



“Identificación, validación y difusión sobre factores de riesgo para el desarrollo de brotes intensos de Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) en salmón del Atlántico: una aproximación multi-sectorial”

Informe final

Este informe fue realizado por un equipo de investigación conformado por Stefan Gelcich, Rodrigo Estévez, Fernando Mardones y Jan Carey asociados al Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Fernando Mardones es además profesor en la Universidad Andrés Bello. Jan Carey es investigadora y docente de la Universidad de Melbourne, Australia. Participaron como asistentes de investigación Felipe Álamos y Joaquín Escobar.





Informe final

“Identificación, validación y difusión sobre factores de riesgo para el desarrollo de brotes intensos de Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) en salmón del Atlántico: una aproximación multi-sectorial”

Este informe fue realizado por un equipo de investigación conformado por Stefan Gelcich, Rodrigo Estévez, Fernando Mardones y Jan Carey asociados al Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Fernando Mardones es además profesor en la Universidad Andrés Bello. Jan Carey es investigadora y docente de la Universidad de Melbourne, Australia. Participaron como asistentes de investigación Felipe Álamos y Joaquín Escobar.

1. Tabla de contenido

2. INTRODUCCIÓN	5
2.1. Objetivos del proyecto	9
2.1.1. Objetivo general	9
2.1.2. Objetivos específicos	9
2.2. Revisión de la literatura para identificar factores de riesgo en Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS).....	9
2.3. Definición de brote severo de SRS en el presente estudio	12
3. MÉTODOS	13
3.1. Análisis de riesgo y juicios de expertos para el control de enfermedades en acuicultura	13
3.2. Evaluación estructurada de expertos.....	14
3.3. Selección de los expertos participantes	15
3.4. El proceso para identificar, priorizar y validar factores de riesgo y protectores	16
3.4.1. Pre-identificación de factores de riesgo y protectores	16
3.4.2. Evaluación de expertos: priorización de factores	20
3.4.2.1. Entrevistas individuales.....	20
3.4.2.2. Primera ronda de estimaciones	20
3.4.2.3. Taller grupal de evaluación de expertos	22
3.4.2.4. Segunda ronda de estimaciones	22
3.4.2.5. Tercera ronda de estimaciones.....	22
3.5. Análisis y validación de factores de riesgo y protectores	23
3.5.1. ¿Cómo priorizamos factores de riesgo y protectores? Diferentes medidas para cuantificar el impacto.....	23
3.5.1.1. Likelihood Ratio.....	23
3.5.1.2. Relative risk	24
3.5.1.3. Odds ratio.....	25
3.5.2. <i>Odds ratio</i> y <i>relative risk</i> : diferencias y consideraciones sobre cuál ocupar	26
3.5.3. Consideraciones finales respecto a <i>odds ratio</i> y <i>relative risk</i>	27
3.5.4. Distintos <i>relative risk</i> para cada experto: ¿cómo agregarlos?	28
3.6. Proceso de validación y difusión de los resultados.....	29
4. RESULTADOS	35

4.1. Priorización y validación de factores de riesgo y protección relevantes para el desarrollo de brotes severos de SRS	35
4.1.1. Factores de riesgo	39
4.1.1.1. Baños antiparasitarios.....	39
4.1.1.2. Fouling de jaula	44
4.1.1.3. Densidad granjas en barrios.....	47
4.1.1.4. Lobos marinos	52
4.1.1.5. Cercanía a granja con SRS	55
4.1.1.6. Temporada de stock.....	59
4.1.1.7. Cáligus	61
4.1.1.8. Peces sembrados.....	64
4.1.1.9. Peces maduros	68
4.1.1.10. Antecedentes de SRS.....	70
4.1.2. Factores protectores	73
4.1.2.1. Descanso sincronizado	73
4.1.2.2. Diagnóstico oportuno.....	75
4.1.2.3. Capacitación en necropsias.....	78
4.1.2.4. Corriente y oxígeno	80
4.1.2.5. Eliminación productiva.....	82
4.1.2.6. Eliminación de mortalidades.....	84
4.1.2.7. Uso de vacunas.....	87
4.2. Difusión de los resultados y la experiencia de investigación colaborativa	89
5. DISCUSIÓN.....	90
5.1. Recomendaciones	92
5.1.1. Recomendaciones para la toma de decisiones	92
5.1.2. Recomendaciones metodológicas.....	94
5.2. Conclusión final	96
6. Referencias.....	97
7. Anexos.....	101
7.1. Anexo 1: Instrumento utilizado en la primera y segunda ronda de la evaluación de expertos	101
7.2. Anexo 2: Estimaciones del panel de experto para factores de riesgo y protectores.....	108

7.2.1. Factores de riesgo	108
7.2.2. Factores protectores	116
7.3. Anexo 3: Tríptico para la difusión de los resultados del proyecto	122
7.4. Anexo 4: Acta taller difusión de resultados	123

2. INTRODUCCIÓN

La acuicultura mundial ha crecido ampliamente en las últimas décadas, tanto en términos de volumen de producción como en ventas. En Chile, la salmonicultura es la más importante industria de producción animal, con importantes aportes económicos y en empleo (Bjørndal 2002). La industria del salmón ha crecido rápidamente desde la década 1980, con un promedio de crecimiento anual de un 53% hasta 1998. Esta expansión posicionó a Chile como uno de los principales productores mundiales (Bjørndal 2002).

Sin embargo, este inicio auspicioso se ha visto amenazado por el desarrollo de enfermedades infecciosas en los centros de cultivo. Estudios indican que existe una asociación positiva entre el aumento sistemática e intenso de la producción, con el la acumulación de patógenos y el desarrollo de enfermedades (Ibieta et al. 2011, Johansen et al. 2011).

El Servicio Nacional de Pesca ha reportado la presencia de al menos 15 enfermedades infecciosas que afectan a las diversas especies de salmón y trucha. Estas enfermedades pueden contribuir entre el 9,6% y el 50,5% al total de la mortalidad durante un ciclo productivo. La bacteria *Piscirickettsia salmonis* continua siendo la enfermedad más importante, causante entre el 50,5 y el 97,2% de la mortalidad debido a enfermedades. *P. Salmonis* es responsable de importantes costos económicos, calculado en pérdidas directas o indirectas de alrededor de USD 750 millones de dólares anuales.

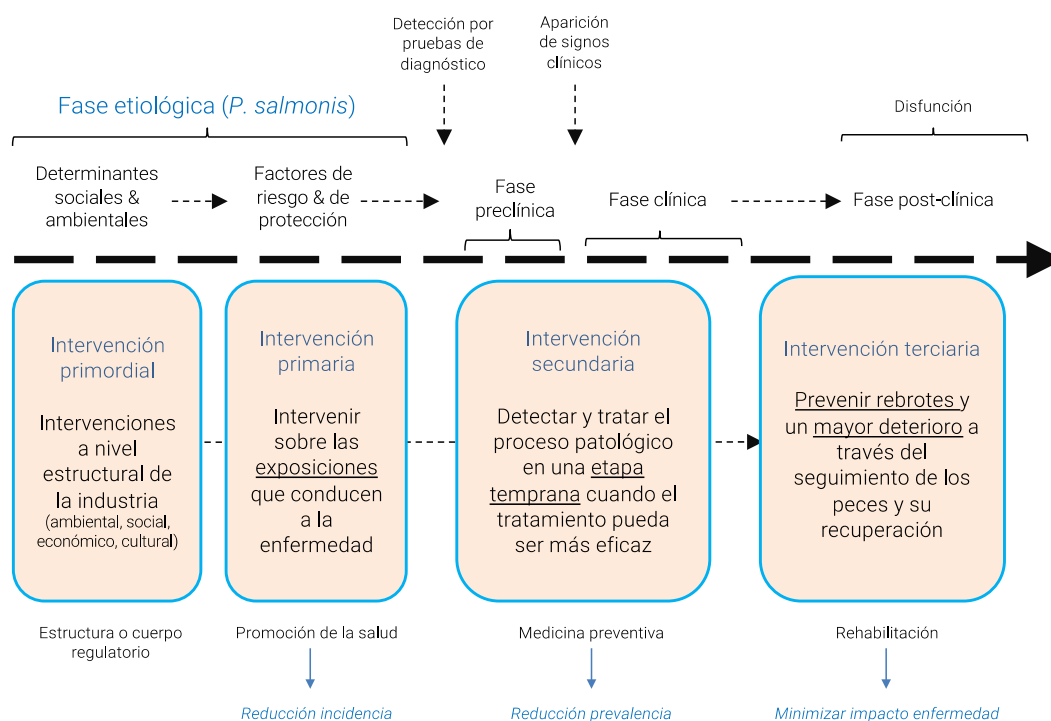
P. Salmonis es una bacteria conocida por ser la responsable de causar Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS). SRS afecta principalmente a peces en aguas marinas. En aguas dulces la bacteria se mantiene inactiva, mientras que en aguas marinas puede sobrevivir por largos períodos (Lannan y Fryer 1994). *P. Salmonis* presenta una transmisión horizontal directa. La bacteria puede ser excretada en la bilis, heces y orina de peces vivos. Coprofagia es otra forma de transmisión (Smith et al. 2004). Debido a que la bacteria puede sobrevivir largos períodos de tiempo, la transmisión horizontal directa es el principal medio de contagio.

SRS es probablemente la mayor amenaza para la sustentabilidad de la salmonicultura en Chile (Ibieta et al. 2011, Rozas y Enríquez 2014). La enfermedad ha evolucionado con el

tiempo, generando cada vez brotes más severos y dañinos. *P. Salmonis* pareciera hacerse resistente a tratamientos clínicos (Leal y Woywood 2007, Rozas y Enríquez, 2014).

En medicina humana y veterinaria, la prevención corresponde a las acciones que previenen la ocurrencia de una enfermedad y que tienen como objeto la erradicación, eliminación o minimización del impacto de las enfermedades y su difusión. Sino al menos retardar el progreso de la enfermedad (Porta 2014, Koepsell y Weiss 2003). En la prevención, la relación entre el desarrollo de la enfermedad y los niveles de prevención o propósitos operacionales de la epidemiología se muestran en la siguiente Figura 1.

Figura 1 Niveles de intervención en medicina veterinaria y su relación con la progresión de *Piscirickettsia salmonis*



Estos propósitos operacionales incluyen la prevención primaria, secundaria y terciaria de la enfermedad. Este orden no solo representa una forma conveniente de diferenciar los propósitos, sino que también reflejan su utilidad en el cuidado de la salud de las poblaciones. De esta forma, la sociedad debiera enfatizar la prevención primaria más que la prevención terciaria como una forma de mejorar el estatus sanitario. La salud solo mejorará marginalmente si el enfoque está dado en los tratamientos, por ejemplo. Otros niveles que

también han sido sugeridos, incluyen la prevención primordial u cuaternaria (Porta 2014). Entre todos los niveles de prevención existe una superposición conceptual y práctica que dependerá principalmente del tipo de enfermedad. Las estrategias efectivas de prevención a menudo interactúan y operan a través de estos niveles.

La prevención primordial se refiere a las condiciones, acciones y medidas que minimizan los riesgos para la salud y que por lo tanto inhiben la aparición y establecimiento de procesos y factores (medioambiental, económico, social, conductual, cultural) conocidas en aumentar el riesgo de la enfermedad (Beaglehole et al. 1993, McMichael 2013). Este tipo de prevención se cumple a través de muchas políticas de salud públicas y privadas y la acción intersectorial. Puede ser vista como una forma de prevención primaria.

La prevención primaria tiene como objetivo reducir la incidencia de una enfermedad a través de esfuerzos personales y comunitarios. Este nivel de prevención incluye aquellas actividades que están destinadas en la prevención de la exposición a aquellos factores que influencia la salud y enfermedad, comúnmente conocidos como determinantes. Un determinante es utilizado para describir cualquier factor que cuando esta alterado produce un cambio en la frecuencia o características de la enfermedad. Así, ejemplos de intervención primaria incluyen la cuarentena y la vacunación. La vacunación no previene la exposición al agente pero puede prevenir una causa suficiente haciendo que el animal sea inmune al nivel de desafío por el agente en condiciones de campo. Este nivel de prevención es el componente esencial en las tareas de salud pública, incluyendo la promoción de la salud.

La prevención secundaria tiene como objetivo la reducción de la prevalencia de la enfermedad a través del acortamiento de su duración. Este nivel de prevención incluye aquellas actividades diseñadas para detectar tempranamente los procesos de la enfermedad antes de la aparición de signos clínicos. Los fundamentos biológicos y razonables para este principio radican en que una detección temprana permitirá un tratamiento y, por lo tanto, un aumento en la probabilidad de recuperación de un individuo a una salud completa y la reducción de las pérdidas productivas. Cabe considerar que este principio debiera ser evaluado formalmente cada vez que sea posible. Las pruebas de tamizaje (“*screening tests*”) para detectar tuberculosis o brucelosis, el conteo de células somáticas para detectar

mastitis, exámenes regulares en vacas postparto, y perfiles metabólicos son ejemplos de pruebas utilizadas en intervenciones secundarias. Si una enfermedad no tiene cura, este nivel preventivo puede aumentar la supervivencia y calidad de vida; sin embargo, aumentará la prevalencia de la enfermedad. Raramente previene la ocurrencia de una enfermedad, y solo lo hace cuando la detección temprana de un precursor de una lesión conlleva a una remoción completa de todas esas lesiones. La prevención secundaria es un set de medidas disponibles para individuos y poblaciones para la detección temprana y pronta intervención de medidas de control de enfermedades y minimizar las disfunciones, como se mencionó, en el uso de tamizaje. Este nivel de prevención es el componente esencial en las tareas de medicina preventiva. Tanto la detección clínica temprana como el tamizaje a nivel poblacional generalmente ayudan a alcanzar la prevención secundaria en ciertas enfermedades, y estas actividades pueden contribuir a la prevención terciaria (Gordis 2009).

La prevención terciaria es más comúnmente conocida como terapéutica y tiene como objetivo suavizar el impacto a largo plazo de una enfermedad y disfunción a través de la eliminación o reducción de las discapacidades y consecuencias de las enfermedades, minimización del dolor y sufrimiento animal; maximización del potencial productivo o vida útil. Es principalmente un componente de la rehabilitación.

Finalmente, se describe la prevención cuaternaria que corresponden a procedimientos y regulaciones que identifican individuos o grupos en riesgo de sobre-diagnóstico o sobre-medicación, y que disminuyen la excesiva intervención médica y sanitaria. Acciones que previenen la iatrogenesis o la promoción de enfermedades (“*disease mongering*”) (Porta 2014).

En general, la industria del salmón ha enfocado sus estrategias de control para el brote de SRS basado en el uso de antibióticos y vacunas. El uso sistemático de químicos ha permitido mantener los brotes infecciosos relativamente controlados. Sin embargo, el uso de antibióticos puede potencialmente producir efectos secundarios en la salud humana y el medioambiente, tanto a nivel local como global (Cabello 2004) y afectar el valor de mercado del producto final. La data oficial muestra que el mayor uso de antibióticos en la industria del salmón en Chile se debe al control de *P. Salmonis* en peces infectados.

Un aspecto fundamental para el control y prevención de enfermedades infecciosas es el conocer cuáles son los factores de riesgo y protectores que influyen en el desarrollo de brotes severos de SRS. Actualmente existe escasa literatura sobre los factores principales que promueven o disminuyen la probabilidad de brotes infecciosos severos de SRS. Para llenar este vacío, el presente proyecto busca identificar, priorizar, validar y difundir un listado de factores de riesgo y protectores de brotes severos de SRS, a nivel de centro de cultivo o granja. Esta información permitirá priorizar medidas de gestión o investigación para abordar problemas sanitarios asociados a SRS, específicamente en cultivos de salmón del Atlántico.

2.1. Objetivos del proyecto

2.1.1. Objetivo general

- Priorizar y validar factores de riesgo que promueven brotes severos de SRS en cultivos de salmón del Atlántico a nivel de centro de cultivo. Así como difundir los resultados de esta experiencia de investigación multi-sectorial

2.1.2. Objetivos específicos

- Identificar, priorizar y validar factores de riesgo en base al listado de factores pre-identificados
- Difundir la experiencia de investigación colaborativa con representantes de la industria, gobierno y academia

2.2. Revisión de la literatura para identificar factores de riesgo en Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS)

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar investigaciones científicas sobre factores de riesgo y protectores relacionados con la infección causada por *P. Salmonis* en salmones silvestres y cultivados. Se buscó literatura en inglés y español revisada por pares. La búsqueda se realizó desde el año 1988 a septiembre de 2016. Se exploraron dos bases de datos electrónicas Web of Science y PubMed (MEDLINE), a través del servidor local de la Pontificia Universidad Católica (PUC) utilizando múltiples palabras clave y expresiones (salmon* OR Oncorhy* OR trout OR coho OR salar OR farmed OR wild) AND (piscirickett*).

Luego de una revisión exhaustiva de los resultados de la búsqueda se identificaron los siguientes artículos que abordan factores de riesgo y/o protectores.

- Branson, E. J., & Diaz-Munoz, D. N. 1991. Description of a new disease condition occurring in farmed coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in South America. *Journal of Fish Diseases*, 14(2), 147-156.
- Gaggero A, Castro H., Sandino, A.M. 1995. First isolation of *Piscirickettsia salmonis* from coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during the freshwater stage of their life cycle. *Journal of Fish Diseases* 18, 277-279
- Larenas et al. 1997. Efecto de la densidad poblacional y temperatura en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) inoculadas con *Piscirickettsia salmonis*. *Archivos de medicina veterinaria* 1:113..
- Cusack, R.R., Groman, D.B., Jones, S.R.M. 2002. Rickettsial infection in farmed Atlantic salmon in eastern Canada. *Canadian Veterinary Journal* 43: 435–440.
- Jakob, E., Stryhn, H., Yu, J., Medina, M.H., Rees, E.E., Sanchez, J., et al. 2014. Epidemiology of *Piscirickettsiosis* on selected Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) salt water aquaculture farms in Chile. *Aquaculture* 433:288-94.
- Yañez, A.J., Silva, H., Valenzuela, K., Pontigo, J.P., Godoy, M., Troncoso, J., et al. 2013. Two novel blood-free solid media for the culture of the salmonid pathogen *Piscirickettsia salmonis*. *Journal of Fish Diseases* 6:587.
- Rozas, M., & Enríquez, R. (2014). *Piscirickettsiosis* and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review. *Journal of Fish Diseases*, 37(3), 163-188.
- Rees, E.E., Ibarra, R., Medina, M., Sanchez, J., Jakob, E., Vanderstichel, R., et al. 2014. Transmission of *Piscirickettsia salmonis* among salt water salmonid farms in Chile. *Aquaculture* 428-429:189-94.

- Lhorente JP, Gallardo JA, Villanueva B, Carabaño MJ, Neira R. Disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*): coinfection of the intracellular bacterial pathogen *Piscirickettsia salmonis* and the sea louse *Caligus rogercresseyi*. Plos One. 2014;9(4):e95397-e. doi: 10.1371/journal.pone.0095397. PubMed PMID: 24736323.

En estos trabajos se han planteado diversas hipótesis sobre la influencia de factores de riesgo en manifestaciones clínicas de la enfermedad. Una línea de investigación remarca el rol de los factores medioambientales, como tormentas, bloom de algas, ataque de predadores, bajas de oxígeno y fluctuaciones en la temperatura del agua (Branson y Diaz-Munoz, 1991, Larenas et al. 1997, Cusack et al. 2002). Otros autores han remarcado el rol de la co-infección con otros patógenos, daños en la piel y preponderantes genéticos (Gaggero et al. 1995, Yañez et al. 2013, Lhorente et al. 2014). Se ha señalado también que características de los centros de cultivo puede promover factores de stress y aumentar el contacto entre los peces (Rozas and Enríquez 2014).

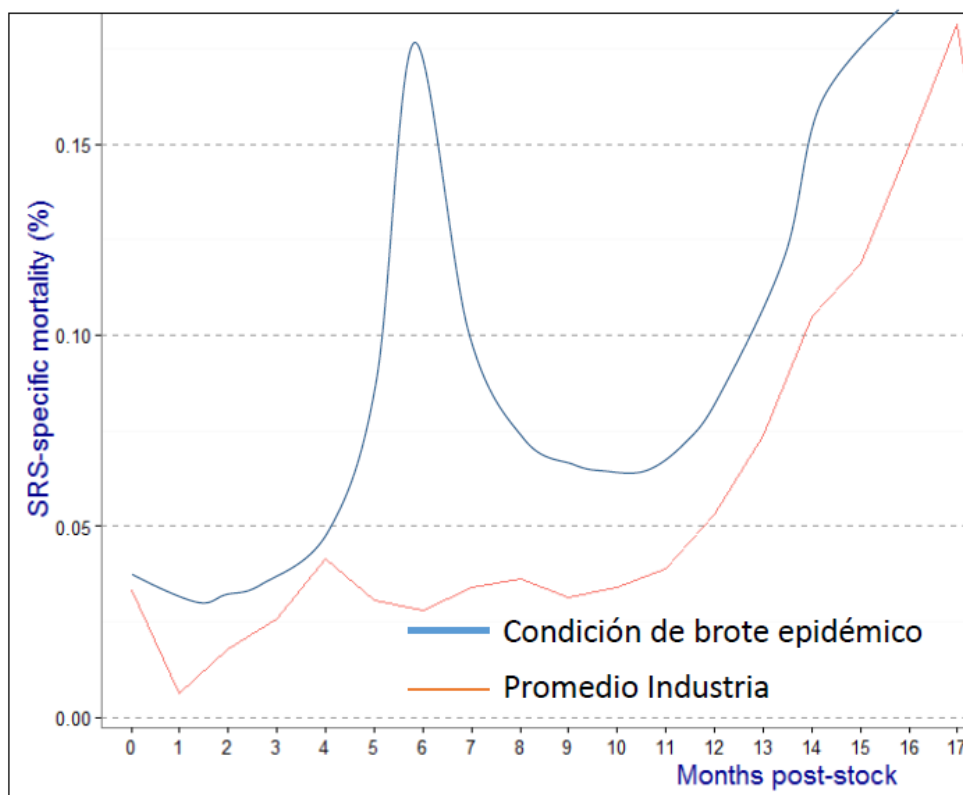
Solamente dos estudios han realizado recientemente un análisis epidemiológico comprehensivo de la enfermedad SRS en ambientes marinos en Chile (Jakob et al. 2014, Rees et al. 2014). Jakob et al. (2014) muestran que las manifestaciones clínicas de SRS comienzan a las 8,3 y 6,6 meses post-transferencia a aguas marinas, en salmón del Atlántico y truchas, respectivamente. El mismo estudio reporta una asociación negativa entre el peso inicial de siembra y mortalidades de SRS, tanto en salmón del Atlántico como en trucha; se detecta una asociación positiva entre el número de baños antiparasitarios para cáligos y mortalidades de SRS; finalmente smolt sembrados en los meses de verano y primavera tienen una asociación positiva con mortalidad de SRS, comparada con smolts sembrados en los meses de otoño e invierno.

En un segundo estudio epidemiológico, Rees et al. (2014) encontraron que la probabilidad de encontrar mayores mortalidades de SRS se asocia a diversos factores. En primer lugar, se identifica una asociación positiva de mortalidades de SRS con mayor tiempo de permanencia en el agua marina; en segundo lugar, la temperatura del agua; en tercer lugar, la distancia (entre 7,5 y 10 km) a una granja que presente brotes severos de SRS.

2.3. Definición de brote severo de SRS en el presente estudio

La definición de brote severo para SRS a nivel de centro de cultivo, se obtuvo a partir del análisis de la mortalidad específica por SRS a nivel industrial para la especie salmón del Atlántico. Este análisis se enmarcó dentro del proyecto FONDECYT 3140235 que determinó la curva epidémica de la mortalidad por SRS durante un ciclo de producción promedio (Figura 2). Según la información epidemiológica reportada por el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL), la mortalidad promedio mensual específica por SRS se mantiene fluctuante desde el ingreso de los peces hasta aproximadamente los 9-10 meses del cultivo. Posteriormente, existe un aumento de la mortalidad hasta su cosecha final. De acuerdo a esta descripción, se definió como un brote severo, aquel centro de cultivo que a lo largo de todo el ciclo de producción tuviera mortalidades por SRS superiores al promedio y además mostrara claramente un patrón epidémico a partir de los 5-7 meses post ingreso.

Figura 2 Curva epidémica para la mortalidad específica por SRS durante el ciclo de producción del salmón del Atlántico en Chile. La línea roja indica el promedio a nivel industria mientras que la línea azul refleja la situación en un centro de cultivo caracterizada por un brote epidémico de SRS.



3. MÉTODOS

3.1. Análisis de riesgo y juicios de expertos para el control de enfermedades en acuicultura

El análisis de riesgo es una metodología comúnmente utilizada para el manejo de enfermedades en acuicultura (Murray y Peeler 2005). Especialmente el análisis de riesgo cualitativo permite estimar potenciales impactos en escenarios de incerteza y escasa información disponible (Dichmont et al. 2013). Un elemento central en la identificación y priorización de factores de riesgo es la evaluación de expertos como un método especialmente necesario en escenarios de alta incerteza. En este caso nos referimos a la incerteza asociada a la falta de modelos cuantitativos explicativos.

Sin embargo, utilizar el juicio de expertos para la toma de decisiones presenta dificultades: sus estimaciones están sujetas a error. Los individuos, incluidos los expertos, estamos expuestos a una gran cantidad de sesgos en relación a la evaluación de eventos externos. Estos sesgos son producto de mecanismos cognitivos ampliamente estudiados, los cuales incluso se vinculan a mecanismos de adaptación evolutivos (Tversky y Kahneman 2000). Estos sesgos son comúnmente conocidos como mecanismos heurísticos. Los más comunes son la sobreconfianza, el efecto ancla, generalizaciones, entre otros (Plous 1993).

Uno de los elementos centrales para mejorar las estimaciones de expertos, es establecer metodologías que promuevan los espacios grupales de análisis y discusión. Reduciendo los sesgos individuales. En 1907, matemático Galton estimó el peso de una vaca a partir del promedio de las estimaciones individuales de 787 personas. Galton encontró que el promedio de las estimaciones individuales estuvo sólo a 4 kg del peso real de la vaca (Surowiecki 2004). Este experimento sentó las bases de lo que posteriormente se ha denominado como *expert elicitation*, o evaluación de expertos. Hoy en día ha habido un gran avance en el desarrollo de metodologías que ajustan las estimaciones de los expertos en escenarios de incerteza, reduciendo los sesgos cognitivos presentes en las estimaciones individuales.

Clemen y Reilly (2001) definen los pasos a seguir para implementar un proceso estructurado de evaluación de expertos (Tabla 1).

Tabla 1 Etapas y actividades para el desarrollo de protocolos de trabajo con expertos (adaptado de Clemen y Reilly 2001)

Etapas	Actividades
1. Definición del problema	a) Identificar las variables b) Diseñar el protocolo y cuestionarios c) Elaborar material de apoyo d) Capacitar a facilitadores e) Realizar test piloto del protocolo
2. Identificación de expertos	a) Definir el perfil del experto b) Identificar criterios de selección c) Involucrar a los expertos
3. Obtener información	a) Reducir las ambigüedades del lenguaje en el instrumento c) Implementar el protocolo d) Analizar los datos
4. Validar los resultados	a) Presentar los resultados a los expertos b) Ajustar resultados si es necesario

3.2. Evaluación estructurada de expertos

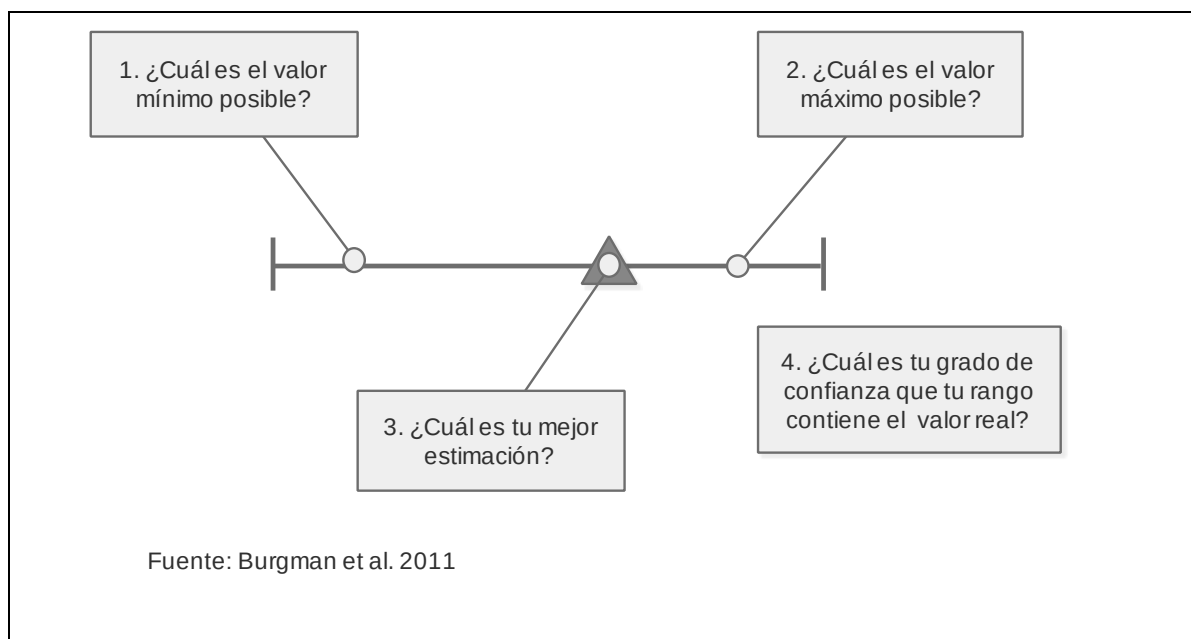
Si el tomador de decisión se basa en los juicios y estimaciones de expertos, es necesario que la metodología permita ajustar estas estimaciones lo más cerca posible del valor real. Algunos autores hablan de calibrar la diferencia entre la estimación y la realidad. A continuación se detallan los elementos principales de la metodología de evaluación de expertos utilizada en este proyecto.

Un elemento metodológico central es la técnica Delphi, lo cual está especialmente diseñada para obtener el consenso más confiable entre un grupo de expertos. Este método fue desarrollado en la década del 50 con fines militares. Recientemente ha sido utilizado en diferentes disciplinas como un elemento central de las técnicas de evaluación de expertos. La técnica Delphi establece la implementación de dos o más rondas de estimaciones individuales. Entre las rondas, se presenta a los expertos los resultados anónimos de las estimaciones en la ronda anterior. Los expertos pueden discutir abiertamente sus puntos de

vista, utilizando las estimaciones individuales (anónimas) como referencias. En la segunda ronda, los expertos vuelven a realizar la estimación, ajustando o manteniendo los datos originales.

Las preguntas a los expertos deben ser estructuradas para minimizar la sobre-confianza, uno de los sesgos mayormente presente. Una forma de reducir este sesgo es utilizando el formato de las tres preguntas para estimar la importancia relativa de cada uno de los factores (Figura 3). La metodología de las tres preguntas busca que cada experto estime un rango en cual se encuentra el supuesto valor real de una variable determinada. Para esto el experto estima el mínimo valor plausible, luego el máximo valor plausible y finalmente su mejor estimación. En algunos casos es útil incluir una cuarta pregunta sobre el grado de confianza del experto en su propia estimación (Speirs-Bridge et al. 2010).

Figura 3 Técnica de las cuatro preguntas utilizada en la evaluación de expertos. Basado en Burgman et al. (2016).



3.3. Selección de los expertos participantes

Una de las etapas principales de la evaluación de expertos es justamente identificar a quienes serán los expertos que realizarán las estimaciones. Definimos a un experto como alguien que tiene un conocimiento determinado sobre un tema en particular. En general, el

experto es reconocido por sus pares, pero el nivel específico de conocimiento requerido para ser considerado experto va a depender en cada caso en particular. Un experto además debe ser capaz de comunicar adecuadamente su conocimiento. Ver Burgman et al. (2011) para mayores especificaciones.

Para este proyecto se definieron tres criterios principales para seleccionar a los expertos. En primer lugar, que la composición del panel fuera multi-sectorial, es decir que incluya representantes del sector industrial, gobierno y academia/investigación. En segundo lugar se estableció como condición que el experto tuviera a lo menos 5 años de trabajo en terreno en centros de cultivo, trabajando directamente con el manejo de SRS. Debido a la condición sanitaria del tema de estudio también se estableció que los expertos fueron veterinarios.

En el transcurso del año 2016, junto con representantes de SERNAPESCA e INTESAL, se invitó a participar a un total de 13 expertos: 3 representantes de la academia/investigación, 3 representantes del gobierno (SERNAPESCA) y 7 representantes de la industria. En el caso de la industria, los expertos fueron encargados del área de salud de empresas de salmón con base en Puerto Montt. Se conformó entonces un panel de 13 expertos multi-sectorial.

3.4. El proceso para identificar, priorizar y validar factores de riesgo y protectores

3.4.1. Pre-identificación de factores de riesgo y protectores

La Figura 4 presenta el proceso completo desarrollado para finalmente priorizar y validar los factores de riesgo y protectores (Figura 4). (El primer paso consistió en pre-identificar un conjunto de factores protectores y de riesgo protectores para el desarrollo de brotes severos de SRS. La Tabla 2 contiene el total de factores de riesgo y protectores considerados durante la fase de pre-identificación. Se utilizaron varias fuentes de información. En primer lugar, se realizó una revisión de la literatura (ver capítulo. Revisión de la literatura sobre factores de riesgo en Septicemia Rickettsial Salmonídea), identificándose los factores de riesgo analizados en estos trabajos. También se incluyó un análisis de los trabajos realizados por Gustafson et al. (2014) para otras enfermedades en salmones. Una segunda fuente, importante de factores de riesgo y protectores fueron los trabajos realizados previamente por los investigadores principales del este proyecto. En

tercer lugar, el panel de experto a través de las entrevistas individuales y en el trabajo específico en los protocolos, identificaron nuevos factores no considerados previamente.

Este proceso inicial terminó en un listado pre-liminar con 47 factores de riesgo y protectores. Este listado fue enviado a cada uno de los expertos y se les solicitó que seleccionaron los factores que más influyen el desarrollo de brotes severos de SRS de acuerdo a su experiencia y evaluación. Se les indicó que podían seleccionar un máximo de 20 factores. Luego de recibir el listado con los factores seleccionados por cada experto, se realizó un análisis de frecuencia simple. Los factores fueron ordenados de de mayor a menor según el número de selecciones para cada uno.

Se elaboró un nuevo listado pre-liminar con 49 factores. En este nuevo listado se incluyeron los 8 nuevos factores propuestos por los expertos y además se excluyeron 6 factores que no fueron seleccionados por ningún experto. Este nuevo listado de factores fue nuevamente enviado a cada uno de los expertos y se les solicitó revisar los resultados preliminares. Se les indicó que por favor seleccionar nuevamente los factores más importantes para ellos con un límite máximo de 20. Los factores fueron nuevamente ordenados de acuerdo a su frecuencia simple en la segunda ronda. Once factores no fueron seleccionados por ningún experto. Finalmente, por lo tanto, se obtuvo un listado de 38 factores de riesgo y protectores preliminares que a lo menos 1 experto consideró como dentro de los 20 más relevantes.

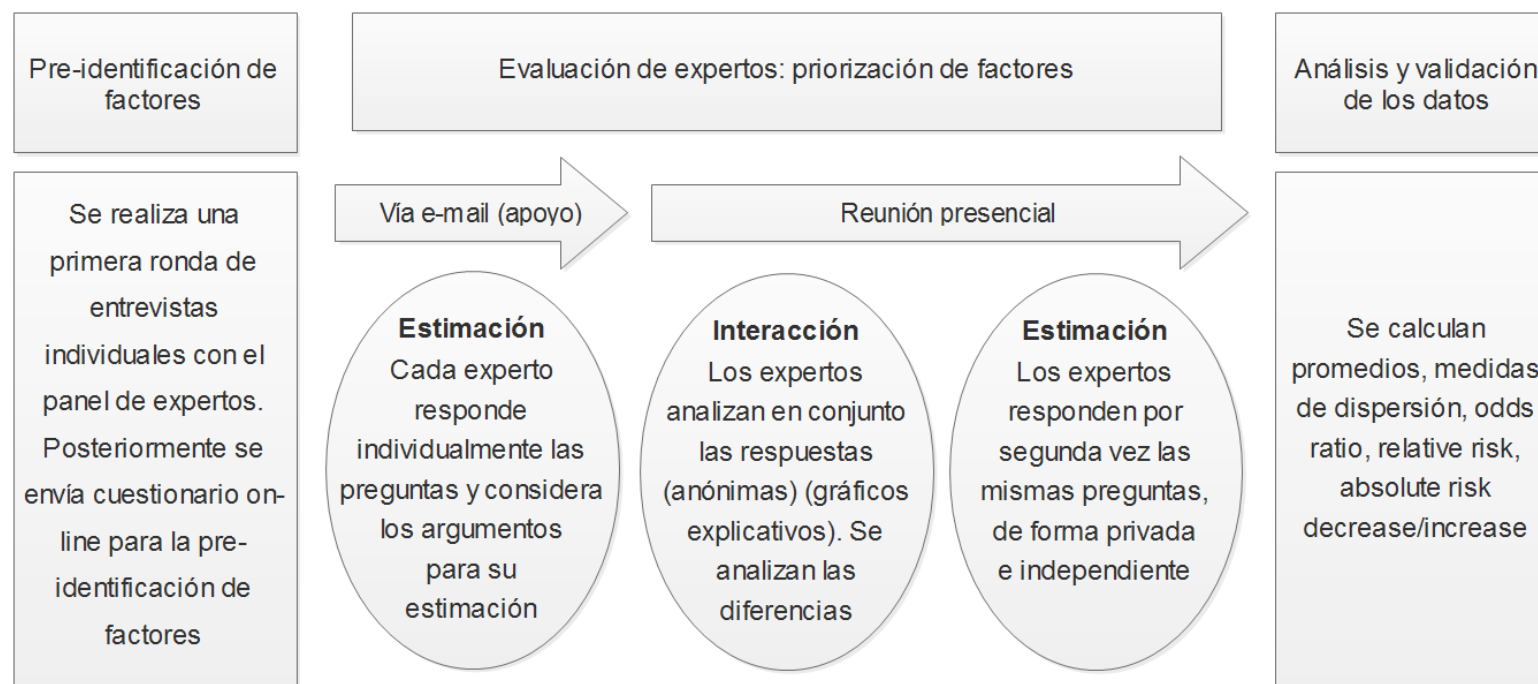
En común acuerdo con el equipo investigador, se determinó pre-seleccionar todos aquellos factores que fueron a lo menos seleccionados por cuatro expertos como dentro de los 20 más relevantes. Este listado final incluye un total de 23 factores de riesgo y protectores pre-identificados por el panel de expertos.

La metodología utilizada estableció un paso crítico de interacción entre la primera y la segunda ronda. Los expertos pudieron observar los factores seleccionados por los otros miembros del panel. Para respetar el anonimato cada a cada experto se le asignó un código numérico. Esta interacción permitió incluir, en el listado de 23 factores pre-identificados, a 3 factores que no hubiesen sido considerados de mediar sólo la primera ronda (factores 18, 19 y 23). Además, se descartaron cinco factores que hubiesen sido incorporados de no

mediar la interacción realizada entre la primera y la segunda ronda (factores 25, 26, 30, 31 y 37).

En conclusión, el panel de expertos contó con un listado de 23 factores de riesgo y oportunidad pre-identificados. Estos factores fueron posteriormente analizados y validados en base a protocolos de evaluación de expertos y entrevistas semi-estructuradas.

Figura 4 Proceso para identificar, priorizar y validar factores de riesgo y protectores para brotes severos de SRS



3.4.2. Evaluación de expertos: priorización de factores

Una vez obtenido un listado de 23 factores pre-identificados, se dio inicio al proceso de priorización de factores. Este proceso contó con un total de 6 etapas:

- Una primera etapa de entrevistas individuales con el panel de expertos.
- Una primera ronda de estimaciones, la cual fue completado individualmente vía e-mail.
- Un taller grupal presencial con el panel de expertos
- Una segunda ronda de estimaciones individuales
- Una tercera ronda de estimaciones individuales

3.4.2.1. Entrevistas individuales

Se realizó una entrevista individual con cada uno de los expertos del panel y su lugar de trabajo (Concepción, Puerto Montt, Valparaíso y Santiago). En esta entrevista se explicaron detalladamente los objetivos del estudio, el rol de los expertos y la metodología. Se explicó en detalle el cuestionario y los formatos como son planteadas las preguntas. En esta entrevista se recalcó que el método no busca forzar un consenso, sino más bien recoger el rango diverso de opiniones. También en la entrevista se discutió el efecto que producen los sesgos cognitivos en las estimaciones de los expertos, analizando mecanismos para reducirlos.

3.4.2.2. Primera ronda de estimaciones

En esta primera ronda los expertos respondieron las preguntas individual y privadamente en un archivo Excel enviado por email. Todas las respuestas fueron recibidas dentro de dos semanas. Los cuestionarios fueron analizados y algunas respuestas no válidas fueron chequeadas individualmente con los expertos, resolviéndose caso a caso (Anexo 1 incluye el cuestionario utilizado en primera y segunda ronda).

En esta primera ronda se plantearon dos tipos de preguntas. De los 23 factores, 16 preguntas las denominamos de probabilidad. Es decir, estiman la influencia del factor en la probabilidad de desarrollar brotes severos o mortalidades leves. Para esto se plantean las siguientes dos preguntas (se considera como ejemplo el factor *Fouling de jaula*) (Figura 5):

1) “Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?”

2) “Considere 10 centros de cultivo que han sufrido mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?”

Posteriormente para cada pregunta los expertos indican el menor número plausible, el mayor número plausible y la mejor conjetura.

Figura 5 Ejemplo de la preguntas de probabilidad para el factor *Fouling de jaula*

	A	B	C	D	E	F
48	Pregunta 14 - Fouling de jaula					
49		Notas: Fouling de jaula se refiere a redes sucias o pobladas altamente con algas en las redes peceras. Esto tiene un potencial doble impacto 1) menor oxigenación y recambio de agua en las jaulas, 2) el exceso de algas es un potencial habitat para <i>Rickettsia</i> . Se establece como un supuesto que los procesos asociados a la mantención y cambio de mallas afectan a todo el centro de cultivo.				
50			Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura	
51		Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?	6	9	7	
52		Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?	1	5	3	

De los 23 factores, siete estimaron variables continuas, paso necesario para establecer un umbral. Este umbral se requiere para poder plantear preguntas de probabilidad. Por ejemplo en la Figura 6 se muestra la pregunta para estimar el umbral de peces sembrados sobre el cual aumenta la probabilidad de desarrollar brotes severos de SRS.

Figura 6 Ejemplo de la preguntas para variables continuas (Número de peces sembrados)

	A	B	C	D	E
25		Pregunta 7 - Número de peces sembrados	Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
26		Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos peces se han sembrado en cada centro de cultivo? Considere dos módulos de jaulas de estructura metálica de 30x30.	1.000.000	1.450.000	1.250.000
27		Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos peces se han sembrado en cada centro de cultivo? Considere dos módulos de jaulas de estructura metálica de 30x30.	800.000	950.000	850.000

3.4.2.3. Taller grupal de evaluación de expertos

El taller grupal es una etapa central para la metodología. Es en este espacio colectivo que los expertos pueden discutir y analizar en conjunto la evidencia disponible para justificar cada una de sus estimaciones. En este espacio los expertos pueden compartir así mismo las experiencias individuales que justifican sus estimaciones.

En el taller se presentan los resultados preliminares recogidos en la primera ronda. Se respeta el anonimato de los expertos, por lo que para cada experto se asigna un código numérico.

3.4.2.4. Segunda ronda de estimaciones

La segunda ronda de estimaciones se desarrollan individual y privadamente, una vez terminado el taller grupal. La mayoría de los expertos entregan sus nuevas estimaciones en formato papel. 2 expertos enviaron sus estimaciones posteriormente vía email

3.4.2.5. Tercera ronda de estimaciones

Como se explicó anteriormente xx factores fueron estimados a través de variables continuas. Como se presenta en los resultados, el análisis de las estimaciones de las variables continuas permite definir un umbral sobre el cual aumenta (o disminuye según el caso) las probabilidades de desarrollar un brote severo. Una vez determinado este umbral se

procedió a elaborar una pregunta de probabilidades para cada uno de estos factores. Los cuales fueron estimados individualmente via e-mail por cada uno de los expertos.

Para determinar el punto de corte para aquellas variables continuas, se utilizó una aproximación conocida como análisis ROC (Egan 1975, Swets et al. 2000). En la Teoría de detección de señales una curva ROC (acrónimo de *Receiver Operating Characteristic*, o Característica Operativa del Receptor) es una representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad para un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación. El análisis ROC se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico “pROC” implementado en el software R (Robin et al. 2011).

Las curvas ROC son utilizadas para determinar en qué valor de corte, la clasificación de las categorías (brote severo versus brote promedio) se ajustan significativamente mejor. Para lo anterior, se determina para cada curva ROC el área bajo la curva o AUC (Bradley 1997, Hanley y McNeil 1982). Este valor de AUC corresponde a la porción del área en unidades al cuadrado, y tiene un rango que va de 0 a 1. El AUC tiene una propiedad estadística importante: el AUC de un clasificador es equivalente a la probabilidad de que el clasificador clasifique una instancia positiva elegida al azar más alta que una instancia negativa elegida al azar. Finalmente, a través del paquete “Epi” (Cartensen et al. 2016) se ajustó una regresión logística para cada pregunta y así estimar el mejor valor de corte.

3.5. Análisis y validación de factores de riesgo y protectores

3.5.1. ¿Cómo priorizamos factores de riesgo y protectores? Diferentes medidas para cuantificar el impacto

Existen diferentes herramientas posibles para estudiar la relación entre factores de riesgo y diferentes escenarios resultantes. Entre ellas destacan likelihood ratio, *relative risk* y *odds ratio*, según Gustafson et al. (2005). A continuación se realizará una descripción de cada uno de estas medidas para posteriormente analizar cuál es la más idónea para este caso de estudio.

3.5.1.1. Likelihood Ratio

Likelihood Ratio es un cociente que compara la probabilidad de encontrar el factor de riesgo en el escenario negativo con la probabilidad de encontrar el factor de riesgo en el

escenario positivo. Así, al realizar la comparación, el valor entregado indica qué tantas veces es más probable encontrar el factor en un escenario comparado con el otro.

Si tomamos como ejemplo la evaluación hipotética de un experto del factor *Antecedentes de SRS*, la data corregida podría ser la siguiente:

	Brotes severos	Mortalidades Leves
Antecedentes de SRS	7	4
Sin antecedentes de SRS	3	6
Total	10	10

$$\text{Likelihood ratio} = (7/10)/(4/10) = 1,75$$

Es decir, es 1,75 veces más probable encontrar el factor Antecedentes de SRS en el escenario de brotes severos que encontrarlo en el escenario de mortalidades leves-

Si bien la información entregada es relevante, no lo es respecto a nuestro objetivo de estudio. Likelihood ratio compara las probabilidades de encontrar el factor en escenarios de brotes severos o mortalidades leves, pero no permite inducir la influencia del factor en pasar de un escenario a otro. En otras palabras, saber que el factor en estudio aparece más veces en el escenario brotes severos que en el mortalidades leves no permite afirmar con seguridad que el factor está teniendo una influencia significativa en la ocurrencia de un escenario sobre otro. Si bien entrega una noción de que esto podría ser así, como veremos existen otras herramientas que permiten cuantificar dicho fenómeno de mejor manera.

3.5.1.2. *Relative risk*

Relative risk es una medida que compara la probabilidad de estar en un escenario de brote severo cuando el factor en estudio está presente, con la probabilidad de estar en el mismo escenario cuando el factor no está presente. Así, *relative risk* permite conocer cuánto impacta la presencia del factor en estudio en la probabilidad de que se dé el escenario negativo.

Tomando el mismo ejemplo anterior:

	Brotos severos	Mortalidades leves	Total
Antecedentes de SRS	7	4	11
Sin antecedentes de SRS	3	6	9

$$\text{Relative risk} = (7/11) / (3/9) = 1,9$$

Es decir, bajo la presencia del factor *Antecedentes de SRS*, es 1,9 veces más probable desarrollar un brote severo que mortalidades leves.

Como vemos, *relative risk* sí es una medida que nos permite cuantificar el impacto del factor en estudio en aumentar las probabilidades de estar en el escenario de brotes severos.

relative risk tiene valores entre 0 e infinito. Si *relative risk* es mayor a 1, la existencia del factor aumenta las probabilidades de que se dé el escenario negativo. Dicha probabilidad aumenta de mayor manera a medida que el *relative risk* es mayor. En estos casos, el factor se conoce como factor de riesgo. Si *relative risk* es menor a 1, el factor disminuye la probabilidad de que se dé el escenario negativo. A valores más cercanos a 0, la disminución de la probabilidad es cada vez mayor. En estos casos el factor se conoce como factor de protección. Si *relative risk* es igual 1, la presencia del factor no tiene relación alguna con la ocurrencia o no del escenario estudiado.

3.5.1.3. Odds ratio

Odds ratio, conocido en español como razón de momios, razón de posibilidades o razón de oportunidades, es otra medida estadística que permite identificar el nivel de asociatividad entre la existencia de una propiedad y otra en cierto estudio. En este estudio, se utiliza para conocer la asociatividad existente entre la presencia de cierto factor y la posibilidad de que se desarrolle un brote severo.

Para calcularla, se compara el cuociente de cantidad de brotes severos sobre muertes leves, bajo la presencia del factor en estudio, con el mismo cuociente pero sin la presencia del factor en estudio.

Tomando el ejemplo anterior:

	Brotos severos	Mortalidades leves
Antecedentes de SRS	7	4
Sin antecedentes de SRS	3	6

$$\text{Odds ratio} = (7/4) / (3/6) = 3,5$$

Es decir, bajo la presencia del factor *Antecedentes de SRS*, la relación de brotes severos y mortalidades leves es de 3,5. Cada 3,5 granjas con brotes severos hay 1 granja con mortalidades leves.

Como se puede percibir, *odds ratio* persigue una lógica bastante parecida a la de *relative risk*. La principal diferencia es que *odds ratio* es, como indica el nombre, el cuociente de dos razones, mientras que *relative risk* es el cuociente de dos probabilidades. Al igual que en *relative risk*, si *odds ratio* es mayor a 1, la existencia de cierto factor está asociado a que se dé cierto escenario (a mayor *odds ratio* más fuerte dicha asociación), mientras que si *odds ratio* es menor a 1 la existencia del factor inhibe la ocurrencia del escenario.

Es importante mencionar que si *odds ratio* (y por lo tanto *relative risk*) es mayor a 1, esto no implica que el factor sea un contribuidor directo a la ocurrencia del escenario. Se podría dar el caso que la asociación en cuestión se dé debido un factor intermedio, gatillado por el primer factor..

3.5.2. Odds ratio y relative risk: diferencias y consideraciones sobre cuál ocupar

En estudios clínicos el parámetro de mayor interés suele ser *relative risk*, ya que su interpretación resulta más familiar y útil: indica cómo aumenta la probabilidad de encontrarse bajo cierto escenario cuando está presente cierto factor. Esto suele ser más fácil de interpretar y entender que *odds ratio*, el cuál no indica el impacto en las probabilidades de que se dé cierto escenario, más bien indica cómo cambian las razones entre los individuos que están y no están en el escenario frente a la presencia (o ausencia) del factor. Como hemos indicado, ambos entregan la misma información respecto a si la existencia del factor tiene un impacto favorable (o desfavorable) en la ocurrencia de cierto escenario, pero la interpretación cuantitativa de *relative risk* suele ser más cómoda y relevante que la de *odds ratio*.

Frecuentemente, la información necesaria para calcular *relative risk* no está disponible, como en los estudios de “caso-control”, mientras que la necesaria para estimar *odds ratio* sí lo está. En dichos casos, y bajo la condición de que el escenario en estudio es suficientemente improbable, el *odds ratio* de una propiedad y otra resulta muy similar a su respectivo *relative risk*. En consecuencia, en estos casos es adecuado calcular el *odds ratio* del caso en estudio y luego interpretarlo como si fuese *relative risk* (es decir, aumento o disminución de probabilidades de ocurrencia).

Ahora bien, en muchas ocasiones, la ocurrencia del escenario en estudio no es improbable, y en consecuencia los *odds ratio* y *relative risk* difieren de manera importante en sus cantidades. Así, si se interpreta *odds ratio* como *relative risk*, esta interpretación siempre sobreestimaré el nivel de asociatividad entre el factor y escenario en estudio: el *odds ratio* será menor que el *relative risk* para factores de protección, y mayores que el *relative risk* para factores de riesgo. En consecuencia, en dichas oportunidades, la interpretación del *odds ratio* no debe ser el aumento en las probabilidades de que ocurra el escenario estudiado. Su interpretación resulta más compleja de entender, y suele entregar una impresión más exagerada del deseado [CITAR 10]. A modo de ejemplo, en un estudio, miembros de una fundación médica tenían 3.5 veces mayor probabilidad (*relative risk*) que personas no miembros de la fundación en haber escuchado sobre el tratamiento de cierta enfermedad. Sin embargo, el *odds ratio* del caso era 24, y el estudio citaba, incorrectamente, que ‘los miembros de la fundación tenían una probabilidad 20 veces mayor que el resto de la población a haber escuchado sobre el tratamiento’. En otro estudio, se analizaron distintos artículos que trabajaban con *odds ratio*, concluyendo que en un 26% de ellos se interpretaba erróneamente *odds ratio* como *relative risk*.

A raíz de los anteriores errores en interpretación, en la que muchos autores prefieren reportar el valor de *relative risk* se ha sugerido que los *odds ratio* se utilicen y calculen solo en aquellas ocasiones donde el *relative risk* no se puede calcular directamente.

3.5.3. Consideraciones finales respecto a *odds ratio* y *relative risk*

Es importante notar que tanto *odds ratio* y *relative risk* entregan, al fin y al cabo, la misma información cualitativa, pero en diferentes escalas. Las diferencias cuantitativas entre estas

variables dependen, en gran medida, de qué tan normal sea que se dé el escenario en estudio.

Para el caso de estudio SRS, ambas medidas permiten medir el efecto de la presencia de un factor con la posibilidad que se dé el escenario de brotes severos. Sin embargo, la interpretación de relative risk es más cómoda y fácil de analizar. Además, debido a que los brotes severos suelen ocurrir con una frecuencia no menor respecto a mortalidades leves, una interpretación de *odds ratio* como *relative risk* no sería adecuada.

3.5.4. Distintos *relative risk* para cada experto: ¿cómo agregarlos?

El presente estudio cuenta con la data necesaria para calcular el relative risk para 13 diferentes expertos. Cabe preguntarse cómo agregar adecuadamente estos cálculos para poder obtener un valor único y grupal de relative risk para cada factor de riesgo. Para realizar los cálculos pertinentes, basta con calcular el relative risk para cada experto, y luego calcular promedios y medidas de dispersión para los distintos valores.

El principal desafío se presenta cuando, para alguno de los expertos, el relative risk correspondiente corresponde a infinito. Esto pasa, en particular, en el caso del factor 4, opinión del experto 3. En estos casos, su relative risk, al corresponder a infinito, no se puede agregar ni comparar con el relative risk de los otros expertos.

Se evaluaron otras medidas o herramientas que puedan tratar con estos casos y aun así nos permitan conocer el grado de influencia o asociatividad entre los factores en estudio y el escenario de brotes severos.

Una herramienta derivada de relative risk es Absolute Risk Reduction/Increase (ARR/ARI). Esta calcula el cambio (la diferencia) porcentual, en términos absolutos, que ocurre en la cantidad de individuos en el escenario en estudio al estar o no estar presente el factor.

Si vemos el ejemplo mencionado:

	Brotes severos	Mortalidades leves
Antecedentes de SRS	7	4
Sin antecedentes de SRS	3	6

$$\text{Absolute Risk Increase} = (7/11) - (3/9) = 30\%$$

Es decir, bajo la presencia del factor, la probabilidad de encontrar un brote severo aumenta en 30%.
--

Baja la presencia del factor aumenta en un 56% la posibilidad de un brote severo (para factores de riesgo) o se reduce en un 56% la posibilidad de brote severo (para factores protectores).

Medidas absolutas, como Absolute Risk Reduction/Increase, son superiores a medidas relativas en variados contextos, en particular en aquellos en donde las medidas relativas exageran los efectos de las asociaciones (como el del ejemplo presentado).

Lo interesante, y no menos importante, es que las conclusiones cualitativas que se pueden tener con ARR/ARRI son las mismas que con *odds ratio* o relative risk. Es decir, el orden en el nivel de asociatividad (o influencia) entre los factores en estudio y el escenario de brotes severos no cambia al utilizar cualquiera de las herramientas descritas. Lo que sí cambia es la descripción cuantitativa, y es allí cuando debemos ser precavidos en interpretar bien el significado de cada una de las herramientas.

A modo de conclusión, se decide utilizar Absolute Risk Reduction/Increase para el presente estudio. ARR/ARI nos permite identificar los factores de mayor influencia en la existencia (o inhibición) de brotes severos de SRS, respetando el mismo orden de importancia que entrega relative risk, pero con la salvedad que nos permite agregar distintas opiniones de expertos, incluso aquellas cuyos relative risk tienden a infinito. El valor arrojado por ARR/ARI corresponde a la diferencia porcentual absoluta de encontrarse en el escenario de brotes severos bajo el escenario con y sin presencia del factor en estudio.

3.6. Proceso de validación y difusión de los resultados

La identificación y priorización de factores de riesgo y protectores es un proceso que está sujeto a potenciales cambios y ajustes. Tanto en la identificación del factor mismo, como en la estimación cuantitativa de su influencia en la probabilidad de desarrollar brotes severos. Por ende, los factores de riesgo y protectores son un constructo flexible y sujeto a interpretación. De hecho, los expertos en base a sus experiencias y conocimiento presentan diferencias en sus estimaciones.

Lo anterior explica la importancia que tiene un proceso de validación de los resultados. Los resultados finales, por el hecho de integrar diversas opiniones y estrategias, pueden no satisfacer por completo los puntos de vista individuales de cada experto. Es relevante que cada experto tenga la posibilidad de revisar en detalle los resultados del estudio, y así poder ajustar sus propias estimaciones, corroborar su satisfacción con los resultados y/o proponer desafíos futuros y recomendaciones.

Para el proceso de validación se realizaron entrevistas individuales con 10 de los 13 expertos participantes. Cada entrevista tuvo una duración promedio de 2 horas. En el transcurso de esta se presentaron y analizaron en conjunto el detalle de los resultados para cada factor de riesgo. Los comentarios específicos para cada factor fueron incluidos en la sección de resultados.

Otro aspecto importante en la validación fue presentar los resultados en un taller con representantes de SUBPESCA y SERNAPESCA. En este taller, realizado en las dependencias del Servicio Nacional de Pesca, recogió comentarios y observaciones los cuales fueron incluidos en la sección de resultados y discusión.

Un elemento importante de este proyecto consiste en elaborar un elemento de difusión de los resultados. Se diseñó un díptico a formato color el cual será imprimido y distribuido en la industria, gobierno y academia. Este díptico fue especialmente diseñado para contener los principales resultados del estudio.

Tabla 2 Listado de factores de riesgo y protectores pre-identificados. En Tipo, 1=variable nominal, 2= variable continua

					Total de votos		
ID	Factor	Descripción	Tipo	Categoría del factor	2ª ronda	1ª ronda	Listado final
1	<i>Fouling de jaula</i>	Falta de mantención y/o recambio de mallas peceras en forma adecuada	1	Sanitaria	11	10	Si
2	Densidad de jaula	Densidad poblacional por jaula (km/m ³)	2	Poblacional	10	9	No
3	<i>Baños antiparasitarios</i>	Frecuencia de baños antiparasitarios (Número de baños antes del primer brote)	2	Sanitaria	10	10	Si
4	<i>Eliminación de mortalidades</i>	Altas condiciones de bioseguridad en la eliminación de mortalidades (Si, No)	1	Bioseguridad	10	9	Si
5	Temporada de stock	Estación de siembra (otoño, verano, invierno, primavera)	1	Producción	9	9	Si
6	<i>Cercanía a granja con SRS</i>	Cercanía a un centro de cultivo mientras cursa un brote severo de SRS (kilómetros)	2	Producción	9	9	Si
7	Densidad granjas en barrio	Densidad de centros de cultivos activos en el barrio (número de centros en anillo de 5 kilómetros)	2	Producción	9	9	Si
8	Descanso sincronizado	Periodo de descanso sincronizado en barrio	1	Producción	9	10	Si
9	Circulación de corriente	Condiciones de corrientes de agua de mar óptimas para peces	1	Oceanográfico	9	10	Si
10	Uso de vacunas 1	Vacunación 100% peces sembrados contra SRS	1	Sanitario	8	9	No ^a
11	<i>Eliminación productiva</i>	Practica de eliminación activa (diaria) de desadaptados y rezagados.	1	Productiva	8	7	Si
12	<i>Lobos marinos</i>	Ataques de lobos marinos debido a mala condición de las mallas loberas	1	Depredación	7	9	Si

13	Antecedentes SRS en granja	Presencia previa de SRS en granja	1	Sanitario	7	7	Si
14	Calidad de agua	Calidad de agua adecuada incluyendo oxigenación, acidez, salinidad	1	Oceanográfico	7	8	No ^a
15	Período de descanso adecuado	Periodo de descanso adecuado (número de días)	2	Productivo	6	8	No ^b
16	Cocecha	Cosecha primeras jaulas sin contención de agua sangre o derivados	1	Productivo	6	5	No ^c
17	Peces maduros	Presencia temprana de peces maduros (incluir comentario de Ortiz pero bajarlo a 1,5 kg para que no sea tan adelante en el ciclo)	1	Productivo	6	8	Si
18	<i>Diagnóstico oportuno</i>	Oportunidad diagnóstica (diagnóstico temprano clínico-laboratorio)	1	Sanitario	6	-	Si
19	<i>Cálignus</i>	Alta re-infestación de cáligus	1	Sanitario	5	-	Si
20	Biomasa sembrada	Biomasa sembrada en centro de cultivo	2	Producción	4	5	No ^d
21	<i>Peces sembrados</i>	Numero de peces sembrados en centro de cultivo (Continuo)	2	Producción	4	5	Si
22	Uso de vacunas 2	Recomendaciones de los proveedores de vacunas son cumplidas respecto al a los Grados días (UTA) de cultivo (Sí, No)	1	Sanitario	4	6	Si
23	<i>Capacitación en necropsias</i>	Personal a cargo de necropsias capacitado en identificar lesiones asociadas a patologías/toma de muestras	1	Sanitario	4	Nuevo	Si
24	Booster de vacunacion	Administra booster de vacunación (Si, No)	1	Sanitario	3	3	No
25	Planta de procesamiento	Cercanía (<5km) a plantas de procesamiento y/o acopio (Sí, No)	1	Producción	3	4	No
26	Cria de smolt	Múltiple grupos de smolt sembrados en un centro de cultivo	1	Producción	3	6	No
27	Etapas productivas barrios	Barrio en siembra vecino de barrio en cosecha	1	Producción	3	Nuevo	No

	vecinos						
28	Cosecha 2	Periodo prolongado de cosecha	1	Producción	3	Nuevo	No
29	Otras infecciones	Presencia de otras infecciones en el ciclo anterior del centro de cultivo (vibrio, BKD, otros)	1	Sanitario	2	3	No
30	Bioseguridad de equipo	Comparte equipo entre granjas sin medidas estrictas de bioseguridad (Si, No)	1	Bioseguridad	2	4	No
31	Transporte de smolt	Condiciones de transporte de smolt fueron adecuadas en términos de tiempo, bioseguridad y delta de temperatura (Si, No)	1	Bioseguridad	2	4	No
32	Calidad de smolt	procedimiento de siembra que incluya parámetros de calidad del smolt para selección/descarte de peces-siembra de primeras selecciones	1	Producción	2	Nuevo	No
33	Empresas	Numero de empresas presentes en un determinado barrio	1	Producción	2	Nuevo	No
34	Visitas Veterinarias	Periodicidad, ejemplo visitas semanales vs mensuales	1	Sanitario	2	Nuevo	No
35	Reporte de escapes	Reporte de escapes	1	Producción	1	1	No
36	Tráfico marítimo	Centro de cultivo expuesto a un tráfico marítimo alto	1	Producción	1	1	No
37	Bioseguridad de personal	Comparte personal entre granjas sin medidas estrictas de bioseguridad	1	Bioseguridad	1	4	No
38	Cepa de salmón	Tipo de cepa de salmón	1	Producción	1	2	No
39	Ovas	Origen ovas (Nacional, Importada)	1	Producción	1	1	No
40	Muelle o puerto	Cercanía (<5 km) a muelle de carga o puerto	1	Producción	1	1	No
41	Antigüedad	Antigüedad del centro de cultivo	1	Producción	1	2	No
42	Alimentación	Sobrealimentación de los peces	1	Producción	1	1	No

43	Alimentación 2	Uso de aditivos en la alimentación (antioxidantes, hepatoprotectores, etc.)	1	Producción	1	2	No
44	ACS	ACS multiespecie/ ACS Monoespecie	1	Producción	1	Nuevo	No
45	SRS en reproductores	Detección de <i>P. salmonis</i> o SRS en reproductores	1	Sanitario	0	0	No
46	Peso inicial	El peso inicial de siembra es menor a 130 gramos	1	Producción	0	3	No
47	IPN	Presencia de IPN en el ciclo anterior en el centro de cultivo	1	Sanitario	0	1	No
48	Wellboats	Bioseguridad de wellboats que trasladan peces para siembra (alta, baja y normal)	1	Bioseguridad	0	0	No
49	Centro de cultivo	Siembra de smolt provenientes de pisciculturas que hacen maquila	1	Producción	0	2	No
50	Fotoperiodo	Uso de fotoperiodo	1	Producción	0	0	No
51	Profundidad de jaula	Profundidad de jaula	2	Producción	0	0	No
52	Sistema alimentación	Alimentación (Manual, Automatizado)	1	Producción	0	0	No
53	Tipo jaula	Tipo de jaula, PVC o metálica	1	Producción	0	0	No
54	Alimentación 2	Uso de aditivos en la alimentación (antioxidantes, hepatoprotectores, etc.)	1	Producción	0	2	No
55	Largo ventana de siembra	Ventana acotada versus uso del periodo completo de siembra autorizado por normativa	1	Producción	0	Nuevo	No

^a Actualmente las 3 especies de salmónidos se vacunan casi en 100%; por lo que no tenemos mucha info respecto de qué pasaría con los peces si no se vacunaran, ya que casi todo se vacuna e igual hay brotes severos y leves de SRS.

4. RESULTADOS

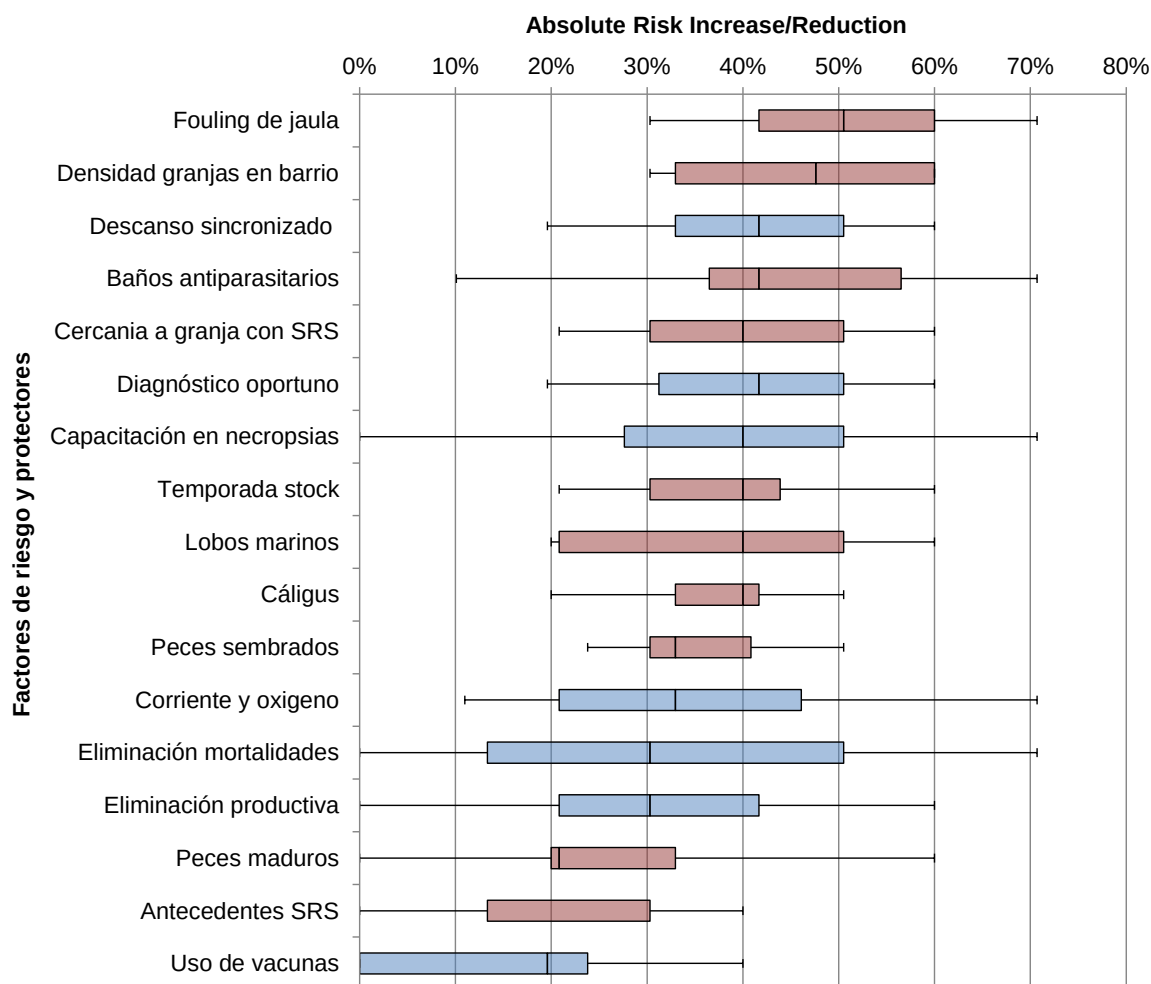
4.1. Priorización y validación de factores de riesgo y protección relevantes para el desarrollo de brotes severos de SRS

Como resultado de los protocolos y análisis realizados, detallados en la sección metodológica, se identificaron un conjunto de factores de riesgo y protectores, a nivel de centro de cultivo, que tienen una alta relevancia en el desarrollo de brotes severos de SRS en salmón del Atlántico.

La Figura 7 muestra los resultados ARR/ARI para cada factor de riesgo y protector, incluyendo la dispersión de las estimaciones dentro del panel de expertos. Como se señaló en la metodología, ARR/ARI nos indica el cambio porcentual en el aumento o disminución de la probabilidad de tener un brote severo de SRS bajo la presencia del factor de riesgo o protector. Como es lógico, el factor de riesgo aumenta la probabilidad de un brote severo y el factor protector disminuye la probabilidad de un brote severo.

Hay tres aspectos relevantes en la Figura 7 que es importante destacar. En primer lugar, en este estudio se presenta por primera vez una propuesta de priorización de factores de riesgo y protección para brotes severos de SRS. El cual incluye una estimación del aumento o disminución de la probabilidad en el riesgo de un brote severo de acuerdo a la presencia o no del factor. En segundo lugar, la Figura 7 identifica los factores principales factores de riesgo y protectores que debiesen considerarse. Cada uno de estos factores será analizado en detalle en las siguientes secciones. En tercer lugar, se observa que en los últimos 5 factores, entre un 25% y 50% de los expertos participantes le asignaron una influencia cercana a cero en el desarrollo de los brotes severos.

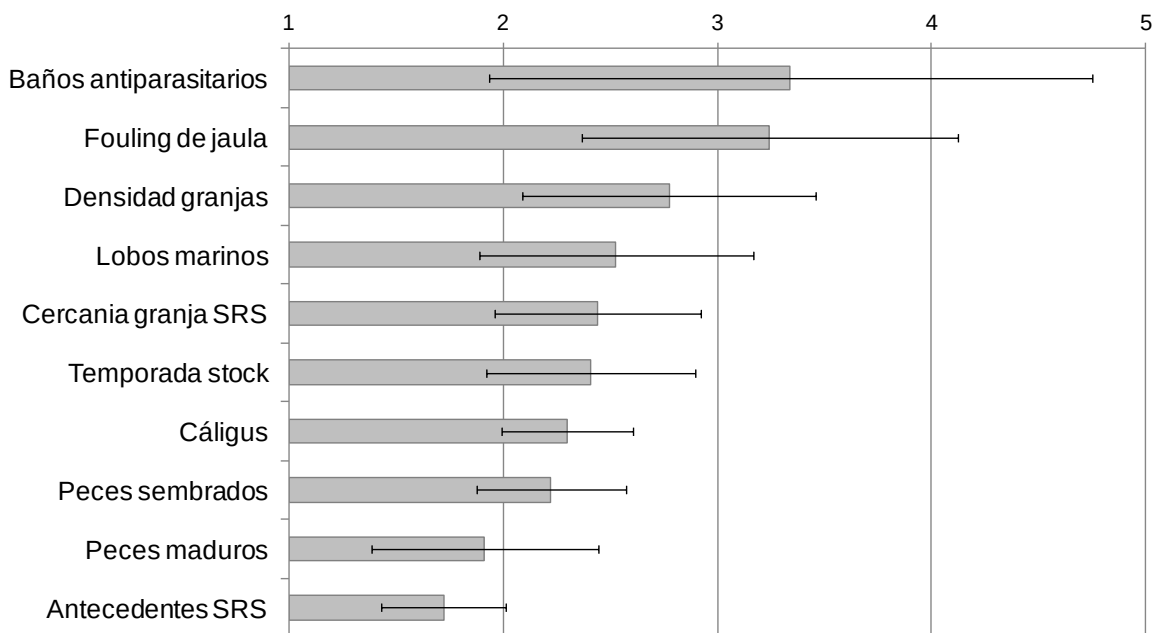
Figura 7 Box plot de Absolute Risk Increase/Reduction para de factores de riesgo (rojos) y factores protectores (azules). Los factores están organizado de mayor a menor de acuerdo al promedio.



La Figura 8 y la Figura 9 presentan los factores de riesgo y protectores, ordenados de acuerdo al valor en el *relative risk*. Como señalamos en la metodología el *relative risk* nos indica cuántas veces aumenta o disminuye la probabilidad de tener un brote severo.

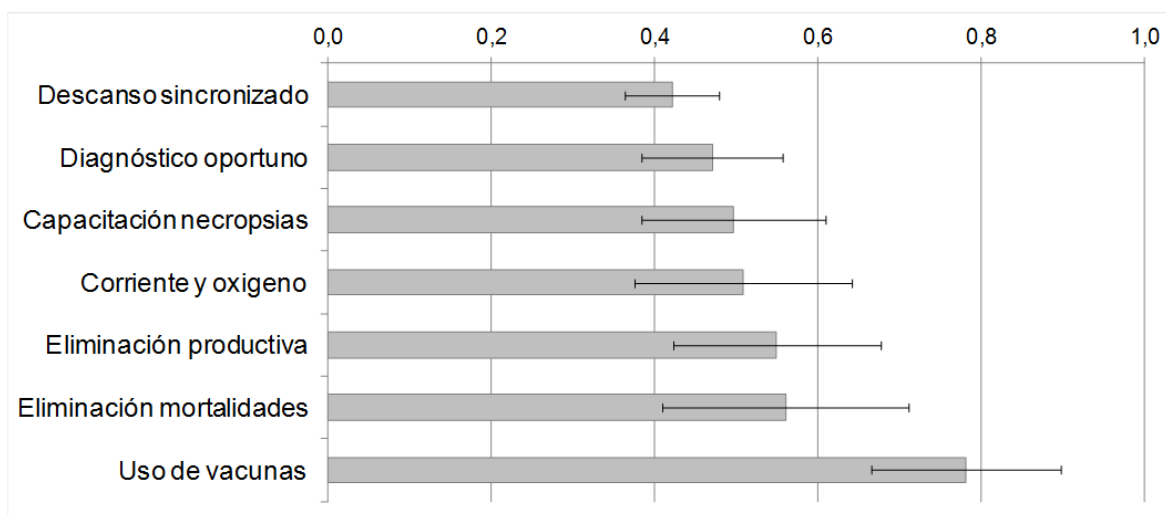
Específicamente, se identificaron 10 factores de riesgo de alta relevancia asociados con una mayor probabilidad de que estos factores promuevan brotes severos de SRS en cultivos de salmón del Atlántico a nivel de centro de cultivo (Figura 8). De ellos, los factores con mayores fuerza de asociación (*relative risk* > 3) correspondió a la mayor frecuencia de los baños antiparasitarios y el manejo del fouling en jaulas en una granja.

Figura 8 Factores de riesgo ordenados según el valor del *relative risk*. Incluye intervalo de confianza de un 95%



Con respecto a los factores de protección (Figura 9), siete de ellos aparecen como significativos variando su rango entre 0.42 y 0.77. De estos, el factor *Descanso sincronizado* aparece como el de mayor magnitud en la protección contra brotes severo de SRS.

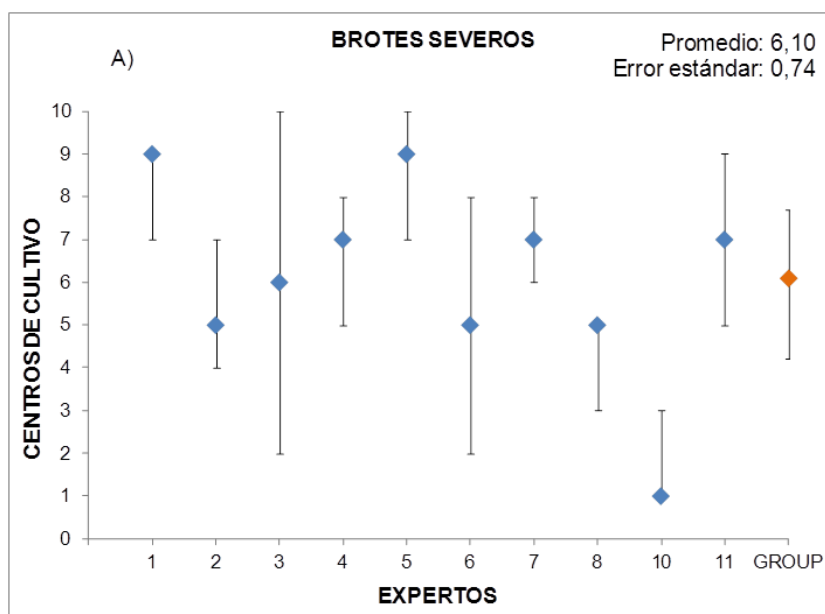
Figura 9 Factores de protectores ordenados según el valor del *relative risk*. Incluye intervalo de confianza de un 95%

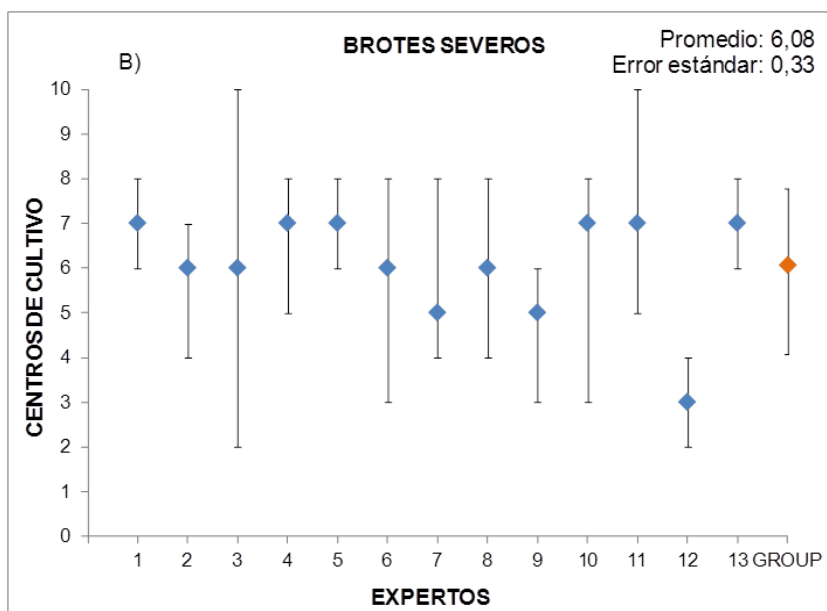


En la siguiente sección se revisarán los resultados obtenidos para cada factor. Se utiliza como estimación de referencia para los cálculos de *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* el promedio grupal en la segunda ronda de estimaciones. La segunda ronda contiene las estimaciones calibradas por los expertos después del taller grupal. En la sección de resultados del presente informe final, se incluyen para cada factor las estimaciones de los expertos en la segunda ronda.

En el anexo 2 se presentan las estimaciones para todos los factores en primera y segunda ronda. Es interesante observar el efecto que produce el taller de expertos realizado entre las dos rondas de estimaciones. Sistemáticamente se observa una reducción de la dispersión de las estimaciones en cada factor debido al taller. Para ejemplificar, la Figura 10 presenta las estimaciones del factor *Antecedentes de SRS* para la primera y segunda ronda del escenario brotes severos. Para este factor, si bien el promedio se mantiene estable, el error estándar pasa de 0,74 en la primera ronda a 0,33 en la segunda ronda.

Figura 10 Estimaciones de los expertos (puntos azules) y promedio grupal (punto naranja) para el factor *Antecedentes de SRS* en A) Primera ronda, y B) Segunda ronda





En la sección de resultados, se incluyen también las observaciones y comentarios relevantes recogidos durante el proceso de validación. Luego en la discusión se abordan los desafíos metodológicos y de manejo que los resultados presentan para los tomadores de decisiones.

4.1.1. Factores de riesgo

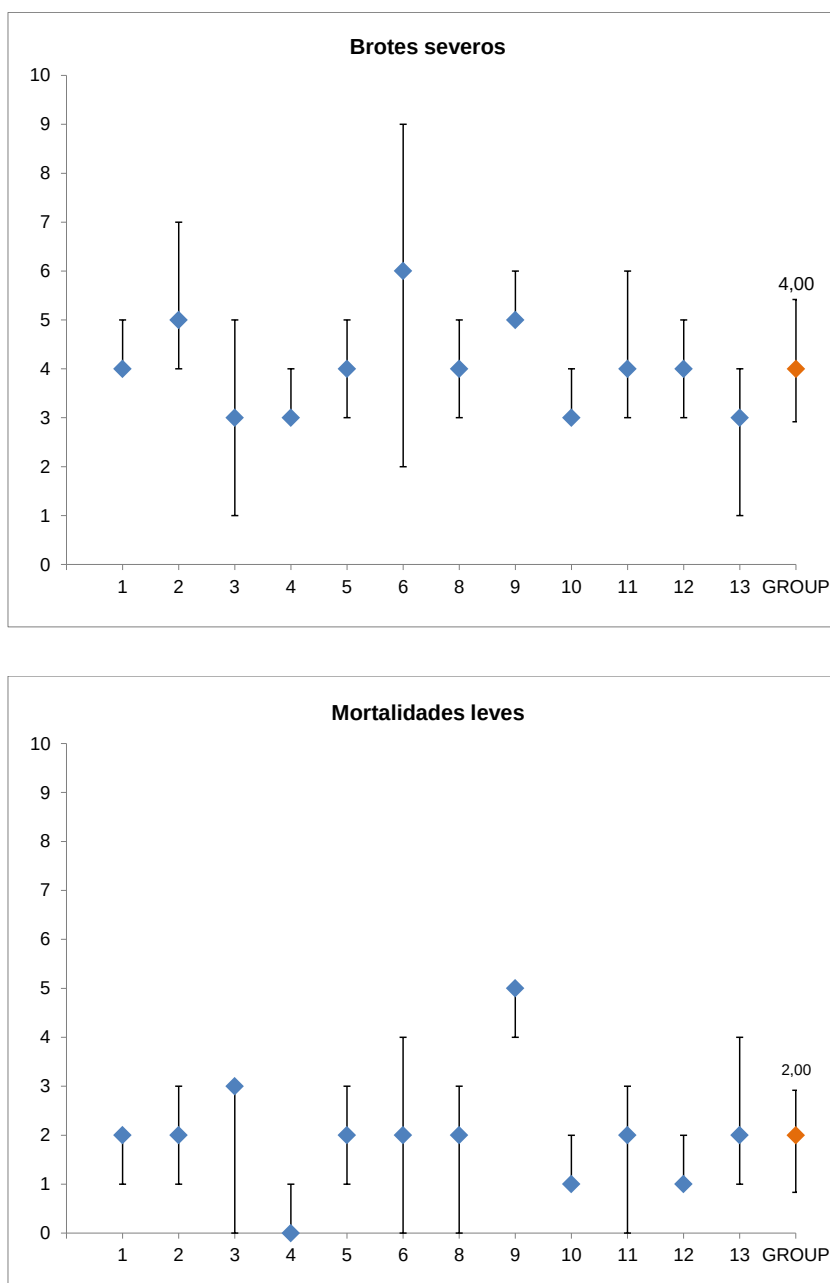
4.1.1.1. Baños antiparasitarios

El factor *baños antiparasitarios* representa el impacto de los baños antiparasitarios en el desarrollo de brotes severos de SRS. Los baños parasitarios están vinculados a la aparición de infecciones producidas para parásitos en las jaulas, particularmente cáligus. Este factor fue considerado como una variable continua, cuya unidad de medición es el número de baños antiparasitarios realizados antes del primer brote severo de SRS. Los baños antiparasitarios generan altos niveles de stress en los peces, lo que se asociaría a la reducción en la capacidad inmunológica de los peces.

En una primera etapa se buscó identificar el número máximo de baños antiparasitarios posibles de realizar sin aumentar las probabilidades de desarrollar un brote severo de SRS. La Figura 11 muestra las estimaciones realizadas por los expertos durante la segunda ronda. En promedio, en las 10 granjas con brotes severos de SRS consideradas por los expertos, se realizaron 4 baños antiparasitarios antes del primer brote severo. Este dato presenta una dispersión relativamente (Error estándar= 0,28). Por otro lado, en las 10 granjas con

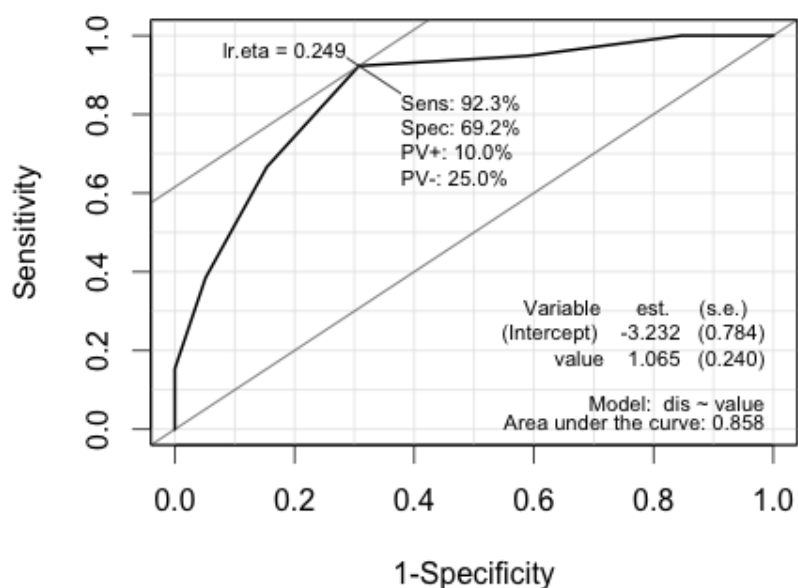
mortalidades leves consideradas por los expertos se realizaron en promedio 2 baños parasitarios antes del primer brote. Es especialmente interesante considerar los rangos de las estimaciones de los expertos en el escenario de mortalidades leves, 5 de los expertos consideran que incluso es posible que de las 10 granjas con mortalidades leves en promedio no hayan recibido baños antiparasitarios.

Figura 11 Estimaciones de los expertos para la variable continua número de *Baños parasitarios* antes del primer brote, segunda ronda



La Figura 12 muestra los resultados del ROC análisis para el factor *baños antiparasitarios*. El máximo valor para sensibilidad y especificidad es 92,3% y 69,2%, respectivamente, el cual determina el valor de $lr.eta$ (0,249). Este valor $lr.eta$ corresponde al valor de 2 baños antiparasitarios obtenido de la regresión logística. El área bajo la curva es de 0.86 considerado como bueno.

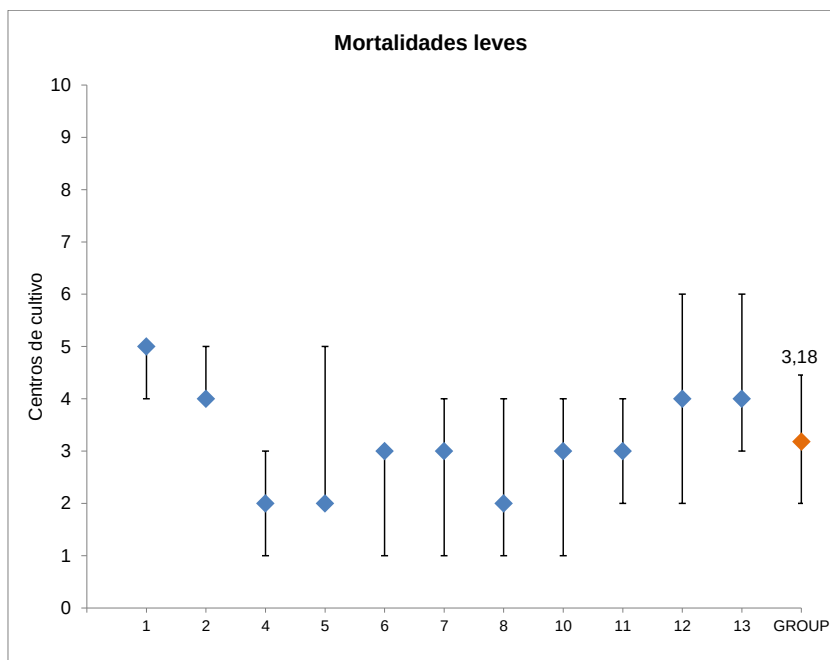
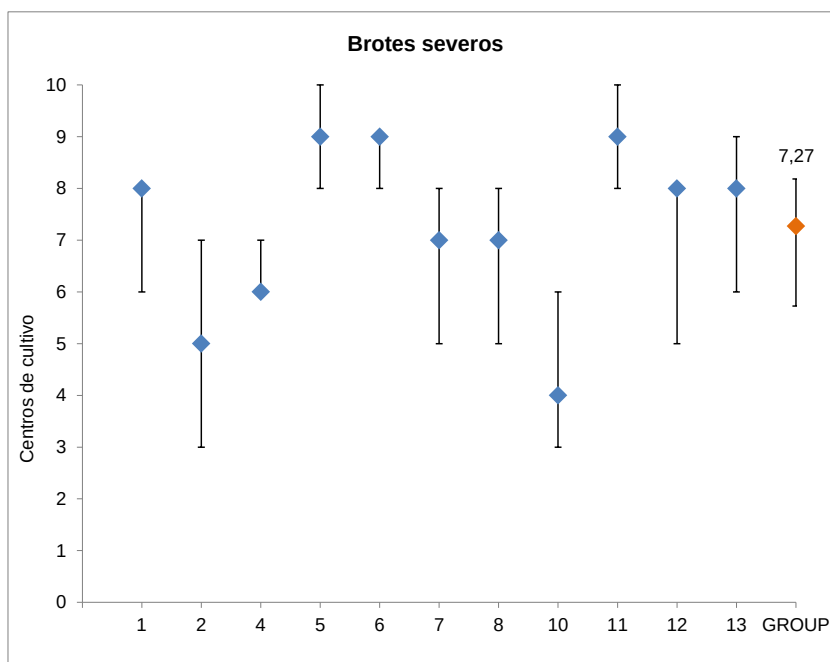
Figura 12 Análisis ROC para el factor *Baños antiparasitarios*



En una tercera etapa considerando el valor de 2 baños antiparasitarios como el valor límite, a partir del cual aumenta la probabilidad de desarrollar brotes severos de SRS, los expertos realizaron una nueva estimación para evaluar la importancia del factor en el desarrollo de brotes severos. En promedio, de las 10 granjas con brotes severos consideradas por los expertos en 7,3 se realizaron más de 2 baños antiparasitarios antes del primer brote (Figura 13). Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves en 3,2 de ellas se realizaron más de 2 baños antiparasitarios antes del primer brote. Lamentablemente, este factor presenta una mayor dispersión en torno al promedio, especialmente en el escenario de brotes severos (Error estándar= 0.51). Para 2 expertos incluso es posible que de cada 10 granjas con brotes severos de SRS solo en 3 se hayan realizado más de 2 baños parasitarios antes del primer

brote. Con respecto al escenario de mortalidades leves se presenta una menor dispersión en torno al promedio (Error estándar= 0.30).

Figura 13 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Baños antiparasitarios*



Baños antiparasitarios es el factor que presenta el valor más alto de *relative risk* (Tabla 3). El *relative risk* indica que es 3,34 veces más probable tener un brote severo de SRS si realizamos dos o más baños parasitarios. El valor de ARI/ARR nos indica que al realizar 2 o más baños antiparasitarios la posibilidad de un brote severo aumenta en un 42%. Finalmente la estimación del *odds ratio* indica que al realizar 2 o más baños antiparasitarios antes del primer brote la relación entre brotes severos y mortalidades leves es de 10,7. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 10,7 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 3 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Baños antiparasitarios*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	11	11	11
Mean	10,71	3,34	42%
SD	10,78	2,10	19%
Min	1,50	1,22	10%
Q1	4,72	2,20	36%
Median	6,00	2,67	42%
Q3	15,17	4,43	57%
Max	36,00	7,36	71%

En la etapa de validación, un experto plantea la pregunta sobre una posible asociación entre baños antiparasitarios y brotes severos de SRS mediados por la variable tiempo. Además, se plantea la discusión sobre cómo establecer asociaciones entre el factor cálido y el factor *Baños antiparasitarios*.

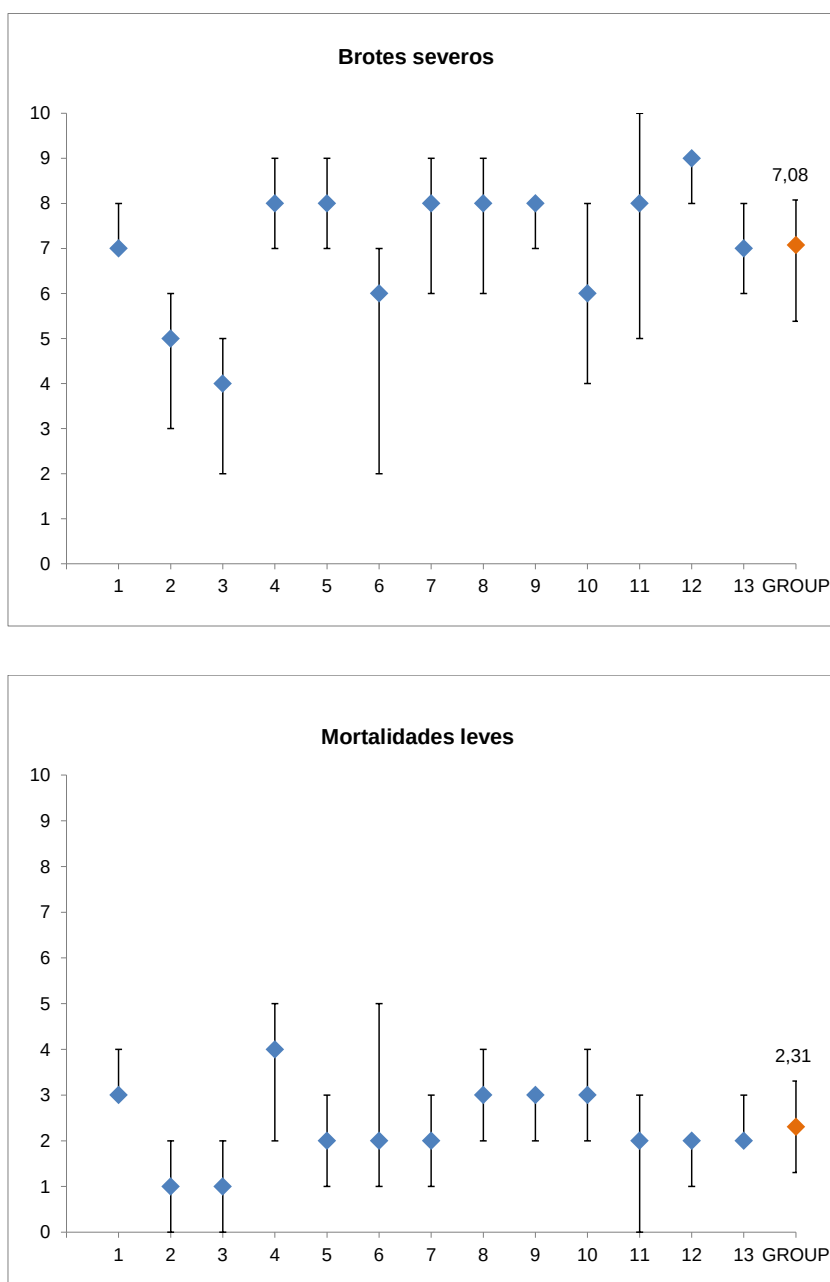
4.1.1.2. *Fouling de jaula*

Fouling de jaula, como factor de riesgo para el desarrollo de brotes severos de SRS, fue definido en este estudio como falta de mantención y/o recambio de mallas peceras que produce una *alta presencia* de organismos en éstas. La alta presencia de fouling en jaulas se refiere al estado donde los organismos obstaculizan la normal y necesaria circulación de la corriente.

Fouling de jaula es uno de los factores que aumenta en mayor medida la probabilidad de un brote severo de SRS de acuerdo a los resultados. La Figura 14 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. En promedio, los expertos señalan que de las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, 7,1 presentarían falta de mantención y/o recambio de las mallas peceras. Por otro lado, de las 10 granjas con bajas mortalidades de SRS sólo 2,3 presentarían falta de mantención y/o recambio de las mallas peceras.

Es interesante observar que considerando las 10 granjas con mortalidades leves, la variación de los expertos es relativamente baja (Error estándar= 0,24). Incluso, 3 expertos señalan que es posible que de las 10 granjas con mortalidades leves ninguna presente falta de mantención y/o recambio de mallas peceras. No obstante, considerando las 10 granjas con brotes severos la dispersión en torno al promedio es mayor (Error estándar= 0,40). La mayoría de los expertos considera que 8 de las 10 granjas con brotes severos presentaba *Fouling de jaula*, aunque 4 expertos consideran que de las 10 jaulas con brotes severos sólo 6 presentaban *Fouling de jaula*.

Figura 14 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Fouling de jaula*, segunda ronda



Fouling de jaula es uno de los factores que presenta valores más altos de relative risk (Tabla 4). El *relative risk* indica que es 3,24 veces más probable tener un brote severo de SRS si tenemos mala mantención y/o reemplazo de mallas. El valor de ARI/ARR nos indica que la mala condición y/o recambio de las mallas peceras aumentan en un 49% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del *odds ratio* indica que la

presencia de este factor de riesgo estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 11,4. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 11,4 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 4 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Fouling de jaula*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	11,38	3,24	49%
SD	8,53	1,45	11%
Min	3,50	1,83	30%
Q1	6,00	2,33	42%
Median	9,33	2,85	51%
Q3	16,00	4,00	60%
Max	36,00	7,36	71%

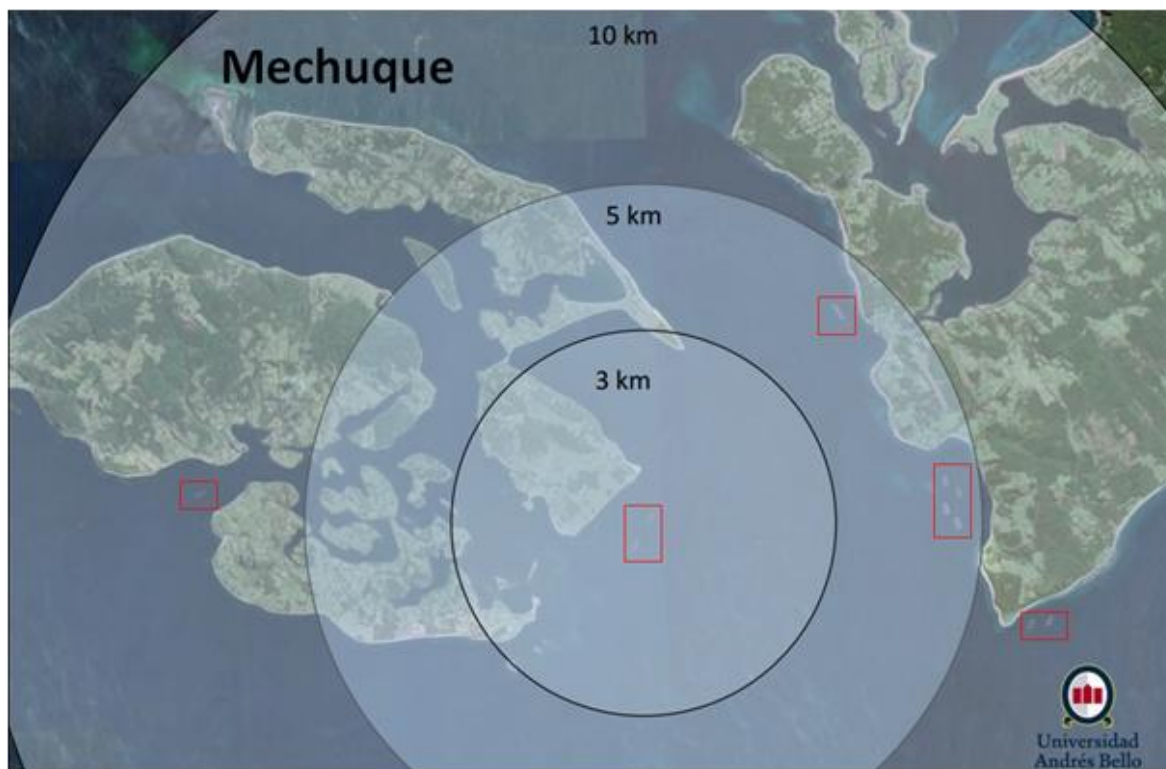
En el proceso de validación de los resultados, los expertos concuerdan la alta importancia relativa de este factor. Surgen varios comentarios relevantes los cuales debiesen considerarse para futuros estudios relacionados y prácticas de manejo. En primer lugar se plantea la necesidad de construir un indicador cuantitativo sobre qué significa fouling de jaula. En segundo lugar, no existe absoluto consenso sobre el cual es el impacto específico del factor *Fouling de jaula* que promueve los brotes severos. La mayoría de los expertos considera que el principal impacto del fouling de jaula se debe a la obstrucción mecánica, bloqueando la circulación adecuada de corriente marina, reduciendo la disponibilidad de oxígeno. No obstante, también se señala la posibilidad que los organismos presentes en el fouling de jaula actúen como reservorio para la bacteria rickettsia. Un experto plantea la pregunta sobre que estrategias son más adecuadas para reducir el fouling de jaula. Por ejemplo limpiar redes in-situ versus cambiar redes. En verano son pocos los días que las

granjas tienen las mallas limpias de fouling. De hecho cada 15 días es posible encontrar una obstrucción severa. Esto es una decisión productiva que impacto en el los ámbitos sanitarios.

4.1.1.3. *Densidad granjas en barrios*

El factor *Densidad granjas en barrios* se relaciona con la capacidad de carga de los barrios. Actualmente el sistema no permite establecer con claridad un índice de capacidad de carga homogéneo para todos los barrios. Especialmente debido a la alta heterogeneidad en las características de los barrios. Debido a estas dificultades se estableció como indicador el número de granjas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro. Para facilitar la la estimación se adjuntó en el cuestionario la Figura 15 que muestra un anillo de 5 kilómetros de perímetro a escala

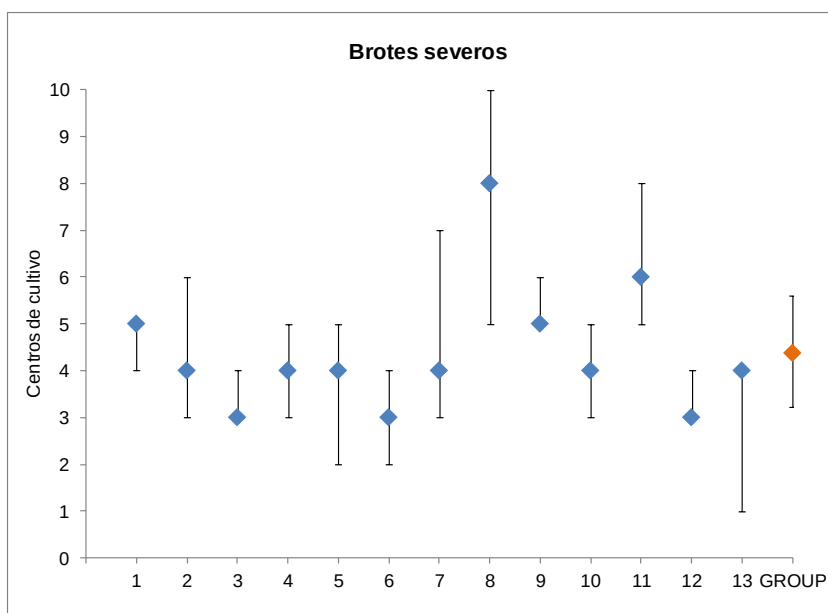
Figura 15 Mapa de la zona Mechuque con anillos concéntricos de 3, 5 y 10 km. Los cuadrados con bordes rojos muestra los centros de cultivo

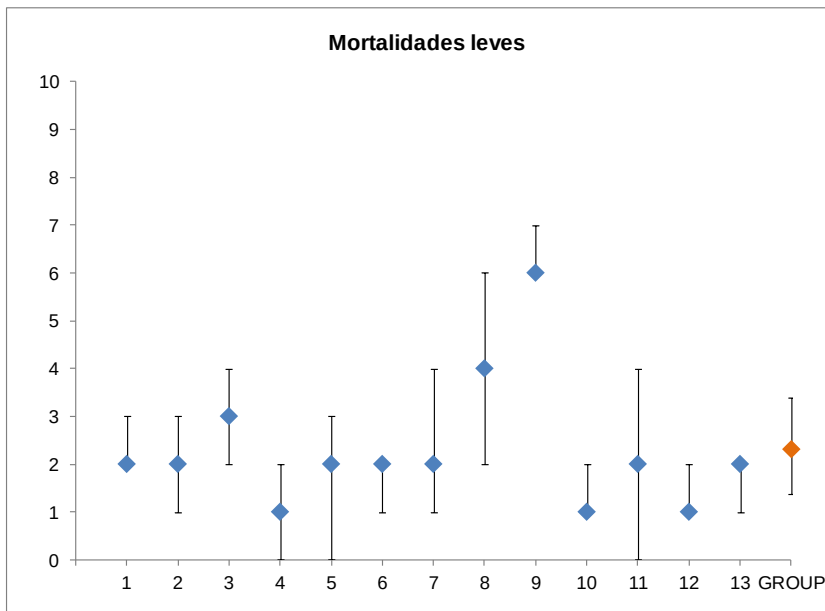


En una primer etapa se buscó identificar el número de centros de cultivo, en un anillo de 5 kilómetros de perímetro, que gatilla un aumento en la probabilidad de experimentar un

brote severo de SRS. La Figura 16 muestra las estimaciones realizadas por los expertos durante la segunda ronda. Las 10 granjas con brotes severos de SRS consideradas por los expertos colindaron con 4,4 granjas activas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro. Por otro lado, las 10 granjas con mortalidades leves de SRS consideradas por los expertos colindaron con 2,3 granjas activas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro. Es interesante notar en este caso que el experto 8 reporta que las 10 granjas con brotes severos consideradas por el presentaban en promedio 8 granjas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro.

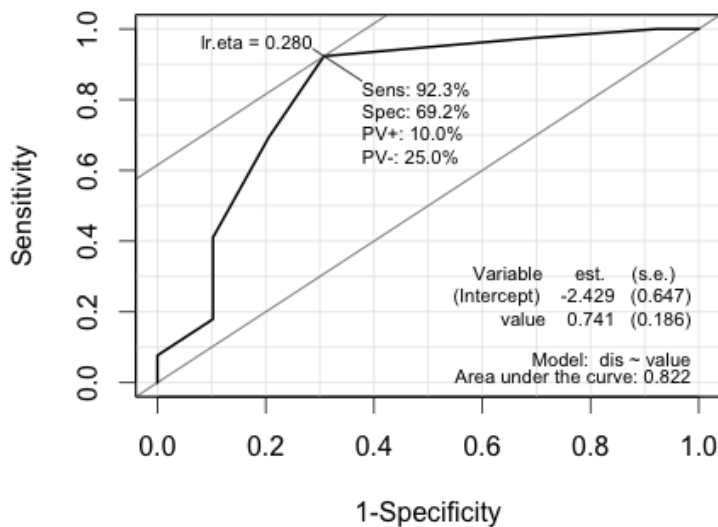
Figura 16 Estimaciones de los expertos para la variable continua número de *Baños parasitarios* antes del primer brote, segunda ronda





La Figura 17 muestra los resultados del ROC análisis para el factor *Densidad granjas en barrio*. El máximo valor para sensibilidad y especificidad es 92,3% y 69,2%, respectivamente, el cual determina el valor de $lr.eta$ (0,280). Este valor $lr.eta$ corresponde al valor de 2 granjas por barrio obtenido de la regresión logística. El área bajo la curva es de 0.82 considerado como bueno.

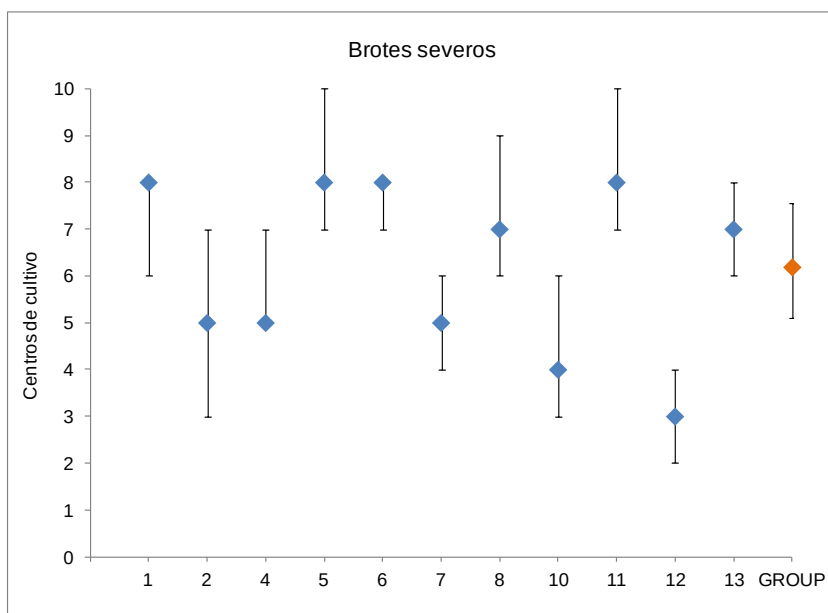
Figura 17 Análisis ROC para el factor *Baños antiparasitarios*

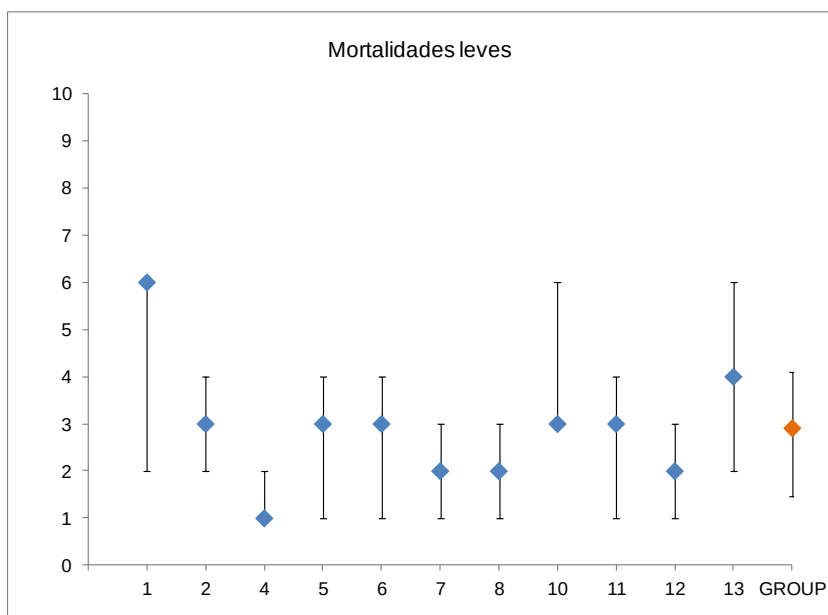


En una tercera etapa, considerando el valor de 2 granjas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro como gatillante de un aumento de la probabilidad en la emergencia de un brote severo, los expertos realizaron una nueva estimación para evaluar la importancia del factor en el desarrollo de brotes severos. De las 10 granjas con brotes severos consideradas por los expertos, en promedio en 6,2 habían 2 o más granjas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro (Figura 18). Por otro lado, en las 10 granjas con mortalidades leves en sólo 2,9 habían 2 o más granjas en un anillo de 5 kilómetros de perímetro.

Lamentablemente este factor no fue posible realizar una segunda estimación, incluyendo un taller grupal de discusión. Esto puede explicar la alta variabilidad presentada en el escenario de brotes severos (error estándar= 0,55).

Figura 18. Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Densidad granjas en barrio*, tercera ronda





Densidad granjas en barrio es uno de los tres factores que presentan valores más altos de relative risk (Tabla 5). El *relative risk* indica que es 2,77 veces más probable tener un brote severo de SRS si tenemos mala mantención y/o reemplazo de mallas. El valor de ARI/ARR nos indica que la mala condición y/o recambio de las mallas peceras aumentan en un 46% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia de este factor de riesgo estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 9,4. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 9,4 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 5 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Densidad de granjas en barrio*

	<i>Odd ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	11	11	11
Mean	9,43	2,77	46%
SD	5,57	1,02	13%
Min	3,50	1,71	30%

Q1	4,00	1,88	33%
Median	9,00	2,33	48%
Q3	16,00	4,00	60%
Max	16,00	4,00	60%

En la validación se plantea la necesidad de evaluar en su conjunto todos los factores asociados a capacidad de cargo. En este sentido el impacto de la densidad de granjas por barrio está ligado al número de peces sembrados en cada barrio.

4.1.1.4. Lobos marinos

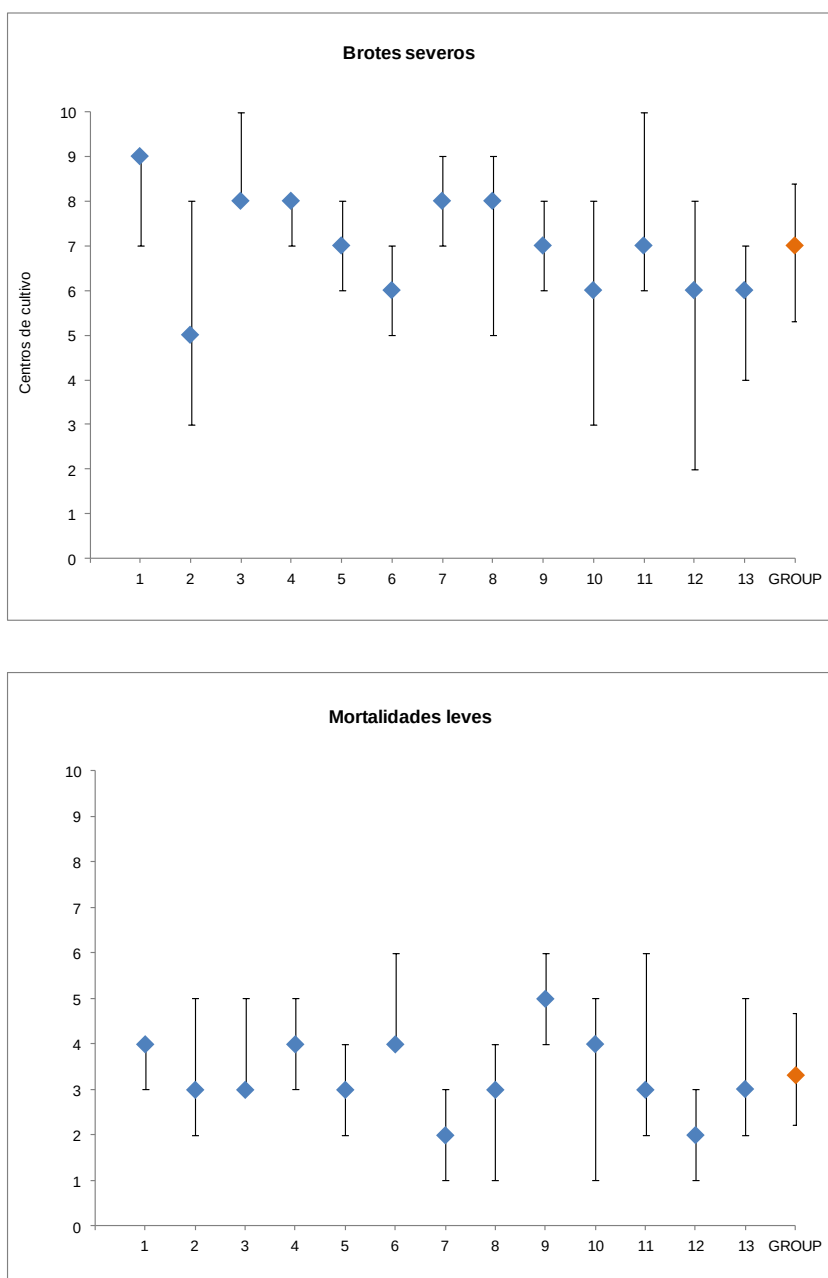
El factor *Lobos marinos* aborda el complejo tema relacionado con la presencia de lobos marinos cercanos a los centros de cultivo. Debido a la dificultad de estimar de un modo numérico el ataque de lobos marinos existente en el sistema, se acordó establecer como definición del factor la mala condición de las mallas loberas en la granja. Esto asume que una buena mantención y condición de las mallas loberas disminuiría la importancia de la presencia de lobos marinos.

La Figura 19 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De acuerdo a las estimaciones realizadas por los expertos, de las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 7,0 sufrieron ataques de lobos marinos por mala condición de las mallas loberas. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS sólo 3,3 presentaron ataques de lobos marinos por malas condiciones de las mallas loberas.

El escenario de brotes severos presenta una mayor dispersión en torno al promedio (Error estándar= 0,32). El escenario mortalidades leves no obstante presenta un relativo alto grado de consenso en las estimaciones (error estándar= 0,24)

Es interesante notar que en el escenario de brotes severos ,a pesar que algunos expertos (2, 8, 10, 12) muestran relativos altos de incertidumbre respecto a su estimación no hay mayores variaciones en la tendencia general.

Figura 19 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Lobos marinos*, segunda ronda



Lobos marinos surge como uno de los factores más importantes de acuerdo al su relative risk (Tabla 6). El *relative risk* indica que es 2,53 veces más probable tener un brote severo de SRS si tenemos ataques de lobos marinos debido a las malas condiciones de las mallas loberas. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 38% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que

la presencia del factor *Lobos marinos* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 6,4 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 6,4 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 6. Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Densidad granjas en barrio*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	6,44	2,53	38%
SD	4,45	1,06	14%
Min	2,25	1,50	20%
Q1	2,33	1,56	21%
Median	5,44	2,33	40%
Q3	9,33	3,27	51%
Max	16,00	4,85	60%

En la etapa de validación se concuerda que el factor Ataque de lobos marinos es un factor difícil de evaluar. Se proponen distintas aproximaciones, como número de ataques, número de lobos, distancia del centro de cultivo a loberas. Para ninguna de estas variables existe información disponible. Otro elemento importante destacado en las entrevistas se refiere a la posibilidad que la presencia de los lobos marinos alrededor de las mallas loberas generaría stress en los peces. Esto último independientemente del estado de las mallas loberas. La discusión gira en torno a la posibilidad de estimar el stress de los peces producido bajo diferentes interacciones con lobos marinos. Otro elemento importante es que serían reducidos los ataques de lobos antes del primer brote. Los ataques se producen a partir de etapas intermedias del ciclo productivo. También se recalca un aspecto relacionado con factor de depredación. Por ejemplo incluir en esta categoría depredación de aves. En este sentido el ataque de pájaros es muy temprano.

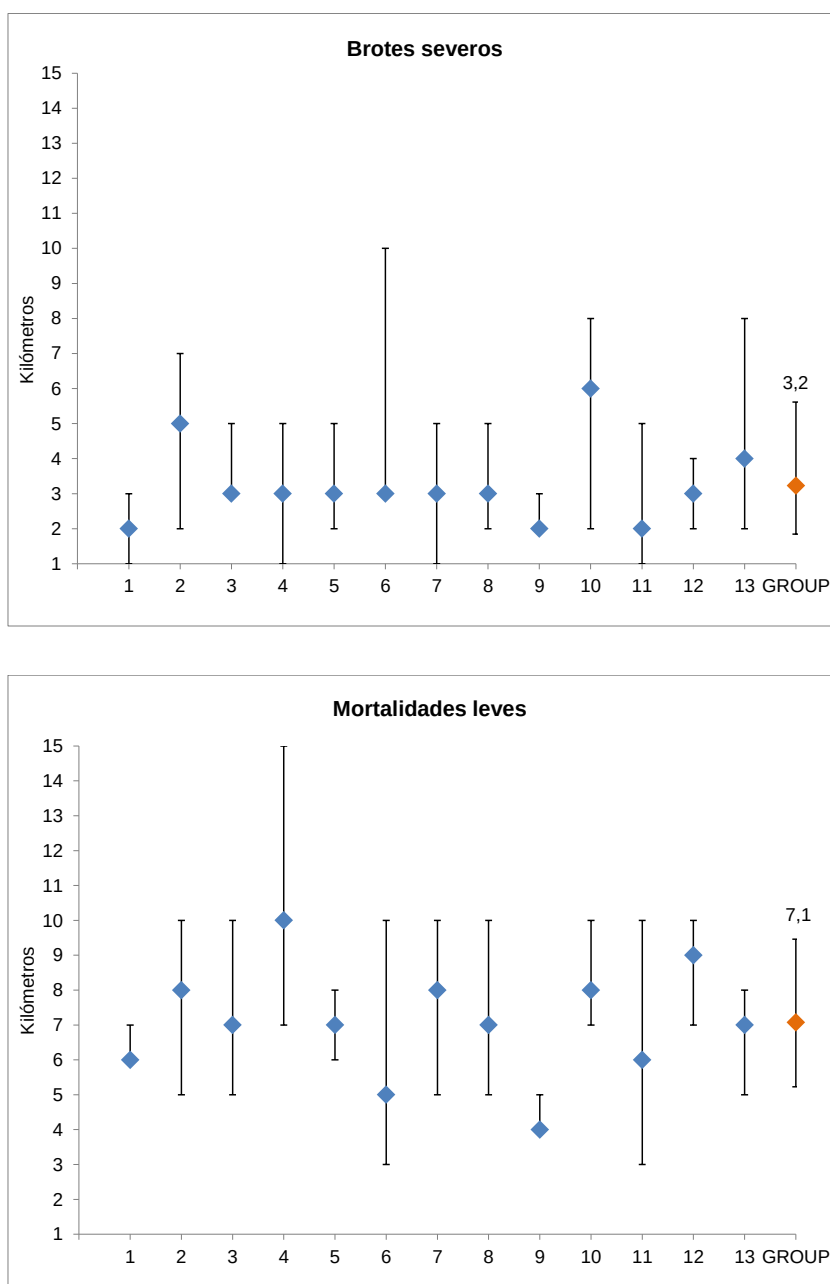
4.1.1.5. Cercanía a granja con SRS

El factor *Cercanía a granja con SRS* busca representar el impacto de granjas vecinas que estén cursando brotes severos de SRS en una granja en particular. Este factor fue considerado como una variable continua, cuya unidad de medición es kilómetros.

En una primera etapa, se buscó identificar una distancia límite entre una granja determinada y otra cursando un brote severo de SRS. El objetivo es identificar un umbral en kilómetros. Si la granja determinada se encuentra a menor distancia de este umbral de otra granja cursando un brote severo e SRS, aumenta la probabilidad que la granja determinada desarrolle también un brote severo de SRS.

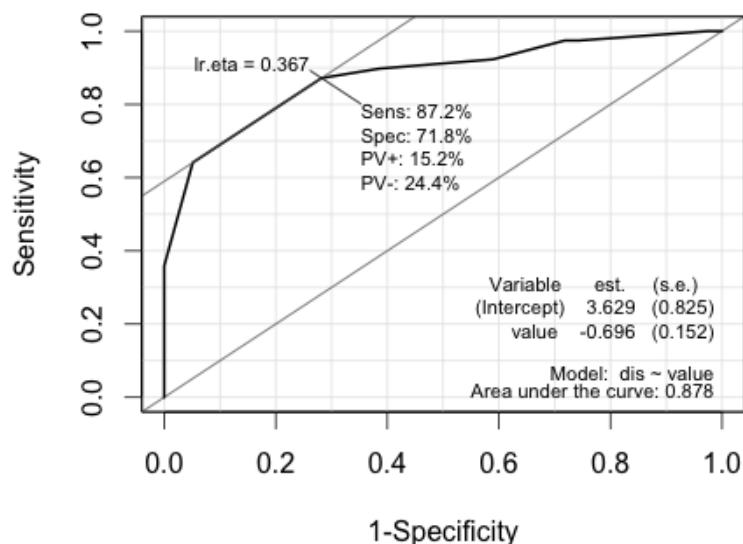
Para el cálculo de este umbral los expertos realizaron estimaciones directas del factor. La Figura 20 muestra las estimaciones de los expertos en la segunda ronda para brotes severos y mortalidades leves, respectivamente. En promedio, las 10 granjas con brotes severos consideradas por cada experto, se encontraban a 3,2 kilómetros de otra granja cursando un brote severo. En panel de expertos presenta un consenso relativamente alto (Error estándar= 0.32). Por el contrario, en promedio las 10 granjas con mortalidades leves de SRS se encontraban a 7,1 kilómetros de otra granja cursando un brote severo de SRS. En este caso el promedio presenta una dispersión mayor (Error estándar= 0.44).

Figura 20 Estimaciones de la variable continua de los expertos para el factor *Distancia a granja* con SRS en la segunda ronda



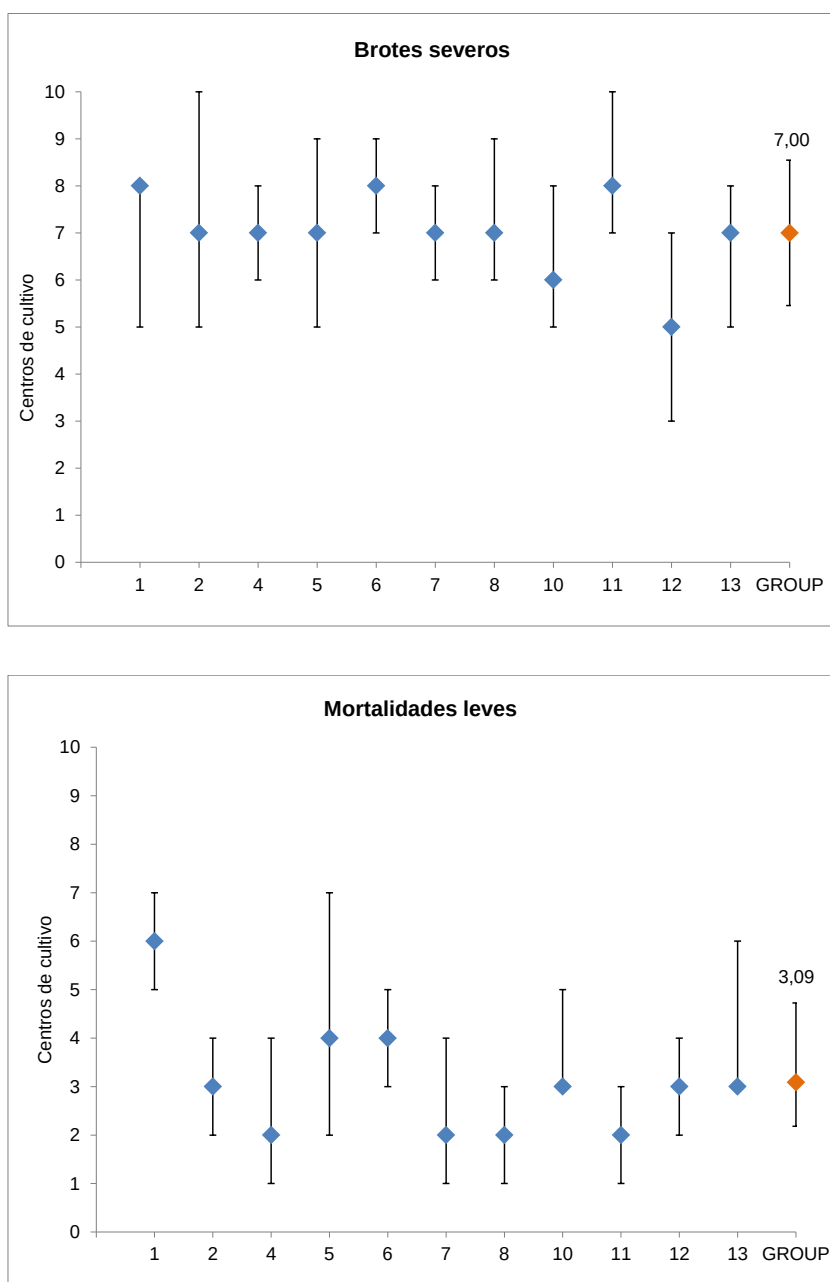
La Figura 21 muestra los resultados del ROC análisis. El máximo valor para sensibilidad y especificidad es 87,2% y 71,8%, respectivamente, el cual determina el valor de lr_{eta} (0.333). Este valor lr_{eta} corresponde al valor de 6 kilómetros obtenido de la regresión logística. El área bajo la curva es de 0,88 considerado como bueno.

Figura 21 Análisis ROC para el factor *Distancia a granja con SRS*



En una tercera etapa, considerando el valor de 6 kilómetros como umbral de tolerancia, los expertos realizaron las estimaciones para evaluar la importancia del factor para el desarrollo de brotes severos. En promedio, de las 10 granjas con brotes severos consideradas por los expertos, 7 se encontraban a menos de 6 km de otra granja cursando un brote severo de SRS (Figura 22). La dispersión en torno al promedio es relativamente baja (Error estándar= 0,27). Por el contrario, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS consideradas por los expertos, en promedio sólo 3 granjas estaban a menos de 6 kilómetros de otra granja cursando un brote severo de SRS. En este caso, la dispersión en torno al promedio es relativamente mayor.

Figura 22 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Distancia a granja con SRS*, segunda ronda



Cercanía a granja con SRS surge como un factor importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 7). El *relative risk* indica que es 2,4 veces más probable tener un brote severo de SRS si la granja en cuestión se encuentra a menos de 6 km de una granja cursando un brote severo de SRS. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 40% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica

que la presencia del factor *Cercanía a granja con SRS* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 6,6 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 6,6 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 7 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Cercanía a granja con SRS*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	11	11	11
Mean	6,63	2,44	40%
SD	4,08	0,71	12%
Min	2,33	1,50	21%
Q1	3,50	1,87	30%
Median	5,44	2,33	40%
Q3	9,33	2,85	51%
Max	16,00	4,00	60%

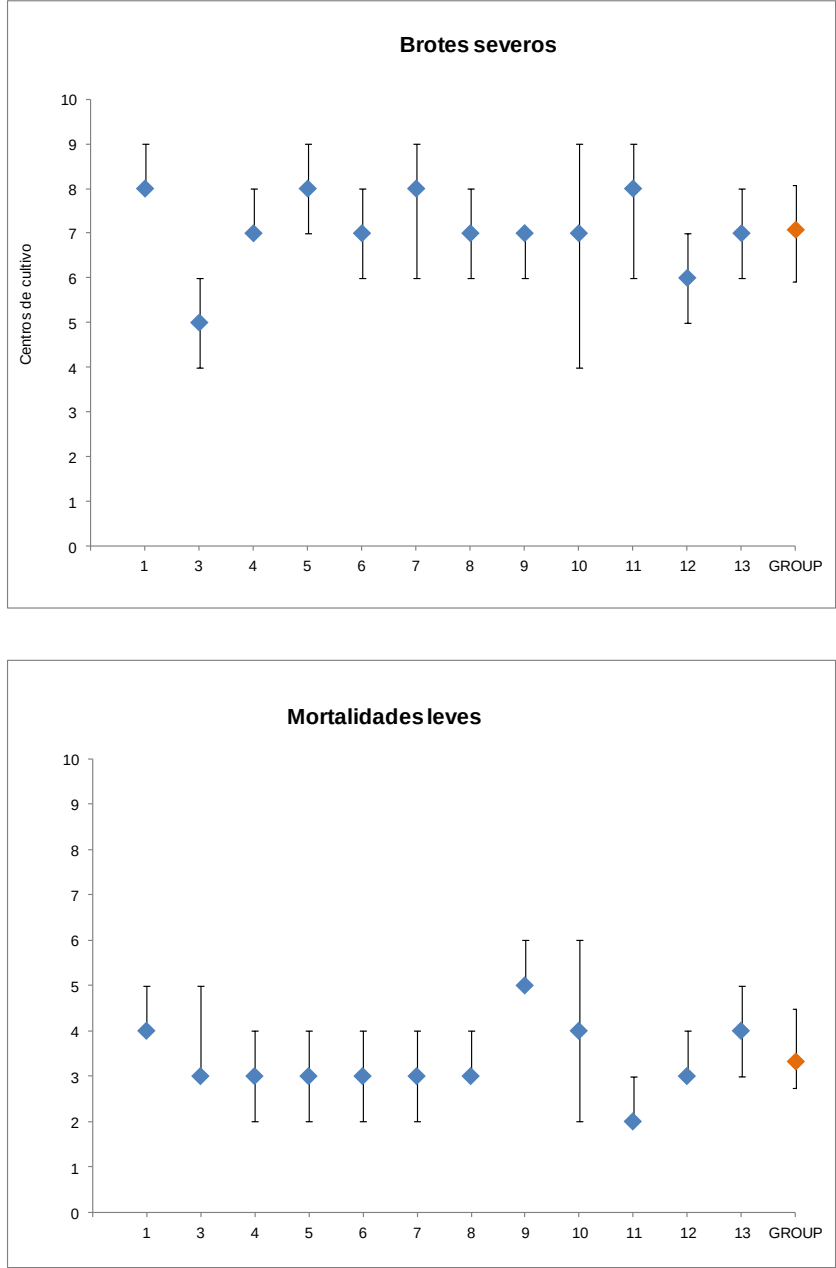
4.1.1.6. *Temporada de stock*

El factor *Temporada de stock* se refiere a la estación del año en que se realizó la siembra. Esto determina el rango de la temperatura durante el ciclo productivo. El rango de la temperatura determina en qué peso y con qué inmunidad serán desafiados los peces. Esto es particularmente importante porque en verano aumentan las condiciones climatológicas que promueven el desarrollo de enfermedades (mayor temperatura del agua, menor circulación). En este sentido, se busca que el ciclo productivo de 18 meses incluya sólo un período de verano y otoño.

Temporada de stock surge como uno de los factores más importantes. La Figura 23 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. En promedio, los expertos señalan que de las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, 7,1 granjas fueron

sembradas en verano u otoño. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS sólo 3,3 fueron sembradas en verano u otoño. Es interesante notar el alto grado de consenso en este factor tanto para brotes severos como mortalidades leves, con un error estándar de 0,26 y 0, 22, respectivamente.

Figura 23 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Temporada de stock*, segunda ronda



Temporada de stock surge como un factor importante de acuerdo a su *relative risk* (Tabla 8). El *relative risk* indica que es 2,4 veces más probable tener un brote severo de SRS si la granja en cuestión fue sembrada en los meses de verano y otoño. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 38% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Temporada de stock* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 6,0 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 6 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 8 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Temporada de stock*

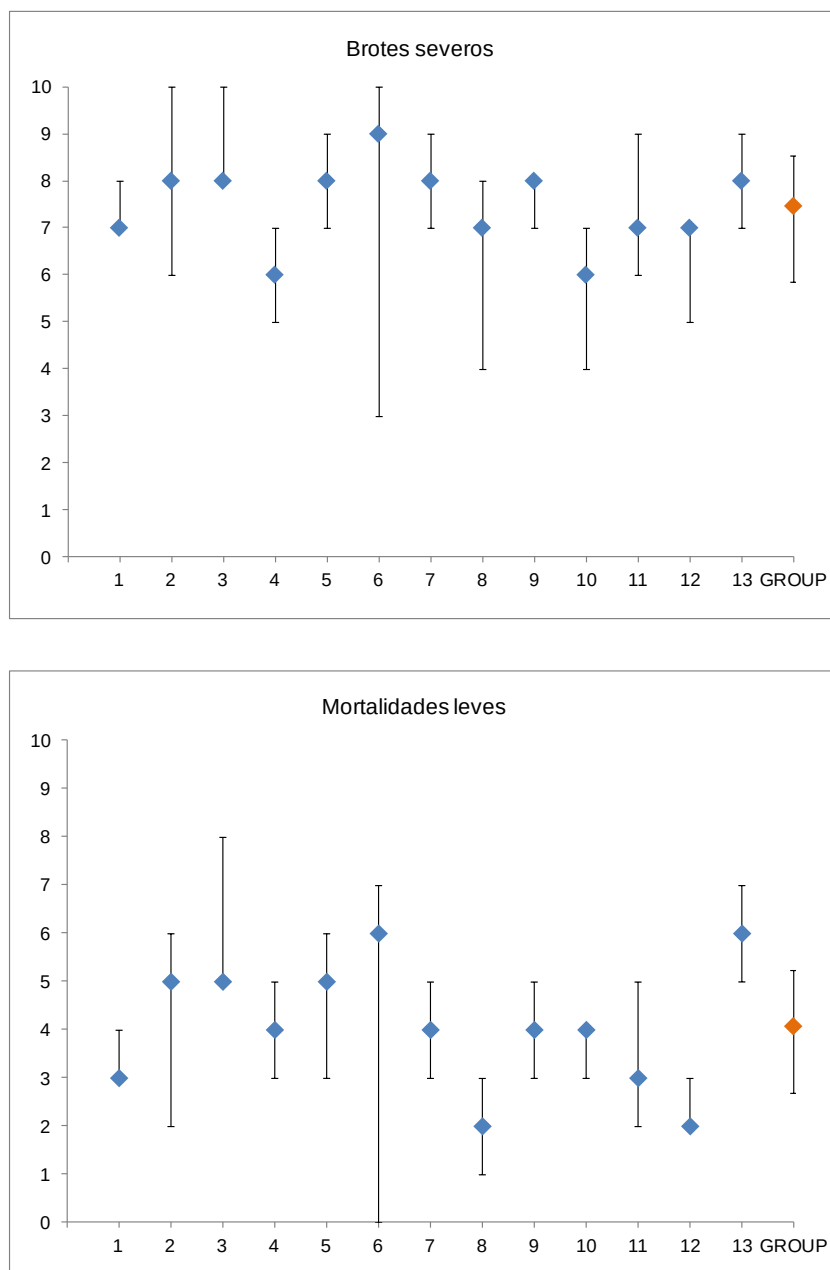
	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute risk increase/reduction (ARI/ARR)</i>
Count	12	12	12
Mean	6,01	2,41	38%
SD	3,92	0,77	12%
Min	2,33	1,50	21%
Q1	3,50	1,89	30%
Median	5,44	2,33	40%
Q3	6,83	2,82	44%
Max	16,00	4,00	60%

4.1.1.7. *Cáligus*

El factor *Cáligus* se refiere al proceso de alta re-infestación por cáligus en el centro de cultivo. La Figura 24 muestra las estimaciones de los expertos. En base a las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 7,5 granjas presentaron una alta re-infestación de cáligus. Por otro lado, en base a las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, en promedio 4,1 presentaron alta re-infestación de cáligus. Es interesante notar que

este factor presenta ya una relativa alta presencia de cálign incluso en escenarios de mortalidad leve de SRS.

Figura 24 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Cálign*, segunda ronda



Cálign surge como un factor importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 9). El *relative risk* indica que es 2,3 veces más probable tener un brote severo de SRS si la granja en

cuestión tiene una alta reinfestación por cáligns. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 36% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Cáligns* establece una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 5,1 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 5,1 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 9. Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Cáligns*.

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	5,13	2,30	36%
SD	2,31	0,50	10%
Min	2,25	1,50	20%
Q1	4,00	2,15	33%
Median	5,44	2,33	40%
Q3	6,00	2,67	42%
Max	9,33	3,00	51%

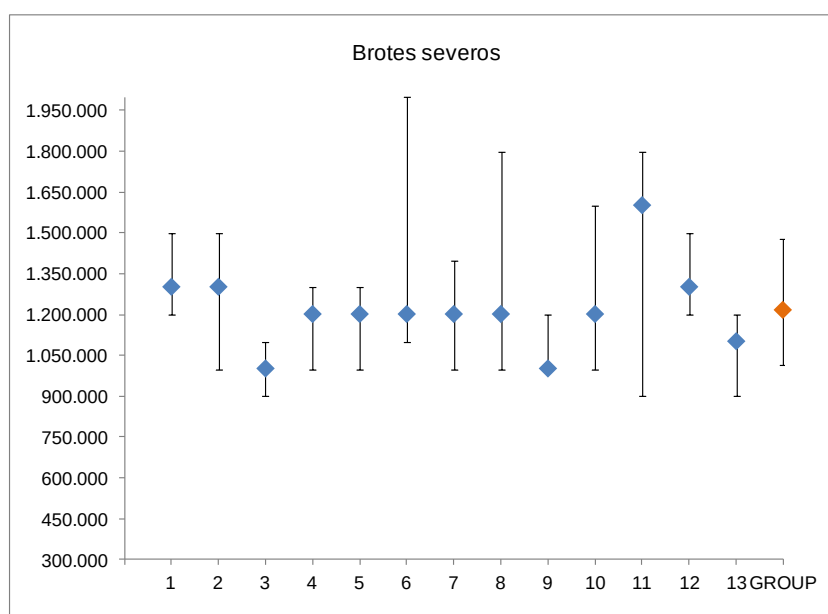
En el proceso de validación, como se señaló para el factor baños antiparasitarios, se plantea por algunos expertos que el impacto negativo del factor cáligns está estrechamente relacionado a la frecuencia de baños. No obstante, es importante considerar los dos factores por separado. Al momento del estudio, la información disponible no permitió cuantificar otras medidas más directas o variables continuas, como por ejemplo densidad de infección u otro. Sería posible entonces que los resultados estén doble contando este factor (*Cáligns* y *Baños antiparasitarios*).

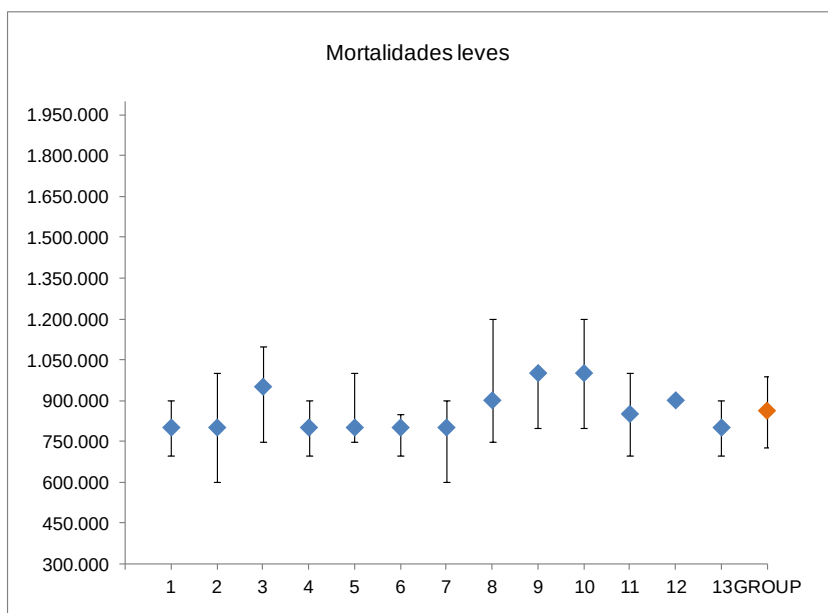
4.1.1.8. Peces sembrados

El factor *Peces sembrados* se refiere al impacto del número de peces sembrados, en dos módulos de jaulas de estructura metálica de 30 x 30 metros, en el desarrollo de brotes severos. En la actualidad no es claro cuál es el límite máximo o umbral de peces sembrados sobre el cual se incrementan las probabilidades de ser afectado por brote severos de SRS.

La Figura 25 muestra las estimaciones realizadas por los expertos en la segunda ronda. En las 10 granjas con brotes severos de SRS, en promedio se sembraron 1.215.385 peces. Por otro lado, en las 10 granjas con mortalidades leves de SRS se sembraron en promedio 861.538 peces.

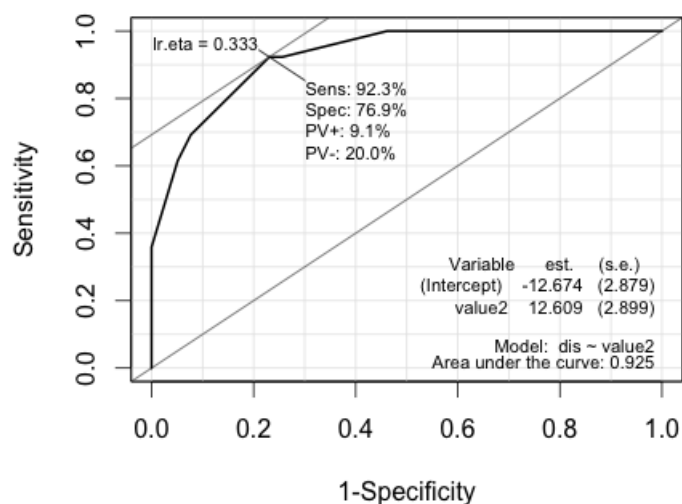
Figura 25 Estimaciones de los expertos para la variable continua *Peces sembrados* antes del primer brote, segunda ronda





La Figura 26 muestra los resultados del ROC análisis para el factor *Peces sembrados*. El máximo valor para sensibilidad y especificidad es 92,3% y 76,9%, respectivamente, el cual determina el valor de $lr.eta$ (0,333). Este valor $lr.eta$ corresponde al valor de 950.000 obtenido de la regresión logística. El área bajo la curva es de 0.92 considerado como muy bueno.

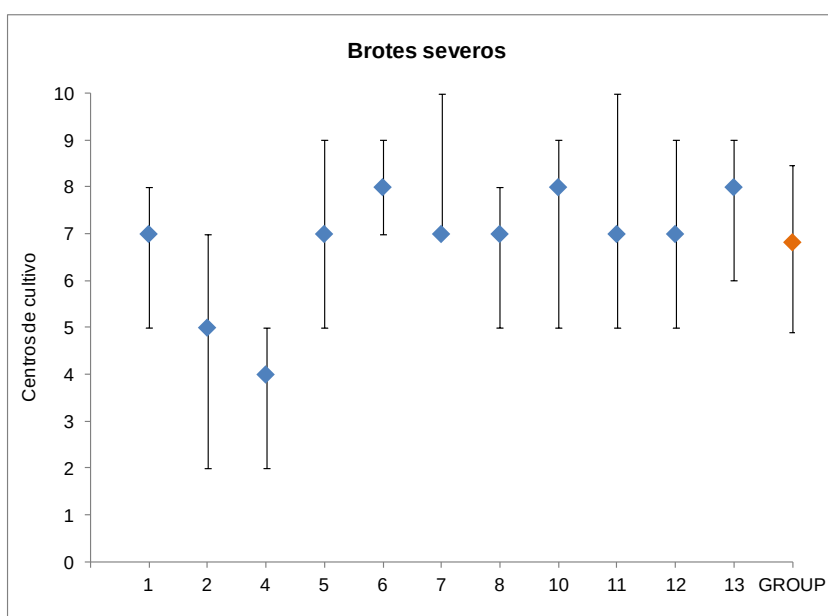
Figura 26 Análisis ROC para el factor *Peces sembrados*

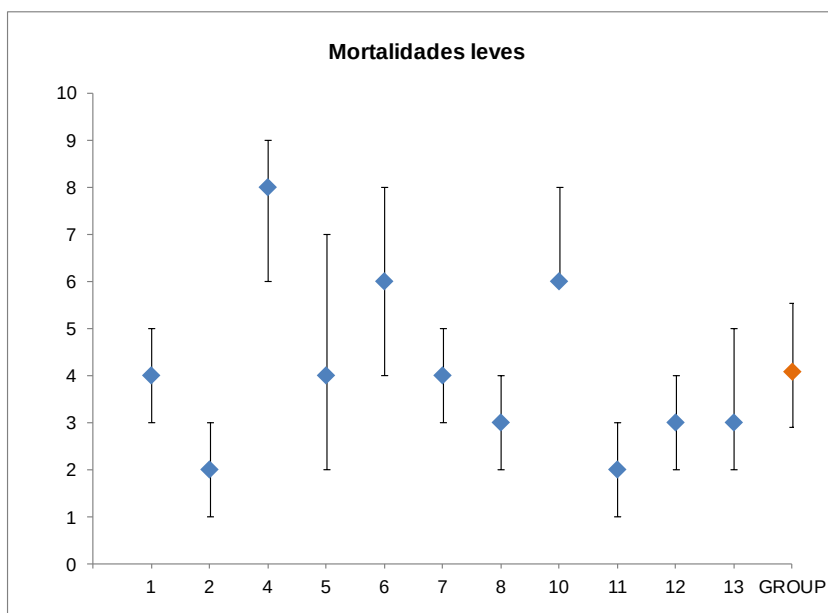


Es una tercera etapa, considerando el valor de 950.000 peces sembrados como un límite sobre el cual aumenta la probabilidad de un brote severo, los expertos realizaron una nueva estimación para evaluar la importancia del factor en el desarrollo de brotes severos. De las 10 granjas con brotes severos de SRS consideradas por los expertos, en promedio en 6,8 se sembraron más de 950.000 peces (Figura 27). Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves consideradas en 4,1 se sembraron más de 950.000 peces.

Especialmente el escenario de mortalidades leves presenta una dispersión relativamente alta (error estándar= 0,56). Esto se puede explicar porque esta evaluación se realizó en la tercera ronda y consideró una etapa de reunión para su calibración.

Figura 27 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Densidad granjas en barrio*, tercera ronda





Peces sembrados surge como un factor de una importancia relativa moderada de acuerdo a su relative risk (Tabla 10). El *relative risk* indica que es 2,2 veces más probable tener un brote severo de SRS si en la granja en cuestión fueron sembrados más de 950 mil peces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 36% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Peces sembrados* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 5,0 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 5 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 10 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Peces sembrados*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	11	11	11
Mean	5,04	2,22	36%
SD	2,40	0,52	9%
Min	2,67	1,71	24%

Q1	3,50	1,88	30%
Median	4,00	1,91	33%
Q3	5,72	2,50	41%
Max	9,33	3,27	51%

En las entrevistas de validación se resaltó la asociación entre *Peces sembrados* y *Densidad de peces sembrados*. Se considera que efectivamente el número de peces sembrados es un indicador más útil en este caso. La densidad de peces tiene mayor efecto en la medida que avanza el ciclo productivo. No así para los primeros 5 o 6 meses.

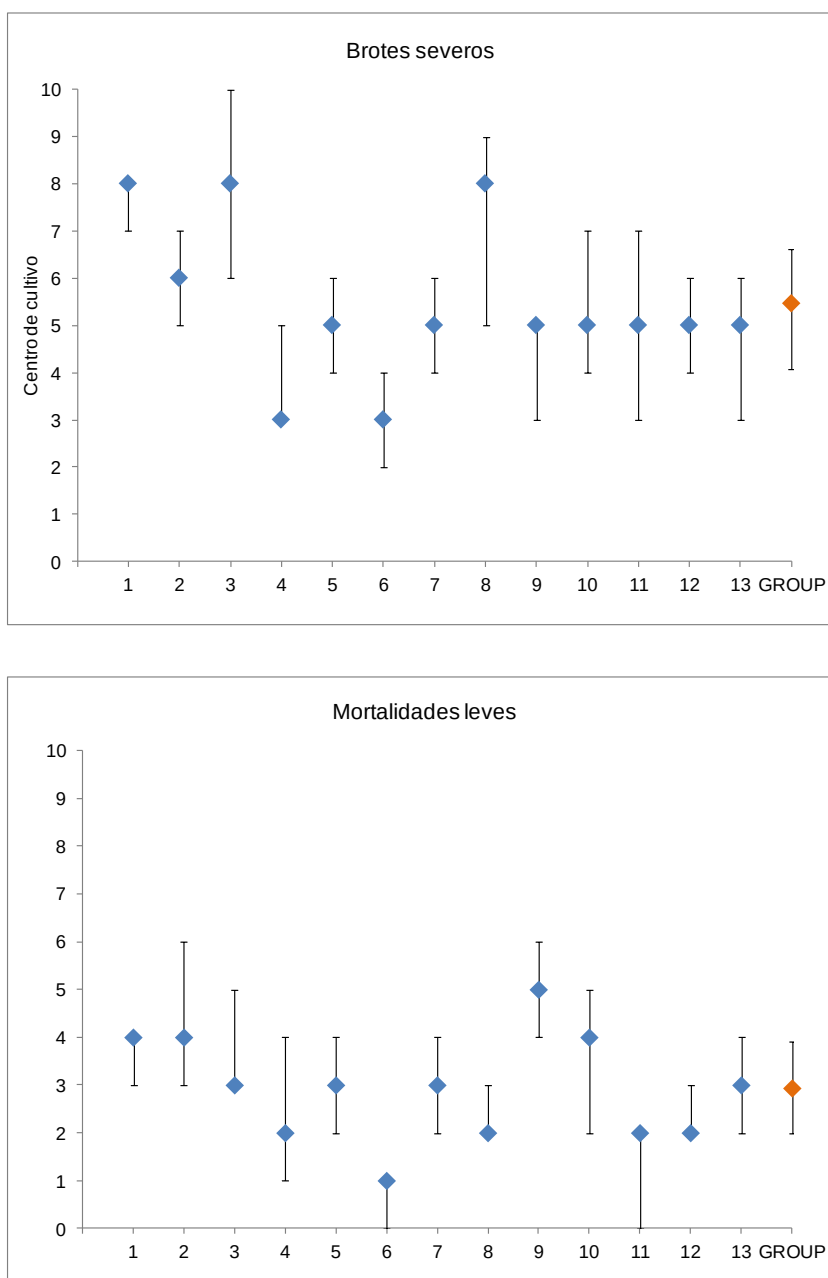
4.1.1.9. Peces maduros

El factor *Peces maduros* se refiere a niveles relativamente altos de mortalidades tempranas de peces maduros. Específicamente cuando los peces tienen alrededor de 1,5 kg de peso.

La Figura 28 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De acuerdo a las estimaciones realizadas por los expertos, de las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 5,5 presentaron un alto nivel de mortalidades tempranas de peces maduros. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 2,9 granjas presentaron un alto nivel de mortalidades tempranas de peces maduros.

Es interesante notar que en el escenario de brotes severo, hay una dispersión relativamente alta (error estándar= 0,46). Si bien la mayoría de los expertos coincidió en señalar que de las 10 granjas con brotes severos 5 granjas presentaron alta mortalidad temprana de peces maduros, tres expertos reportan que en los 10 casos considerados por ellos, en 8 hubieron alta mortalidad temprana de peces maduros. El escenario mortalidades leves presenta una dispersión moderada (error estándar= 0,31).

Figura 28 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Peces maduros*, segunda ronda



Peces maduros surge como un factor de una importancia relativa moderada de acuerdo a su relative risk (Tabla 11). El *relative risk* indica que es 1,9 veces más probable tener un brote severo de SRS si en la granja en cuestión presenta mortalidades de peces maduros. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 27% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del

factor *Peces maduros* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 4,4 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 4,4 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 11. Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Peces maduros*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	4,36	1,91	27%
SD	4,15	0,88	17%
Min	1,00	1,00	0%
Q1	2,25	1,50	20%
Median	2,33	1,50	21%
Q3	4,00	1,86	33%
Max	16,00	4,00	60%

Uno de los aspectos relevantes que surgen en la validación, se refiere a clarificar que presencia temprana no se refiere a post-ingreso. Sí tiene relevancia la aparición de maduros cuando los peces tienen alrededor de 1,5 o 2 kg de peso. Especialmente porque los peces maduros pueden ser reservorios de SRS al no ingerir los alimentos. Este factor se relaciona a la calidad de smolts.

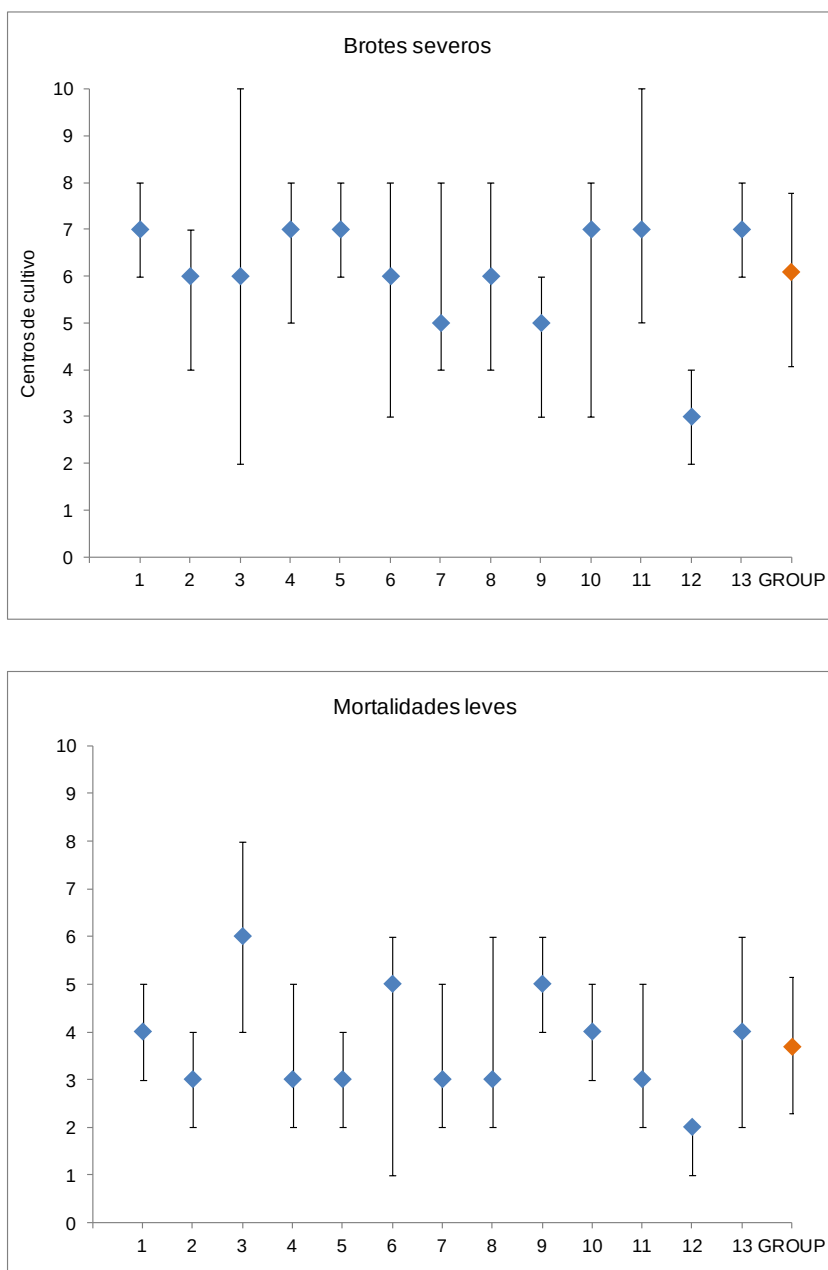
4.1.1.10. Antecedentes de SRS

El factor *Antecedentes de SRS* se refiere a la presencia de brotes severos de SRS en los ciclos productivos anteriores. En conjunto con los expertos se acordó considerar los dos últimos ciclos productivos como referencia.

La Figura 29 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De acuerdo a las estimaciones realizadas por los expertos, de las 10 granjas con brotes severos de SRS por

ellos consideradas, en promedio 6,1 granjas presentaban antecedentes de brotes severos de SRS en la granja. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 3,7 granjas presentaban antecedentes de brotes severos de SRS en la granja. Tanto el escenario de brotes severos como mortalidades leves presentan una dispersión moderada (error estándar= 0,33 y 0,31, respectivamente).

Figura 29 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Antecedentes de SRS*, segunda ronda



Antecedentes de SRS en granja surge como un factor de una importancia relativa moderada de acuerdo a su *relative risk* (Tabla 12). El *relative risk* que es 1,7 veces más probable tener un brote severo de SRS si en la granja en cuestión presenta antecedentes de SRS en el ciclo productivo anterior. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 24% la posibilidad de un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Antecedentes de SRS* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 3,2 veces. Es decir, bajo la presencia del factor, cada 3,2 granjas con brotes severos, hay 1 granja con mortalidades leves.

Tabla 12 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Antecedentes de SRS*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	3,18	1,72	24%
SD	1,61	0,48	14%
Min	1,00	1,00	0%
Q1	1,71	1,29	13%
Median	3,50	1,83	30%
Q3	3,50	1,91	30%
Max	5,44	2,33	40%

En la validación se plantea la necesidad de aclarar la asociación entre el factor *Antecedentes de SRS* y la ausencia de descansos apropiados. Es decir, si el descanso es largo (más de tres meses) tal como indica la norma actualmente, no sería relevante. En el escenario en que el factor sigue siendo relevante a pesar de respetar los períodos de descanso, se debiese evaluar la relación de este factor con Circulación de corriente. En este sentido, la recurrencia de la enfermedad pudiese relacionarse a condiciones oceanográficas.

4.1.2. Factores protectores

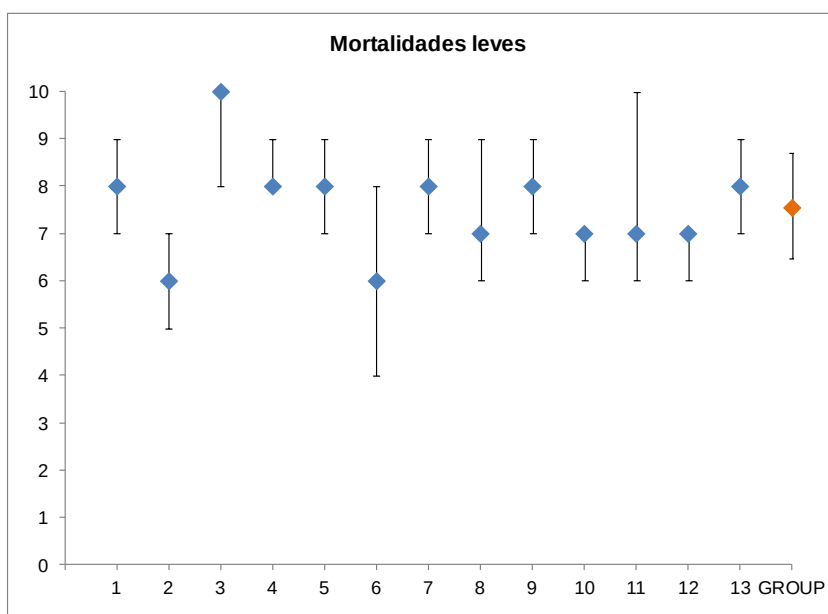
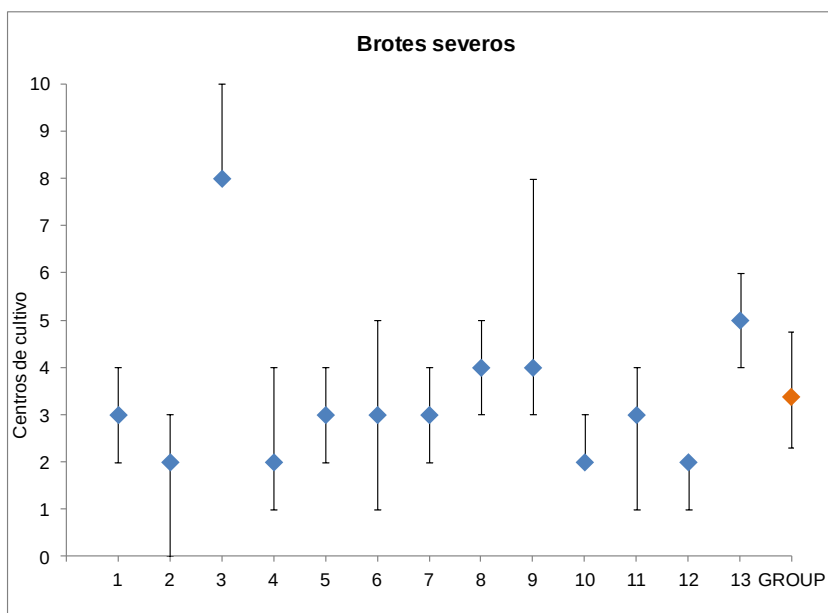
4.1.2.1. *Descanso sincronizado*

El factor *Descanso sincronizado* se refiere a sincronizar el periodo de descanso de una granja en particular con el período de descanso del resto de las granjas en el mismo barrio. Hay consenso sobre la importancia de realizar cortes productivos, reduciendo la carga ambiental de la bacteria. Es un factor relacionado con el número de días de descanso, lo cual se asume de 90 días considerando la normativa vigente. Existe consenso entre los miembros del panel que 90 días de descanso es un período adecuado de descanso.

La Figura 30 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 3,4 granjas presentaron períodos de descanso sincronizados. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 7,5 granjas presentaron períodos de descanso sincronizados.

El escenario de brotes severos presenta una dispersión relativamente alta (error estándar= 0,46). Especialmente destaca la estimación del experto 3. De las 10 granjas con brotes severos de SRS consideradas por este experto a lo menos 8 tuvieron descanso sincronizado. Para el escenario de mortalidades leves la dispersión es relativamente baja (error estándar= 0,29).

Figura 30 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Descanso sincronizado*, segunda ronda



Descanso sincronizado surge como el factor protector más importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 13). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0.42. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 2,38 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 42% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Descanso sincronizado* estable una relación entre brotes severos y

mortalidades leves de 0,18. Es decir, si hubo descanso sincronizado, cada 100 granjas con mortalidades leves, 18 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 13 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Descanso sincronizado*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	0,18	0,42	42%
SD	0,11	0,13	11%
Min	0,06	0,25	20%
Q1	0,11	0,35	33%
Median	0,17	0,38	42%
Q3	0,25	0,52	51%
Max	0,44	0,71	60%

En la validación se plantea que este factor no está considerando el potencial riesgo de las ventanas de siembra, dentro de lo que se entiende por el factor *Descanso sincronizado*. Por ejemplo, si alguien sembrase en los dos extremos del período aceptado por la normativa no es claro si esto pudiese aumentar la probabilidades de brotes severos.

4.1.2.2. Diagnóstico oportuno

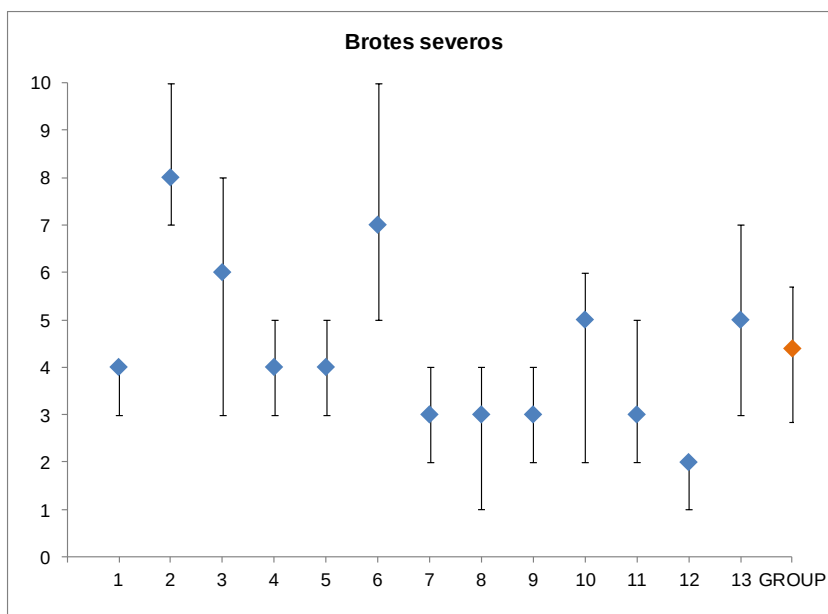
El factor *Diagnóstico oportuno* se refiere a la capacidad de realizar un diagnóstico (clínico-laboratorio) de SRS oportuno o temprano, considerando además la capacidad de respuesta como parte de un diagnóstico oportuno.

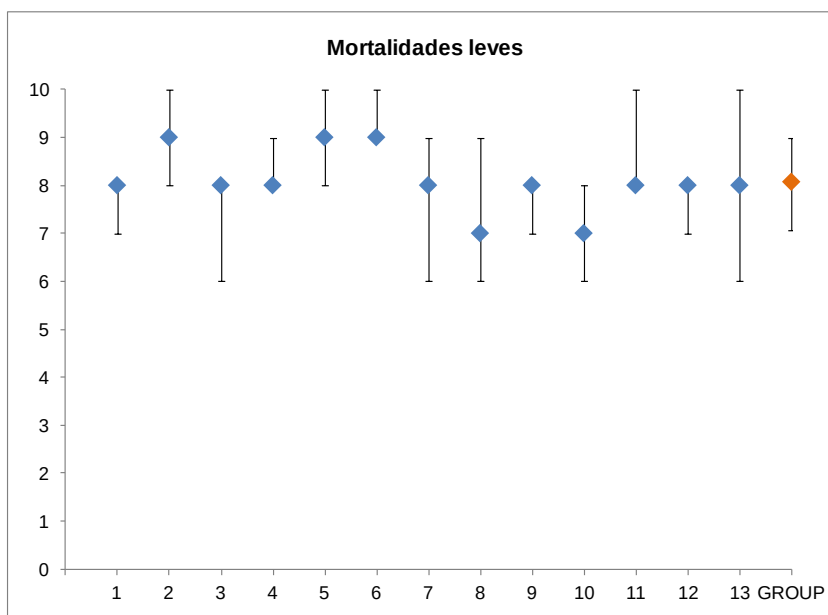
La Figura 31 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 4,4 granjas presentaron un diagnóstico oportuno. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 8,1

granjas presentaron un diagnóstico oportuno. Incluso 5 expertos señalan que es posible que de las 10 granjas con mortalidades leves, las 10 presentaron un diagnóstico oportuno.

Es interesante notar que los escenarios de brotes severos y mortalidades leves presentan diferente grados de dispersión. En el caso de mortalidades leves, la dispersión es relativamente muy baja (error estándar= 0,18). Sin embargo, en el caso brotes severos, la dispersión es relativamente alta (error estándar= 0,49). Estos datos parecen indicar que el diagnóstico oportuno es una condición necesario para lograr mortalidades leves de SRS, pero no suficiente para evitar brotes severos.

Figura 31 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Diagnóstico oportuno*, segunda ronda





Diagnóstico oportuno surge como uno de los factores protectores más importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 14). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0.47. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 2,12 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 40% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Diagnóstico oportuno* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,21. Es decir, si hubo adecuada capacitación en necropsias, cada 100 granjas con mortalidades leves, 21 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 14 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Diagnóstico oportuno*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	0,21	0,47	40%
SD	0,13	0,14	13%
Min	0,06	0,25	20%

Q1	0,11	0,35	31%
Median	0,17	0,44	42%
Q3	0,26	0,58	51%
Max	0,44	0,71	60%

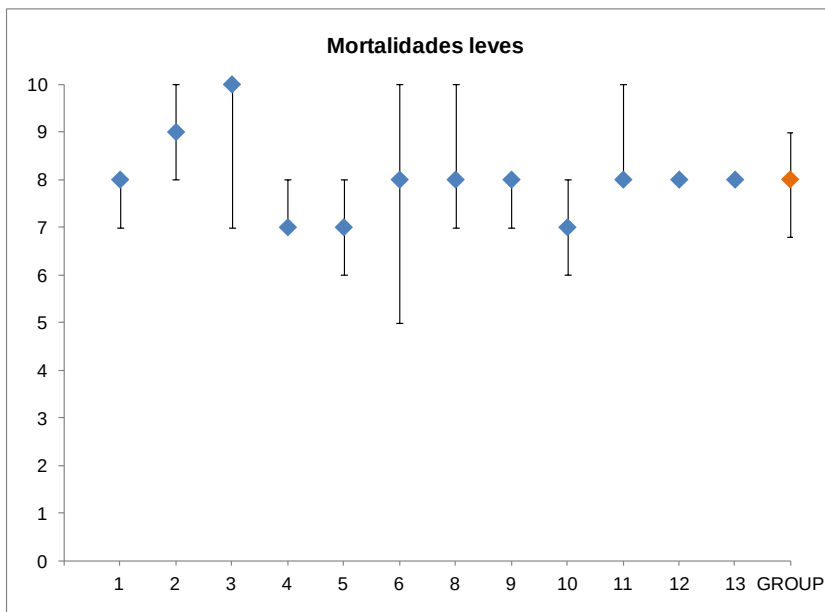
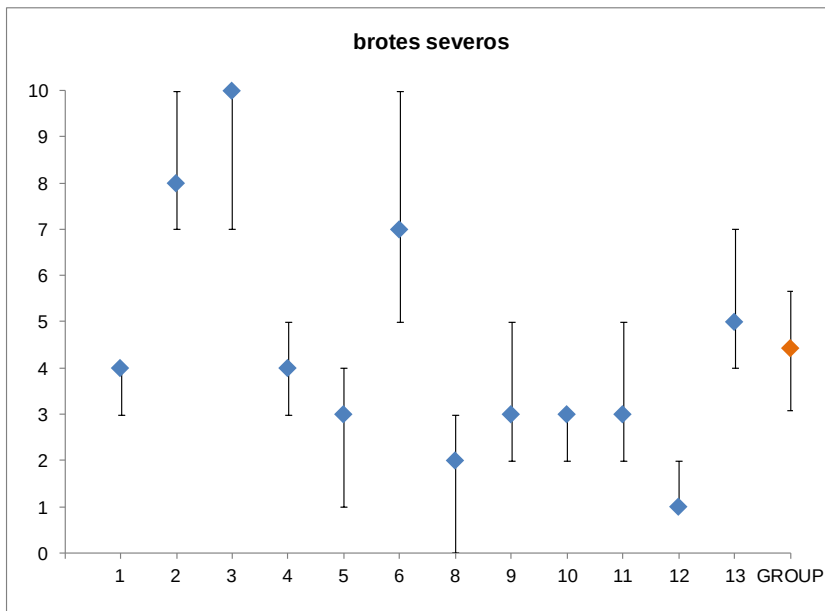
4.1.2.3. Capacitación en necropsias

El factor *Capacitación en necropsias* se refiere a que el personal a cargo de necropsias en el centro de cultivo esté adecuadamente capacitado en identificar lesiones asociadas a patologías y toma de muestras.

La Figura 32 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 4,4 granjas el personal a cargo de necropsias estaba adecuadamente capacitado. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 8,0 granjas el personal a cargo de necropsias estaba adecuadamente capacitado.

Este factor presenta importantes diferencias, entre los escenarios brotes severos y mortalidades leves, en relación a la dispersión en torno al promedio. El escenario mortalidades leves presenta una dispersión relativamente baja (error estándar= 0,25). No obstante, el escenario brotes severos presentan una dispersión particularmente alta (error estándar= 0,76). Nuevamente estos datos parecen indicar que la capacitación adecuada en necropsias es una condición necesaria para lograr mortalidades leves de SRS, pero no suficiente para evitar brotes severos.

Figura 32 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Capacitación en necropsias*, segunda ronda



Capacitación en necropsias surge como uno de los factores protectores más importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 15). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0.50. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 2,00 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 37% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Diagnóstico oportuno* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,28. Es decir, si hubo adecuada capacitación en necropsias

al personal en la granja, cada 100 granjas con mortalidades leves, 28 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 15. Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Capacitación en necropsias*

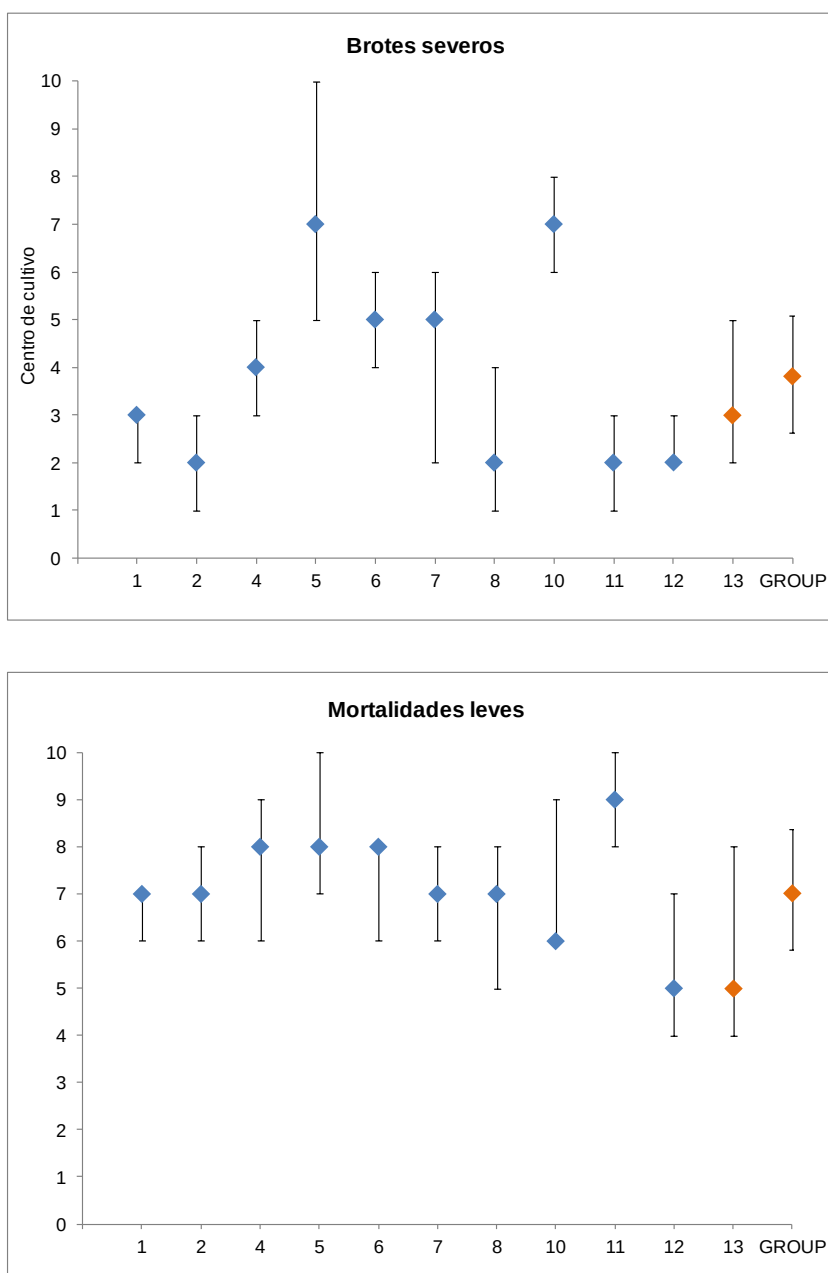
	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	12	12	12
Mean	0,28	0,50	37%
SD	0,28	0,24	20%
Min	0,03	0,14	0%
Q1	0,11	0,35	28%
Median	0,18	0,44	40%
Q3	0,33	0,59	51%
Max	1,00	1,00	71%

4.1.2.4. *Corriente y oxígeno*

El factor *Corriente y oxígeno* se refiere a que las condiciones de oxígeno y corrientes marinas sean óptimas para los peces. Los centros de cultivo oceánicos que reciben aguas del Pacífico, en general tienen mejor comportamiento sanitario. Si bien sería posible establecer parámetros objetivos para definir las condiciones óptimas de oxígeno y corriente, por razones de información disponible se trabajó con una variable nominal.

La Figura 33 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 3,8 granjas presentaron condiciones óptimas de oxígeno y corrientes marinas. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 7 granjas presentaron condiciones óptimas de oxígeno y corrientes marinas. Este factor presenta niveles de dispersión relativamente altos.

Figura 33 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Corriente y oxígeno*, segunda ronda



Corriente y oxígeno surge como un factor protector importante de acuerdo a su relative risk (Tabla 16). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0.51. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 1.96 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 35% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia

del factor *Corriente y oxígeno* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,29. Es decir, si hubo condiciones de corriente marina y oxígeno adecuadas, cada 100 granjas con mortalidades leves, 29 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 16 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Corriente y oxígeno*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	11	11	11
Mean	0,29	0,51	35%
SD	0,20	0,20	18%
Min	0,03	0,20	11%
Q1	0,14	0,37	21%
Median	0,25	0,46	33%
Q3	0,43	0,65	46%
Max	0,64	0,81	71%

En la validación se planteó considerar el factor Circulación de corriente como un supuesto. Es un factor que determina ciertas condiciones que no podemos manejar a nivel de centro de manejo (sólo intensificar las acciones de control). Está a un nivel de selección de barrios. El supuesto es que tenemos las condiciones óptimas ambientales o oceanográficas. Buena salinidad y circulación adecuada.

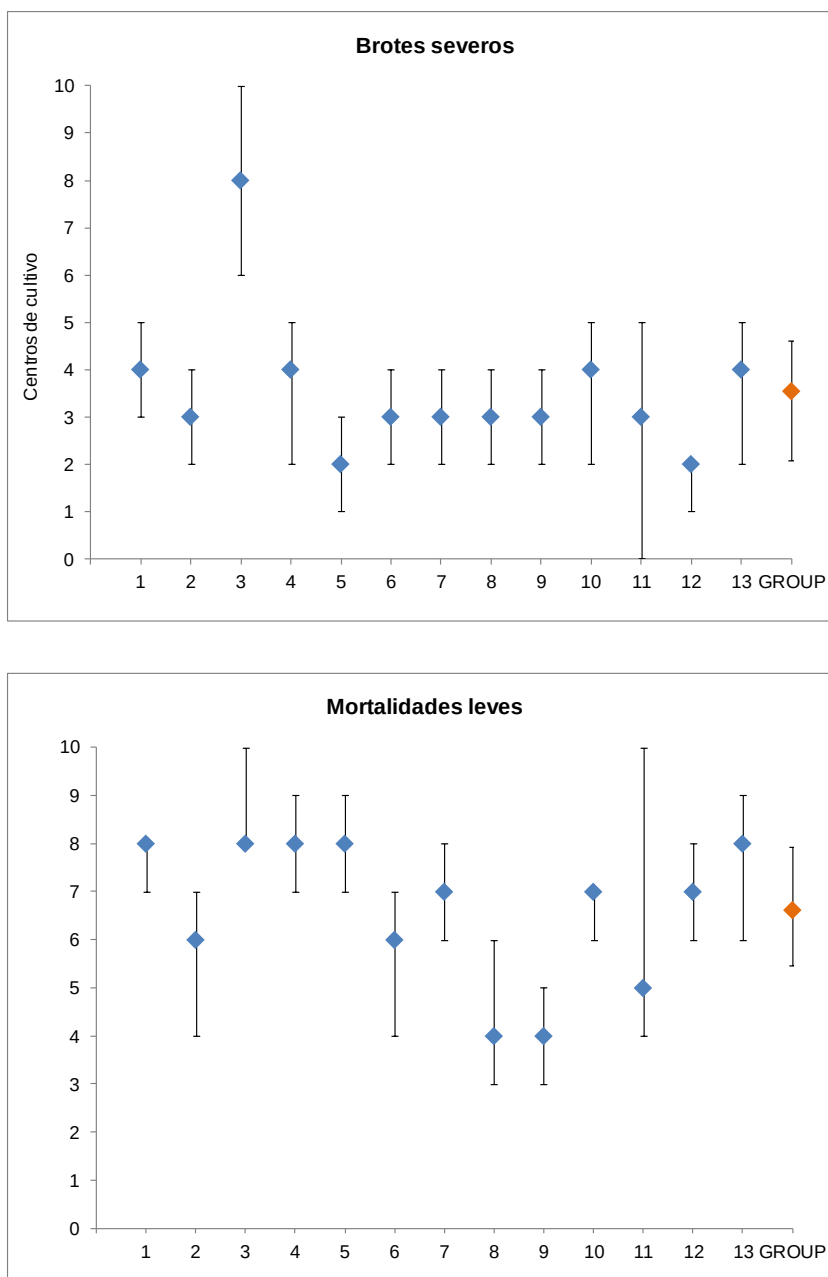
4.1.2.5. Eliminación productiva

El factor *Eliminación productiva* considera la eliminación activa (diaria) de peces desadaptados y rezagados. Los cuales pueden ser un reservorio de enfermedades.

La Figura 34 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 3,5 granjas presentaron una eliminación productiva diaria. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de

SRS, 6,6 granjas presentaron una eliminación productiva diaria. Los dos escenarios, brotes severos y mortalidades leves, presentan una dispersión moderada (error estándar= 0,42 para ambos).

Figura 34 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Eliminación productiva*, segunda ronda



Eliminación productiva surge como un factor de protección moderado de acuerdo a su relative risk (Tabla 17). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0,55. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 1,82 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 31% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Eliminación productiva* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,34. Es decir, si hubo una eliminación activa (diaria) de peces rezagados y desadaptados, cada 100 granjas con mortalidades leves, 34 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 17 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Eliminación productiva*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	0,34	0,55	31%
SD	0,27	0,21	17%
Min	0,06	0,25	0%
Q1	0,17	0,44	21%
Median	0,29	0,52	30%
Q3	0,43	0,64	42%
Max	1,00	1,00	60%

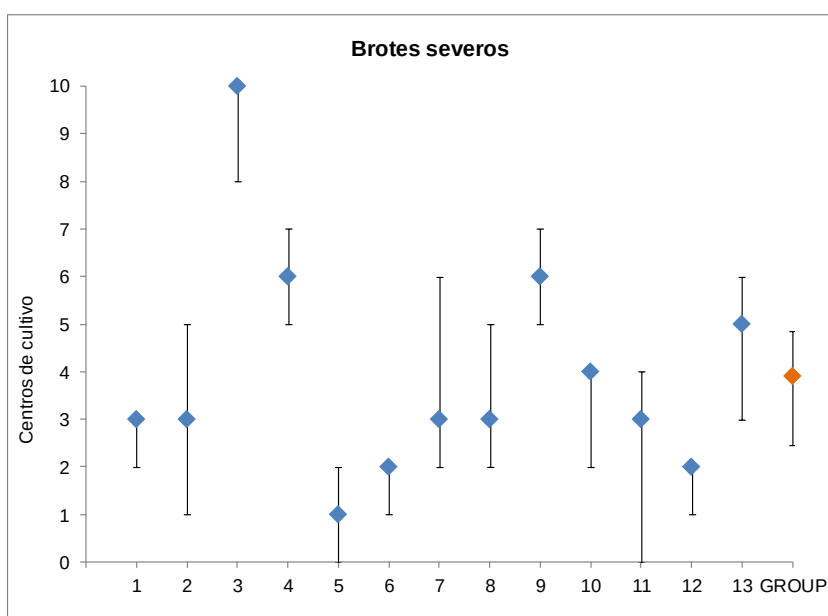
4.1.2.6. *Eliminación de mortalidades*

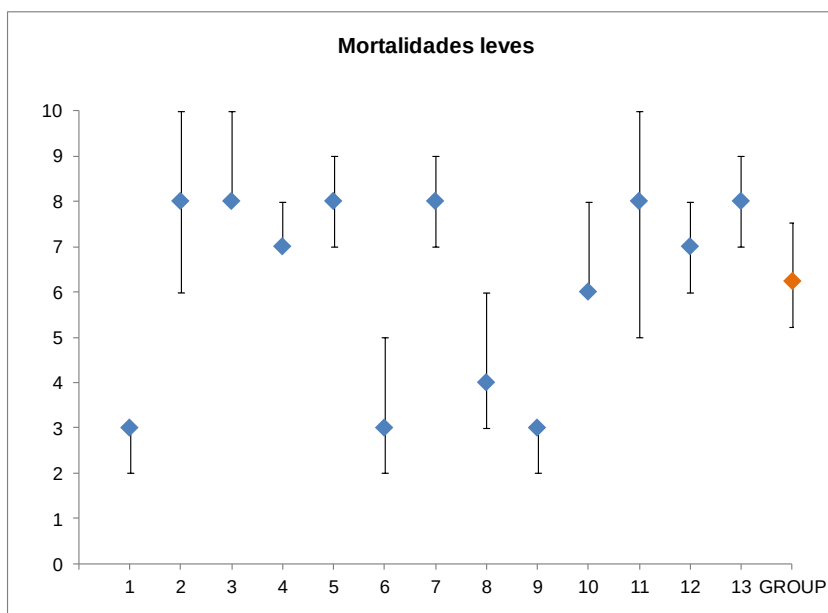
El factor Eliminación de mortalidades se refiere a sí las condiciones de bioseguridad implementadas son más estrictas que las regulaciones establecidas para la eliminación y contención de mortalidades.

La Figura 35 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio 3,9 granjas implementaron mayores condiciones de bioseguridad que las establecidas por las regulaciones. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, 6,2 granjas implementaron mayores condiciones de bioseguridad que las establecidas por las regulaciones.

Tanto el escenario de brotes severos como mortalidades leves presentan niveles relativamente altos de dispersión (error estándar= 0,65 y 0,60, respectivamente). En este caso se puede deber a una ambigüedad en la definición del factor, lo que puede aumentar la dispersión de la data.

Figura 35 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Eliminación de mortalidades*, segunda ronda





Eliminación de mortalidades surge como un factor de protección moderado de acuerdo a su relative risk (Tabla 18). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0,56. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 1,79 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 32% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia del factor *Eliminación de mortalidades* establece una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,37. Es decir, si las medidas de bioseguridad para la eliminación de mortalidades fueron más estrictas que las regulaciones, cada 100 granjas con mortalidades leves, 37 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 18 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Eliminación de mortalidades*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	0,37	0,56	32%
SD	0,29	0,25	21%

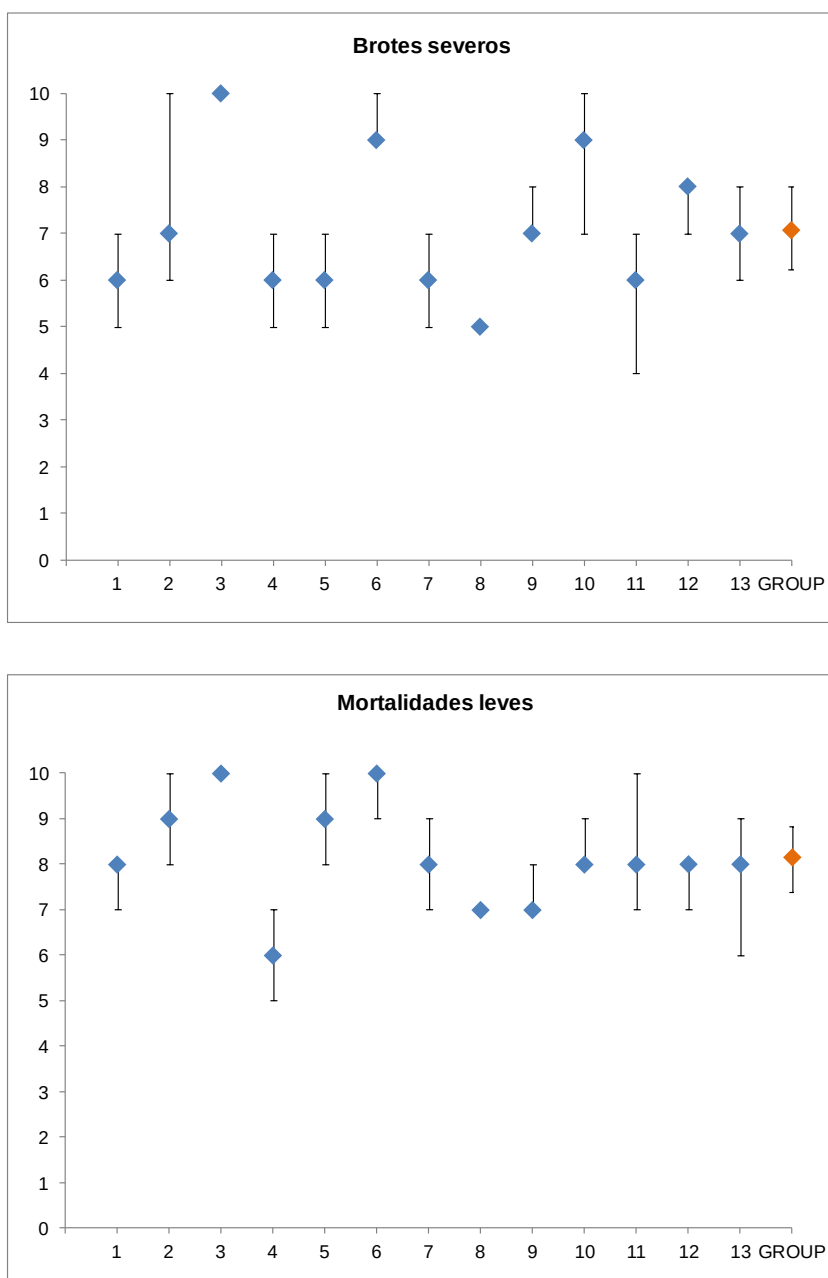
Min	0,03	0,14	0%
Q1	0,11	0,35	13%
Median	0,29	0,54	30%
Q3	0,58	0,75	51%
Max	1,00	1,00	71%

4.1.2.7. Uso de vacunas

El factor Uso adecuado de vacunas se refiere a la aplicación rigurosa de las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo.

La Figura 36 muestra las estimaciones de los expertos para este factor. De las 10 granjas con brotes severos de SRS por ellos consideradas, en promedio en 7,1 granjas se aplicaron rigurosamente las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo. Por otro lado, de las 10 granjas con mortalidades leves de SRS, en 8,1 granjas se aplicaron rigurosamente las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo. En ambos escenarios se presentan niveles moderados de dispersión.

Figura 36 Estimaciones de los expertos para calcular el riesgo relativo del factor *Uso de vacunas*, segunda ronda



Uso de vacunas surge como un factor de protección moderado de acuerdo a su relative risk (Tabla 19). La evaluación de expertos indica un relative risk de 0,78. Es decir, bajo la presencia del factor la probabilidad de un brote severo disminuye 1,28 veces. El valor de ARI/ARR nos indica que la presencia de este factor aumenta en un 15% la posibilidad de no tener un brote severo. Finalmente la estimación del odds ratio indica que la presencia

del factor *Uso de vacunas* estable una relación entre brotes severos y mortalidades leves de 0,62. Es decir, si hubo riguroso cumplimiento de las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo, cada 100 granjas con mortalidades leves, 62 granjas tuvieron brotes severos.

Tabla 19 Valores para *odds ratio*, *relative risk* y *absolute risk increase/reduction* para el factor *Uso de vacunas*

	<i>Odds ratio</i>	<i>Relative risk</i>	<i>Absolute Risk Increase/Reduction (ARI/ARR)</i>
Count	13	13	13
Mean	0,62	0,78	15%
SD	0,33	0,19	14%
Min	0,17	0,50	0%
Q1	0,38	0,64	0%
Median	0,44	0,71	20%
Q3	1,00	1,00	24%
Max	1,00	1,00	40%

En la validación surge la discusión respecto al uso adecuado de vacunas. Sabemos que las vacunas es mejor vacunar, pero no hace diferencia si vas a tener brotes severos y breves. Las vacunas prolongan la protección.

4.2. Difusión de los resultados y la experiencia de investigación colaborativa

Un aspecto relevante de este estudio fue el desafío de generar un instrumento de difusión de los resultados del proyecto. Esta experiencia destaca, por un lado, a la identificación y priorización de factores de riesgo y protectores, y por el otro lado, el desarrollo de una experiencia de investigación colaborativa entre la industria, el gobierno y la academia.

Se anexa al presente informe (anexo 3) un tríptico especialmente diseñado para este proyecto. El tríptico está diseñado en un formato 45 x 21 cm abiertos.

También como parte del proceso de difusión de los resultados se realizó un taller con representantes del Servicio Nacional de Pesca y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Anexo 4). En este taller se presentaron los resultados y se recogieron comentarios y observaciones que fueron consideradas dentro del proceso de validación.

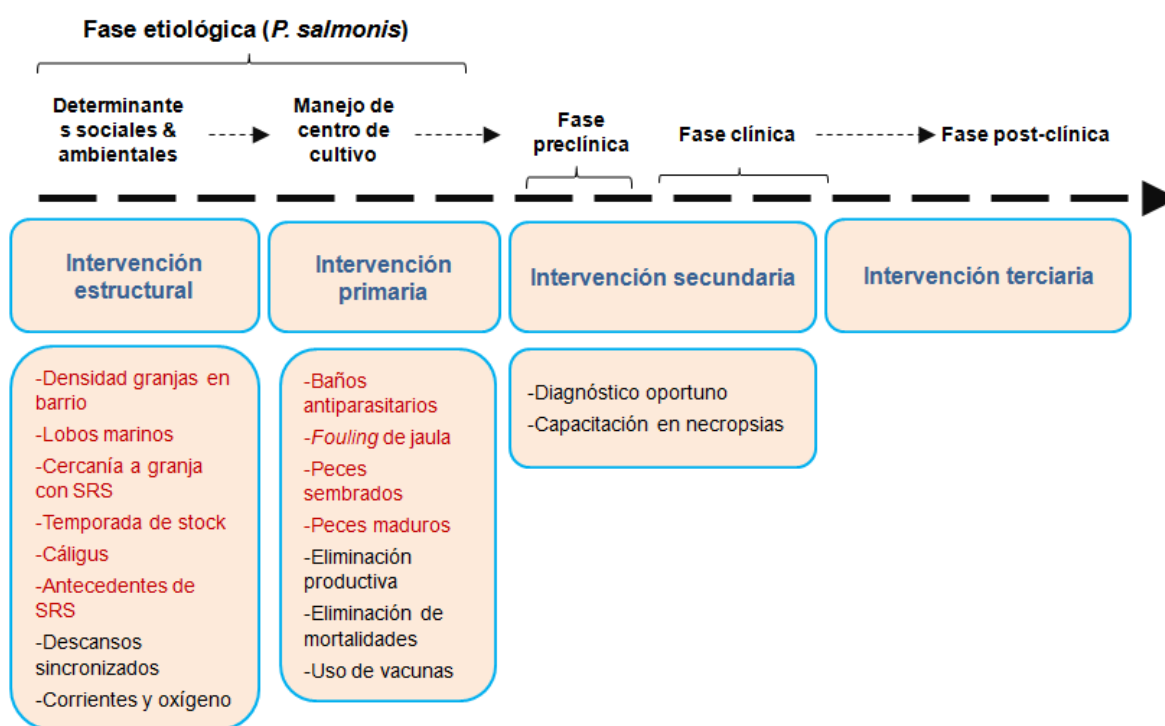
5. DISCUSIÓN

Un total de 17 variables, relacionadas con aspectos sanitarios y productivos durante la engorda de salmón del Atlántico, fueron identificadas y asociadas a la probabilidad que un centro de cultivo presente brotes severos de SRS. Estas variables fueron identificadas a partir de un proceso sistemático y estructurado de evaluación de expertos que permitió obtener la opinión de un panel especialmente seleccionado sobre el manejo sanitario en la producción salmonídea. Este estudio es pionero en Chile en la investigación de SRS e identifica importantes variables que permiten llevar a cabo intervenciones en los diferentes niveles de la prevención de enfermedades. Al mismo tiempo, estos resultados favorecerían el proceso de la toma de decisión en la implementación de normativas incorporando una estructura científica basal y de consenso.

De estas variables, 10 fueron clasificadas como factores de riesgo y 7 como factores de protección. Casi la mitad de estas variables (8/17) son factores que aumentan el riesgo de SRS al nivel estructural (Figura 37), es decir, condiciones que son más bien inherentes a la industria del salmón y el medioambiente, y que requerirían desarrollo de políticas de salud, tanto públicas como privadas. Muchos de estos factores (*Cercanía a granja con SRS, Densidad granjas en barrios, Corriente y oxígeno, Cáligus, Lobos marinos*) tienen relación con la configuración espacial en la ubicación de los centros de cultivo, lo que podría ser considerado útil para caracterizar las regiones salmoneras de acuerdo a si presentan o no algunas de estas características. De esta forma, es importante caracterizar la distribución del riesgo sanitario (por ejemplo a través de un indicador de riesgo) y definir zonas de mayor o menor riesgo. Esta caracterización del riesgo en forma espacial favorecería la definición de planes de manejo, vigilancia y monitoreo basado en riesgo, tendiendo a un sistema más eficiente (Oidtmann et al., 2013).

A nivel de intervención, los factores identificados obedecen a las prácticas sanitarias y productivas que se realizan durante la producción de engorda del salmón del Atlántico. Uno de los factores que mostró una mayor magnitud de asociación fue la práctica de baños antiparasitarios y un mayor riesgo de mortalidades severas de SRS. En promedio, se determinó que es cerca de 3,3 veces más probable tener un brote severo de SRS si se llevan a cabo dos o más baños antiparasitarios antes del primer brote severo. Sumado a la identificación de una mayor carga parasitaria como factor de riesgo y una mayor concentración de granjas en ACS, estos resultados dan cuenta de la identificación de procesos de denso-dependencia detrimental para el complejo SRS-cáligus.

Figura 37 Factores de riesgo (rojo) y de protección (negros) según los diferentes niveles de intervención para *P. salmonis*

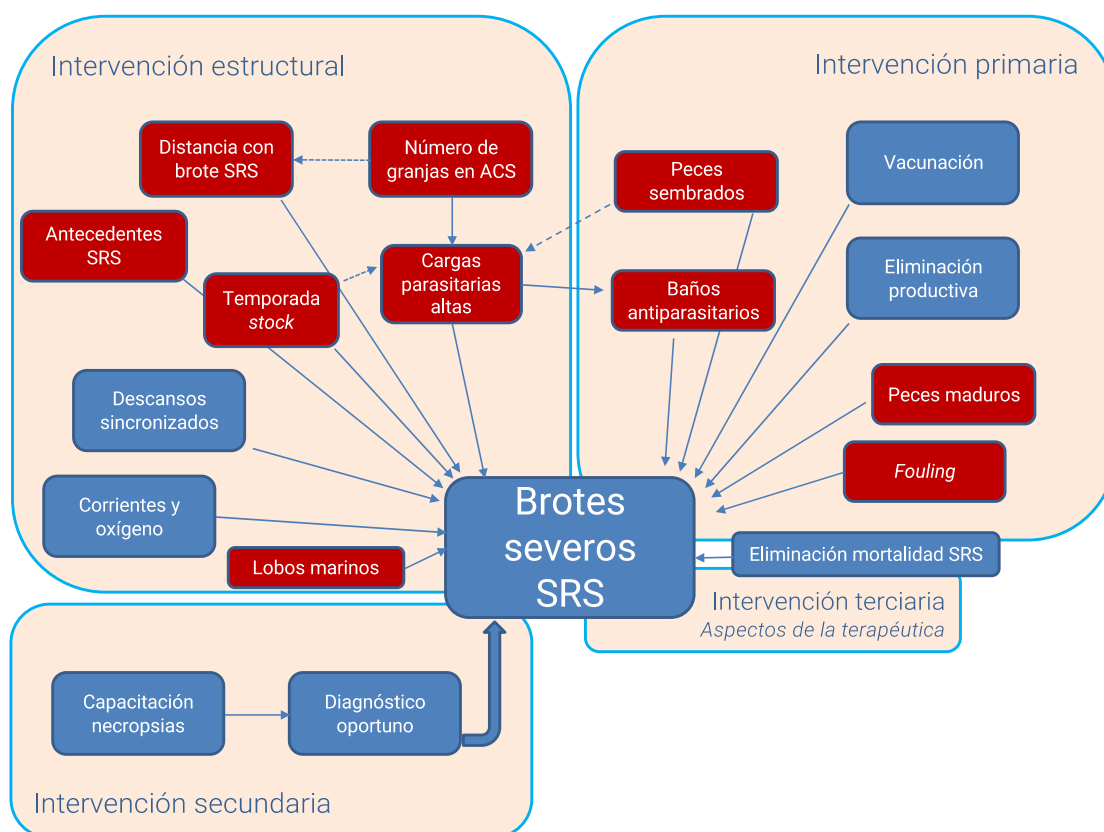


Finalmente, los expertos reconocieron el beneficio del diagnóstico oportuno y la capacitación del personal en la evaluación de las necropsias en terreno. Estos factores de protección a nivel de intervención secundaria sigue el principio fundamental que una detección temprana permitirá un tratamiento más eficaz y, por lo tanto, un aumento en la

probabilidad de recuperación de un individuo a una salud integral con una reducción de las pérdidas productivas.

La esquematización de la red causal hipotética según los factores identificados, da cuenta de un sistema interconectado y complejo que requiere de una validación con datos empíricos (Figura 38).

Figura 38 Representación esquemática de la red causal para SRS y la severidad de brotes según los factores de riesgo (rojos) y de protección (azul) identificados por expertos y los niveles de intervenciones sanitarias



5.1. Recomendaciones

5.1.1. Recomendaciones para la toma de decisiones

El control de enfermedades infecciosas requiere diferentes tipos de aproximaciones. La mirada eco-sistémica del manejo de recursos naturales propone una mirada

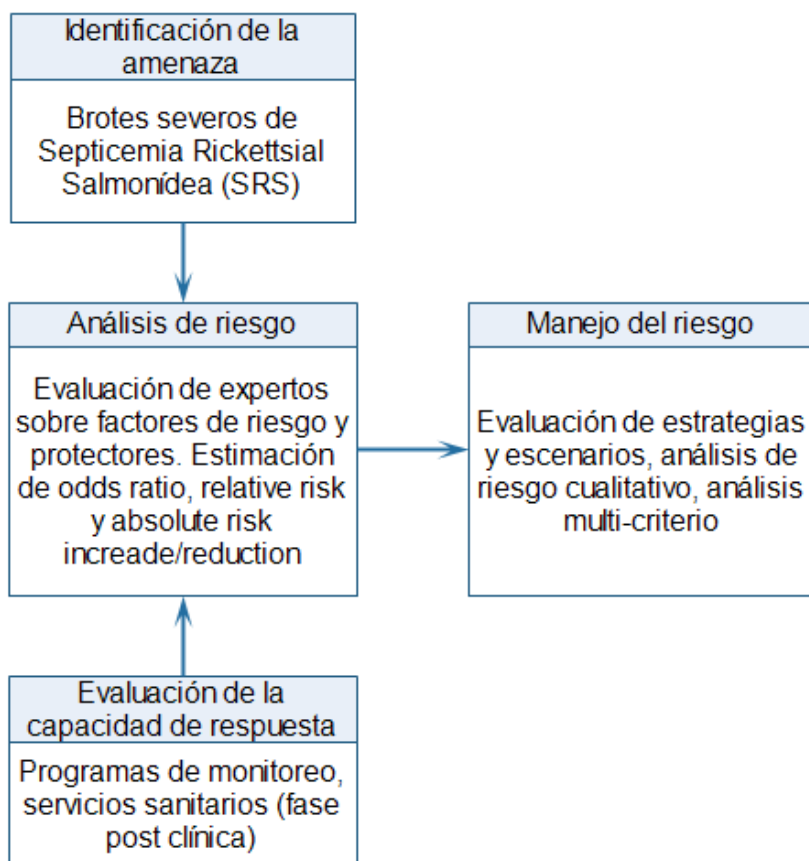
interdisciplinaria. Un aspecto son las investigaciones biomédicas, relacionadas entre otras cosas a la farmacología, inmunología y genética. Estos aspectos son abordados actualmente por los centros de referencia vinculados al Servicio Nacional de Pesca. Otro aspecto relevante, más relacionado con la toma de decisiones y el manejo se vincula con la gestión del riesgo sanitario y epidemiología.

La recomendación fundamental desde la perspectiva de la toma de decisiones es considerar los resultados de este proyecto como parte de un ciclo del manejo del riesgo (Figura 39). Este estudio se enmarca dentro de las técnicas de análisis de riesgo. Sin embargo, la “utilidad” de los resultados para la toma de decisiones está dada por una continuidad metodológica. Es decir, a continuación y partir de los resultados de este trabajo se debe finalmente aplicar técnicas y protocolos en lo que se denomina manejo del riesgo. Por ejemplo, técnicas como análisis multi-criterio o análisis del riesgo cualitativo permite estimar y predecir con cierto grado de confianza las consecuencias o impactos de los planes y programas implementados.

Este estudio detecta un conjunto de factores de riesgo y protectores para brotes severos de SRS a escala de granja o centro de cultivo. Posteriormente, proponemos pasar a una fase del manejo del riesgo, donde aplicamos otro tipo de estrategias. Estas iniciativas se desarrollan a escala local, como experiencia tipo piloto. Una vez los resultados de los estudios demuestren resultados satisfactorios sería posible pasar a un segundo nivel de manejo de barrio o conjunto de granjas.

Lo importante para esto es tener el apoyo directo, tanto de la industria, gobierno y academia. El apoyo es necesario para generar experiencias piloto que muestren formas innovadoras de manejar centros de cultivo. Ejercicios con expertos, como el realizado en este trabajo, ayudan a priorizar y reflejar las oportunidades para esas innovaciones. El resultado final de este tipo de iniciativas también se relaciona con la generación de redes o plataformas de aprendizaje y trabajo colaborativo.

Figura 39 Proceso para el manejo del riesgo en bioseguridad (adaptado de Peeler et al. 2015)



5.1.2. Recomendaciones metodológicas

El desarrollo de este proceso de evaluación de expertos permite sacar aprendizajes para la metodología. Los resultados obtenidos, junto con las opiniones de los expertos en el transcurso del estudio, permiten continuar desarrollando este tipo de metodologías para identificar y priorizar factores de riesgo y protección.

En la sección anterior se discutió sobre la necesidad de incorporar esta etapa en un proceso mayor de toma de decisiones. Ahora se propone una mirada interna al proceso de evaluación, identificando elementos críticos para futuras experiencias. Como guía para identificar elementos de aprendizaje se utilizó el artículo de Sutherland and Burgman (2015).

- La importancia del trabajo grupal. Uno de los elementos centrales de este estudio es la capacidad de observar empíricamente como las estimaciones individuales tienden a ajustarse en torno a un promedio luego de una etapa de discusión grupal, basado

en un protocolo estructurado. Como se observa en los resultados, para la mayoría de los factores, tanto en escenarios de brotes severos y mortalidades leves, el error estándar se reduce entre un 30% y 60%. La literatura provee de números ejemplos que demuestran los beneficios de un proceso estructurado y grupal de evaluación de expertos (referencias).

- Elegir cuidadosamente a los expertos. Los criterios de participación deben cuidadosamente definidos. En este estudio, debido a la falta de conocimiento científico en relación a factores de riesgo y protectores, se decidió priorizar expertos que tuvieron a lo menos 5 años de trabajo en centros de cultivo, en el manejo directo de brotes severos de SRS. Considerando el aspecto sanitario del estudio nos enfocamos en expertos de la disciplina veterinaria, quienes son los responsables de manejar los brotes de enfermedades en los centros de cultivo. Se debe considerar para el caso de SRS considerar otro tipo de expertos, los cuales están en contacto directo con la enfermedad, como buzos profesionales y operarios. En este sentido, una de las recomendaciones principales de la literatura consiste en diversificar la experiencia y tipo de expertos participantes.
- Explorar mecanismos para integrar los juicios individuales. En este estudio utilizamos promedios simples para agregar las estimaciones individuales de los expertos. En base a estos promedios se realizaron posteriormente los análisis para calcular odds ratios, relative risk y absolute relative risk increase. No obstante, la literatura muestra aproximaciones que deben ser consideradas. Una de ellas se refiere a ponderar el peso relativo de cada experto, es decir la estimación de cada experto tiene una grado de importancia relativa diferente. Esto es útil para otorgarle mayor peso a la opinión de un experto que ha demostrado mayor precisión en sus estimaciones en la materia.

Un elemento central es establecer una capacitación continua con los expertos seleccionados. Esto se relaciona con la recomendación de la sección anterior que busca estructurar un working group permanente, el cual se especialice a realizar estimaciones bajo ciertos protocolos. Es importante que los expertos reciban el feedback de su trabajo, y así ellos puedan evaluar que están ajustadas están sus estimaciones respecto al promedio grupal.

5.2. Conclusión final

Este trabajo identifica y aborda el conocimiento científico clave y las brechas de transferencia tecnológica para reducir los brotes severos de SRS. Mediante el uso de opinión de expertos y literatura científica, este estudio ha identificado 17 factores de riesgo y protectores, además de una serie de recomendaciones para establecer mecanismos de gestión que, si se desarrollan a largo plazo, podrían tanto aumentar la cantidad y calidad de nuevos conocimientos y mejorar procedimientos prácticos de manejo de la salud para prevenir y controlar la enfermedad infecciosa más importante que afecta al salmón cultivado en Chile.

6. Referencias

- Beaglehole R, Bonita R, Kjellström T. Basic Epidemiology. Geneva: WHO; 1993. p. 85–88.
- Bjørndal, T. 2002. The Competitiveness of the Chilean Salmon Aquaculture Industry. *Aquaculture Economics and Management* 6(1&2):97–116.
- Bradley, A.P. 1997. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms *Pattern Recognition* 30: 1145–1159.
- Branson, E. J., & Diaz-Munoz, D. N. 1991. Description of a new disease condition occurring in farmed coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in South America. *Journal of Fish Diseases*, 14(2), 147-156.
- Burgman, M. A. 2016. *Trusting judgements: how to get the best out of experts*: Cambridge University Press.
- Burgman, M. A., McBride, M., Ashton, R., Speirs-Bridge, A., Flander, L., Wintle, B., et al. (2011). Expert Status and Performance. *PLoS ONE*, 6(7).
- Cabello, F.C. 2004. Antibiotics and aquaculture in Chile: Implications for human and animal health. *Revista Médica de Chile*. 2004; 132: 1001-1006.
- Carstensen, B., Plummer, M., Laara, E., Hills, M. 2016. Epi: A Package for Statistical Analysis in Epidemiology. R package version 2.7. URL <https://CRAN.R-project.org/package=Epi>
- Clemen, R. T. & Reilly, T. (2001). *Making hard decisions with decision tools*. Duxbury Press, Pacific Grove, CA.
- Cusack, R.R., Groman, D.B., Jones, S.R.M. 2002. Rickettsial infection in farmed Atlantic salmon in eastern Canada. *Canadian Veterinary Journal* 43: 435–440.
- Dichmont, C. M., Pascoe, S., Jebreen, E., Pears, R., Brooks, K., & Perez, P. 2013. Choosing a fishery's governance structure using data poor methods. *Marine Policy* 37: 123-131.
- Egan, J.P. 1975. *Signal detection theory and ROC analysis* Series in Cognition and Perception Academic Press, New York.

- Gaggero A, Castro H., Sandino, A.M. 1995. First isolation of *Piscirickettsia salmonis* from coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during the freshwater stage of their life cycle. *Journal of Fish Diseases* 18, 277-279.
- Gordis, L. *Epidemiology*. 2009. Amsterdam: Elsevier, 4th. Ed.
- Gustafson, L., Antognoli, M., Lara Fica, M., Ibarra, R., Mancilla, J., Sandoval del Valle, O., et al. (2014). Risk factors perceived predictive of ISA spread in Chile: Applications to decision support. *Preventive Veterinary Medicine*, 117(1), 276-285.
- Gustafson, L. L., Ellis, S. K., y Bartlett, C. A. 2005. Using expert opinion to identify risk factors important to infectious salmon-anemia (ISA) outbreaks on salmon farms in Maine, USA and New Brunswick, Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 70: 17-28.
- Hanley, J.A., B.J. McNeil. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve *Radiology* 143: 29–36
- Ibieta, P., Tapia, V., Venegas, C., Hausdorf, M., Takle, H., 2011. Chilean Salmon Farming on the horizon of sustainability: review of the development of a highly intensive production, the ISA crisis and implemented actions to reconstruct a more sustainable aquaculture industry. In: Sladonja, B. (Ed.). *Aquaculture and the environment—a shared destiny*. InTech. 258 pages.
- Jakob, E., Stryhn, H., Yu, J., Medina, M.H., Rees, E.E., Sanchez, J., et al. 2014. Epidemiology of *Piscirickettsiosis* on selected Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) salt water aquaculture farms in Chile. *Aquaculture* 433:288-94.
- Johansen L.H., Jensen I., Mikkelsen H., Bjørn P.A., Jansen P.A., Bergh. Ø. 2011. Disease interaction and pathogens ex-change between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture* 315: 167–186.
- Koepsell, T.D., Weiss, N.S. *Epidemiologic Methods: Studying the Occurrence of Illness*. New York: Oxford University Press; 2003.

- Lannan, C.N., J.L. Fryer. 1994. Extracellular survival of *Piscirickettsia salmonis*. *Journal of Fish Diseases*. 17: 545-548.
- Larenas et al. 1997. Efecto de la densidad poblacional y temperatura en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) inoculadas con *Piscirickettsia salmonis*. *Archivos de medicina veterinaria* 1:113.
- Leal J, D Woywood. 2007. Piscirickettsiosis en Chile: Avances y perspectivas para su control. *SalmoCiencia* 2, 34-42.
- Lhorente, J.P., Gallardo, J.A., Villanueva, B., Carabaño, M.J., Neira, R. 2014. Disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*): coinfection of the intracellular bacterial pathogen *Piscirickettsia salmonis* and the sea louse *Caligus rogercresseyi*. *Plos One* 9(4):397.
- McMichael, A.J. 2013. Globalization, climate change, and human health. *The New England Journal of Medicine* 368: 1335– 1343.
- Murray, A. G., y Peeler, E. J. 2005. A framework for understanding the potential for emerging diseases in aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine*, 67(2–3), 223-235.
- Oidtman, B., Peeler, E., Lyngstad, T., Brun, E., Bang Jensen, B., Stärk, K.D. 2013. Risk-based methods for fish and terrestrial animal disease surveillance. *Preventive Veterinary Medicine* 112(1-2):13-26.
- Peeler, E.J., Reese, R.A., Thrush, M.A. 2015. Animal Disease Import Risk Analysis - a Review of Current Methods and Practice. *Transboundary and Emerging Diseases* 62(5):480-90.
- Plous, S. 1993. *The psychology of judgment and decision making*. New York: McGraw-Hill.
- Porta, M, (Ed.). 2014. *A Dictionary of Epidemiology*. Oxford, US: Oxford University Press.

- Rees, E.E., Ibarra, R., Medina, M., Sanchez, J., Jakob, E., Vanderstichel, R., et al. 2014. Transmission of *Piscirickettsia salmonis* among salt water salmonid farms in Chile. *Aquaculture* 428-429:189-94.
- Robin, X. Turck, N. Hainard, A. et al. 2011. “pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves”. *BMC Bioinformatics*: 7, 77.
- Rozas, M., & Enríquez, R. (2014). *Piscirickettsiosis* and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review. *Journal of Fish Diseases*, 37(3), 163-188.
- Smith, P.A.; rojas, M.E.; guajardo, A.; contreras, J.; morales, M.A.; larenas, J. 2004. Experimental infection of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* by exposure of skin, gills and intestine with *Piscirickettsia salmonis*. *Diseases of Aquatic Organism* 61:53-57.
- Speirs-Bridge, A., Fidler, F., McBride, M., Flander, L., Cumming, G., & Burgman, M. 2010. Reducing Overconfidence in the Interval Judgments of Experts. *Risk analysis* 30, 12.
- Sutherland, W. J., & Burgman, M. (2015). Policy advice: Use experts wisely. *Nature*, 526(7573), 317-318.
- Surowiecki, J. 2004. *The wisdom of crowds*. First Anchor Books.
- Swets, J.A., R.M. Dawes, J. Monahan. 2000. Better decisions through science. *Scientific American*, 283 (2000), pp. 82–87
- Tversky, A., & Kahneman, D. 2000. Judgment under uncertainty heuristics and biases. In T. Connolly, H. R. Arkes, & K. R. Hammond (Eds.), *Judgment and Decision Making: an interdisciplinary reader* (pp. 35-52). New York: Cambridge University Press.
- Yañez, A.J., Silva, H., Valenzuela, K., Pontigo, J.P., Godoy, M., Troncoso, J., et al. 2013. Two novel blood-free solid media for the culture of the salmonid pathogen *Piscirickettsia salmonis*. *Journal of Fish Diseases* 6:587.

7. Anexos

7.1. Anexo 1: Instrumento utilizado en la primera y segunda ronda de la evaluación de expertos

TALLER DE SRS Datos - Ronda 1				
Nombre del participante:				
Pregunta 1 - Antecedentes de SRS en centro de cultivo		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se han observado anteriormente brotes severos recurrentes de SRS?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se han observado anteriormente brotes severos recurrentes de SRS?			
Pregunta 2 - Ataques de lobos marinos		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se produjo depredación por lobos marinos debido a la mala condición de las mallas loberas?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se produjo depredación por lobos marinos debido a la mala condición de las mallas loberas?			
Pregunta 3 - Eliminación productiva		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se realizó una eliminación activa (diaria) de desadaptados, rezagados y enfermos?			

	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos se realizó una eliminación activa (diaria) de desadaptados, rezagados y enfermos?			
Pregunta 4 - Eliminación de mortalidades		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos las condiciones de bioseguridad son más estrictas que las regulaciones establecidas para la eliminación y contención de mortalidades?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos las condiciones de bioseguridad son más estrictas que las regulaciones establecidas para la eliminación y contención de mortalidades?			
Pregunta 5 - Mortalidades tempranas de peces maduros		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubieron mortalidades importantes de peces maduros cuando los peces tenían alrededor de 1,5 kg de peso?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubieron mortalidades importantes de peces maduros cuando los peces tenían alrededor de 1,5 kg de peso?			
Pregunta 6 - Densidad de jaulas (kg/m³)				
	Nota: En esta pregunta se busca explorar el efecto de la densidad de jaulas en el período en el cual se desarrolló el primer brote intenso de SRS en el ciclo productivo, el cual se produce aproximadamente a los 6-7 meses post-stock.			
		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. Para estos 10 centros en promedio, ¿cuál fue la densidad de jaula (kg/m ³) a los 6-7 meses post-stock?			

	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. Para estos 10 centros en promedio, ¿cuál fue la densidad de jaula (kg/m3) a los 6-7 meses post-stock?			
Pregunta 7 - Número de peces sembrados		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos peces se han sembrado en cada centro de cultivo? Considere dos módulos de jaulas de estructura metálica de 20x20.			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos peces se han sembrado en cada centro de cultivo? Considere dos módulos de jaulas de estructura metálica de 20x20.			
Pregunta 8 - Temporada de stock		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos la siembra se produjo en las temporadas de verano y otoño?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos la siembra se produjo en las temporadas de verano y otoño?			
Pregunta 9 - Cosecha		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos la cosecha de las primeras jaulas fue sin contención de agua sangre o derivados?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos la cosecha de las primeras jaulas fue sin contención de agua sangre o derivados?			
Pregunta 10 - Distancia a centro de cultivo con SRS		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura

	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿a que distancia se encontraban esos centros respecto al centro más cercano que cursaba un brote severo de SRS?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿a que distancia se encontraban esos centros respecto al centro más cercano que cursaba un brote severo de SRS?			
Pregunta 11 - Densidad de centros de cultivo en barrios				
	Nota: En promedio, un centro de cultivo puede colindar con 4 centros en un anillo de 5km. En anillos de 10, 15, 20 y 25 km, el numero de centros promedio es respectivamenmte, 11, 22, 34 y 48.			
		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos centros de cultivo activos habían en un anillo de 5 km a la redonda?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos centros de cultivo activos habían en un anillo de 5 km a la redonda?			
Pregunta 12 - Periodo de descanso adecuado		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotos severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos días de descanso tuvieron estos sitios?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos días de descanso tuvieron estos sitios?			
Pregunta 13 - Sincronización de periodo de descanso		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura

	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos los periodos de descanso estuvieron sincronizados con el resto del barrio?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos los periodos de descanso estuvieron sincronizados con el resto del barrio?			
Pregunta 14 - Fouling de jaula				
	Notas: Fouling de jaula se refiere a redes sucias o pobladas altamente con algas en las redes peceras. Esto tiene un potencial doble impacto 1) menor oxigenación y recambio de agua en las jaulas, 2) el exceso de algas es un potencial habitat para Rickettsia. Se establece como un supuesto que los procesos asociados a la mantención y cambio de mallas afectan a todo el centro de cultivo.			
		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo falta de mantención y/o recambio inadecuado de mallas peceras?			
Pregunta 15 - Oportunidad de diagnóstico		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo diagnóstico oportuno o temprano de SRS (clínico-laboratorio)?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo diagnóstico oportuno o temprano de SRS (clínico-laboratorio)?			
Pregunta 16 - Capacitación		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura

	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos el personal a cargo de necropsias estaba adecuadamente capacitado en identificar lesiones asociadas a patologías y toma de muestras?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos el personal a cargo de necropsias estaba adecuadamente capacitado en identificar lesiones asociadas a patologías y toma de muestras?			
Pregunta 17 - Uso de vacunas		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos fueron rigurosamente cumplidas las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos fueron rigurosamente cumplidas las recomendaciones de los proveedores de vacunas respecto a los Grados días (UTA) de cultivo?			
Pregunta 18 - Baños antiparasitarios		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos baños antiparasitarios se realizaron antes del primer brote severo?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. En promedio, ¿cuántos baños antiparasitarios se realizaron antes del primer brote severo?			
Pregunta 19 - Cáligus		Menor número plausible	Mayor número plausible	Mejor Conjetura
	Considere 10 centros de cultivo que han sufrido uno o más brotes severos de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo una alta re-infestación			

	por caligus?			
	Ahora considere 10 centros de cultivo que han sufrido sólo mortalidades leves de SRS durante los dos últimos ciclos productivos. De estos 10 centros de cultivo, ¿en cuántos hubo una alta re-infestación por caligus?			

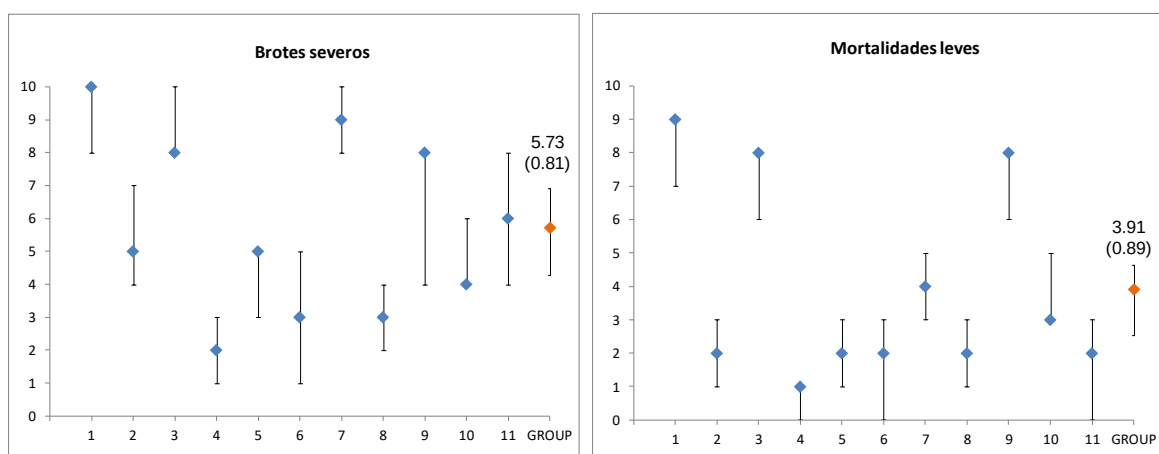
7.2. Anexo 2: Estimaciones del panel de experto para factores de riesgo y protectores

7.2.1. Factores de riesgo

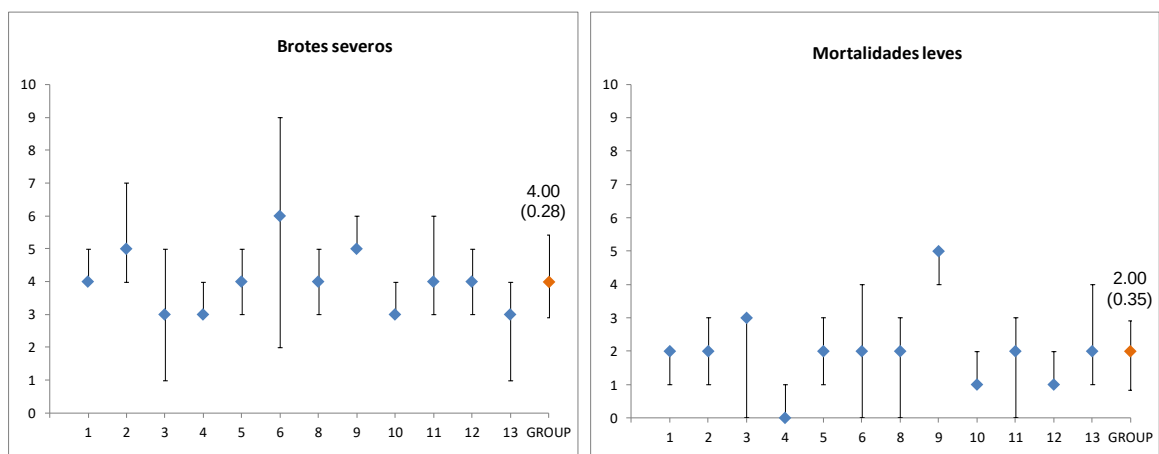
En cada figura se incluye el promedio grupal y el error estándar (entre paréntesis).

BAÑOS ANTIPARASITARIOS

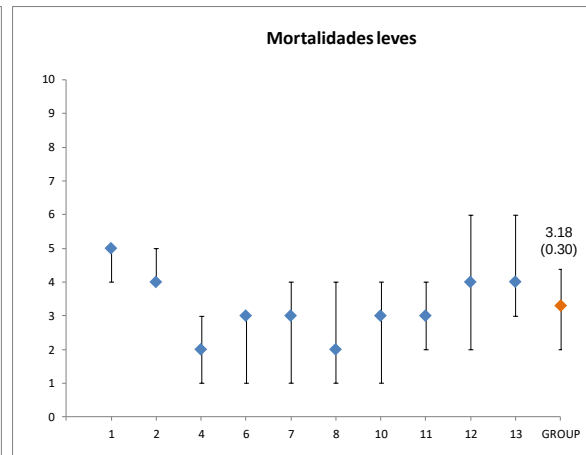
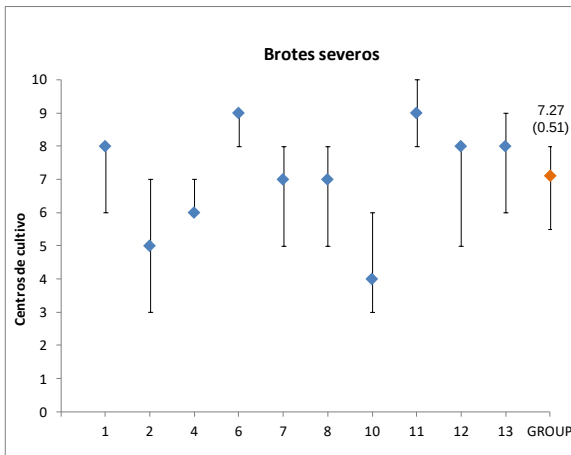
Primera ronda



Segunda ronda

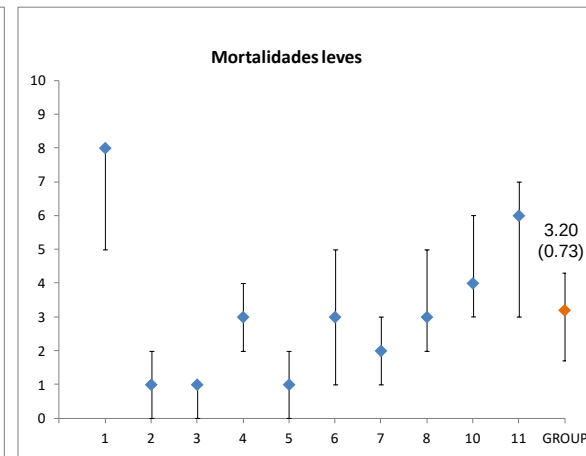
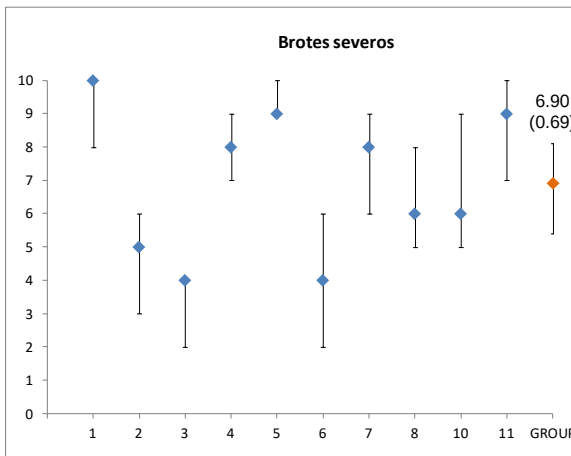


Tercera ronda

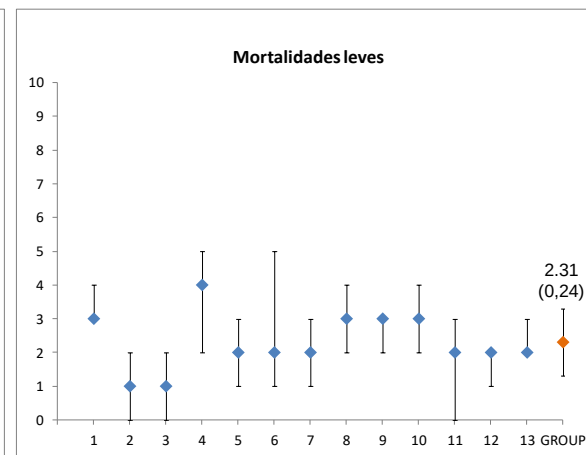
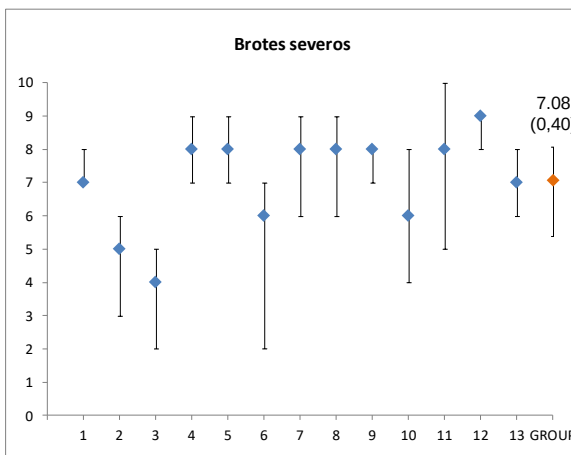


FOULING DE JAULA

Primera ronda

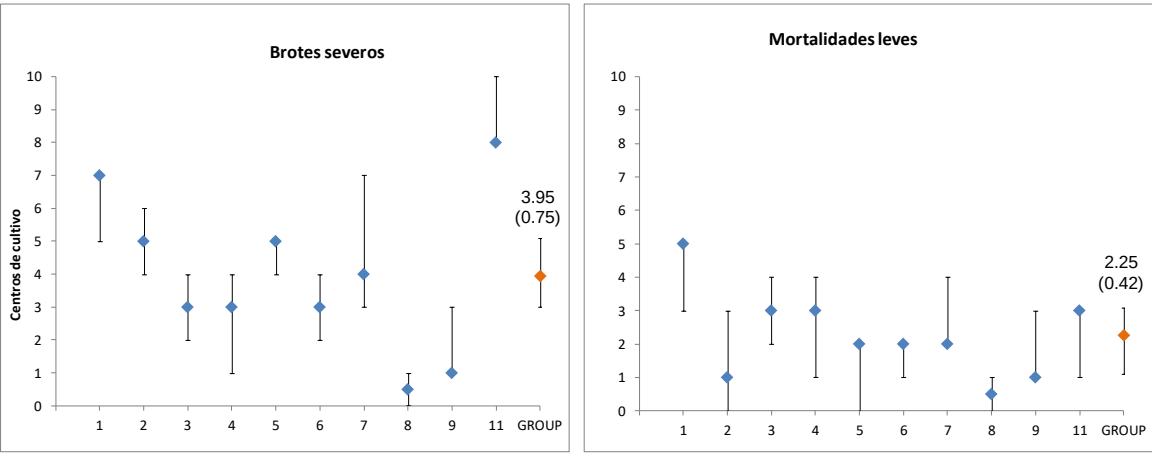


Segunda ronda

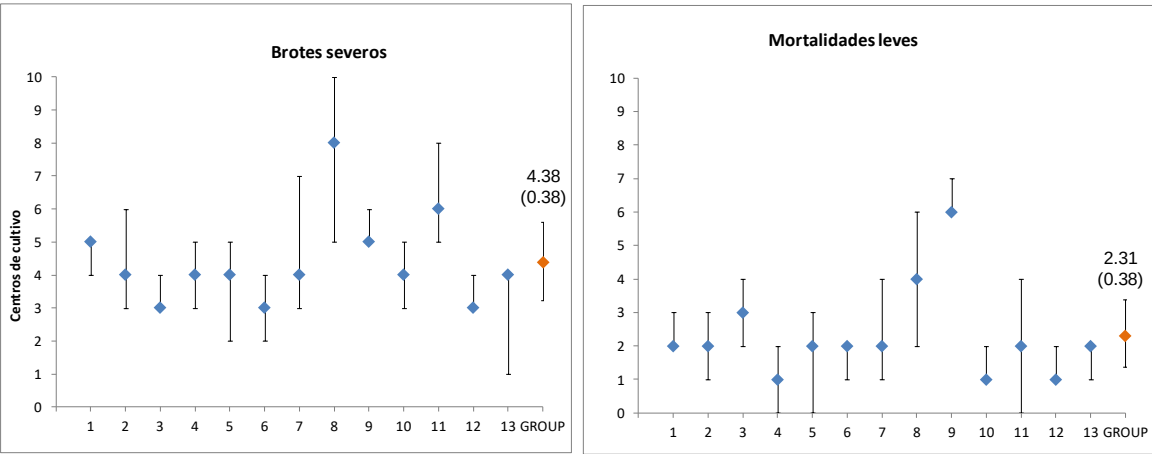


DENSIDAD GRANJAS EN BARRIO

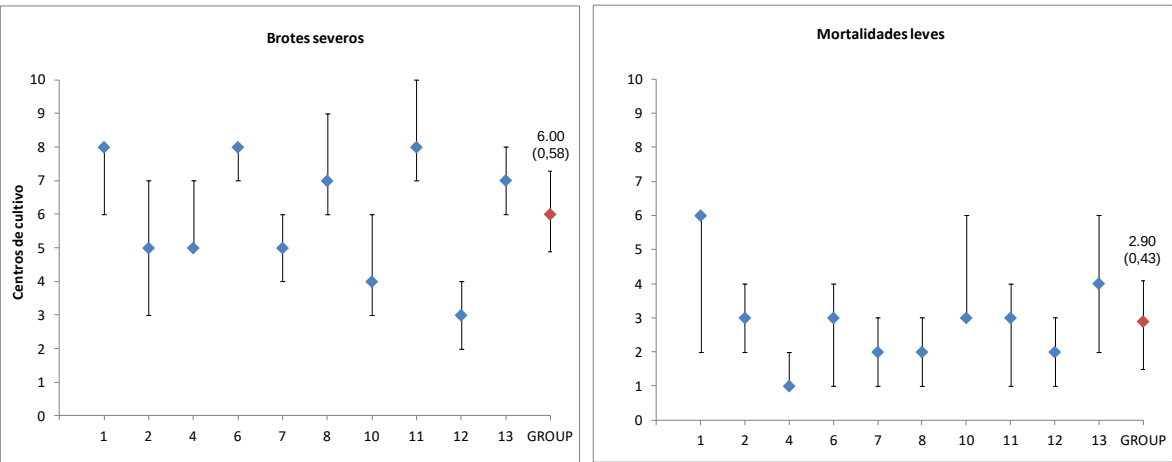
Primera ronda



Segunda ronda

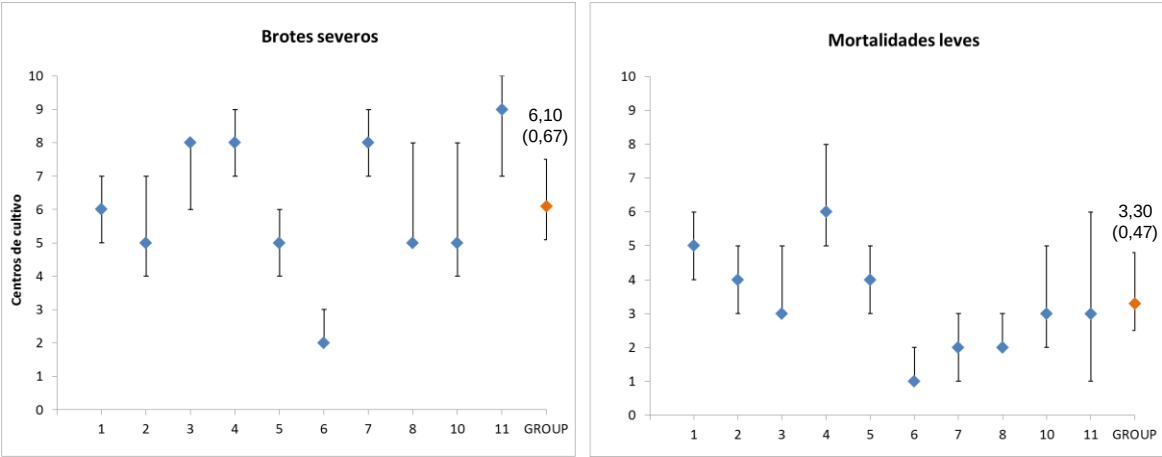


Tercera ronda

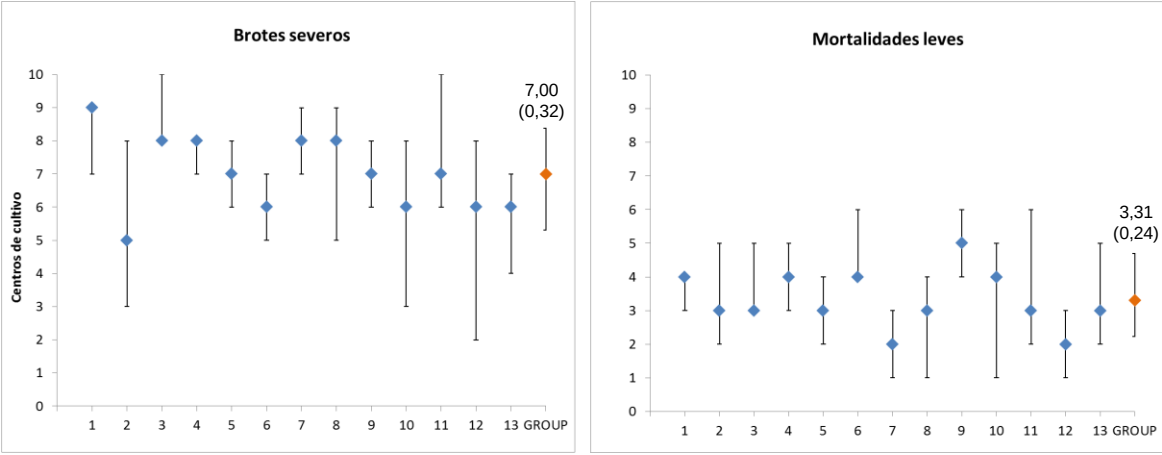


LOBOS MARINOS

Primera ronda

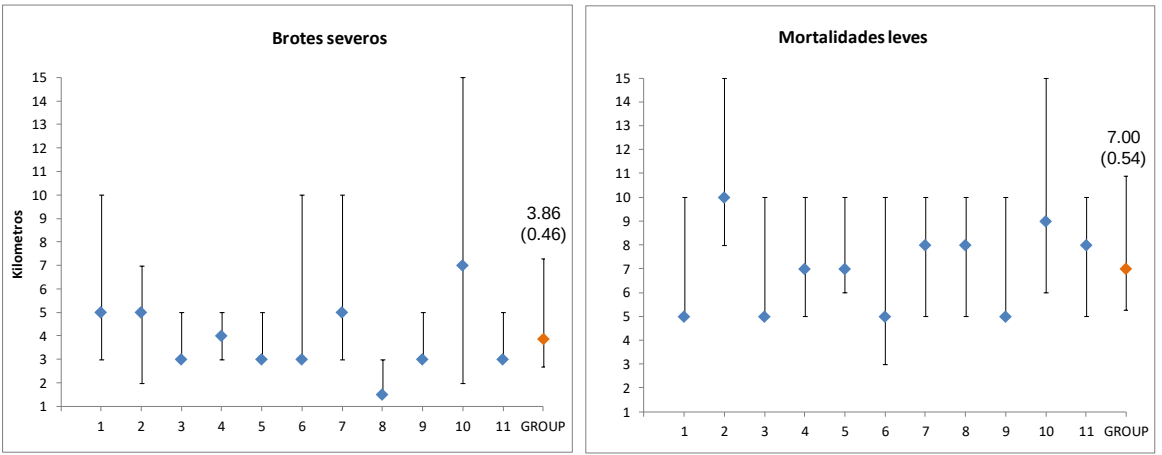


Segunda ronda

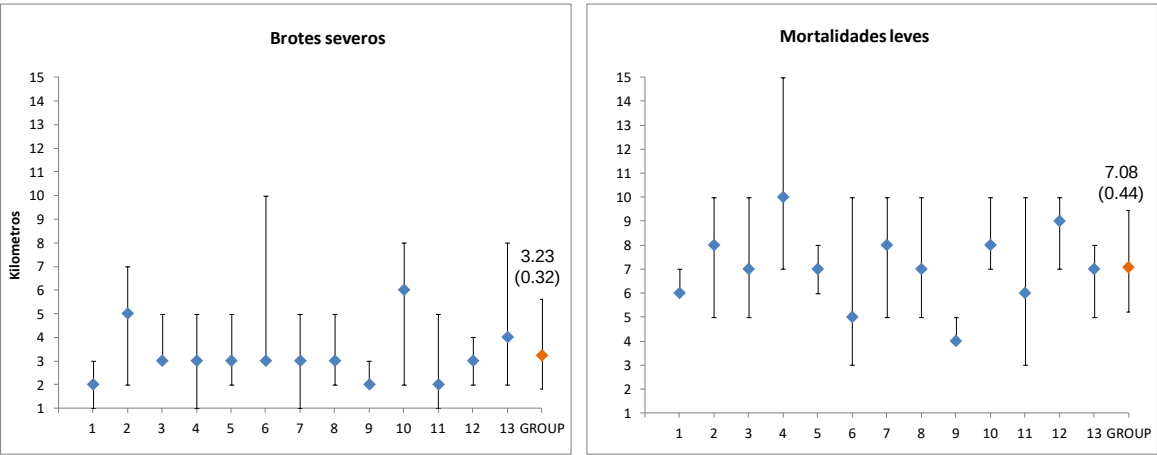


CERCANÍA A GRANJA CON SRS

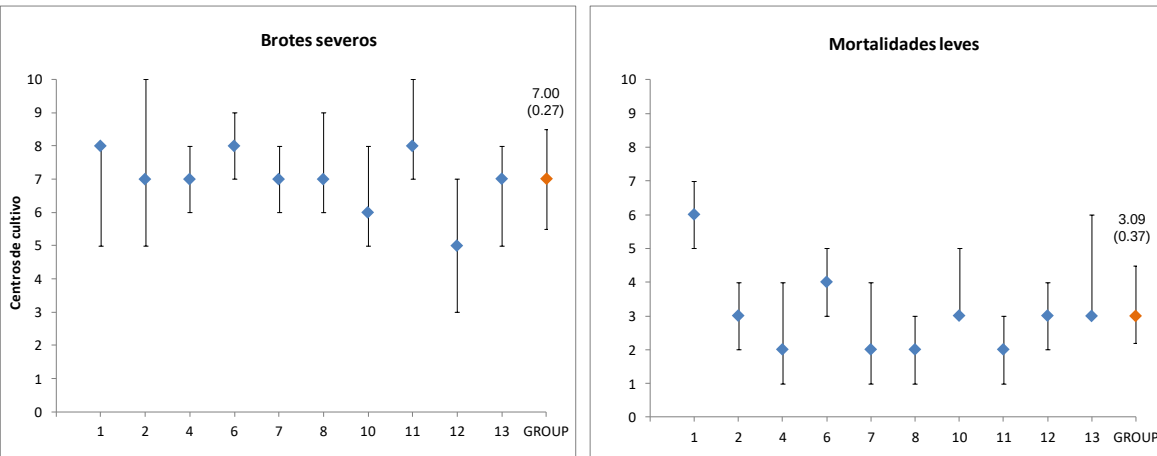
Primera ronda



Segunda ronda

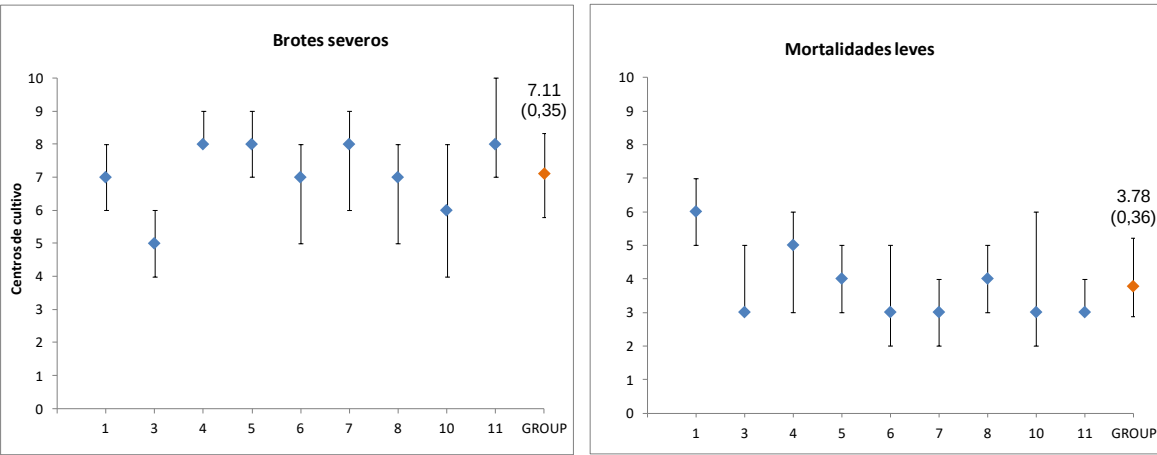


Tercera ronda

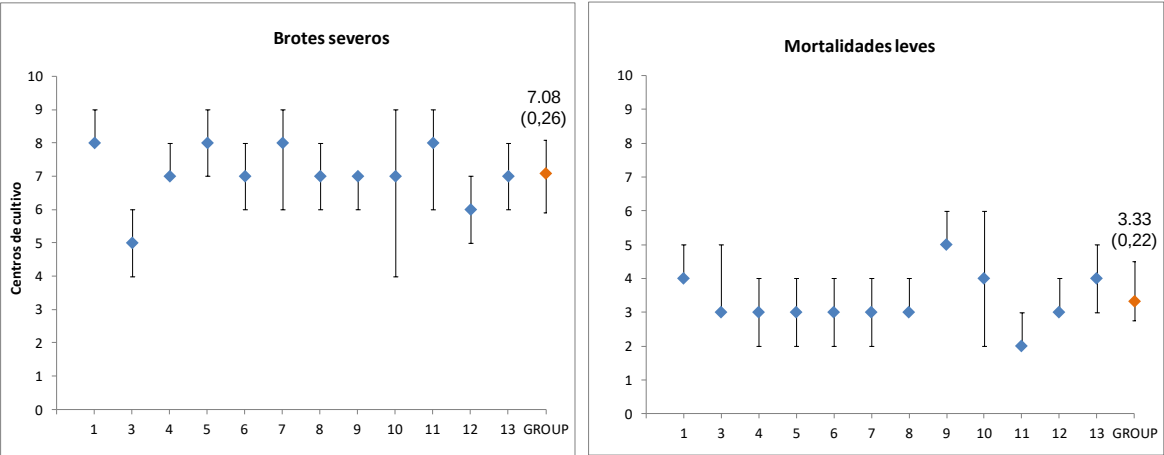


TEMPORADA DE STOCK

Primera ronda

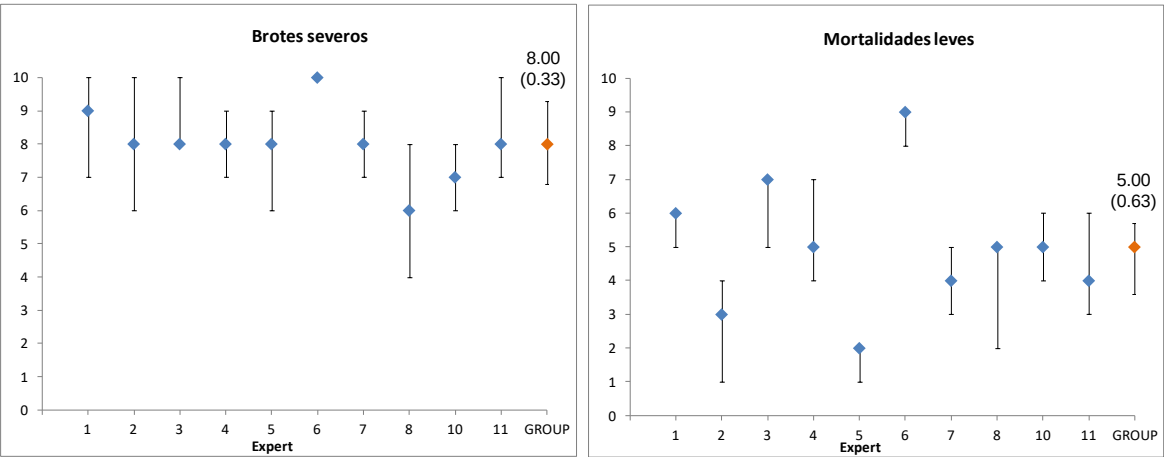


Segunda ronda

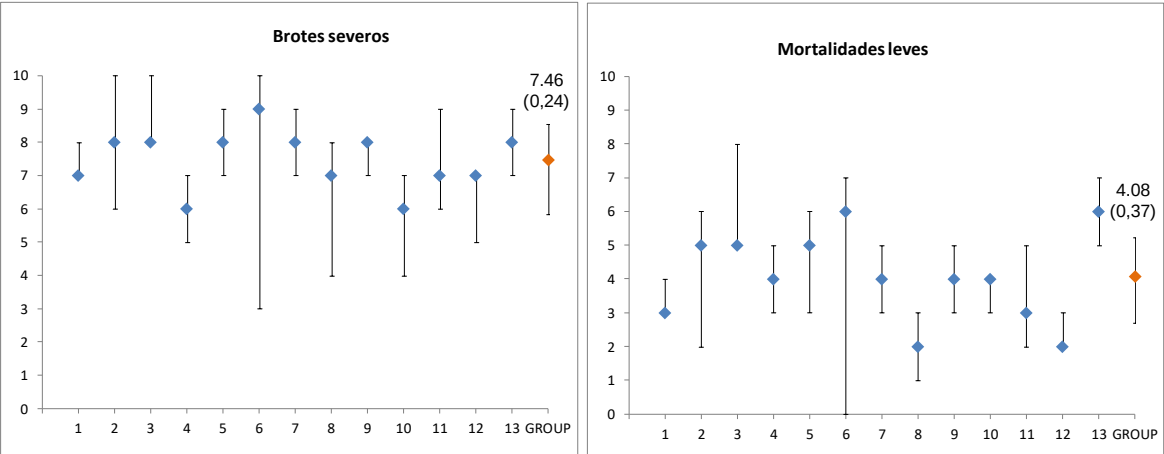


CÁLIGUS

Primera ronda

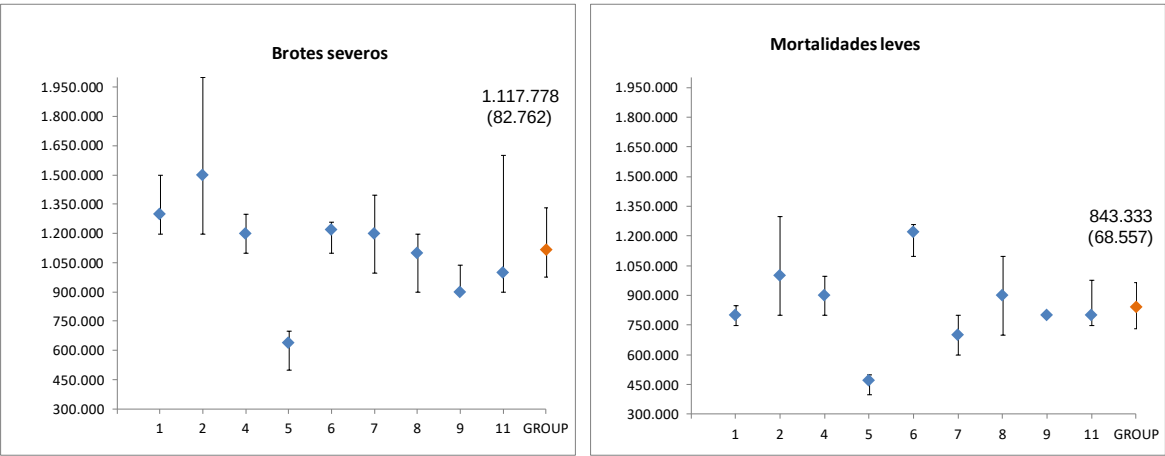


Segunda ronda

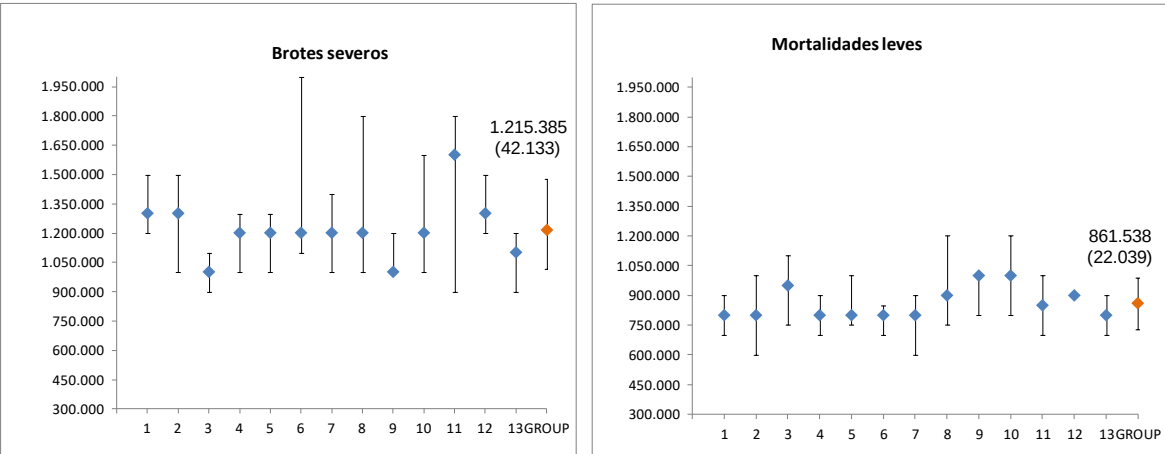


PECES SEMBRADOS

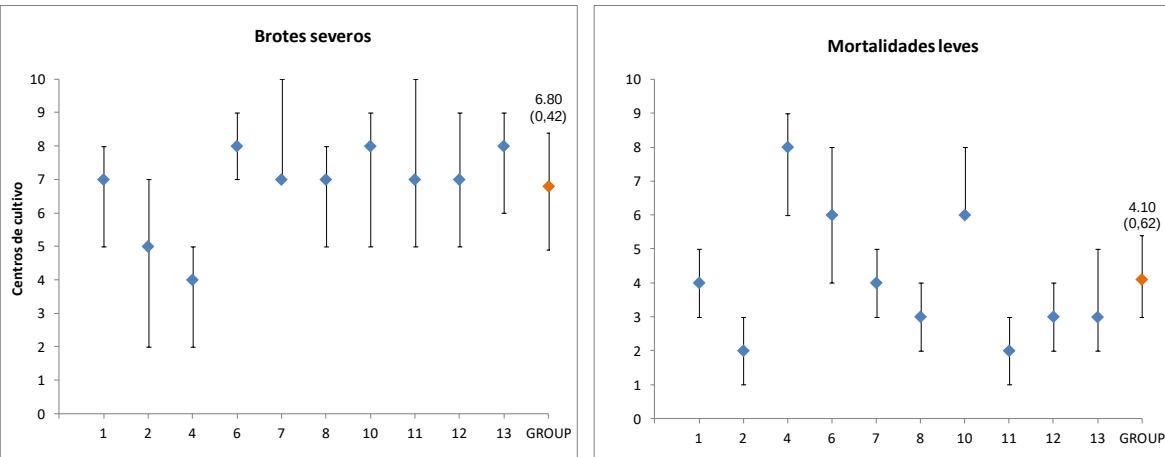
Primera ronda



Segunda ronda

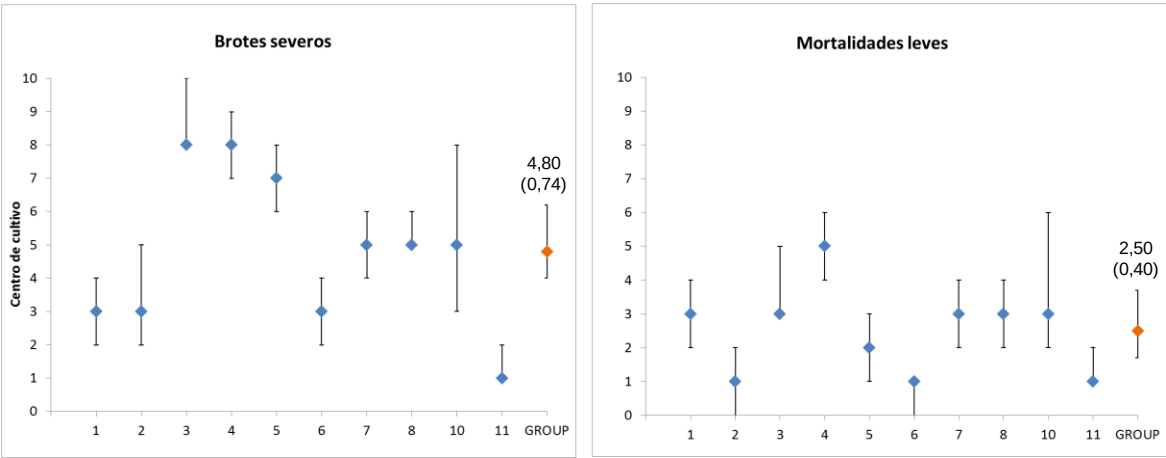


Tercera ronda

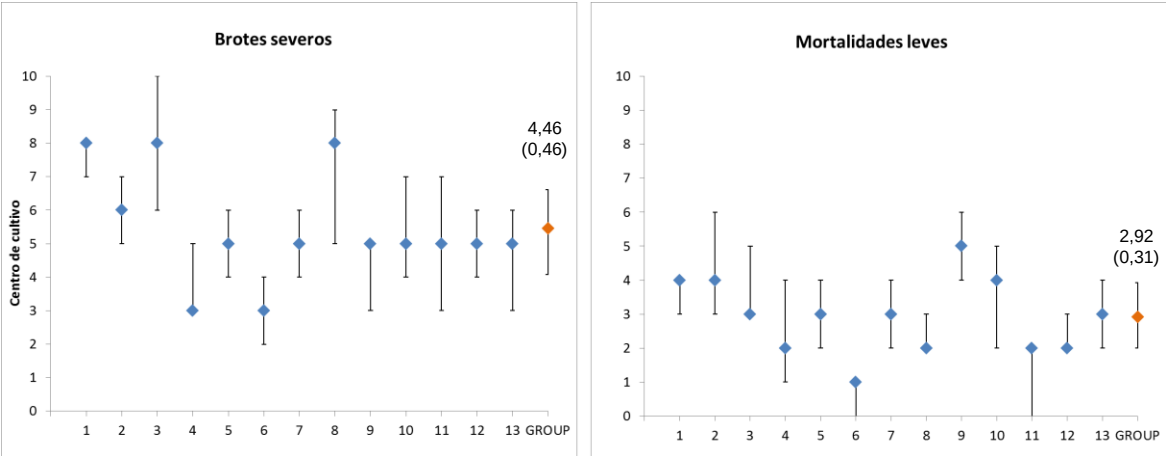


PECES MADUROS

Primera ronda

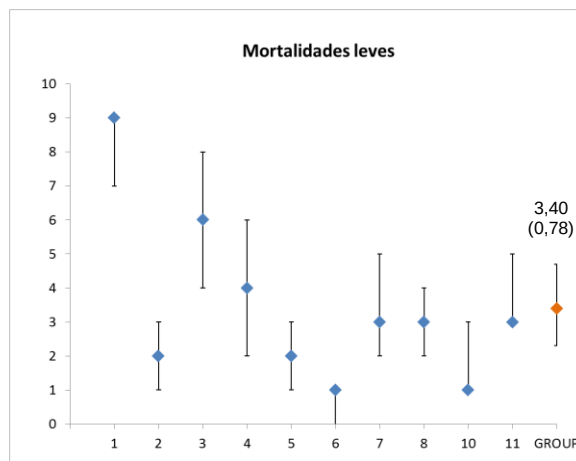
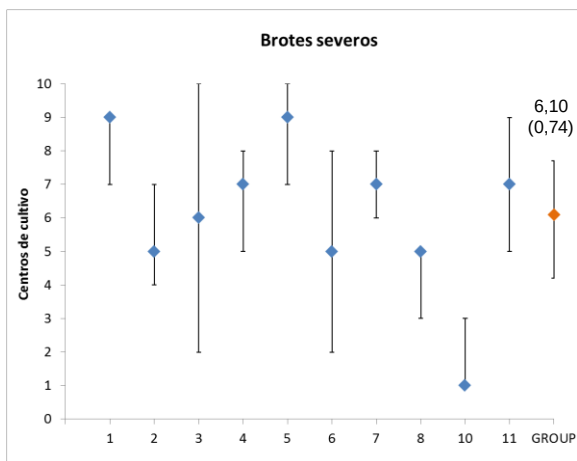


Segunda ronda

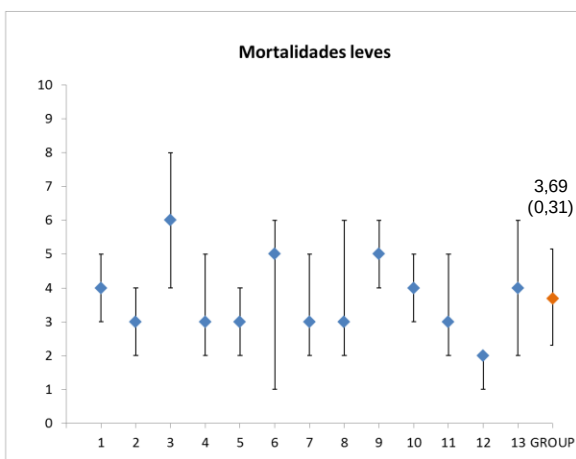
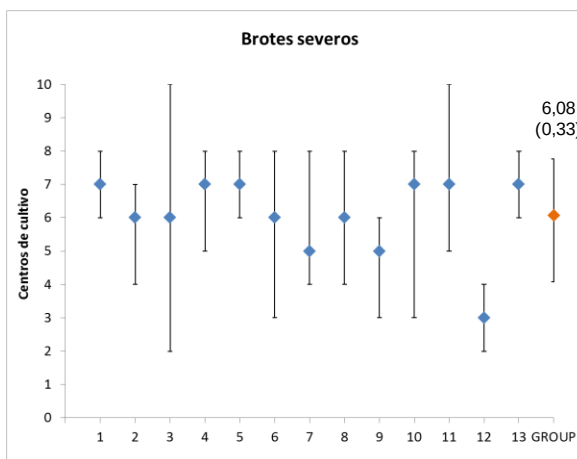


ANTECEDENTES DE SRS

Primera ronda



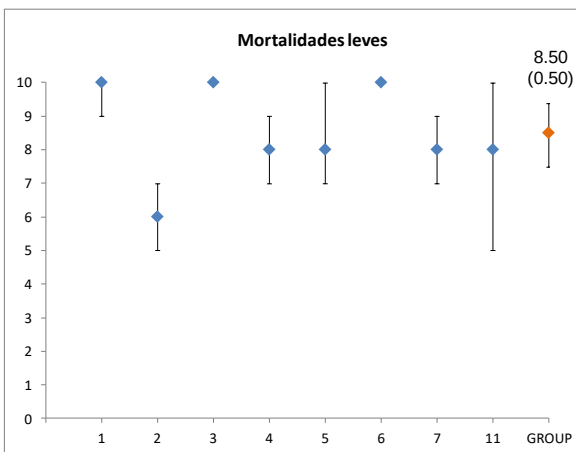
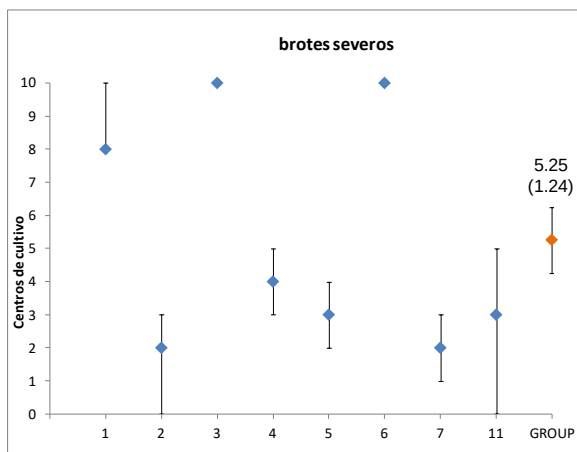
Segunda ronda



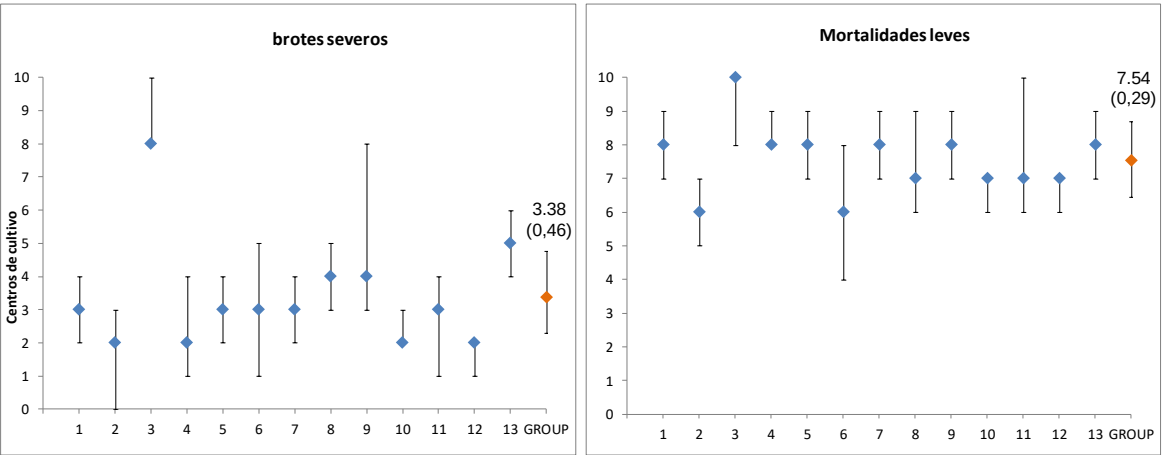
7.2.2. Factores protectores

DESCANSO SINCRONIZADO

Primera ronda

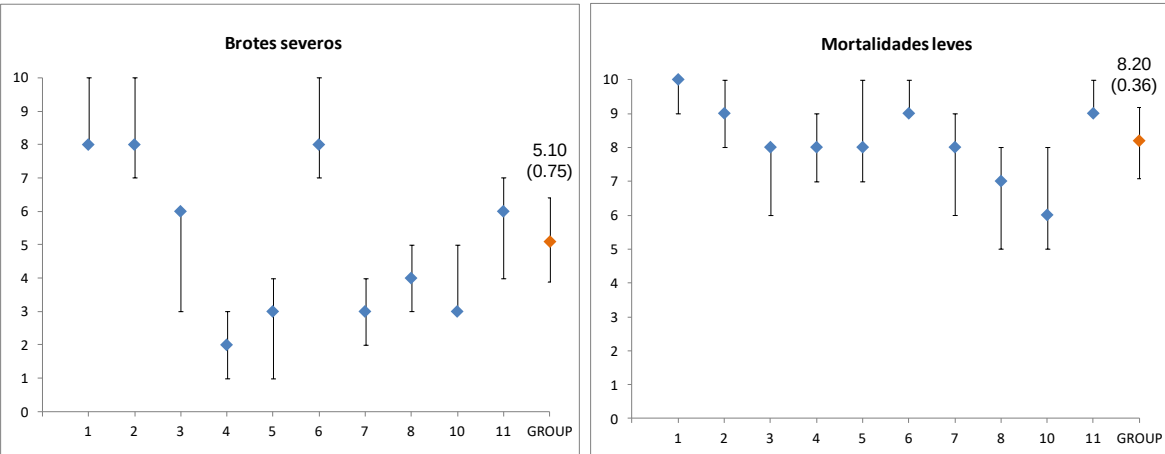


Segunda ronda

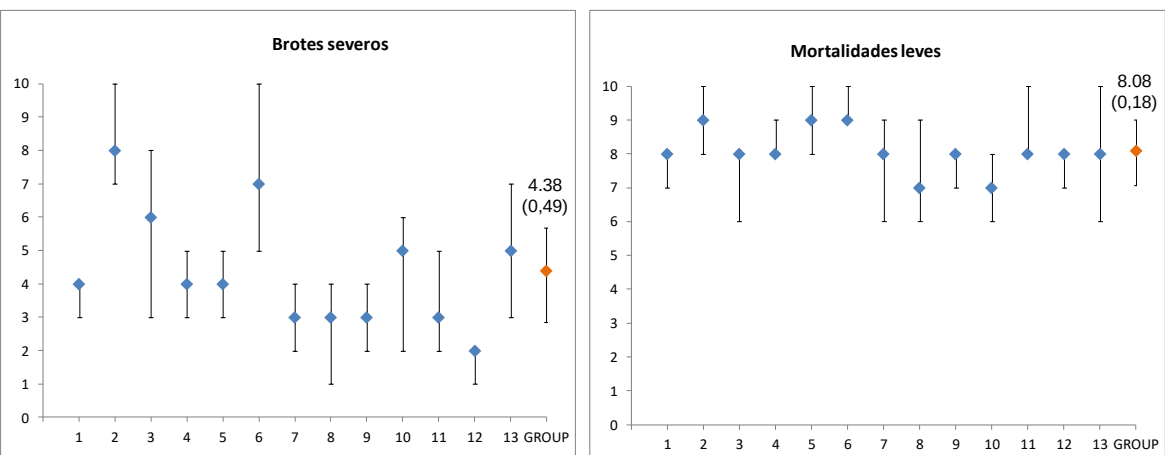


DIAGNÓSTICO OPORTUNO

Primera ronda

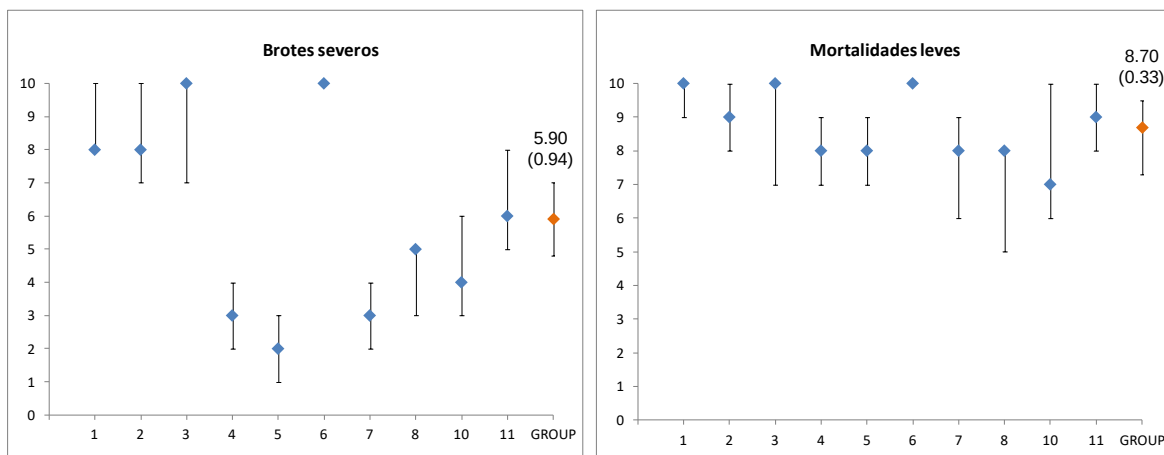


Segunda ronda

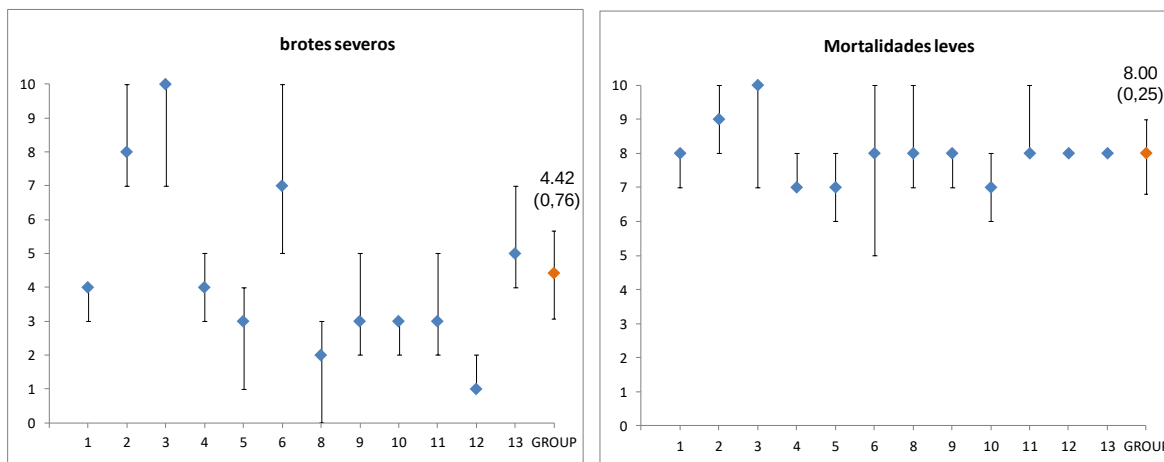


CAPACITACIÓN EN NECROPSIAS

Primera ronda

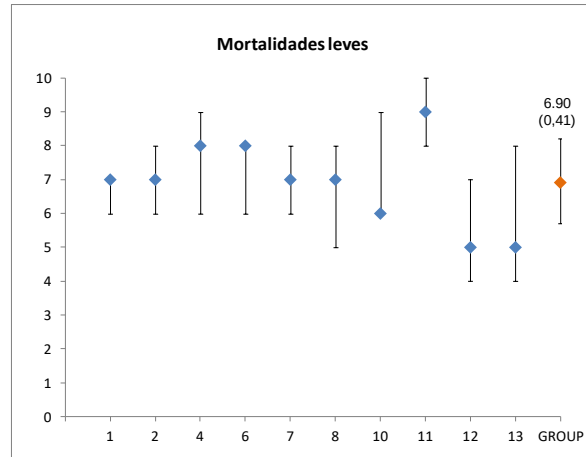
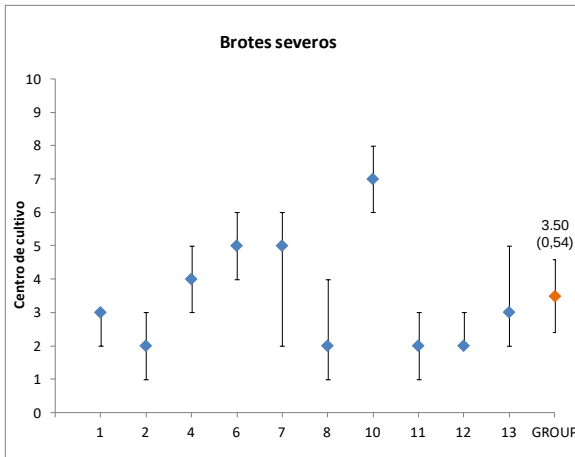


Segunda ronda



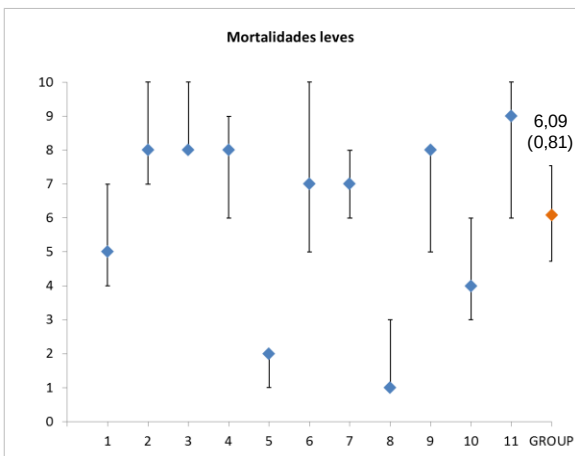
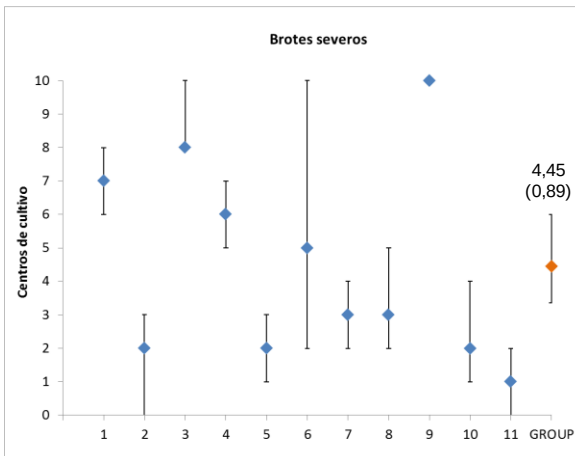
CORRIENTE Y OXÍGENO

Primera ronda

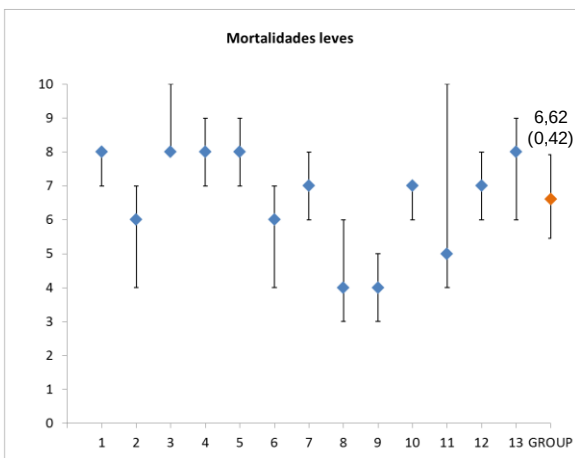
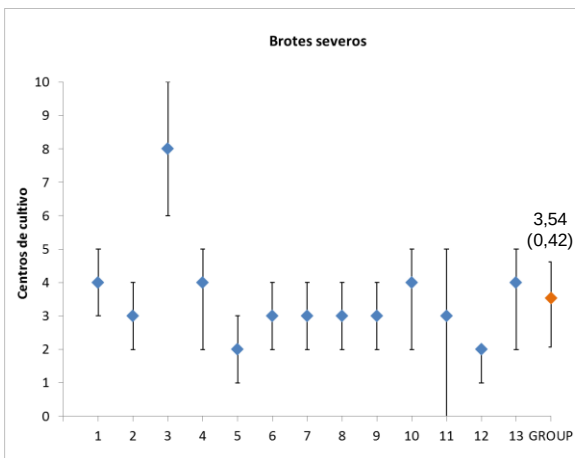


ELIMINACIÓN PRODUCTIVA

Primera ronda

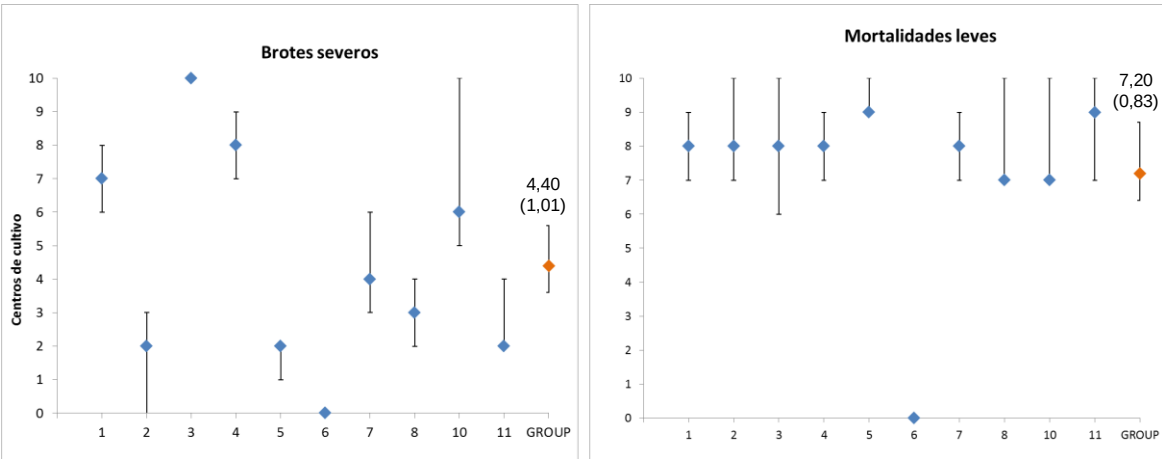


Segunda ronda

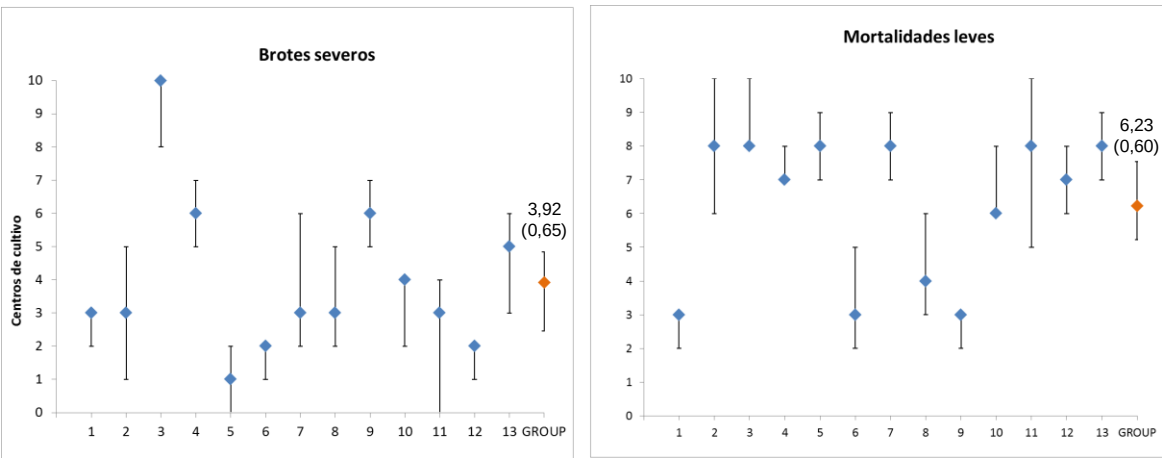


ELIMINACIÓN DE MORTALIDADES

Primera ronda

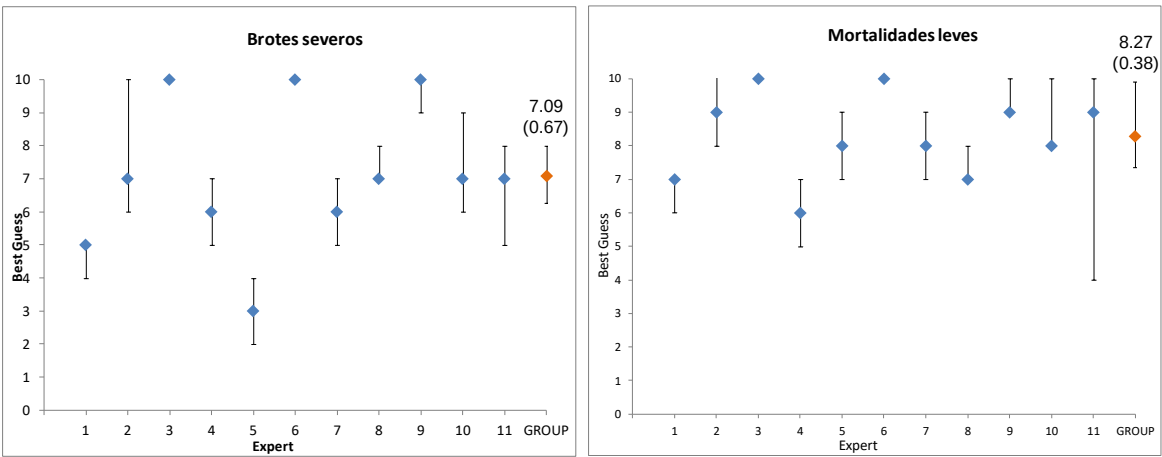


Segunda ronda

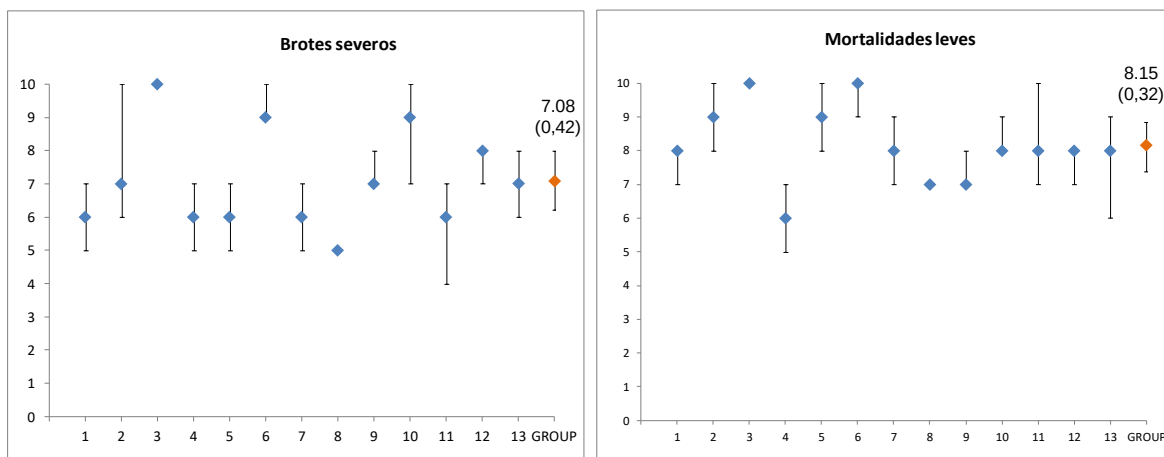


USO DE VACUNAS

Primera ronda



Segunda ronda



7.3. Anexo 3: Tríptico para la difusión de los resultados del proyecto

7.4. Anexo 4: Acta taller difusión de resultados