

Obtención de juveniles de dorado (*Seriola lalandi*) de alta calidad y bajo costo a través de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos

Obtaining high-quality, low-cost juvenile dorado (Seriola lalandi) through a risk analysis and critical point control system

Roberto Ávila^{1,2}, María Pizarro^{1,3}, Arnaldo Vilaxa^{1*}

RESUMEN

El pez marino dorado *Seriola lalandi* ha sido definido como recurso con potencial acuícola para la zona norte de Chile. A través de su cultivo, la región de Arica y Parinacota busca desarrollar la actividad productiva de la acuicultura. La industria local requiere de juveniles de dorado para su desarrollo. La oferta considera la obtención de juveniles de bajo costo y alta calidad en Arica.

El análisis de riesgos y control de puntos críticos es un método de gestión para la identificación, evaluación y control de los peligros en el ámbito de la inocuidad alimentaria. La metodología ha demostrado ser apropiada para asegurar la calidad y ha registrado efectos en la disminución de los costos productivos asociados.

Esta investigación se orientó a crear y validar un sistema de gestión productiva basada en el análisis de riesgos y control de puntos críticos para la obtención de juveniles de bajo costo y alta calidad. Los resultados alcanzados mostraron que el sistema propuesto permitió asegurar la calidad de juveniles de dorado en los indicadores productivos evaluados (tasa de crecimiento específico y porcentaje de sobrevivencia) y bajar los costos productivos asociados a 0,57 USD la unidad de 5 g.

Palabras clave: dorado, *Seriola lalandi*, juvenil, HACCP.

ABSTRACT

The golden marine fish Seriola lalandi has been defined as a resource with aquaculture potential for the North of Chile. Through its cultivation, the region of Arica and Parinacota seeks to develop the productive activity, and the industry requires juvenile dorado for its development. The local supply considers obtaining low-cost, high-quality juveniles in Arica.

Risk analysis and control of critical points is a management method for the identification, evaluation, and control of hazards in the field of food safety. The methodology has proven appropriate to ensure quality and has registered effects in reducing associated production costs.

This research aims to create and validate a production management system based on risk analysis and control of critical points to obtain low-cost, high-quality juveniles. The results showed that the proposed system ensured the quality of juvenile dorado in the productive indicators evaluated (Specific Growth Rate and Survival Percentage) and lowered the associated production costs (0.51 USD per 5 g unit).

Keywords: yellowtail, *Seriola lalandi*, Juvenile HACCP.

Introducción

El Programa para la Diversificación de la Acuicultura Chilena (PDACH) busca consolidar a Chile como líder mundial en producción acuícola.

La estrategia nacional proyecta situar al país como actor relevante en la producción del pez marino dorado *Seriola lalandi* (Parada, 2010; CNIC, 2009).

La acuicultura es una actividad productiva emergente en las regiones del extremo norte de

¹ Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Centro de Estudios Marinos y Limnológicos, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

² Programa Cooperativo de Universidad de Chile, Universidad Católica del Norte y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile.

³ Corpesca S.A. Chile.

* Autor por correspondencia: avilaxa@academicos.uta.cl

Chile, incluida Arica. La región requiere de un modelo productivo eficiente para el desarrollo de la industria. El modelo productivo propuesto considera la obtención local de juveniles con atributos especiales para la competitividad del negocio productivo.

El sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos, conocido por su sigla en inglés como HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), es una metodología utilizada para asegurar la inocuidad alimentaria. Sin embargo, ha sido usada en diversas industrias, con antecedentes altamente favorables que respaldan resultados productivos y de calidad. Investigaciones sugieren que a través de la metodología HACCP es factible la producción de insumos de alta calidad y bajo costo (Sánchez *et al.*, 2020; Medina, 2016; Mendoza, 2014).

El objetivo de esta investigación fue emplear metodología de análisis de riesgos y control de puntos críticos en el proceso productivo de dorado *Seriola lalandi*, para la obtención de juveniles de alta calidad y bajo costo en Arica.

Materiales y métodos

Requerimientos para la implementación de HACCP en la unidad de producción

La unidad de producción correspondió a la planta experimental de acuicultura Unidad Piloto Engorda *Seriola lalandi*, Registro Nacional de Acuicultura N° 150012, ubicada en la comuna de Arica, región de Arica y Parinacota. Se inició el trabajo de investigación asentando los requerimientos y condiciones necesarias para la implementación del sistema propuesto (ACHIPIA, 2018). En esta etapa de la investigación se corrigieron procedimientos técnicos operacionales para establecer los requerimientos del sistema (Llanes *et al.*, 2010).

Marco conceptual para la realización del análisis de riesgos

Se actualizó el estado del arte de las tecnologías de hatcheries (criaderos) de peces marinos, con énfasis en el género *Seriola* (Booth *et al.*, 2010; Bowyer *et al.*, 2010; Avilés y Castello 2004). Se revisaron normas técnicas para la evaluación de la normativa HACCP y se resolvieron deficiencias de estructuras, equipos y otros elementos que pudieran ser factores de riesgo en el proceso productivo.

Equipo de trabajo responsable del sistema productivo basado en HACCP

Se definió el equipo de trabajo con recursos humanos preexistentes, claves en el proceso productivo, considerando su experiencia y conocimiento técnico de este. En esta etapa se determinaron roles, funciones específicas y responsabilidades individuales.

Descripción del juvenil de dorado objetivo

Se realizó una descripción del juvenil objetivo considerando indicadores de producción que establecieran correspondencia con las propiedades definidas para su diferenciación (bajo costo y alta calidad). Los parámetros productivos utilizados como indicadores de calidad fueron tasa de crecimiento específico (Orellana *et al.*, 2014) y porcentaje de sobrevivencia (Lazo *et al.*, 2007). La elección de estos parámetros se realizó considerando la experiencia práctica y el conocimiento técnico del equipo de trabajo.

Elaboración del diagrama de flujo del proceso productivo basado en HACCP

Se elaboró el diagrama de flujo productivo según lo indicado por ACHIPIA (2018).

Análisis de riesgos para identificación y control de PCC

Se hizo una evaluación y análisis de los riesgos para su identificación y control utilizando metodología de decisión para identificación de puntos críticos de control según lo sugerido por USFWS-NCTC (2011).

Determinación de PCC

Se determinaron los puntos críticos de control (PCC) para el sistema productivo según la metodología de decisión para PCC propuesta por USFWS-NCTC (2011).

Límites críticos para el control de los PCC

Se establecieron y especificaron para cada PCC los límites críticos que fueron definidos como criterios para distinguir lo aceptable y lo

no aceptable en la línea de producción. El límite crítico representó una línea divisoria que se utilizó para establecer la operación técnica precisando valores sobre los cuales el proceso productivo deberá desarrollarse (Mendoza, 2014).

Sistema de monitoreos y registros de los PCC

Se diseñó el sistema de monitoreos y registros basado en planillas de control de parámetros productivos y trazabilidad de los criterios de calidad establecidos (Llanes *et al.*, 2010). Se consignó información para facilitar la toma de decisiones operativas durante el proceso de producción, y en este sentido se señalaron límites críticos, límites operativos y acciones correctivas. Las planillas de registro establecieron para los monitoreos la frecuencia, el lugar, RRHH responsable y otros elementos necesarios para la validación y certificación del sistema.

Acciones preventivas y acciones correctivas para los PCC

Se definieron límites operacionales para los parámetros de control. Con esto se buscó impedir que la desviación sobrepasara el límite crítico establecido, lo que permitió aplicar de forma oportuna acciones preventivas.

Se determinaron las operaciones que se deberán adoptar cuando los resultados del monitoreo de los PCC muestren una desviación de los límites críticos establecidos (ACHIPIA, 2018).

Monitoreo de los parámetros de cultivo

Se monitoreó temperatura, amoníaco nitrogenado no ionizado ($\text{NH}_3\text{-N}$), pH, oxígeno disuelto (OD) y flujo del agua de cultivo para cada PCC.

La temperatura y el oxígeno disuelto fueron monitoreados mediante un equipo multiparámetro YSI Y550A12.

El pH se monitoreó con un pHmetro digital marca YaliTech, modelo Aqua PC110-K.

El amoníaco nitrogenado no ionizado ($\text{NH}_3\text{-N}$) fue monitoreado utilizando el método Nessler mediante colorimetría con espectrofotómetro HANNA modelo HI83203 para acuicultura.

El flujo del agua de cultivo se monitoreó a través del caudal:

$$Q = Vt$$

Donde:

Q = caudal.

V = volumen medido en litros (L).

t = tiempo medido en minutos (min).

Los monitoreos se realizaron diariamente y con una frecuencia de 12 horas (a las 08:00 y 20:00 h). Se definió y marcó un punto de monitoreo en cada estanque de cultivo con el objeto de realizar el muestreo siempre en el mismo lugar.

Monitoreo de los parámetros productivos

a. Porcentaje de sobrevivencia (%S)

Para monitorear el porcentaje de sobrevivencia se contabilizó la totalidad de los peces en cada estanque de cultivo. Correspondió a las operaciones denominadas “siembra” y “cosecha”.

Siembra (N_s) correspondió al número total de peces vivos en el estanque de cultivo al inicio del período.

Cosecha (N_c) correspondió al número total de peces vivos en el mismo estanque de cultivo al final del período.

El cálculo del parámetro se realizó aplicando la fórmula:

$$\%S = N_c N_s \times 100$$

Donde:

%S = Porcentaje de sobrevivencia.

N_s = Total de individuos vivos en el estanque de cultivo al inicio del período.

N_c = Total de individuos vivos en el mismo estanque de cultivo al final del período.

Se diseñó un sistema de trazabilidad para el criterio de calidad porcentaje de sobrevivencia.

b. Tasa de crecimiento específico (SGR)

Se pesaron 30 ejemplares por estanque para monitoreo de la variación de la SGR. Las muestras fueron tomadas al azar en cada estanque de cultivo. Cada muestra se secó con papel secante previo al pesaje. Cada pez fue pesado individualmente con una balanza de precisión 0,1 g. El cálculo de la SGR se realizó con base en el peso promedio según lo propuesto por Schreck y Moyle (1990) y Jobling (1994).

El cálculo del parámetro se hizo aplicando la fórmula:

$$\text{SGR} = \frac{(\text{Ln Peso promedio final} - \text{Ln Peso promedio inicial})}{\text{Números de días}} * 100$$

Donde:

Ln Peso promedio final = log n del peso promedio final expresado en gramos de peso húmedo.

Ln Peso promedio inicial = log n del peso promedio inicial expresado en gramos de peso húmedo.

Números de días = correspondió al intervalo de días en el cual se realizó la evaluación.

Se diseñó un sistema de trazabilidad para el criterio de calidad SGR.

Análisis de mortalidades

Diariamente y durante toda la fase de investigación se realizó una revisión de las mortalidades. Se diseñó una tabla para clasificación de la mortalidad como herramienta operativa de alerta temprana a situaciones de riesgos.

Sistema de documentación del proceso

Se diseñó y estableció un sistema de documentación susceptible de auditar para certificación (Medina, 2016).

Estimación de costos

La estimación de los costos de producción de un juvenil asociado al programa propuesto se realizó según lo sugerido por Gajardo (2017).

Resultados y discusión

Requerimientos para la implementación de la metodología HACCP

La planificación del sistema de producción implicó una revisión exhaustiva de acciones, protocolos de trabajo, observaciones *in situ* y otros aspectos, que proporcionó una línea base de información para la identificación de los riesgos asociados a la unidad de producción tanto en el ámbito operativo como sanitario. Se documentaron procedimientos operacionales estandarizados, correspondientes a instrucciones escritas, que tuvieron como objeto establecer los pasos a seguir para realizar y controlar operaciones y actividades relacionadas con los flujos

de entrada y salida del sistema (alimento, aire, agua de mar para abastecimiento del sistema, agua residual).

Se implementó un procedimiento de mantención de instrumentos que buscó un nivel de seguridad para las mediciones efectuadas. Se verificaron unidades patrones y curvas de calibración que permitieron una confirmación analítica de los datos obtenidos (Tabla 1).

Se diseñó un sistema de control y documentación adecuado para auditoría comparable a lo sugerido por Medina (2016); Llanes *et al.* (2010).

La formación del equipo de trabajo se realizó de acuerdo a lo indicado por Mechato *et al.* (2018) como se muestra en la Tabla 2. La descripción del juvenil de dorado objetivo se observa en la Tabla 3.

La elaboración del diagrama de flujo productivo se hizo según lo propuesto por Ripoll *et al.* (2000). Se verificó y confirmó *in situ* el diagrama (Figura 1) con base en lo sugerido por ACHIPIA (2018).

Los límites críticos se establecieron en función de la tolerancia de cada PCC de acuerdo a los parámetros de cultivo ya definidos (temperatura, pH, amoníaco nitrogenado no ionizado (NH₃-N), oxígeno disuelto y flujo del agua de cultivo), que están relacionados con la calidad del agua que requiere el recurso para su sobrevivencia y que se mantiene bajo control a través de la unidad de tratamiento del sistema de cultivo utilizado (Sistema SAR de bajo costo para acuicultura). Para determinar acciones tendientes a prevenir o corregir situaciones que perturbaran el control del sistema productivo, se fijaron rangos operativos para los parámetros de control de los PCC. Esto permitió establecer un sistema de alerta temprana en la prevención de la ocurrencia de un riesgo.

Se implementó un sistema de monitoreo para el control de los PCC. En el diseño de las planillas de control y registro se incluyó rango operativo de los parámetros monitoreados, límites críticos y acciones correctivas, frecuencia de los monitoreos, RRHH responsable, fecha, folio y otros elementos. Esto tuvo como objeto facilitar el control del PCC y establecer un sistema de registros susceptibles de auditar para certificación de calidad.

Parámetros de cultivo monitoreados para el control de los PCC

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua de cultivo se manejó en rango operativo de 5,5 a 10,0 mg/L,

Tabla 1. Evaluación de prerrequisitos para implementación de metodología HACCP.

Flujos de entrada/salida	Procedimiento de control
Alimento	Manual de elaboración de alimento extruido.
Aire	Programa de mantenimiento de equipos (Blower).
Agua de mar para abastecimiento	Punto activo de muestreo que caracteriza al afluyente que abastece de agua de mar fresca a la planta experimental de acuicultura Unidad Piloto Engorda <i>Seriola lalandi</i> .
Agua residual	Planta de tratamiento de RILES N° 01096.

Tabla 2. Funciones y responsabilidades del equipo de trabajo.

Cargo	Funciones y responsabilidades
Jefe Centro	Es responsable del centro y su producción. Es responsable de planificar y reorientar las actividades productivas basadas en HACCP.
Encargado HACCP	Es responsable de coordinar y establecer las actividades de producción basadas en HACCP. Es responsable de estimar los recursos necesarios para la implementación de la producción basada en HACCP. Es responsable de mantener y verificar los registros del programa de producción. Organiza la verificación integral de la producción basada en HACCP. Registra las reuniones del equipo de trabajo. Coordina la mantención de instalaciones y equipos.
Encargado Producción	Es responsable de coordinar, implementar y ejecutar las actividades de producción de la unidad. Es responsable de tomar las acciones correctivas y preventivas necesarias para mantener el proceso productivo dentro de los límites establecidos. Es responsable de coordinar los muestreos de los puntos críticos de control.
Encargado Alimento Vivo	Es responsable de coordinar, implementar y ejecutar las actividades de producción de alimento vivo de la unidad de acuerdo a la programación establecida.
Encargado Producción Juveniles	Es responsable de coordinar, implementar y ejecutar las actividades de producción de juveniles.
Encargado Alimento Extruido	Es responsable de coordinar, implementar y ejecutar las actividades de producción de alimento extruido requeridas por la unidad.

Tabla 3. Descripción del juvenil de dorado objetivo.

Nombre del producto	Juvenil de dorado vivo	
Especie (nombre común y científico)	Dorado/ <i>Seriola lalandi</i>	
Tipo de producto	Juvenil de dorado (<i>Seriola lalandi</i>) vivo, de peso promedio mayor o igual a 5 g en un tiempo de cultivo menor o igual a 100 días.	
Criterio de calidad	Forma	Característica
	Valor SGR	A los 45 días de cultivo mayor o igual a 7% d^{-1}
		A los 60 días de cultivo mayor o igual a 6% d^{-1}
		A los 75 días de cultivo mayor o igual a 5% d^{-1}
Valor % Supervivencia	A los 90 días de cultivo mayor o igual a 4% d^{-1}	
	17% al día 33 de cultivo	
	85% al día 63 de cultivo	
	90% al día 93 de cultivo	
Costo de producción	Menor o igual a 1.0 USD a los 100 días de cultivo	

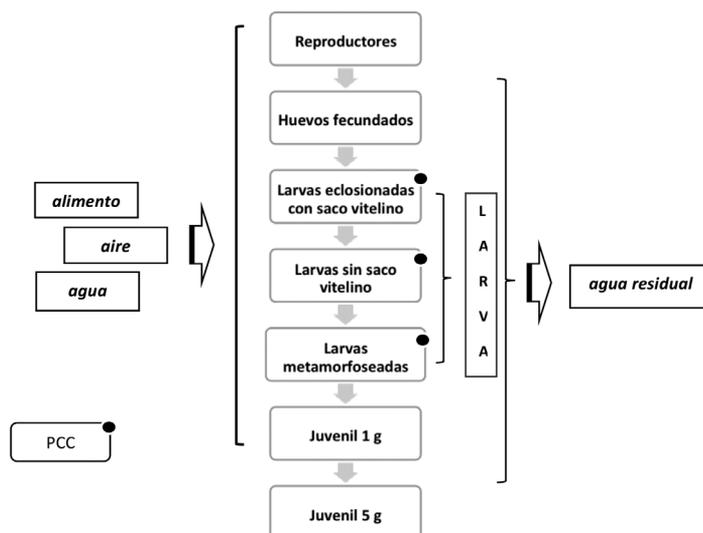


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso productivo basado en HACCP

con un valor promedio de 8,0 mg/L y porcentaje de saturación de un 95,3% similar a lo reportado para el cultivo de la especie por Orellana *et al.* (2014); Avilés y Castelló (2004).

Temperatura

La temperatura del agua de cultivo se manejó en rango operativo de 18,5 a 24,0 °C, con valor promedio de 22,5 °C, lo cual concuerda con lo planteado por Fielder y Heasman (2011), que ubican la temperatura óptima de crianza en 22 °C. Horlick *et al.* (2020) en un estudio relacionado con la comunidad microbiana intestinal de *Seriola* establecen en 22 °C el valor óptimo para la cría del recurso.

Bowyer *et al.* (2014) indican que cuando las temperaturas del agua caen por debajo de 17 °C, las condiciones de crecimiento son subóptimas, lo que lleva a bajas en el rendimiento del crecimiento, la eficiencia de la alimentación y la resistencia a enfermedades.

Orellana *et al.* (2014) manejaron el agua de cultivo a temperatura promedio 22,6 ± 1,4 °C (con un mínimo de 15,1 °C y un máximo de 28,3 °C).

pH

El pH del agua de cultivo se estableció en rangos operativos de 7,3 a 8,3 comparable a lo indicado por Orellana *et al.* (2014), que reportan

un pH medio de 7,5 ± 0,1 con valores máximos y mínimos de 8,1 y 6,9 respectivamente.

Durante el estudio los valores de pH se mantuvieron con baja variación y son similares a los reportados para el cultivo de la especie por Avilés y Castelló (2004).

Amoníaco nitrogenado no ionizado (NH₃-N)

La concentración de amoníaco nitrogenado no ionizado (NH₃-N) se estableció en rango operativo ≤0,5 mg/L. Los valores para el parámetro se mantuvieron con baja variación y en rango cercano a 0,2 mg/L.

Parámetros productivos como criterios de calidad

Expertos indica que “el uso de la SGR es cuestionable ya que es dependiente del tamaño corporal y disminuirá a medida que el cuerpo del pez aumente. Además, el exponente del logaritmo natural subestima el aumento de peso entre los valores inicial y finales utilizados en el cálculo y sobrestima enormemente el peso corporal previsto con valores superiores a los del peso final utilizados. Señalando que la SGR depende del peso inicial, lo que hace comparaciones de crecimiento sin sentido de tasas entre diferentes grupos, a menos que los incrementos sean similares”.

Tabla 4. Trazabilidad del indicador de calidad SGR.

Fecha				Lote/Batch			Folio			
Especie	Dorado	Día			Mes			Año		
		Días de cultivo								
Parámetro	Día 45		Día 60		Día 75		Día 90		Observaciones	
SGR %d ⁻¹										
Peso promedio (g)										
Fecha muestreo										

Tabla 5. Parámetro en límite crítico se toma acción correctiva en trazabilidad del indicador SGR.

Parámetro	Día de cultivo	Peso promedio operativo (g)	SGR operativo %d ⁻¹	Peso promedio crítico (g)	Valor SGR crítico %d ⁻¹	Acción correctiva
Valor SGR	45	0,62	7,5	0,57	7,0	Selección y eliminación de peces colas.
Valor SGR	60	1,52	6,5	1,41	6,0	Selección y eliminación de peces colas.
Valor SGR	75	3,21	5,5	2,98	5,0	Selección y eliminación de peces colas; redefinición de calidad del producto.
Valor SGR	90	5,84	4,5	5,42	4,0	Selección y eliminación de peces colas; redefinición de calidad del producto.

Frecuencia del monitoreo: día 45, 60, 75 y 90 de cultivo.

Lugar de monitoreo: punto indicado en hatchery.

Responsable del monitoreo: encargado producción.

Tabla 6. Trazabilidad del indicador de calidad porcentaje de sobrevivencia (%S).

Fecha				Lote/Batch			Folio			
Especie	Dorado	Día			Mes			Año		
		Días de cultivo								
Parámetro	Día 30		Día 60		Día 90		Día 90		Observaciones	
Porcentaje de sobrevivencia										
Fecha muestreo										

Tabla 7. Parametro en limite critico se toma acción correctiva en trazabilidad del indicador porcentaje de sobrevivencia.

Parámetro	Día de cultivo	% sobrevivencia operativa	% sobrevivencia crítica	Acción correctiva
% sobrevivencia	30	20	17	Graduación y reasignación de calidad.
% sobrevivencia	60	88	85	Graduación y reasignación de calidad.
% sobrevivencia	90	91	88	Graduación y reasignación de calidad.

Frecuencia del monitoreo: día 45, 60, 75 y 90 de cultivo

Lugar de monitoreo: punto indicado en hatchery

Responsable del monitoreo: encargado de hatchery

Tabla 8. Costos variables unitarios de producción asociados a un juvenil de 5 g.

Costos por ítem	%	Costo USD
Petróleo	5,00	0,03
Energía	32,00	0,19
Personal	25,00	0,14
Alimento	25,00	0,14
Insumos de operación	4,00	0,02
Asistencia patológica	7,00	0,04
Otros	2,00	0,01
Total	100,00	0,57

En la investigación realizada, el valor de la SGR se utilizó para evaluar el crecimiento de un mismo grupo de peces, que posee características de lote (batch) y es, en particular, sobre el cual se estima la SGR en un intervalo de tiempo definido. Por ello se le considera un indicador de calidad adecuado para el objetivo de la investigación, al tener en cuenta que la calidad se define como un conjunto de propiedades inherentes a una cosa, objeto, servicio o producto, que permiten su caracterización, valorización y diferenciación con respecto a otros de su tipo. En esta investigación el indicador tiene validez porque compara un grupo específico de juveniles y permite evaluar la trazabilidad y comportamiento en la unidad de producción caracterizando lotes adecuadamente individualizados.

Los índices de crecimiento en peces son de gran importancia para los procesos de planificación, evaluación y control del desempeño productivo de los organismos e indirectamente del proceso productivo involucrado (sistema de cultivo, alimentación, parámetros de cultivo). La SGR es un descriptivo numérico que corresponde a un coeficiente que mide el aumento del peso corporal porcentual por día.

A través de la SGR se construyen curvas de crecimiento que se aplican a generaciones sucesivas como un modelo replicable, a pesar de que la variabilidad del potencial genético entre generaciones puede provocar que la herramienta no sea un buen predictor.

Considerando estos antecedentes se definió como indicador de calidad para el insumo juvenil de dorado el valor de la SGR asociado a determinados días de cultivo (período definido en el juvenil objetivo) como herramienta de

evaluación de la calidad del insumo, porque permitía apreciar el crecimiento de los juveniles y es un índice conocido y aplicado por el personal de la unidad.

En este contexto, el personal estaba capacitado, existía el sistema de mediciones apropiadas, las técnicas de captura eran convenientes en términos de que no se estratificaba la muestra, no había peligro de escapes de los ejemplares y no existían errores en el registro de movimientos de los estanques, lo que permitió la trazabilidad de los lotes de juveniles al interior de la unidad. El conteo y selección posibilitó un manejo adecuado de la estructura de peso de los peces en los estanques (individuos de similar peso). Esto permitió reducir riesgos en la estimación de la SGR e implementar el sistema de trazabilidad del índice en la unidad a través del sistema de monitoreo. Los resultados obtenidos para la SGR muestran similitud entre los valores proyectados y los alcanzados para el periodo evaluado. No obstante, expertos sugieren “la importancia de las relaciones morfométricas como indicadores de calidad en esta etapa de desarrollo y plantea además que el peso húmedo siempre implica un mayor porcentaje de error que la longitud en la estimación del indicador”. El sistema de registro implementado permitió la trazabilidad del indicador en la unidad de cultivo.

En acuicultura la sobrevivencia se conoce como la acción y efecto de sobrevivir a las condiciones de cultivo y corresponde al número de individuos vivos al final de un período evaluado. En las unidades productivas de peces la sobrevivencia es baja: para peces ornamentales alcanza entre un 3 y 8%, mientras que en los peces marinos en general pocos individuos sobreviven a sus primeros estadios de desarrollo (Lazo *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos para el porcentaje de sobrevivencia muestran similitud entre los valores proyectados y los alcanzados en el período evaluado (Tabla 4, 5, 6 y 7).

Costos productivos

Los costos productivos se definen como el sacrificio económico que demanda la adquisición de un producto con utilidad económica. Un primer acercamiento para definir costos de producción de un producto objetivo se relaciona con conocer el costo variable unitario de producción (Tabla 8).

Conclusiones

Un sistema productivo basado en el análisis de riesgos y control de puntos críticos permitió la producción de juveniles de dorado de bajo costo y alta calidad en Arica.

El sistema productivo permitió asegurar la calidad del juvenil de dorado en los indicadores de calidad establecidos: tasa de crecimiento específico (SGR) y porcentaje de sobrevivencia (%S).

El sistema productivo permitió asegurar el bajo costo para el juvenil de dorado 0,57 USD la unidad de 5 g, en un tiempo de cultivo inferior o igual a 100 días.

La metodología HACCP resultó eficaz para crear y validar un sistema productivo basado en el análisis de riesgos y control de puntos críticos

en la unidad de producción de juveniles de dorado en Arica.

Fue factible precisar indicadores de calidad diferenciadores para juveniles de dorado a partir de parámetros productivos que pueden resultar de interés para el productor y que pueden ser logrados a través de una gestión productiva basada en HACCP.

Los resultados obtenidos son comparables a los señalados por otros autores para los parámetros de cultivo evaluados y proporcionan una comprensión de los procesos involucrados que permiten una definición para establecer indicadores de calidad diferenciadores para el insumo. Sin embargo, es necesario incorporar otros indicadores y criterios de calidad con el fin de disponer de mayores elementos de juicio para definir mejor la calidad de un juvenil producido en hatchery (criadero).

Literatura citada

- ACHIPIA.
2018. Guía para el diseño, desarrollo e implementación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control en establecimientos de alimentos HACCP. Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria. 50 p.
- Avilés M.; Castelló, F.
2004. Manual para el Cultivo de *Seriola lalandi* (Pices: Carangidae) en Baja California Sur, México. Instituto Nacional de Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. SAGARPA. 64 p.
- Booth M.A.; Allan G.L.; Pirozzi, I.
2010. Estimation of digestible protein and energy requirements of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. *Aquaculture*, 307(3): 247-259.
- Bowyer, J.N.; Booth, M.A.; Qin, J.G.; D'Antignana, T.; Thomson, M.J.S.; Stone, D.A.J.
2014. Temperature and dissolved oxygen influence growth and digestive enzyme activities of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833). *Aquaculture Research* 45, 2010-2020.
- CNIC.
2009. Desafíos Estratégicos para la Acuicultura Chilena. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. 16 p.
- Fielder D.S.; Heasman, M.P.
2011. Hatchery Manual for the production of Australian Bass, Mulloway and Yellowtail Kingfish. Aquafin CRC and Fisheries Research and Development Corporation (FRDC). Published by Industry and Investment NSW, AU. 176 p.
- Gajardo E.
2017. Estudio Económico. Proyecto Cultivo *Seriola lalandi*. Universidad de Tarapacá. 28 p.
- Horlick, J.; Booth, M.A.; Tetu, S.G.
2020. Alternative dietary protein and water temperature influence the skin and gut microbial communities of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). PeerJ 8:e8705 DOI 10.7717/peerj.8705.
- Jobling, M.
1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 13. London. 309 p.
- Lazo, J.P.; Mendoza R.R.; Holt, G.J.; Aguilera, C. Arnold, C.R.
2007. Characterization of digestive enzymes during larval development of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 265: 194-205.
- Llanes J.; Toledo, J.; De la Vega, J.
2010. Sistema HACCP para el aseguramiento de la calidad del ensilaje de residuos pesqueros. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11(4): 128.
- Mechato, A.; Taica, M.; Vela, N.
2018. Análisis de peligros y puntos críticos de control en una planta de legumbres secas. Universidad Nacional de Trujillo. *Escuela de Ingeniería Industrial. Agroind. sci.* 8(2): 159-165.
- Medina, D.
2016. Procedimiento de obtención de la certificación HACCP como factor de competitividad para las industrias ecuatorianas frente a los mercados internacionales. *Revista Cubana de Información y Comunicación* 5(9): 112-130.
- Mendoza R.
2014. Riesgo de introducción y medidas de prevención. En Mendoza, R.; Koleff, P. (coords.). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 85-93.
- Morretti A.
1999. Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead Seabream. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 205 p.
- Orellana, J.; Waller, U.; Wecker, B.
2014. Culture of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) in a marine recirculating aquaculture system (RAS) with artificial seawater. *Aquacultural Engineering*, 58: 20-28.

Parada, G.

2010. Tendencias de la acuicultura mundial y las necesidades de innovación de la acuicultura chilena. Informe para el Consejo Nacional de la Competitividad. Chile. 23 p.

Ripoll A.; Da Costa G.; Avdalov, N.

2000. Manual de Auditoría del Sistema HACCP en la Industria Pesquera. FAO/INFOPECA. 125 p.

Schreck, B. C.; Moyle; B.P.

1990. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA. 684 p.

U.S. Fish & Wildlife Service - National Conservation Training Center (USFWSyNCTC).

2011. HACCPy hazard analysis y critical control point planning to prevent the spread of invasive species. 305 p.