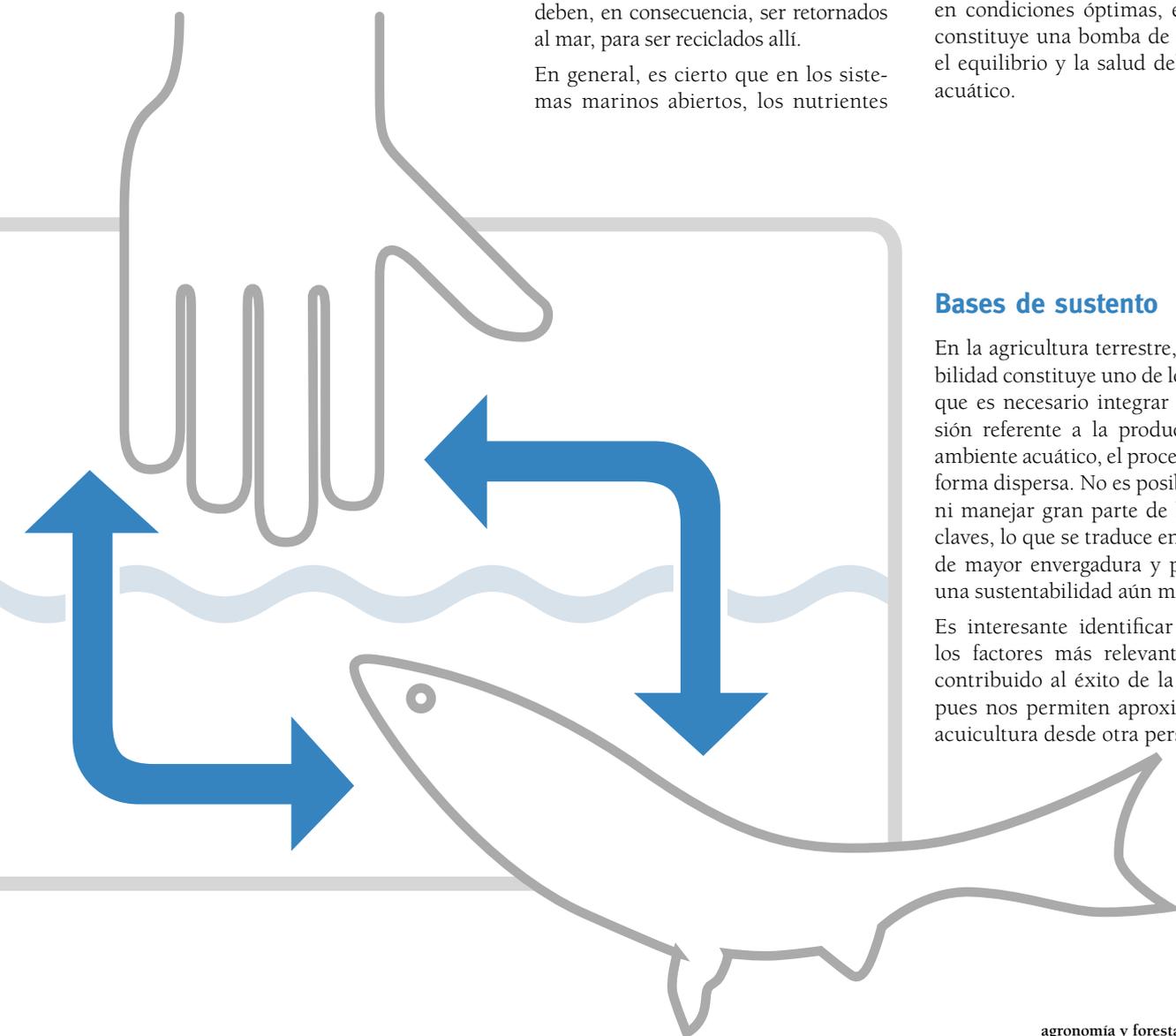
disueltos fácilmente se diluyen y son llevados por las corrientes. Sin embargo, las partículas insolubles, independiente de su origen, pueden sedimentar en el fondo marino y causar un impacto localizado. En el caso del cultivo de peces, los alimentos concentrados bien formulados y de composición adecuada, junto a una estrategia de alimentación óptima, minimizan estos efectos a través de maximizar la retención de proteína.

La pregunta es si la estabilidad ambiental relativa que se observa en los océanos hoy, asumiendo un cultivo en condiciones óptimas, es efectiva o constituye una bomba de tiempo para el equilibrio y la salud del ecosistema acuático.

Bases de sustento

En la agricultura terrestre, la sustentabilidad constituye uno de los elementos que es necesario integrar en la discusión referente a la producción. En el ambiente acuático, el proceso ocurre en forma dispersa. No es posible controlar ni manejar gran parte de las variables claves, lo que se traduce en un impacto de mayor envergadura y por ende, en una sustentabilidad aún más frágil.

Es interesante identificar algunos de los factores más relevantes que han contribuido al éxito de la agricultura, pues nos permiten aproximarnos a la acuicultura desde otra perspectiva.



Base de conocimiento científico

La ciencia de la producción animal terrestre tiene un historial de más de 150 años que le ha dado el tiempo y la capacidad para explorar las hipótesis, interactuar multidisciplinariamente e intercambiar información entre científicos.

La acuicultura está en los inicios de su base de conocimiento. Aún cuando ha existido por siglos, ha sido practicada como un arte. Las especies en estudio son más silvestres que domésticas y particularmente, el ambiente marino es un medio difuso y funcionalmente, más complejo que el suelo.

El continuum de investigación y desarrollo

En agricultura, el concepto de escala piloto fue institucionalizado con la creación de las estaciones experimentales agrícolas, particularmente en los Estados Unidos. A través de ellas los principios establecidos en los laboratorios eran convertidos a prácticas por medio de testeos.

En acuicultura la tendencia ha sido a comprimir el continuum de investigación y desarrollo y en moverse lo más rápidamente posible desde el laboratorio a la escala comercial. Esto ha sido así porque las innovaciones han surgido dentro de las mismas empresas producto de requerimientos del proceso de producción mismo.

En Chile, la situación es más precaria aún, puesto que se ha trabajado consistentemente con tecnología importada y solo recién se está creando una masa de científicos capaces de responder a las interrogantes que surgen de las condiciones propias y características de nuestro medio.

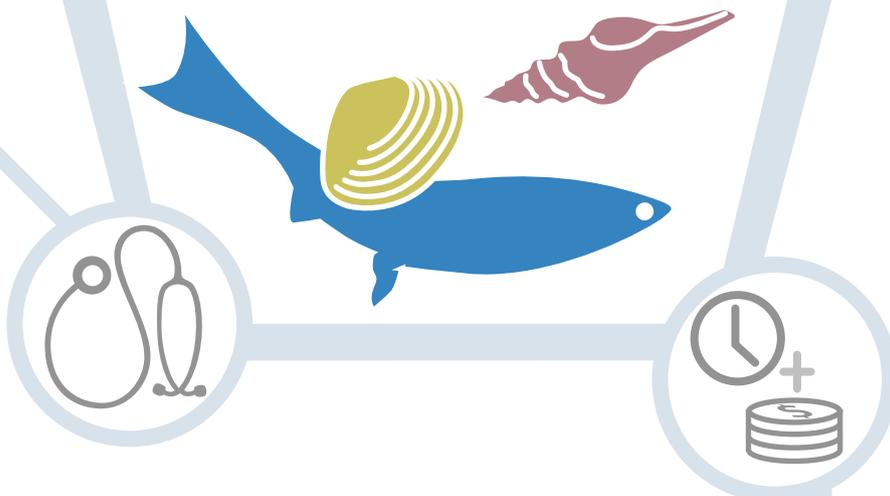
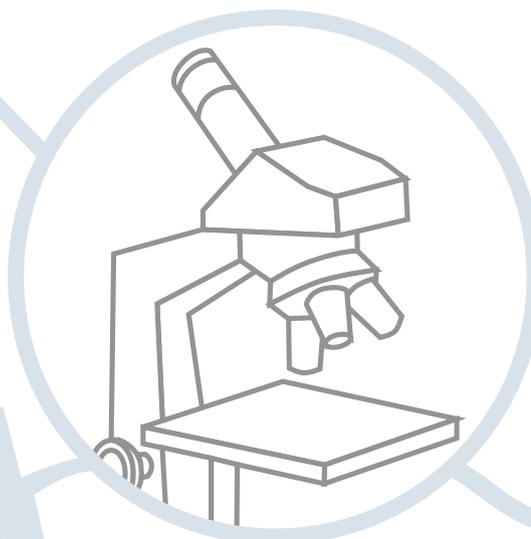
La presión medioambiental

Dada la antigüedad e historia de la agricultura, los errores y mal manejo de los sistemas productivos no tuvieron mayores consecuencias para sus responsables. Aún hoy existen muchos impactos negativos que no han sido abordados, pero logran convivir con la sociedad por una razón de orden superior: el bienestar del ser humano.

En la acuicultura los impactos medioambientales son imperdonables, la acción de distintos grupos de interés mantiene la presión en uno u otro sentido, ya sean estos positivos o negativos. Entretanto no ha habido tiempo para medir, evaluar, dimensionar, desarrollar hipótesis o hacer propuestas.

Este es el desafío adicional de las ciencias de la acuicultura. En cada esfuerzo por mejorar la calidad del producto, en cada innovación, en cada decisión que se toma, debemos considerar que no basta con aumentar la productividad del sistema, sino que también debemos incluir consciente y explícitamente la salud del medio en donde éste se desarrolla.

En síntesis, el medio de sustentación de la producción acuícola no se encuentra, encima, por debajo, o adelante del organismo que estamos cultivando, fluye directa e inexorablemente a través de éste. 



El muestreo de peces y su variabilidad

Iván Peña, *Docente Departamento Ciencias Animales, FAIF*

El actual estado de la industria del salmón, afectada por una profunda crisis sanitaria, nos ha llevado a preguntar si las metodologías de análisis que aplicamos para su estudio son las mejores; aquellas que nos permiten tomar decisiones informadas y con una buena base estadística. Esta duda surge por dos factores claves: (a) la enorme variabilidad que los peces presentan durante sus etapas de producción y (b) el incipiente desarrollo que estos estudios han tenido en nuestro país.

Las metodologías estadísticas que actualmente se utilizan para estudiar el sector acuícola y, específicamente el de los salmones, han sido propuestas, en su mayoría, por expertos extranjeros. No se puede negar que estas han sido útiles, pero muchas veces también han arrojado resultados muy heterogéneos y por esta razón poco aplicables al sector. Frente a esto, la posibilidad de proponer alternativas a este proceso es enorme. Utilizar herramientas estadísticas adecuadas no solo nos permitirá estudiar y comprender el comportamiento de esos resultados en áreas como las medioambientales, biológicas o logísticas, sino que también nos permitirá evaluar y analizar los diversos componentes de la actividad, mejorar su productividad y, con ello, la industria acuícola en general.

La heterogeneidad como sinónimo de variabilidad será el gran escollo que nuestro país deberá enfrentar en este

tema. Partiendo de la base de que el monitoreo y el muestreo estadístico son unas de las primeras tareas que urge desarrollar, es que hablaremos de planes de muestreo y variabilidad con restricciones a considerar.

El establecer estimaciones y efectuar hipótesis acerca de los parámetros a estudiar, parte por tener una muestra que sea lo más representativa posible: aquella que capture variabilidades de las mediciones efectuadas durante el proceso de monitoreo y muestreo propiamente tal.

Es sabido que en el cultivo de truchas y salmones uno de los principales problemas para efectuar inferencias es la variabilidad presente en los estimadores; en cada una de las etapas de la cadena de producción. El proponer métodos estadísticos requiere partir por: seleccionar un adecuado plan de muestreo probabilístico, evaluar la magnitud de la variabilidad existente y los sesgos involucrados para determinar los tamaños muestrales definitivos.

Algunos muestreos indican, por ejemplo, recomendaciones del número de unidades a muestrear, sin embargo nada se indica si la muestra recolectada consideró la variabilidad de la característica medida. Sin esto, no es posible saber si el tamaño muestral utilizado permitió capturar la variabilidad presente.

Las técnicas de muestreo debiesen estar orientadas a captar con mayor rigurosidad la variabilidad presente en



cada situación y proponer una metodología de muestreo que permita establecer cuáles deben ser los tamaños muestrales más adecuados. Algunos de los planes que se pueden sugerir son los siguientes: aleatorio simple, muestreo estratificado con asignación proporcional o asignación óptima, muestreo por unietápico o bietápico por conglomerado y muestreo sistemáticos.

La inferencia siempre asume el riesgo de errores, pero esto se puede minimizar al asegurar que la muestra será tan similar como sea posible al resto de la población. Si ambas son esencialmente iguales, en lo que respecta a la característica de interés o a la variable que se está estudiando, se dice que la muestra es representativa.

En conclusión, el utilizar metodologías de muestreo capaces de considerar esencialmente la heterogeneidad de las observaciones, las condiciones de sitio y de manejo, permitirá que las inferencias estadísticas asociadas a las muestras recolectadas permitan una mejor toma de decisión frente a la actual crisis que afecta a la industria del salmón y acuícola en general.

