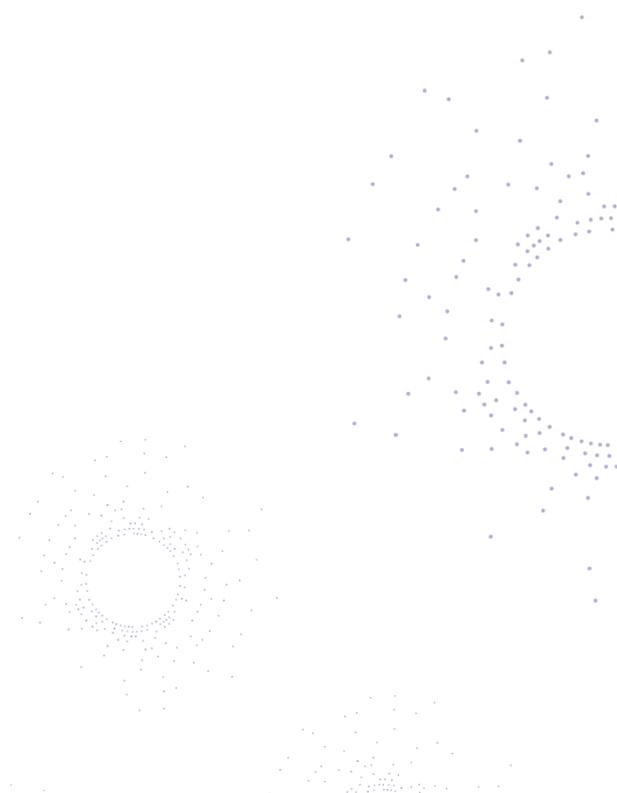


Desarrollo de costos en el cultivo de salmón atlántico y trucha arco iris:

¿Cuál es el costo del riesgo biológico?

Escrito por: Bård Misund

Informe 41-2022, NORCE Salud y Sociedad



Título del informe	Desarrollo de costos in Atlántico salmón y arco iris cultivo de trucha: ¿Cuál es el costo del riesgo biológico?
Número de proyecto	NFR 320612
Institución	NORCE Salud y Sociedad
Principal	Consejo Noruego de Investigación / Consejo de Investigación de Noruega
Gradiente	Abrir
Informe No.	41-2022, H&S
ISBN	978-82-8408-259-2
Número de páginas	73
Fecha de publicación	Noviembre 2022
Licencia CC	CC BY 4.0
Entrada de índice	Costos, riesgo biológico, acuicultura, acuicultura, salmón, arco iris trucha, piojos del salmón, enfermedades de los peces y Alimento para peces

Resumen

Desde el avance comercial a principios de la década de 1970, el cultivo de salmón en el mar ha pasado de ser una industria a pequeña escala a una de las industrias de exportación más grandes de Noruega. Aunque el cultivo de salmón del Atlántico y trucha arco iris representa solo un pequeño porcentaje de la producción acuícola mundial, la industria acuícola noruega es líder en muchas áreas. Inicialmente, la tecnología de producción era simple y de pequeña escala, pero con una mayor experiencia, conocimiento e innovaciones constantes en tecnología de construcción, nutrición y salud de peces, la productividad en la industria acuícola aumentó dramáticamente. El período de veinte años comprendido entre mediados de la década de 1980 y mediados de la década de 2000 se caracterizó por un alto crecimiento de la productividad, lo que resultó en una reducción sustancial de los costos, lo que a su vez condujo a precios más bajos del salmón y la trucha (Figura 1).^{1, 2,3}

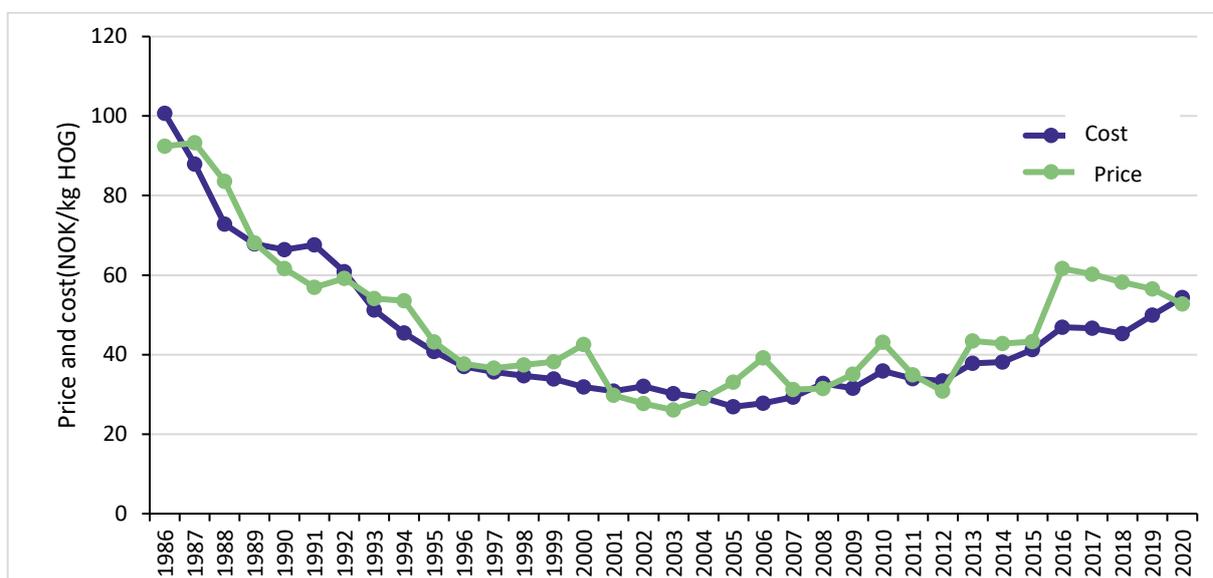


Figura 1. Precio y costos 1986-2020 en NOK por kilo de peso eviscerado. Fuentes: Dirección de Pesca 1986-2020. Los costos de capital son cálculos separados.

La producción creció casi un 20 por ciento anual entre 1980 y 2005. La disminución de los costos se revirtió alrededor de 2005, y entre 2005 y 2020 los costos de producción aumentaron un 176 por ciento en términos nominales (102 por ciento en coronas noruegas reales). El aumento de costos ha promediado el 7 por ciento anual, varias veces más rápido que la inflación.⁴

¹ La década de 1970 fue el gran avance en el mar. Ya había una producción de trucha en tierra en los años 50 y 60., véase, por ejemplo, Berge (2002).

² Ver Reve y Sasson (2012) y Tveterås et al. (2019).

³ Ver Afewerki y otros (2022).

⁴ Incluidos los costos de capital. Los costos comunicados en las encuestas de rentabilidad de la Dirección de Pesca han aumentado en un 148 y un 82 por ciento en NOK nominal y fijo, respectivamente.

El aumento de costos ha continuado incluso después de 2020 y se acerca a NOK 60 / kg de peso eviscerado, incluidos los costos de capital. A pesar de que los precios del salmón se han mantenido en un nivel relativamente alto desde 2016, el aumento de costos ha provocado que la rentabilidad caiga. En 2020, el margen operativo fue menor que en 2005. El desarrollo debería preocupar más que solo a los productores de salmón. El riesgo en la industria aumenta con el aumento de los costos. Será necesario un precio del salmón cada vez más alto para cubrir un rendimiento normal.

5

El propósito de este informe es investigar las razones detrás de la explosión de costos, con un enfoque particular en el riesgo biológico. Nofima y Kontali han llevado a cabo previamente varios análisis exhaustivos de factores como piojos, smolt y capital. ⁶ Los "costos biológicos" son un elemento de costo que se discute ampliamente, pero se estudia poco. Por lo tanto, el objetivo de este informe es evaluar el costo de los factores de riesgo biológicos, como los piojos y las enfermedades. Este es un tema que se está volviendo cada vez más importante, y en la literatura académica se lo conoce como la Carga Global de Enfermedades Animales (GBAD). ⁷ Los efectos del riesgo biológico en la acuicultura también son un ejemplo de la tragedia de los *comunes* (*Tragedy of the Commons*), donde las enfermedades y los piojos se propagan de una instalación a otra, de modo que las decisiones tomadas por un agricultor también afectarán negativamente a los otros piscicultores en las cercanías y contribuirán a aumentos de costos para toda la industria. ⁸

En resumen, los factores de costo más importantes desde 2005 son:

1. **Precios más altos para los insumos de factores.** El precio de los factores de entrada importantes ha aumentado, especialmente para los piensos. El precio del alimento aumentó en ~ 50 por ciento entre 2005-2020 medido en coronas noruegas (2020-NOK). Dado que la formación de precios de varios de los factores de entrada en la alimentación de los peces tiene lugar en un mercado global (listado en USD), la depreciación de la corona ha contribuido a los precios más altos de los piensos. Desde 2020, la corona, particularmente frente al USD, se ha depreciado aún más, y los precios de importantes factores de insumos han aumentado (en parte como resultado de la crisis de Ucrania) ejercerán una mayor presión sobre los costos de producción futuros.
2. **Aumento de la intensidad de capital.** El crecimiento de la inversión en activos fijos, plantas de incubación, embarcaciones operativas y especiales, plantas de procesamiento, etc. ha dado lugar a un aumento de los costos de capital, tanto en forma de mayor depreciación como de mayores requisitos de rendimiento de capital. El crecimiento de la inversión ha sido impulsado por la necesidad de poder producir más peces (por ejemplo,

⁵ Por rendimiento normal se entiende la rentabilidad necesaria para cubrir todos los costos, incluido el rendimiento del capital invertido. En otras palabras, la suma de los costos operativos y de capital.

⁶ Véase, por ejemplo, Iversen et al. (2019).

⁷ Véase, por ejemplo, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34542092/>

⁸ Ver Estay y Stranlund (2022).

criaderos más grandes), la necesidad de buques más grandes, pero también como resultado de regulaciones más estrictas (véase el punto 4 a continuación).⁹

3. **Riesgo biológico.** Toda la producción industrial de alimentos implicará riesgo biológico (enfermedad, estrés, reducción del crecimiento y mortalidad). En la salmonicultura, las enfermedades y los piojos en particular representan las mayores fuentes de riesgo biológico, pero los efectos también pueden amplificarse mediante operaciones y tratamientos subóptimos de las plantas (por ejemplo, métodos específicos de despiojamiento). Los costos del riesgo biológico han aumentado considerablemente en la última década, y coinciden con una serie de cambios e incidentes en la industria acuícola en el mismo período, lo que hace difícil señalar una sola causa principal. Los límites más estrictos de piojos se introdujeron en el período 2008-2013, y pueden haber contribuido a una mayor intensidad de despiojamiento después de 2012. Alrededor de 2015, la efectividad de los agentes despiojadores químicos disminuyó drásticamente, lo que llevó a un fuerte aumento de la nueva tecnología de despiojamiento no medicinal relativamente no probada (mecánica y térmica). Algunas partes del país también se vieron afectadas por el aumento de la incidencia de enfermedades virales como la EP, la ISA y la CMS (ruptura cardíaca). Ha habido un aumento de la mortalidad de peces grandes en relación con el delousing no medicinal, y a menudo se detectan rupturas cardíacas. Desde 2010, el peso promedio de los peces muertos ha aumentado de aproximadamente 1 a más de 2 kilogramos. Cuando el precio de los factores de entrada aumenta, también lo hace el costo de los peces muertos. El aumento del peso de los peces muertos amplificará el efecto sobre los costos de producción del aumento de los precios de los insumos. La combinación es un importante impulsor del aumento de los costos observados en los últimos 10 años. Además, los problemas biológicos pueden conducir al sacrificio forzado y a un menor peso de sacrificio, lo que aumenta los costos y reduce el precio alcanzado (debido a los descuentos de precios para peces más pequeños). Las enfermedades e infecciones parasitarias que afectan la apariencia de los peces pueden resultar en una clasificación de menor calidad y, por lo tanto, descuentos en los precios. Los problemas biológicos también darán lugar a una utilización subóptima de la capacidad de producción, de modo que los costes fijos se distribuyan en menos kilogramos. La calidad del smolt también puede ser un posible factor explicativo, y esto ha sido muy discutido recientemente.
4. **Normativa.** Las regulaciones afectan los costos y la rentabilidad a través de diversos mecanismos. De forma aislada, las regulaciones más estrictas sobre los piojos aumentarán los costos de los piscicultores, y los costos para algunas compañías aumentarán más que otros como resultado de las diferencias en la presión de los piojos. Las regulaciones ambientales (piojos, enfermedades, escapes, emisiones) significan que el crecimiento de la producción no puede seguir el ritmo del crecimiento de la demanda y proporcionar una rentabilidad extraordinaria, en forma de un *rent regulatorio (renta de política)*, que a su vez motiva actividades que pueden aumentar los costos (véase el punto siguiente). La

⁹ Consulte Blomgren et al. (2019a; 2019b) y Misund et al. (2019a, 2019c) para obtener más información sobre las inversiones en acuicultura.

combinación de regulaciones más estrictas sobre piojos y la respuesta de los acuicultores a la desinfección más frecuente e intensa puede haber contribuido al desarrollo de la resistencia de los piojos del salmón a los agentes químicos en el período hasta 2015/2016. Un rápido crecimiento posterior en el tratamiento de piojos no medicinales ha resultado en una mayor mortalidad de peces grandes. Además, los acuicultores con biomasa cercana a los límites del MAB tendrán incentivos para invertir en una mayor utilización del MAB. Los límites M¹⁰AB que solo se unen durante un corto período en otoño motivarán una mayor utilización del MTB en el resto del año si es rentable (el mecanismo se explica en el punto 5). Lo mismo se aplica a los incentivos para una mayor utilización del MAB total de una empresa (grupo, empresa y centro MAB). Por ejemplo, una reducción en el ciclo de producción (por ejemplo, con grandes alevines) podría aumentar la utilización de MAB.

5. **Precio alto.** Las regulaciones ambientales y de salud de los peces cada vez más estrictas tanto en Noruega como en otros países productores han dado lugar a altos precios en el mercado mundial para el salmón de piscifactoría y la trucha arco iris. El propósito de las regulaciones es reducir el impacto ambiental de la industria de piojos, escapes, enfermedades, etc. Ejemplos de regulaciones ambientales y de salud de peces en la acuicultura son el sistema de semáforos (piojos del salmón), las regulaciones de piojos (piojos de salmón), los requisitos tecnológicos (escape) y los requisitos de distancia entre ubicaciones (bioseguridad). No menos importante, las autoridades nacionales y regionales se han mostrado reacias a aumentar la capacidad de producción y aprobar nuevos sitios, lo que en sí mismo ha sido una importante medida de limitación de la producción. El resultado ha sido que el crecimiento de la producción en la última década ha sido bajo en comparación con períodos anteriores, y ha resultado en mayores precios y rentabilidad del salmón. Al mismo tiempo, con las regulaciones actuales, todavía hay oportunidades para aumentar la producción tanto a lo largo del intensivo (por ejemplo, una mayor utilización de la capacidad de M A B) como del margen extensivo (por ejemplo, compra de nueva capacidad de MA B, permisos de desarrollo y otros permisos no comerciales). Mientras el ingreso marginal del aumento de la utilización de la capacidad exceda su costo marginal, será económicamente rentable hacerlo. Por lo tanto, las estrategias destinadas a aumentar la utilización de la capacidad, por ejemplo, las estrategias post-smolt, pueden ser impulsoras de mayores costos e intensidad de capital. ¹¹

Los "costes biológicos" no son comunicados directamente, ni por las empresas ni por la Dirección de Pesca, por lo que deben estimarse sobre la base de otras fuentes de información y basarse en ciertos supuestos que podrían dar lugar a errores de medición. La complejidad de las relaciones entre las infestaciones de piojos, los tratamientos de piojos y las enfermedades, etc. complica el aislamiento de los costos de los piojos de otros problemas biológicos. Se pueden calcular los costos directos de los tratamientos contra los piojos, pero ¿qué pasa con los costos indirectos causados

¹⁰ La biomasa máxima permitida (MAB) son límites para la cantidad de biomasa que los agricultores pueden tener en sus granjas en un momento dado.

¹¹ Con *intensivo* significa que la capacidad existente es mejor Utilizado, mientras que con *extensivo* se refiere a una mayor capacidad (por ejemplo, más sitios, más MAB).

por el estrés, la reducción del crecimiento y la mayor susceptibilidad a las enfermedades? Algunas enfermedades como el CMS, en combinación con tratamientos mecánicos y térmicos para piojos, pueden conducir a la mortalidad. ¿Cuál es, entonces, la fuente de mortalidad, es la infestación de piojos, la enfermedad viral o la combinación?

Hay estimaciones individuales del costo de los piojos y las enfermedades, pero hasta ahora no hay estimaciones de nivel agregado. Por lo tanto, este informe utiliza una medida más general de los costos biológicos. Se basa en la tasa de conversión alimenticia económica. La tasa de conversión alimenticia estará influenciada por muchos elementos de la producción, por ejemplo, desperdicio de alimento, alimentos más limpios que comen peces, cambios en la composición del alimento, pero principalmente factores como enfermedades, estrés, inanición y muerte serán las principales causas de la alta tasa de conversión alimenticia. La discrepancia entre una tasa de conversión de alimento biológico económica y óptima es, por lo tanto, una medida indirecta del riesgo biológico.

La discrepancia entre la tasa de conversión alimenticia económica realizada y la tasa de conversión alimenticia teórica (ideal / utópica) de 0.9 y 1.0 respectivamente se utiliza para estimar los costos biológicos indirectos. El costo biológico directo se estima como una proporción del "otro" costo operativo, y el costo biológico total se calcula como la suma de los costos indirectos y directos. Se presentan dos estimaciones, una de las cuales (una tasa ideal de conversión alimenticia de 0,9) debe considerarse como una estimación superior de los costos privados asociados con el riesgo biológico. La segunda estimación (una tasa de conversión alimenticia ideal de 1.0) indicará los costos donde también se incluirán factores como el desperdicio de alimento, etc.¹²¹³

El método es simple, lo que tiene sus ventajas y desventajas. Las desventajas son que el método se basa en algunos supuestos simplificadores, que dan errores de medición y estimaciones imprecisas. Las estimaciones de costos biológicos son sensibles al nivel de referencia de la tasa de conversión alimenticia ideal. La ventaja del método es que uno puede usar datos disponibles públicamente para estimar el nivel de los costos "biológicos". Una de las contribuciones más importantes al informe es demostrar que es útil calcular los costos del riesgo biológico, ya que pueden ser significativos. El desarrollo a lo largo del tiempo, y en todas las áreas de producción, es quizás más útil que el nivel en sí. Los análisis de las diferencias geográficas muestran que los costos de producción entre geografías se vuelven más homogéneos cuando se ajustan a los costos biológicos. Los resultados también muestran que se necesita más investigación sobre este tema. Sin embargo, se deben desarrollar métodos más avanzados que puedan reducir los errores de medición y proporcionar estimaciones más precisas.

La Figura 2 muestra los costos biológicos de desarrollo desde 1994. Los costos cayeron hasta mediados de la década de 2000, pero han estado en una tendencia al alza durante los siguientes 15 años. El mismo desarrollo ha ocurrido en todos los condados de producción (Figura 3).

¹² Parte de los otros costos operativos se asignan al costo de biología basado en una clave de 25 % calculado a partir de análisis históricos de otros gastos operativos 2015–2020.

¹³ Los costos privados se utilizan para los costos corporativos, mientras que los costos sociales se utilizan para los costos de la sociedad.

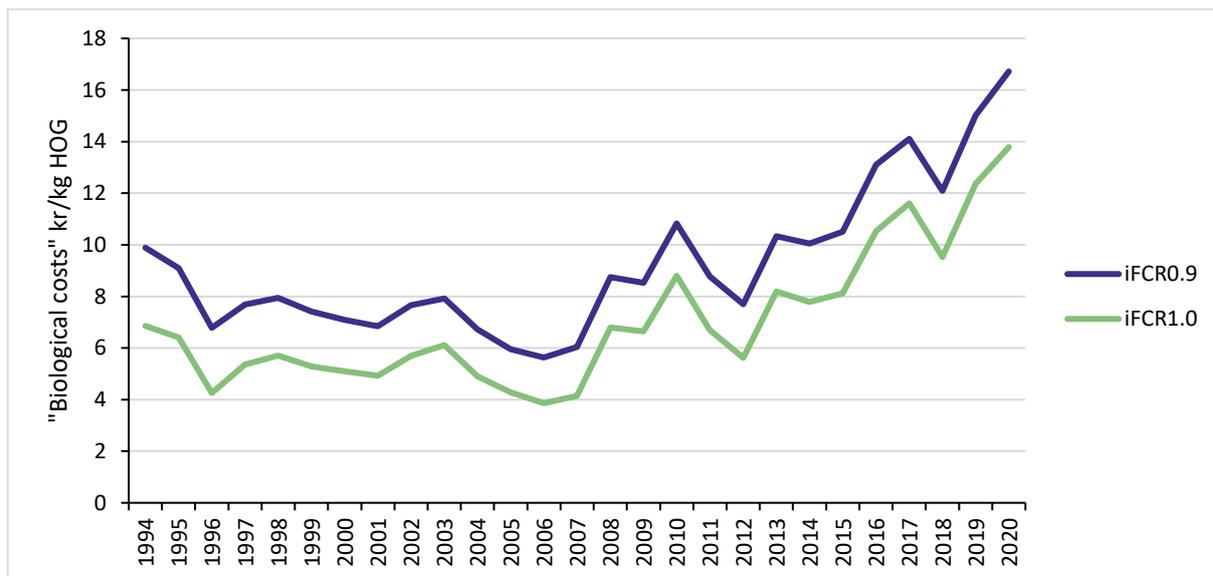


Figura 2. Costos "biológicos" en coronas fijas de 2020 por kilo de peso eviscerado (cabeza sobre peso eviscerado, HOG). Calculado a partir de una tasa de conversión alimenticia ideal s de 0.9 (iFCR0.9) y 1.0 (iFCR1.0). Cálculos propios basados en la encuesta de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

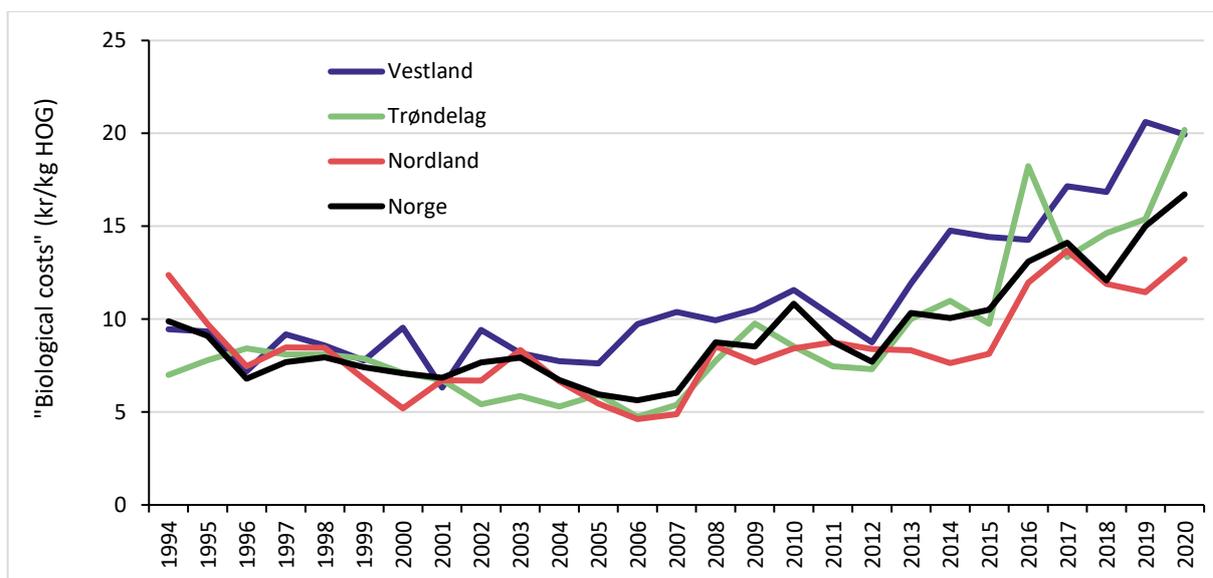


Figura 3. Diferencias regionales en "costos biológicos" (basado en iFCR0.9). Fijo 2020-NOK por kilo HOG. Cálculos propios basados en la encuesta de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

Antes de 2005, las diferencias regionales en los costos biológicos eran pequeñas, mientras que después de 2005 las diferencias han aumentado. El condado de Vestland generalmente ha tenido los costos de biología más altos y Nordland el más bajo. La extracción de los costos de biología da una mejor imagen del desarrollo de los otros elementos de costo. Los resultados muestran que la variación en los costos de alimentación y otros costos entre los piscicultores en diferentes condados está disminuyendo drásticamente, y documentan que la variación en el riesgo biológico es uno de los mayores contribuyentes a las diferencias regionales en los costos de producción.

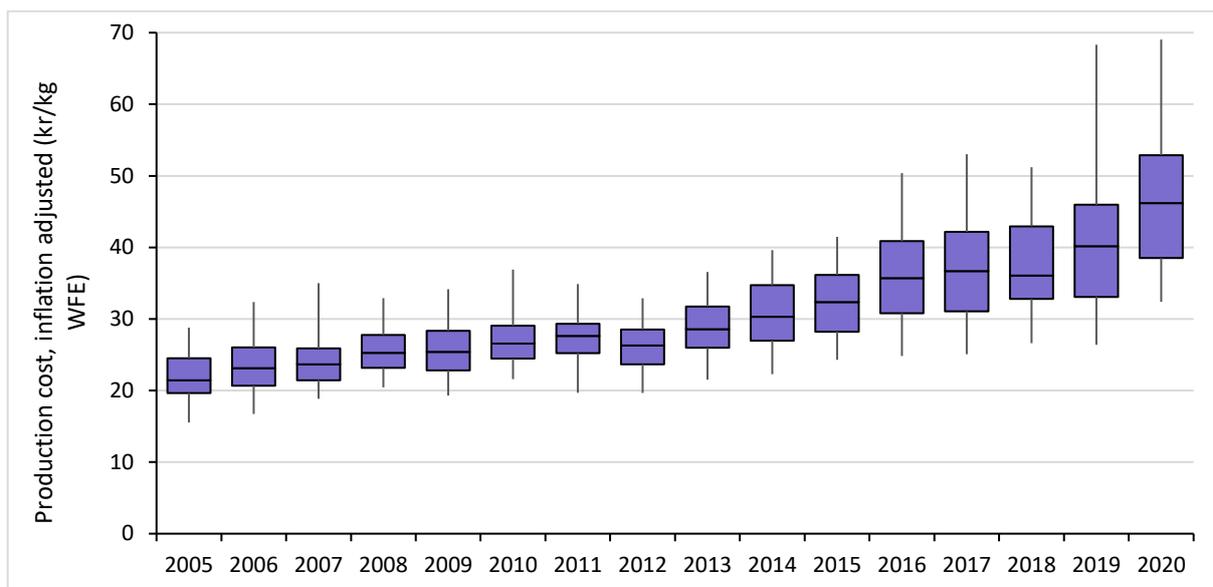


Figura 4. Variación en los costos de producción (NOK/peso eviscerado). Las cajas contienen el 50% de las empresas, mientras que las líneas verticales contienen el 90%. La línea horizontal en los cuadros representa la mediana. Las cifras proceden de las encuestas de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

Hoy en día, los costos de biología son uno de los mayores elementos de costo en el cultivo de salmón, y desde 2012 se han más que duplicado. Además de un aumento sustancial en el nivel de costos, también ha habido un aumento sustancial en el *diferencial* en los costos de producción (Figura 2). El aumento de las diferencias de costos es particularmente visible después de 2012 y coincide en el tiempo con el aumento de los costos biológicos y los aumentos en las diferencias regionales en los costos de biología.

Por lo tanto, el cálculo de los costos biológicos es importante por varias razones. En primer lugar, no son un elemento de costo insignificante en la producción de animales vivos. Sin aislamiento del costo biológico, los otros costos se distribuirán entre la producción y sobrestimarán la importancia de los otros elementos de costo como alimentación, smolt, depreciación, etc. Un mayor costo de alimentación puede enmascarar factores que en realidad se deben a un mayor riesgo biológico. Además, los costes de biología proporcionarán a las autoridades veterinarias conocimientos útiles que pueden utilizarse para calcular los GBAD para la acuicultura. Para los acuicultores, será información útil para comparar los costos entre las instalaciones. No menos importante, el aislamiento de los costos biológicos proporcionará una mejor imagen de los costos de la agricultura en jaulas abiertas si el propósito es investigar la rentabilidad de la tecnología agrícola alternativa. Un costo de alimentación basado en la producción en jaulas abiertas con infestaciones frecuentes de piojos no será relevante para su uso al calcular la rentabilidad de las inversiones en instalaciones semicerradas sin piojos o tecnología de acuicultura en alta mar.¹⁴

El análisis también tiene otra contribución importante. Muestra una mayor internalización de las externalidades negativas. Las externalidades negativas es un término que los economistas usan para

¹⁴ Véase también Tveterås et al. (2020a; 2020b; 2020c).

describir los costos para la sociedad que surgen como resultado de las actividades de una empresa, pero que no son asumidos por la propia empresa, creando una brecha entre los costos corporativos y los de la sociedad. La contaminación es un ejemplo de ello. El ejemplo típico de un libro de texto es una fábrica que contamina y pone una carga económica en otras empresas como resultado de la contaminación. La solución clásica de los libros de texto es entonces imponer un impuesto ambiental (impuesto pigouviano) a las empresas que se establece igual al costo marginal del daño ambiental. Como resultado del impuesto, los costes de las empresas aumentarán con el nivel del coste de los daños medioambientales de acuerdo con el principio de que quien contamina paga. En términos técnicos, esto se llama *internalización* de externalidades negativas. Sin embargo, las externalidades más importantes en la acuicultura, como los piojos y las enfermedades, están mal cubiertas por una definición clásica de libro de texto. Si bien los efectos de los piojos de mar y las enfermedades del cultivo de salmón en los salmónidos silvestres están en línea con la definición clásica, no describen completamente los costos para la sociedad de los piojos del salmón y las enfermedades de los peces en la acuicultura. El término ¹⁵*externalidades espaciales* es entonces más apropiado, describiendo una situación en la que las empresas se contaminan entre sí y pueden dar lugar a la tragedia de los bienes comunes. En la acuicultura, los piojos del salmón y las enfermedades se propagarán de la planta a la instalación. Esto aumentará los costos para los piscicultores en áreas con muchos piojos y enfermedades, y proporcionará una internalización parcial de las externalidades. Investigaciones recientes muestran que las regulaciones actuales amplifican este efecto. Los resultados de los análisis de este informe muestran que los costes de la sociedad derivados de las externalidades espaciales son significativos y son soportados en gran medida por los propios agricultores. Las regulaciones ambientales y de salud de los peces más estrictas, como los límites de piojos y el sistema de semáforos, han contribuido a una internalización de los costos de los piojos y las enfermedades de la sociedad. Las áreas con altos niveles de piojos (Vestland) también tienen los costos biológicos más altos, mientras que las áreas con bajos niveles de piojos (Nordland) tienen los costos biológicos más bajos. Estos hallazgos tendrán consecuencias para la elección de las regulaciones y los impuestos de la industria acuícola. Por ejemplo, ¿qué tan efectivo será un impuesto ambiental sobre los piojos del salmón en el salmón de piscifactoría cuando los costos de los piojos de los piscicultores ya son altos y aumentan con el aumento de la infección por piojos de mar en un área geográfica? ¹⁶ Las regulaciones sobre piojos ¹⁷ y el sistema de semáforos ya proporcionan incentivos para reducir los piojos en el salmón de piscifactoría.

Además, los resultados proporcionarán información útil para el diseño óptimo de otros impuestos, por ejemplo, un impuesto sobre la renta de los recursos. Cómo funcionará un impuesto a los intereses de los recursos en una industria donde la extraordinaria rentabilidad es creada por las regulaciones ambientales, y las principales externalidades están parcialmente internalizadas y de alcance considerable, no se ha estudiado académicamente. Al no examinar las razones detrás de

¹⁵ Véase Asche, F., Eggert, H., OglendUn. Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Acuicultura: externalidades y opciones de política. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305 y Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Políticas de entrada, ubicación y medio ambiente óptimas. *Economía de Recursos y Energía*, 70, 101326.

¹⁶ Ver Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Políticas de entrada, ubicación y medio ambiente óptimas. *Economía de Recursos y Energía*, 70, 101326.

¹⁷ Ver Oglend y Soini (2020).

las ganancias extraordinarias en la industria, uno puede fácilmente ser engañado para creer que las ganancias son rentas de recursos, no rentas de regulación (derivadas de la regulación ambiental), y proponer medidas políticas incorrectas. Tampoco se han evaluado las consecuencias ambientales de un impuesto sobre la renta de los recursos en la acuicultura. Los costos directos e indirectos de los piscicultores relacionados con piojos, enfermedades y escapes serán deducibles en un impuesto a ¹⁸ la renta de recursos basado en las ganancias ¹⁹ o en el flujo de efectivo. Esto significa que la sociedad toma una parte de dichos costos igual al nivel de la tasa impositiva (por ejemplo, un subsidio). Una tasa impositiva marginal del 78 por ciento significa que la sociedad toma una parte similar de los costos biológicos, en otras palabras, el estado cubrirá el 78 por ciento de los costos biológicos. Otras formas de impuestos sobre la renta de los recursos, como una regalía, no tendrán este efecto. Si la sociedad quiere cambiar las inversiones y actividades hacia un uso más eficiente de los recursos, los impuestos distorsionadores serán más relevantes (por ejemplo, impuestos ambientales, subsidios, etc.). Una crítica común a los impuestos neutrales es que no proporcionarán incentivos para un uso más eficiente de los recursos. Ese es precisamente el propósito de los impuestos neutrales, no deben influir en las decisiones corporativas. Los impuestos sobre la producción, el MAB o el número de smolt diferidos, por otro lado, pueden proporcionar posibles incentivos para un uso más eficiente de los recursos, en línea con las intenciones de un buen sistema tributario²⁰. Al mismo tiempo, también serán una fuente de ingresos fiscales.

Gracias

El trabajo en este informe fue motivado por una pregunta del periodista Bent Are Jensen en Intrafish que se preguntaba cuánto cuestan las enfermedades de los peces. Hubo algunos estudios sobre piojos, pero pocos estudios académicos sobre las consecuencias económicas de las enfermedades de los peces.

Este informe está financiado por el proyecto nº 320612 del Consejo de Investigación de Noruega "Un marco unificado para la regulación de la acuicultura multitecnológica del salmón (MULTITECH)"

¹⁸ Oglend y Soino (2020) son una excepción.

¹⁹ NOU 2019:18 «Fiscalidad de la acuicultura» no evaluó las consecuencias ambientales de un impuesto sobre la renta de los recursos incluso si era parte de la mandato pero dejar sobre la base de que Normativa medioambiental vigente son suficiente (véase la página 26–27, sección 2.3). Investigaciones recientes sugieren sin embargo que las regulaciones ambientales refuerzan los desafíos ambientales en la acuicultura.

²⁰ Una ambición importante para un buen sistema tributario es que "contribuya a, o lo menos posible se interponga en el camino de, el uso eficiente de los recursos" (NOU 2000: 18 «Fiscalidad de las actividades petroleras", pág. 28). Los impuestos que cambian hacia un uso más eficiente de los recursos son preferidos a los impuestos neutrales.

y también se beneficia de la financiación del proyecto "Carga mundial de enfermedades animales. GBAD's programme" y la UiS Business School (año sabático).

El autor desea agradecer a Svein Angell, Edgar Brun, Merete Fauske, Ole Folkedal, Aslak Forus, Bjarne Hatlen, Tord Ludvigsen, Frode Oppedal, Endre Seter, Ragnar Tveterås, Paul Steinar Valle, Cecilie Walde, Håvard Walle y otros por su ayuda e información útil.

Sobre el autor

Bård Misund es profesor de Finanzas en la Escuela de Negocios de la Universidad de Stavanger. Tiene un M.Sc. en biología acuícola, M.Sc. en finanzas y doctorado en economía industrial. Misund ha trabajado anteriormente en las industrias de energía y productos del mar. Participa en proyectos de investigación financiados tanto por agencias de financiación nacionales como internacionales, así como en una investigación financiada por la industria, también realiza trabajos de consultoría tanto para la industria como para el sector público.

Contenido

Resumen	22	2
.....	151	151
.....	1512	1512
.....	15	15
1.1. La	21	21
.....	2117	2117
.....	21	21
1.1.1. Rentabilidad	22	22
.....	22y renta económica	22
.....	2218	2218
.....	22	22
1.2. Tema	24	24
.....	24del presente informe	24
.....	2420	2420
.....	24	24
2.	26	26
.....	26	26
.....	26	26
2.1. Composición	26	26
.....	26del coste de producción	26
.....	2622	2622
.....	26	26
2.2. Composición	31	31
.....	31del coste de los piensos	31
.....	3127	3127
.....	31	31
2.3. Precios de	33	33
.....	33los ingredientes de los piensos	33
.....		

	.....	3328
	.....	33
2.4.Efectos	.....	34
	.....	34del tipo de cambio
	.....	3430
	.....	34
2.5.Tasa	.....	36de conversión alimenticia
	.....	3631
	.....	36
3.	.....	38¿Cuál es el costo del riesgo biológico?
	.....	38 33
	.....	38
3.1.La	.....	38tasa de conversión alimenticia es una medida de ineficiencia
	.....	3833
	.....	38
3.2.Tasa de	.....	39conversión alimenticia como medida de los costes biológicos
	.....	3934
	.....	39
3.3.Evolución	.....	43a lo largo del tiempo
	.....	4338
	.....	43
3.4.Composición de	.....	44los costes de producción ajustada al riesgo biológico
	.....	4439
	.....	44
3.5.Diferencias	.....	45regionales
	.....	4540

..... 45

3.6.Grandes 50empresas vs pequeñas

..... 5044

..... 50

..... 534.Razones del aumento de los costes biológicos

..... 5346

..... 53

..... 665.Conclusión

..... 6657

..... 66

..... 696.Referencias

..... 6960

..... 69

..... **Feil! Bokmerke er ikke definert.**7.Apéndice: Evolución histórica de la normativa y acontecimientos importantes

..... **Feil! Bokmerke er ikke definert.**67

..... **Feil! Bokmerke er ikke definert.**

1. Introducción

La Dirección de Pesca de Noruega ha realizado estudios de rentabilidad para la piscicultura de salmón y trucha desde 1982. El método de cálculo de los costes de producción y la rentabilidad ha cambiado a lo largo del camino, lo que puede afectar a la comparabilidad a lo largo del tiempo. Por ejemplo, a partir de las cifras de 2009, se utilizaron métodos de cálculo orientados a los negocios, frente a una perspectiva económica en el período 1982-2008. En los primeros años de la década de 1980, el método cambió un poco, y la serie temporal oficial de la Dirección de Pesca se extiende desde 1986, no desde 1982. Diferentes métodos de cálculo pueden conducir a cambios tanto en los costos de producción como en la rentabilidad.²¹

Además de las cifras promedio de costos de producción y rentabilidad, la Dirección publica información sobre la composición de los costos de producción, los precios alcanzados del salmón y la trucha arco iris para los acuicultores, los precios de los piensos, la tasa de conversión alimenticia, así como las diferencias en los costos de producción y la rentabilidad para los diferentes condados y grupos de tamaño de las empresas. No menos importante, el conjunto de datos contiene tablas de dispersión anónimas para el costo de producción, los márgenes operativos y la tasa de conversión de alimentación, que proporcionan información útil sobre las variaciones en estas variables. Las razones por las que se han incluido las tablas de dispersión se pueden leer en la Encuesta de Rentabilidad de 1984 (Dirección de Pesca, 1984, traducción propia):

"Una de las cosas que parece típica de la industria acuícola, y que también se ha demostrado a través de todas las encuestas de rentabilidad realizadas por la Dirección de Pesca, es la gran variación en los resultados operativos. La explicación es, naturalmente, la incertidumbre que caracteriza el funcionamiento de una piscifactoría. Las plantas operan en un entorno natural que no se puede controlar al cien por cien. Los acontecimientos de los últimos años han demostrado que hay un largo camino por recorrer antes de que uno tenga pleno conocimiento de este entorno. Enfermedades, tormentas, daños de diferentes organismos son palabras clave que pueden explicar cómo un buen resultado en un tiempo extremadamente corto puede convertirse en uno negativo. Por lo tanto, al leer las tablas, debe tenerse en cuenta que hay una variación muy grande en los datos".

La cita anterior bien podría haber sido escrita en 2022. Por lo tanto, los análisis de los costos y la rentabilidad en la acuicultura también deben incluir análisis de la variación de las variables entre empresas y regiones, si se quiere obtener una impresión completa de los desarrollos. Esto se discutirá más adelante en el informe.

La siguiente figura muestra la evolución de los costes medios de producción entre 1974 y 2020 (gráfico 1). La evolución de precios y costes ha pasado por al menos 3 fases. En el primero, entre 1970 y mediados de la década de 1980, tanto los costos como los precios estaban en un nivel

²¹ Ver Eg. Encuesta de rentabilidad para 2009, página 13 para ejemplos de cómo esto puede tener un impacto (Dirección de Pesca, 2009).

históricamente alto medido en coronas reales. Entre mediados de la década de 1980 y alrededor de 2005, tanto los precios como los costos cayeron. En los últimos 15 años en el gráfico, los costos han estado en una tendencia al alza y los precios han fluctuado alrededor de los costos. A continuación, el informe entrará en más detalles sobre las tres fases. ²²

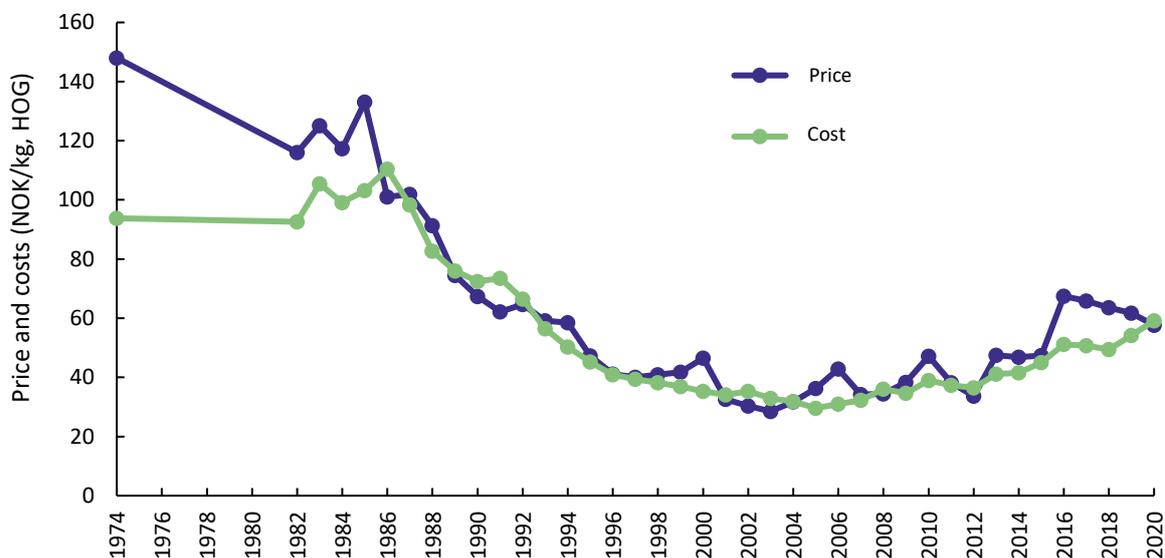


Figura 3. Precio de venta y costo de producción 1976-2020 (HOG). Las cifras se basan en la encuesta de rentabilidad de la Dirección de Pesca de Noruega e incluyen los costos de sacrificio y embalaje. Además, se ha añadido un costo de capital igual a una tasa de rendimiento requerida del 10% multiplicada por el activo total contable. Los precios son el precio alcanzado para el agricultor. Todos los valores se han convertido a NOK 2022 fijo. Fuentes: Estudio de rentabilidad de la Dirección de Pesca (1982-2020) y NOU 1977:39 (1974).

Fase de establecimiento 1970-1985

El avance comercial para el cultivo de salmón en Noruega se produjo a principios de la década de 1970. Las jaulas octogonales de Grøntvedt permitieron producir salmón y trucha en el mar. Las jaulas consistían en collares flotantes hechos de madera, poliestireno y neumáticos de automóviles, y una red. La historia de éxito de los hermanos Grøntvedt se extendió rápidamente a lo largo de la costa, y el número de agricultores aumentó en número. La tecnología para la agricultura varió mucho al principio. Al principio, también se utilizaban zonas marítimas cerradas. Además de Grøntvedtmerden, también se utilizaron otras variedades de jaulas flotantes. La primera jaula de plástico llegó en 1974, producida por Polarcirkel (hoy parte de AKVA Group ASA). En los años 80, la construcción de acero también se hizo popular. Las autoridades no pudieron decidir qué tan grande debería ser una piscifactoría y cambiaron los volúmenes de licencias de acuicultura tanto hacia arriba como hacia abajo en el primer período.

El período se caracterizó por importantes desafíos de la enfermedad (las enfermedades bacterianas Vibriosis y vibriosis de agua fría / enfermedad de Hitra) que se trataron con antibióticos, lo que a su

²² Véase también Asche y Oglend (2016).

vez condujo a un fuerte aumento en el uso de antibióticos durante el período. Los sitios estaban más protegidos y menos profundos que hoy, y el exceso de alimento y heces de peces se acumulaba debajo de las jaulas, y podría causar problemas tanto para los peces de cultivo como para la fauna bentónica.

Hay muy poca información sobre los costos de producción de la primera década. El Informe Oficial de Noruega del Comité Lysø llevó a cabo un análisis de la rentabilidad de las piscifactorías de la época basado en cifras de 1974 (NOU 1977: 39). No fue hasta 1982 que la Dirección de Pesca comenzó a publicar encuestas de rentabilidad para piscifactorías.²³

Crecimiento de la productividad 1985–2005

En el período comprendido entre la década de 1980 y mediados de la década de 2000, los costos de producción cayeron. Este desarrollo fue impulsado por un fuerte crecimiento de la productividad, innovaciones y efectos de escala (Tveterås, 1999; Asche y otros, 2013a; 2013b; Aferweki et al., 2022). Las rondas de licencias a finales de los años 80 trajeron consigo un mayor volumen permitido de jaulas, número de empresas, mayor liberación de smolt, mayor uso de alimento seco.

La liberalización de las normas relativas a las licencias de incubación en 1985 dio lugar al crecimiento de nuevos establecimientos de producción de alevines (fase terrestre del ciclo de producción). Combinado con varias licencias de crecimiento (fase marítima del ciclo de producción) en la segunda mitad de la década de 1980, la producción de salmón aumentó significativamente, lo que tuvo algunas consecuencias negativas para la industria acuícola noruega, efectos que duraron décadas después. El aumento de la producción dio lugar a un crecimiento de las exportaciones, lo que a su vez condujo a una caída significativa de los precios que dio lugar a acusaciones de dumping de los acuicultores competidores en los países exportadores. Especialmente los agricultores irlandeses, escoceses y norteamericanos estaban activos. En los Estados Unidos, se introdujo un impuesto punitivo del 27% en 1991, que duró 20 años. Durante un período de 20 a 25 años, se hicieron repetidas acusaciones contra los piscicultores noruegos, lo que llevó a un extenso y prolongado conflicto comercial con la UE, que afectó las regulaciones de producción y las licencias en este período de tiempo.

En 1991, se liberalizaron las restricciones de propiedad para las licencias de crecimiento, y el resultado fue una consolidación global de la industria, donde aproximadamente 2/3 de las empresas fueron adquiridas e incorporadas en empresas cada vez más grandes, lo que brindó oportunidades para economías de escala. Como resultado del fuerte aumento de la producción en los años 80 y los problemas comerciales en la UE / Estados Unidos, se introdujo un alto a las nuevas rondas de licencias en 1989. No fue hasta 2002 que se anunciaron nuevos permisos. A pesar de la suspensión de licencias en los años 90, las mejoras de productividad continuaron con nuevas vacunas contra las enfermedades bacterianas vibriosis, vibriosis de agua fría y furunculosis, el uso de jaulas más

²³ El análisis fue realizado por Leidulf Berge en el Instituto de Economía Pesquera, NHH. Los datos se obtuvieron del cuestionario de la Dirección de Pesca para la piscicultura en 1974, además de información complementaria de los acuicultores, un total de 53 instalaciones.

grandes y robustas y el uso de sitios más expuestos. La producción²⁴ anual de salmón y trucha arco iris aumentó en aproximadamente 33,000 toneladas métricas (~ 11%) entre 1990 (inicio de la moratoria de licencias) y 2002 (moratoria de fin de licencia), totalizando casi 400,000 Toneladas. La caída de los precios hizo que el salmón estuviera disponible para nuevos grupos de clientes (Asche y Bjørndal, 2011), lo que resultó en un fuerte, pero variable, crecimiento de la demanda. Los bajos precios de principios de las décadas de 1990 y 2000 dieron lugar a dos extensas oleadas de quiebras, que fortalecieron la tasa de consolidación (Asche et al., 2013; Misund, 2017; Zhang y Tveterås, 2022).

Período de crecimiento de costos 2005–2020

A mediados de la década de 2000, el crecimiento de la productividad cayó y desaceleró la caída de los costos de producción (Vassdal y Holst, 2011; Asche y otros, 2013a; 2013b). Desde que se alcanzó un mínimo de costos en 2005, los costos de producción han estado en una tendencia al alza. Entre el fondo en 2005 y 2020, el costo promedio de producción ha aumentado en un 102 por ciento en coronas reales, y alrededor del 63 por ciento desde 2012, cuando se alcanzaron los límites de MAB. Esto corresponde a un aumento de los costos del 6,3% anual (8,7% en términos nominales). Entre 2005 y 2020, los precios aumentaron en NOK 19.65 (NOK / kg de peso eviscerado, fijo 2020-NOK), mientras que los costos aumentaron en NOK 18.08 / kg, de modo que el margen operativo de la industria en 2020 fue menor que quince años antes.

El período posterior a 2005 se caracteriza por el endurecimiento de las regulaciones, especialmente la regulación ambiental. En 2005, el tamaño de las licencias de acuicultura pasó de estar determinado por el volumen máximo de agua y las cuotas de alimentación a la biomasa máxima permitida (MAB). Al mismo tiempo, se establecieron límites de MAB en varios niveles; Sitio, Empresa y Empresa consolidada. Un permiso estándar era de 780 toneladas MAB en la mayoría de los condados y 945 toneladas MAB en Troms y Finnmark. Desde entonces, el sistema MAB se ha modificado varias veces, por ejemplo, regímenes temporales como el modelo de Bremnes, el ajuste MAB tras la invasión de Crimea en 2015 y un aumento del 5 % del MAB para los acuicultores de Troms y Finnmark en 2011 y de todo el país en 2015 con un límite extra bajo de piojos. En 2017, se introdujo un sistema más permanente, sistemático y predecible para el crecimiento de la producción. El sistema de semáforos (TLS) divide la costa en 13 áreas de producción (Pas), que son de color rojo, amarillo o verde según el nivel de impacto ambiental. Se pretendía que la clave de los colores fuera modular, en la que se introducirían sucesivamente nuevos indicadores ambientales. Hoy en día, solo la mortalidad inducida por piojos de salmón en migración de salmón salvaje del Atlántico se utiliza como indicadores ambientales. Las evaluaciones en TLS se realizan cada dos años y determinan si los piscicultores en las áreas de producción pueden aumentar el MAB en un 6% (verde) o recibir una reducción de MAB del 6% (áreas rojas). No hay ajustes en las zonas amarillas. Hasta el momento, se han realizado 3 ajustes al alza en áreas verdes y 2 rondas de

²⁴ La producción de plantas de incubación se liberalizó ya en la década de 1980 y condujo a un fuerte aumento de la producción de smolt, que a su vez también se utilizó como argumento para aumentar el número de ongrowth permisos de pesca.

drawdowns en áreas rojas. Varios ajustes *ad hoc* y los impactos de los ajustes de TLS han significado que ya no hay un tamaño estándar para las licencias de acuicultura.^{25,26}

El sistema MAB no es la única forma en que se regula la industria. Existe un gran número de leyes, reglamentos y otras formas de regulación de las actividades acuícolas (Solås et al., 2015; Robertsen y otros, 2016; Osmundsen et al., 2017). Se han introducido cambios (endurecimiento) en los reglamentos existentes y se han introducido varios reglamentos nuevos a lo largo del tiempo (véase el apéndice 1). En los últimos 15-20 años, el endurecimiento de las regulaciones ha sido motivado cada vez más por consideraciones ambientales y de salud de los peces (Osmundsen et al. 2017; Greaker et al., 2020; Osmundsen y otros, 2020; Larsen y Vormedal; 2021; Osmundsen et al., 2022;), también en el extranjero (Anderson et al., 2019). Ejemplos de regulaciones ambientales y de salud de peces que se han endurecido son:

1. **Nivel de piojos.** El Reglamento de Conteo de Piojos regula el número permitido de piojos hembras maduras por salmón de piscifactoría. La regulación se introdujo para reducir la propagación de los piojos del salmón de la acuicultura a los salmónidos silvestres. El Reglamento sobre el recuento de piojos se introdujo por primera vez en 1998, pero posteriormente se modificó varias veces (véase la figura 5 y el apéndice 1). Las primeras regulaciones establecieron el límite de piojos en 2 piojos hembras sexualmente maduros en la primavera y 5 el resto del año. El número de piojos de salmón debía contarse cada dos a cuatro semanas, y con despiojamiento obligatorio solo si se excedían los límites de piojos. Gradualmente, la regulación se modificó hacia mediciones más frecuentes, límites más bajos de piojos y cambios en cuándo debe realizarse el despiojamiento (desde el requisito de despiojamiento obligatorio *después* de que se haya alcanzado el límite de piojos hasta *antes* de que se hayan alcanzado los límites de piojos). Además, existen requisitos de piojos extra estrictos para los llamados permisos verdes especiales y para poder estar sujetos a disposiciones de exención en el sistema de semáforos. Según las normas actuales (regulaciones de 2013), se permite un máximo de 0,5 piojos hembra maduros por salmón de piscifactoría, con la excepción de un período de 6 semanas en la primavera cuando el límite es de 0,2 (en el período en que los smolts de salmón salvaje migran de los ríos al mar).²⁷

²⁵ Ver artículo por Bjørn Hersoug (Hersoug, 2021; 2022), Tveterås et al. (2020) y Robertsen et al. (2020a, 2020b) para obtener más información sobre las regulaciones y sobre los cambios en el régimen de licencias a lo largo del tiempo.

²⁶ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/februar/trafikklyk>

²⁷ El último cambio se introdujo en 2013.

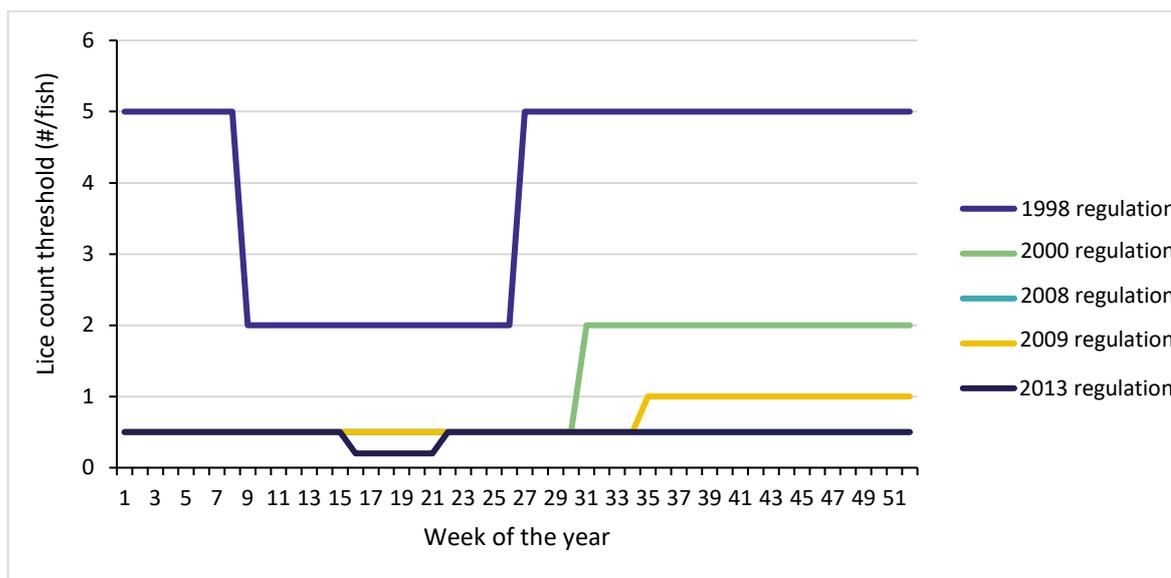


Figura 5. Límites de piojos a lo largo del tiempo para el sur de Noruega. Fuente: Lovdata.

2. **Requisitos de distancia entre localidades. Se han introducido** requisitos de distancias mínimas entre sitios por razones de propagación de la infección / bioseguridad. Los requisitos no se establecen en regulaciones separadas, sino en una de las pautas de la Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria, y establecen límites para lo cerca que puede estar el sitio de cultivo entre sí. Los requisitos de distancia se han vuelto más estrictos con el tiempo. En las décadas de 1970 y 1980, se practicó un requisito de distancia de 200 metros, que luego aumentó a 500 m y 1000 m en la segunda mitad de la década de 1980. Hoy en día, los requisitos son 2.5 y 5 kilómetros de distancia entre sitios dependiendo del tamaño. También se han introducido requisitos de distancia para las plantas de cosecha y para los fiordos nacionales de salmón (véase también el apéndice).²⁸
3. **Norma técnica.** Las regulaciones de NYTEK regulan el estándar técnico de las instalaciones y están motivadas por la prevención de escapes. Las regulaciones se introdujeron por primera vez en 2003 y posteriormente se modificaron en 2012 (NYTEK12) y 2023 (NYTEK23).^{29,30}
4. **Biomasa máxima permitida (MAB).** El sistema MAB se introdujo en 2005 y reemplazó las regulaciones que limitaban el tamaño de los permisos en función del volumen de agua y las cuotas de alimentación. En el período de veinte años después de la desliberalización de la producción de smolt a mediados de los años 80, la industria acuícola noruega fue

²⁸ Guía de la Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria «Solicitudes de establecimiento: tramitación de casos en la auditoría»: [Solicitudes de establecimiento - tramitación de expedientes por la Autoridad \(mattilsynet.no\)](https://mattilsynet.no).

²⁹ Reglamentos relativos a los requisitos de las normas técnicas para las instalaciones utilizadas en la acuicultura.

³⁰ Reglamentos relativos a los requisitos de las normas técnicas aplicables a las instalaciones acuícolas de peces en el mar, los lagos y Canales <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-08-22-1484>.

reportada repetidamente a las autoridades de competencia estadounidenses y europeas (acusaciones antidumping). Por lo tanto, los cambios en las regulaciones de licencias durante el período (incluido el sistema MAB) fueron motivados principalmente por el objetivo de evitar la sobreproducción (consideraciones de mercado). Con el tiempo, el impacto ambiental se ha convertido en una consideración reglamentaria cada vez más importante (consideraciones medioambientales y de salud de los peces). Con el fin de cumplir con las consideraciones cambiantes, el sistema MAB se ha cambiado en varias versiones temporales y permanentes, como los requisitos de piojos extra bajos de algunos permisos verdes y para estar bajo disposiciones de exención en el sistema de semáforos. El sistema de semáforo se basa en el sistema MAB, pero regula los cambios en MAB hacia arriba o hacia abajo en función de la mortalidad estimada inducida por piojos en post-smolt migratorio de salmón salvaje del Atlántico. El hecho de que las autoridades sean reacias a utilizar nuevas capacidades y nuevos emplazamientos por razones medioambientales también será una forma indirecta de regulación medioambiental.

1.1. La rentabilidad en acuicultura es altamente cíclica

La rentabilidad en la industria acuícola es cíclica, como es común en otras industrias de productos básicos (Figura 6). El margen operativo ha variado entre -10 y +35 por ciento en promedio, pero aumentó con el tiempo.

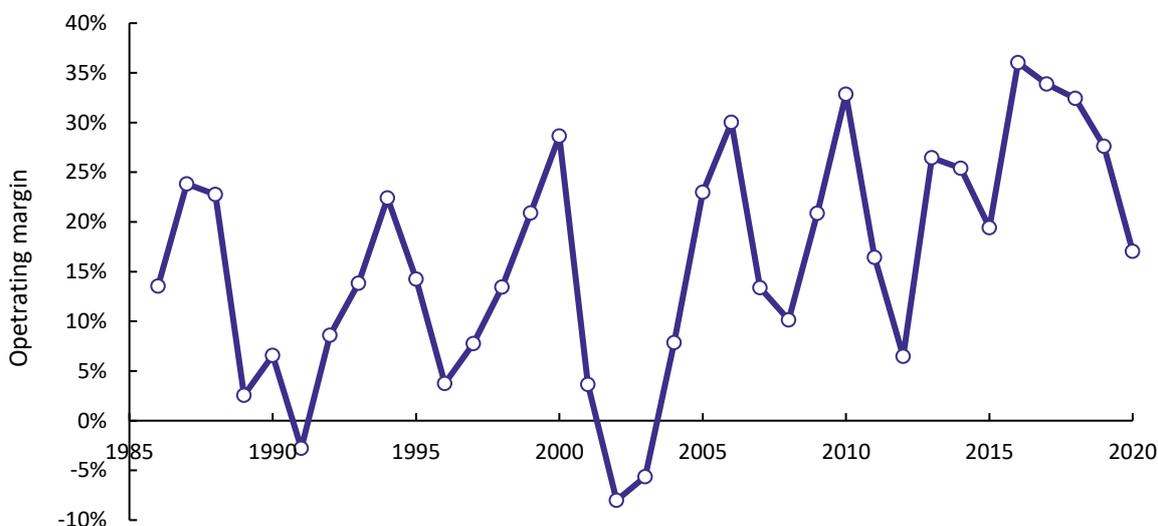


Figura 6. Margen operativo promedio 1986–2020. Fuente: Dirección de Pesca de Noruega.

Sin embargo, el margen operativo no proporciona una imagen completa de la rentabilidad del sector acuícola. Se omite un elemento de costo importante, a saber, el costo de capital. El *beneficio económico* es un término que también incluye el costo del capital (precio del uso de oportunidad del capital invertido en las empresas). Las medidas populares de rentabilidad, como el *rendimiento del capital*, incluyen los costos financieros, pero omiten el costo del capital, y ni los márgenes de rentabilidad ni los rendimientos del capital son medidas perfectas de rentabilidad. La figura 7 muestra la rentabilidad económica como porcentaje de la facturación, y aquí se deducen los costos de capital. El beneficio económico como porcentaje de la facturación ha variado entre -20% y +25%.

En 2020, la industria en su conjunto tuvo un déficit financiero. En los últimos 2 años, la rentabilidad ha aumentado nuevamente, y en el futuro no hay razón para creer que la rentabilidad no continuará fluctuando de un año a otro.

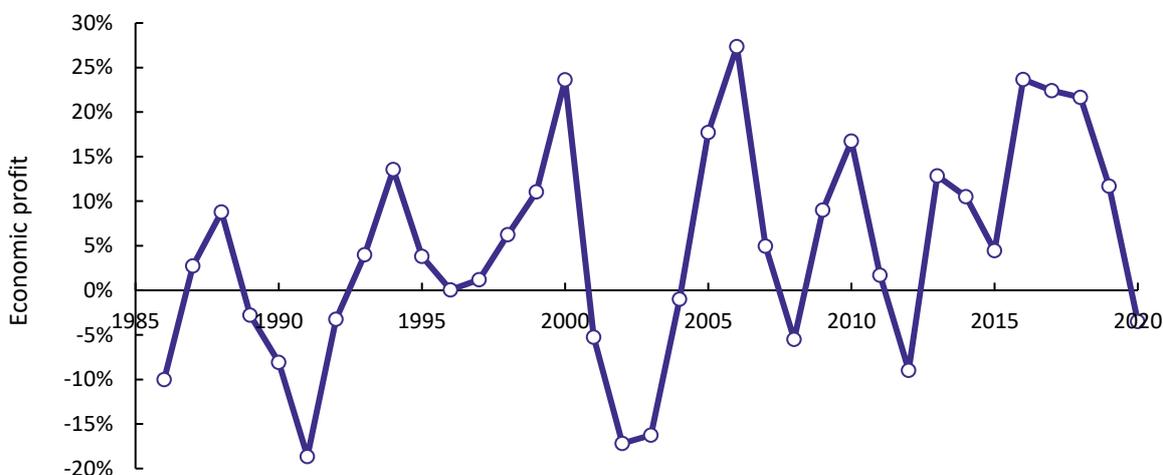


Figura 7. Rentabilidad económica (porcentaje de facturación) 1986–2020. Fuente Dirección de Pesca.

1.1.1. Rentabilidad y renta económica

Desde 2005, el margen de rentabilidad promedio ha sido mayor que en el período anterior a 2005 y ha resultado en una rentabilidad extraordinaria que ha sido sustancial en períodos. Las grandes ganancias, además del aumento de los precios de mercado para las licencias de acuicultura, son una indicación de que existe una renta económica en la acuicultura (véase también NOU 2019:18; Misund et al., 2020; Misund y Tveterås, 2020).^{31,32}

Existen varios conceptos de rentabilidad en economía, como el beneficio económico, el beneficio contable, el excedente del productor y la renta económica (véase Arnason y Bjørndal, 2020). En términos simples, la renta económica puede definirse como un beneficio extraordinario generado por alguna forma de escasez, por ejemplo, la escasez de factores de entrada como permisos / licencias, sitios, etc. Las ganancias extraordinarias (también llamadas ganancias extraordinarias, ganancias puras o súper ganancias) son ganancias que exceden una ganancia normal. En principio, el rendimiento normal es el mismo que la suma de los costes operativos y de capital (incluidos los costes de capital).

³¹ En un contexto noruego, el término tierra alquilar ("Grunnrente") Se utiliza a menudo para referirse a la rentabilidad extraordinaria, pero el término económico alquilar es más preciso y lo que se utiliza en el moderno economía literatura. Económico alquilar es un término general y hay, sin embargo, diferentes opiniones entre los economistas en cuanto a si la economía alquilar es puramente un recurso rente (Greaker y Lindholt, 2022) o un combinatrion de regulation rENT y otros alquileres (Asche et al., 2020; Arnason y Bjørndal, 2020; Misund et al., 2019c; Oglend y Soini, 2020; Misund y Tveterås, 2020a; 2020b).

³² Para obtener más información sobre precios, rentabilidad, valores y volatilidad, véase Asche y Misund (2016), Asche, Misund y Oglend (2016a; 2016b; 2016c; 2018; 2019), Misund (2016; 2018a; 2018b), Misund et al. (2018) y Misund y Nygård (2018).

En un modelo teóricamente simplificado, toda rentabilidad extraordinaria puede atribuirse a un solo factor de entrada que es escaso, y si el factor escaso es un recurso natural, entonces las ganancias extraordinarias pueden llamarse renta de recursos. Sin embargo, la rentabilidad en la acuicultura será una función del precio, así como de una serie de factores de insumos, algunos de los cuales pueden ser escasos a corto o largo plazo (véase Arnason y Bjørndal, 2020), y dar lugar a diversas formas de rentas económicas.

Si es la naturaleza misma la que determina la escasez, entonces las ganancias extraordinarias pueden llamarse una renta de recursos. En la acuicultura, la escasez de sitios puede resultar en una renta de recursos en la medida en que la naturaleza determina la escasez. Pero si son las autoridades las que establecen las restricciones, entonces es una renta regulativa o política, no una renta de recursos. En la mayoría de los países productores de salmón y trucha arco iris, las regulaciones ambientales más estrictas han llevado a un crecimiento más débil de la producción en los últimos 10 a 15 años. En Noruega, las autoridades han sido reacias durante mucho tiempo a otorgar nuevas ³³licencias, y en los últimos 10 años los ajustes de capacidad están directamente relacionados con el desempeño de los indicadores ambientales. Además, la escasez de sitios está determinada principalmente por los requisitos de distancia mínima. En la década de 1980, las piscifactorías podían colocarse con distancias mínimas de 200 metros, mientras que hoy en día los requisitos de distancia son de 5 km.

Las ganancias extraordinarias también pueden deberse a diferencias de costos entre las empresas. Llamamos a esto rentas inframarginales, que es un término colectivo para diferentes formas de rentas económicas causadas por diferencias de costos. Puede haber varias razones detrás de las diferencias de costo. Si algunas empresas son más eficientes y capacitadas que otras, esto puede dar lugar a una renta de habilidad (posiblemente inversión o renta empresarial), también llamada renta del patrón en la literatura de economía pesquera. Si algunos sitios son mejores y más productivos que otros, esto puede dar lugar a una renta diferencial, que es una forma de renta de recursos.

Algunas formas de renta económica pueden ser temporales, y se llaman cuasi rentas. La renta económica es, por lo tanto, un término colectivo para tres tipos de tasas de interés;

1. Rentas de escasez (recursos, rentas regulatorias, etc.)
2. Rentas inframarginales (rentas de habilidades, etc.)
3. Cuasirentas (temporales)

El significado del término noruego "grunnrente" a menudo no está claro y tendrá diferentes definiciones. Según Store norske leksikon y en Greaker y Lindholt (2022), "grunnrente" se establece igual a la renta del recurso. En el debate público, parece que la mayoría de la gente también utiliza una definición similar de "grunnrente", es decir,³⁴ un rendimiento excesivo asociado con la explotación de los recursos naturales. En el Libro Blanco de NOU 2019:18, por otro lado, "grunnrente" se usa para referirse a ganancias puras, es decir, todas las ganancias extraordinarias.

³³ Algunos economistas se refieren a esta tasa regulatoria como una concesión. alquilar.

³⁴ <https://snl.no/grunnrente>

Muchos investigadores (ej. Arnason y Bjørndal, 2020; Misund et al. 2020; Misund y Tveterås, 2022) critican tal definición, que también se desvía de la definición en SNL y la percepción común del término.

Los beneficios extraordinarios de la acuicultura incluirán varias formas de rentas, tanto escasas, inframarginales y cuasi rentas. En la práctica, por lo tanto, es una tarea muy difícil identificar y aislar una forma específica de alquiler, y luego gravarla por separado. Atribuir todas las ganancias extraordinarias solo a la renta de recursos no es académicamente correcto (ver Arnason y Bjørndal, 2020; Misund y Tveterås, 2020), y en la práctica, los impuestos sobre la renta de los recursos basados en los beneficios o en el flujo de efectivo se convierten en impuestos especiales (es decir, impuestos indiscriminados sobre los beneficios, no sobre las rentas).

La literatura económica reciente señala que el beneficio extraordinario en la acuicultura del salmón se debe principalmente a regulaciones ambientales y de salud de peces más estrictas en Noruega y otros países productores (Arnason y Bjørndal, 2020; Misund y Tveterås, 2020; Oglend y Soini, 2020; Asche y otros, 2022b; Estay y Stranlund, 2022; Afeweki et al. 2022). Los autores se refieren al superávit extraordinario como una *renta de regulación o política*, no una renta de recursos. Cuando se trata de regulaciones ambientales las que dan lugar a rentas económicas, no es obvio que deba gravarse de la misma manera que una renta de recursos (véase, por ejemplo, Oglend y Soini, 2020).

1.2. Tema del presente informe

Este informe no cubrirá todos los aspectos de los costos de producción y la evolución a lo largo del tiempo, sino que se centrará en los costos biológicos, ya que el conocimiento sobre ellos es limitado. Para obtener más información sobre otros factores de costo, consulte los análisis de Nofima y Kontali:³⁵

El informe final de Iversen et al. (2019) resume una serie de estudios sobre la evolución de los costos en el cultivo de salmón noruego realizados por Nofima y Kontali. Los investigadores han analizado temáticamente Noruega frente a los países competidores (Iversen et al., 2019b; 2020), los costos y el capital de los smolt (Iversen et al., 2018) y los costos de los piensos y los piojos (Iversen et al., 2017). Iversen et al. (2019) concluyen que los costos de alimentación han representado el mayor aumento de costos en NOK, impulsado por el aumento de los precios de los alimentos y la tasa de conversión de alimentos. También encuentran que los costos y la depreciación de los smolt han aumentado considerablemente en los últimos 10 años. El aumento del costo del smolt está impulsado por una transición a smolt más grandes e inversiones en instalaciones RAS, mientras que el aumento de la depreciación se debe a una mayor intensidad de capital en la industria, que también está documentada por Blomgren et al. (2019).³⁶

Iversen et al. (2019) también señalan el elemento de costo "otros gastos operativos", que ha aumentado considerablemente en la última década. Una razón importante es que algunas de las

³⁵ Ver <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901115/> y <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901335/>.

³⁶ Véase también Iversen et al. (2015).

operaciones anteriormente llevadas a cabo por las empresas de piscicultura se han subcontratado a empresas especializadas, como las empresas de botes de pozo. Además, los costos de los piojos han aumentado significativamente. Nofima y Kontali han calculado que los costos directos de los piojos cuestan a la industria alrededor de NOK 5 mil millones por año. Los costos directos consisten en equipos como faldas de piojos, hambre, mortalidad por tratamiento, peces limpiadores, tratamiento de piojos, medicamentos y operaciones de piojos. Los costos indirectos se suman a los costos directos, pero muy pocos estudios han analizado esto (véase, por ejemplo, Abolofia et al., 2017 y Asche et al, 2022). En 2011, los piojos del salmón costaron aproximadamente NOK 4 mil millones, lo que corresponde al 9 por ciento de los ingresos por ventas (Abolofia et al., 2017). La pérdida de biomasa fue de aproximadamente 3.62-16.55%. Un estudio reciente no publicado que utiliza la misma metodología encuentra que los costos han aumentado al 14 por ciento de la facturación, lo que corresponde a un costo de NOK 12 mil millones por año dada la producción y los precios del salmón en los últimos años. Además, hay costos de los brotes de enfermedades. Sin embargo, solo hay una estimación conocida de los costos de la enfermedad (Vedeler, 2017). Descubrió que las enfermedades virales más grandes le costaron a la industria NOK 4.2 mil millones en 2015. Como se mencionó, es difícil distinguir los costos de enfermedad pura de los costos de piojos, lo que dificulta resumir las estimaciones de los costos de piojos y enfermedades. Además, las estimaciones de Iversen et al. también incluyen. (2017; 2019a) inanición y mortalidad directa, factores que también se incluirán en las estimaciones de los costos indirectos de los piojos. Común a estos estudios es que hacen un análisis "de abajo hacia arriba". Este informe utiliza un enfoque diferente, proporcionando una estimación agregada de los costos biológicos asociados con piojos, enfermedades, estrés, etc. La desventaja del método es que no es posible distinguir entre los costos de los piojos y las enfermedades, pero como se mencionó, esto es, sin embargo, muy difícil de lograr en la práctica.³⁷

³⁷ Un análisis similar fue llevado a cabo por Geir Inge Rødseth en Stingray (Rødseth, 2016): <https://www.linkedin.com/pulse/behandling-mot-lakselus-kan-ha-kostet-7-8-milliarder-kroner-r%C3%B8dseth/?originalSubdomain=no>. También resta ganancias perdidas y encuentra un costo total de 7–NOK 8 mil millones para 2015.

2. ¿Qué se incluye en los costos de producción del agricultor?

2.1. Composición del costo de producción

Los análisis de este informe se basan en las encuestas anuales de rentabilidad de la Dirección de Pesca para el cultivo de salmón y trucha arco iris. En su encuesta anual, la Dirección de Pesca de Noruega ha recopilado información sobre los diversos componentes que se incluyen en los costos totales de producción, como piensos, salarios, smolt, etc. Hasta 2008 inclusive, los cálculos de costos también incluían el costo del capital, pero con el cambio a una perspectiva económica más financiera, ya no se incluían. El costo del capital, sin embargo, nos dice algo sobre el costo de oportunidad del capital y, por lo tanto, es un elemento de costo importante que debe incluirse en los cálculos de los costos totales de producción. En los análisis a continuación, el costo de capital se calcula por separado sobre la base de los activos totales calculados (activos totales) y una tasa de rendimiento nominal requerida del 8 por ciento.

Los costos de producción para el salmón y la trucha de cultivo se pueden calcular sobre la base de diferentes épocas de sacrificio, y es importante distinguir entre el peso de los peces vivos, el peso del pescado entero y el peso eviscerado. El peso de los peces vivos (*LW*) es el peso del pez antes de morir de hambre y sangrar (6-8 por ciento de pérdida de peso). Restando estas pérdidas de peso se obtiene pescado ³⁸ sangrado entero o *equivalente de pescado entero, WFE*). La Dirección de Pesca utiliza el peso del pescado entero como medida estándar, al igual que la FAO en sus cifras para la producción acuícola. El evisceramiento resulta en una pérdida de peso adicional del 10%. *Head on eviscerado (HOG)* es la medida de peso utilizada para los precios del salmón, tanto por Statistics Norway como por Nasdaq. El peso eviscerado también es preferido por los analistas financieros. La trucha y el coho tendrán diferentes factores de conversión que el salmón del Atlántico. En este informe, se utilizarán los factores de conversión de la norma noruega NS 9417:2012.

Las diferentes formas de medir el peso de los peces pueden crear confusión, y por esta razón es importante tener cuidado al hablar de los precios y costos del salmón. En este informe, los costos se informarán por kilo de peso eviscerado, ya que será más fácil de comparar con los precios de mercado para el salmón del Atlántico y la trucha arco iris, pero se puede convertir fácilmente al peso del pescado entero. La Tabla 1 muestra los costos de producción con diferentes medidas de peso.

³⁸ Véase, por ejemplo, Kontali Factores de conversión: <https://www.kontali.no/uploads/EgGg52fr/demo-Monthlysalmonreport.pdf>.

Tabla 1. Composición de los costos de producción para la cría de salmón y trucha 2020. Los costes distintos de los costes de capital son calculados por la Dirección de Pesca. El costo del capital se calcula a partir de los activos totales y una tasa de rendimiento nominal requerida del 8 por ciento. El factor de conversión entre el peso del pescado entero / peso eviscerado es 1.125 , y entre el peso eviscerado y el peso vivo es 1.215.³⁹

NOK/kg	Peso vivo (LW)	Peso del pescado entero (WFE)	Peso eviscerado (HOG)
Costo de smolt	3. 83	4. 14	4. 66
Costo de alimentación	15. 39	16. 62	18. 69
Costo del seguro	0. 15	0. 16	0. 18
Costes laborales	2. 98	3. 22	3. 62
Depreciación	2. 45	2. 64	2. 97
Otros gastos de explotación	8. 99	9. 71	10. 92
Costes de explotación fase marítima	33. 79	36. 49	41. 04
Costo de capital	7. 20	7. 78	8. 75
Coste de producción fase marítima	40. 99	44. 27	49. 79
Costo de cosecha y empaque	3. 75	4. 05	4. 55
Costo de producción cosechado	44. 74	48. 32	54. 36

La Dirección de Pesca también informa sobre los costos del seguro. Estos son relativamente pequeños y se incluirán en el resto del informe en el rubro otros gastos operativos. Además, el costo financiero neto se sustituye por un costo de capital separado. La financiación neta se calcula como los gastos financieros menos los ingresos financieros divididos por la producción. Desde 2016, esto ha sido negativo para la industria en su conjunto, debido a que el ratio de endeudamiento y los tipos de interés han caído y que las empresas tienen ingresos financieros significativos. En economía financiera, es común distinguir entre operaciones y financiamiento, y en la Tabla 1 el término costo operativo fase marítima se utiliza para la parte del costo unitario asociado con las operaciones, el costo de producción de la *fase marítima* incluye los costos de capital, mientras que el *costo total* de producción incluye la cosecha y el empaque. costos. El costo de capital es un costo importante que a menudo se omite en los análisis de costos en acuicultura. El capital invertido en la industria ha aumentado con el tiempo y, por lo tanto, el costo del capital se ha convertido en un elemento de costo cada vez más importante. El ciclo de producción es largo, y las inversiones en biomasa solo se realizarán en el momento del sacrificio. Mientras tanto, se han comprado smolt, piensos y otros

³⁹ Habrá diferentes factores de conversión para el salmón y arco iris trucha, pero aquí se utiliza para el salmón ya que domina la producción de salmón.

servicios. En principio, este dinero podría haberse invertido en otra cosa que hubiera producido un rendimiento. Este rendimiento alternativo debe tenerse en cuenta al calcular los costos de producción.

Una forma común de calcular los costos de capital es multiplicar el capital por una tasa de rendimiento requerida. Aquí, potencialmente ocurrirán errores de medición. En principio, se deben utilizar los valores de mercado del capital, pero con la excepción de las empresas que cotizan en bolsa, los valores de mercado no se conocen ni se estiman fácilmente. A continuación, se deben utilizar valores contables, ya sea activos totales u otras formas de cálculo de capital, como el capital empleado. Además, uno debe usar una tasa de rendimiento requerida, por lo general uno preferirá una tasa de rendimiento requerida ponderada después de impuestos (WACC). El siguiente problema será calcular WACC. Por lo general, se utilizará el modelo de fijación de precios de activos de capital y las fórmulas WACC de los libros de texto, pero dado que los valores de expectativa se utilizarán en estos, se producirán errores de medición ya que las expectativas no se pueden medir fácilmente. En principio, la tasa de rendimiento requerida debe reflejar el riesgo de contribución de un proyecto al riesgo sistemático total en la empresa, pero esto es imposible de calcular en la práctica ya que no es posible medir este riesgo futuro. Las tasas de rendimiento requeridas calculadas teóricamente (basadas en análisis históricos) generalmente estarán varios puntos porcentuales por debajo de la tasa de rendimiento requerida utilizada en la práctica. Por lo tanto, un analista a menudo recurrirá a una tasa de rendimiento estándar requerida. En la acuicultura, tal requisito será típicamente del 8 por ciento o más. En la industria petrolera, se utilizan altas tasas de rendimiento requeridas, 10-20% y más, dependiendo del proyecto. En este informe, el costo del capital se calculará como el producto de una tasa de rendimiento requerida del 8% y un promedio de activos totales a lo largo del año.

El rubro "otros costos operativos" es el segundo costo más grande. Según Iversen et al. (2015; 2017; 2019) este registro contiene los siguientes componentes:

- Servicios contratados
- Limpieza y tratamiento de redes
- Administración
- Mantenimiento
- Aspectos sanitarios
- Energía y transporte
- Control, conteo de piojos
- Costos del tratamiento
- Peces más limpios

Además, la Dirección de Pesca señala que la partida de costos contiene ingresos y gastos de otras actividades. En los últimos años, la Dirección de Pesca ha comenzado a informar sobre la composición de «otros» costes operativos (Figura 8). Otros costos operativos aumentaron de ~ 4 NOK / kg en 2010-2012 a ~ 8 NOK / kg en 2013-2015, y han variado entre NOK 8 y 11 por kg en el período 2016-2020 . En comparación con 2010-2012, otros gastos operativos han aumentado de 2 a 3 veces. Dado que no se conoce la composición antes de 2015, es difícil evaluar cuál de los componentes "Salud de los peces", "Medio ambiente y mantenimiento" u "Otros " ha sido el impulsor más importante. En el período 2015-2020, los costos directos de salud de los peces han representado aproximadamente el 25% de otros costos operativos.

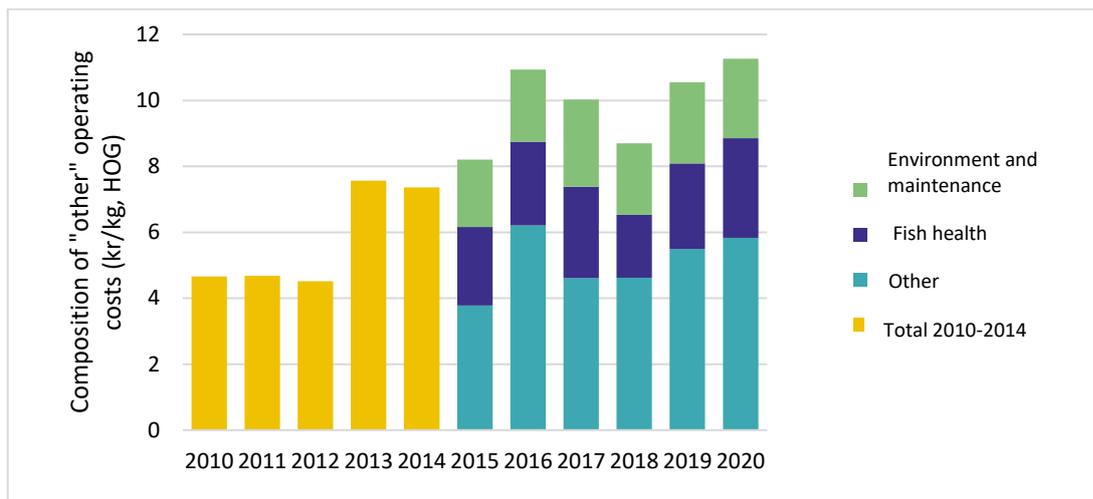


Figura 8. La composición de «otros» costos operativos (2021-NOK, peso eviscerado). Fuente: Dirección de Pesca.

La composición de los costos de producción ha cambiado considerablemente en los últimos 10 años (Figura 9). La figura muestra que los costos de alimentación han aumentado más medidos en NOK. Desde el costo más bajo en 2005, todos los elementos de costo han aumentado, especialmente los piensos, otros costos y capital (costo de capital y depreciación/depreciación) (Figura 9). El cuadro 2 muestra los cambios en los costos por kilo y en porcentaje.

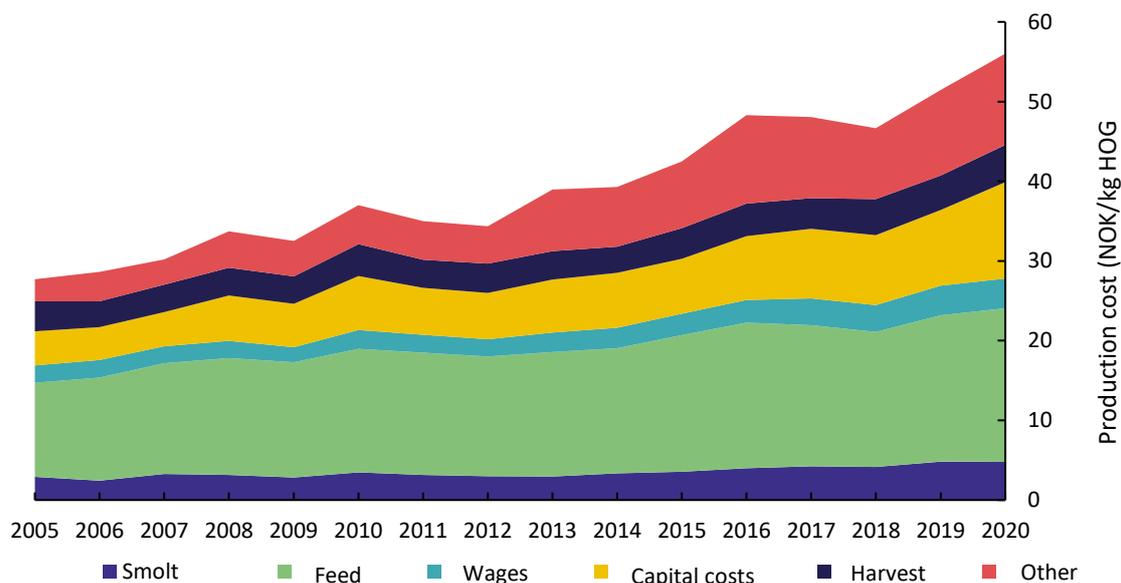


Figura 9. Composición de los costos de producción de salmón y trucha 2010-2020. Todas las cifras están

ajustadas a la inflación (2021-NOK). Fuente Dirección de Pesca y cálculos propios. Las cifras se toman de las encuestas anuales de rentabilidad de la Dirección de Pesca y se ajustan a la inflación.⁴⁰

Tabla 2. Cambios en los elementos de coste (NOK/kg de peso eviscerado). Medido en NOK nominal y fijo y cambios porcentuales. Aquí está el cambio medido entre 2005 y 2020. Ajuste por inflación con el índice de precios al consumidor 2005–2020.

	Cambio en NOK		Cambio en porcentaje	
	Nominal	Ayuno (2020)	Nominal	Ayuno (2020)
Alimentar	10.31	7.26	123 %	63 %
Smolt	2.57	1.81	123 %	64 %
Salario	2.07	1.51	134 %	71 %
Depreciación	2.04	1.70	219 %	134 %
Otros gastos de explotación	9.16	8.45	469 %	317 %
Costes de explotación fase marítima	26.15	20.73	175 %	102 %
Costo de capital	6.64	5.87	314 %	203 %
Coste de producción fase marítima	32.79	26.60	193 %	115 %
Cosecha	1.86	0.89	69 %	24 %
Costo de producción cosechado	34.65	27.49	176 %	102 %

Sin embargo, tal representación no nos proporciona información suficiente si queremos analizar los impulsores del aumento de los costos de alimentación. Vemos que los costos de los piensos han aumentado en NOK 7,26/kg (en 2020-NOK fijo), pero no nos dicen si la razón es i) el aumento de los precios de los factores de insumos en el pienso (por ejemplo, soja, trigo, etc.), ii) la depreciación de la corona, iii) el aumento de los costos en la producción de piensos superior al precio de los factores de insumos, iv) reducción de la utilización de piensos en peces de piscifactoría (por ejemplo, enfermedades, inanición, etc.), o v) aumento de la mortalidad en la fase de cría de crecimiento. Todos estos factores pueden aumentar el costo de la alimentación en el agricultor. Los tres primeros aumentarán el precio de compra del alimento, mientras que los dos últimos factores aumentarán la tasa de conversión del alimento. Más adelante en el informe, el efecto de los cambios en la tasa de

⁴⁰ La producción de salmón del Atlántico y trucha arco iris (no la cantidad de pescado cosechado) medida en peso eviscerado se utiliza como denominador. «Feed» son costos por kilo de salmón y trucha producidos. «Smolt» son los costes de compra de plantas de incubación y «Salario» son costos de mano de obra. Por el lado de la capital, «Depreciación del capital» depreciación por kilogramo y «Capital» Costo de capital. «Cosecha» es el Cosecha y envasado costo según lo informado a la Dirección de Pesca. «Otro» es el elemento de recolección otro costo operativo por kilogramo. Otros gastos operativos también incluyen los costos de seguro.

conversión alimenticiaeconómica se utilizará para aislar los efectos de los desafíos biológicos. Se puede distinguir entre un aumento en los costos de alimentación debido al aumento de los precios de los piensos y el causado por ineficiencias, incluidos los costos del riesgo biológico.

El costo de la cosecha representó el menor aumento, tanto en NOK fijo como en porcentaje. La razón de esto no se conoce del todo. Una posible explicación puede ser que los problemas biológicos afectan los costos en la fase del mar, pero no los peces que se sacrifican, ya que solo se capturan peces vivos. Todos los elementos de costo se dividen por el mismo denominador (producción), y este último se calcula sobre la base de la cantidad vendida y el inventario de peces vivos, es decir, los peces muertos se mantienen fuera. Los costos de alimentación, smolt, salarios, depreciación de capital y "otros" costos operativos son costos incurridos tanto para peces vivos como muertos, pero los costos de cosecha solo se incurren para peces vivos que se sacrifican. El aumento de la mortalidad y especialmente la mortalidad de los peces grandes aumentará los costos operativos en la fase marítima más que los costos de captura, en igualdad de condiciones. Otra razón puede ser la reducción de costos debido a las inversiones en plantas de cosecha y procesamiento más rentables.

Las diferentes tasas de cambio han cambiado la composición de los costos de producción a lo largo del tiempo (Figura 10). Aunque los costos de alimentación han aumentado más medidos en NOK, su participación en el costo total ha disminuido. La depreciación del capital (depreciación) y los costos de capital, así como otros gastos operativos, han aumentado sus acciones.

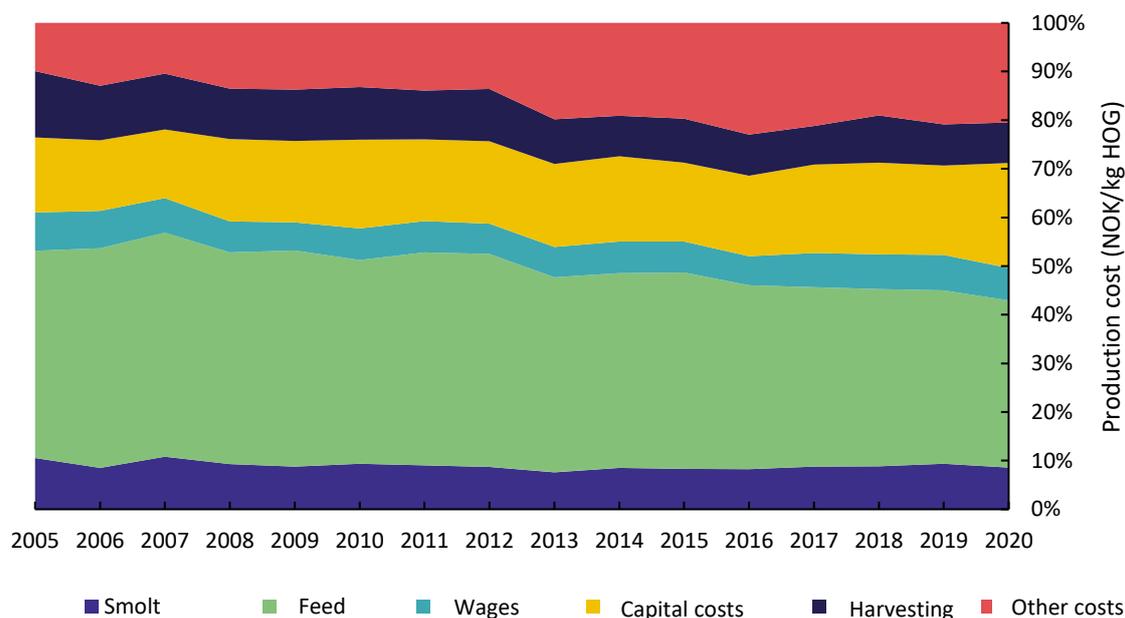


Figura 10. Cambios en los componentes de costos 2005–2020 (2005=100). Fuente Dirección de Pesca y cálculos propios.

2.2. Composición del costo de la alimentación.

Como se mencionó anteriormente, el aumento del costo de la alimentación puede tener varias causas. En esta sección, analizaremos más de cerca los factores importantes detrás del aumento de

los costos de los piensos, como el aumento de los precios de los componentes de los piensos (soja, trigo, aceite de colza, etc.), la depreciación de la corona y el uso menos eficiente del alimento.

La alimentación es el componente más importante del costo de producción. El costo del alimento por kilogramo se calcula como la suma del valor del alimento en stock al comienzo del año más la compra de alimento menos el valor del alimento en stock al final del año, dividido por la producción durante el año. La producción se refiere a la biomasa de salmón y trucha arco iris que se construyó durante el año, y esto no es lo mismo que la cantidad cosechada y vendida (cantidad de cosecha) en un año en particular. El consumo de alimento (numerador) es igual al producto de la cantidad de alimento (kg) y el precio del alimento (NOK / kg).

$$Feed\ cost = \frac{(YB_{Feed} + Purchase - YE_{Feed})}{Production} = \frac{Feed\ use}{Production} = \frac{Feed\ amount \cdot Feed\ price}{Production} \quad (1)$$

Los promedios de costos anuales no proporcionan una imagen completa de lo que cuesta alimentar al smolt hasta el tamaño de la cosecha. En primer lugar, los costos se miden mejor en todo un ciclo de producción y por generación / cohorte. Un ciclo de producción dura hasta 18 meses, mientras que el costo de alimentación se informa anualmente, a través de cohortes / generaciones. En segundo lugar, el consumo de alimento se distribuye sobre la cantidad de peces vivos producidos, es decir, los cambios en el peso de los peces vivos / enteros a lo largo del año. Los peces que han sido alimentados y han muerto no se incluyen en la producción. Además, el estrés, la enfermedad, el hambre (por ejemplo, el tratamiento de piojos) conducirán a un crecimiento reducido. El aumento de los desechos aumentará la cantidad de alimento utilizado sin conducir a la producción, al igual que el alimento consumido por peces más limpios. Por lo tanto, los costos de alimentación aumentarán con el aumento de las desviaciones de las condiciones óptimas de crecimiento de los peces .

La tasa de conversión de alimentación se define como $FCR = \frac{Feed\ amount}{Production}$, y da

$$Feed\ cost = \frac{Feed\ amount \cdot Price}{Production} = FCR \cdot Feed\ price \quad (2)$$

Y con el precio del alimento cotizado en USD, la relación se convierte en:

$$Feed\ cost\ (NOK) = FCR \cdot Feed\ price\ (USD) \cdot NOK/USD \quad (3)$$

En términos simples, los cambios en el costo del alimento se pueden dividir en tres factores clave: i) tasa de conversión de alimento, ii) precios del alimento en el mercado internacional y iii) tipo de cambio. Los costos de alimentación medidos en NOK aumentarán con una mayor tasa de conversión de la alimentación, precios más altos de los ingredientes de la alimentación y una depreciación de la corona noruega frente al USD.

A continuación, se examinarán estas tres variables, primero la evolución de los precios en los mercados internacionales de productos básicos, luego el efecto de la depreciación de la corona y los cambios en la tasa de conversión alimenticia. Más tarde, la tasa de conversión alimenticia se utilizará como punto de partida para analizar las ineficiencias, que pueden representar una medida de los costos biológicos.

2.3. Precios de los ingredientes de los piensos

Los principales ingredientes de los piensos son harina de soja, aceite de soja, aceite de colza, trigo, maíz, harina de pescado y aceite (Misund et al., 2017; Aas et al. , 2019). Con el tiempo, la proporción de materias primas marinas se ha reducido en favor de un mayor uso de materias primas vegetales. La formación de precios de las materias primas agrícolas se produce principalmente en los mercados internacionales de productos básicos , cotizados en USD. La Figura 11 muestra el desarrollo de las principales materias primas agrícolas utilizadas en la alimentación del salmón y la trucha, medidas en USD e indexadas a 100 en 2005.

Los precios de los ingredientes para piensos aumentaron entre 2005 y 2008, cayeron entre 2009 y 2010 antes de volver a aumentar hacia 2012. Desde entonces, los precios de las materias primas agrícolas han caído, mientras que la harina de pescado ha caído mucho menos. Las fluctuaciones en los precios de las materias primas agrícolas han seguido en gran medida los dos períodos de auge y caída antes de la crisis financiera en 2007/2008 y antes de la crisis bancaria europea en 2012. En resumen, los precios de los ingredientes de piensos han aumentado entre 2005-2012 y han caído entre 2012 y 2020. También ha habido un aumento significativo en 2021 y 2022 que no se incluyen en las cifras aquí.

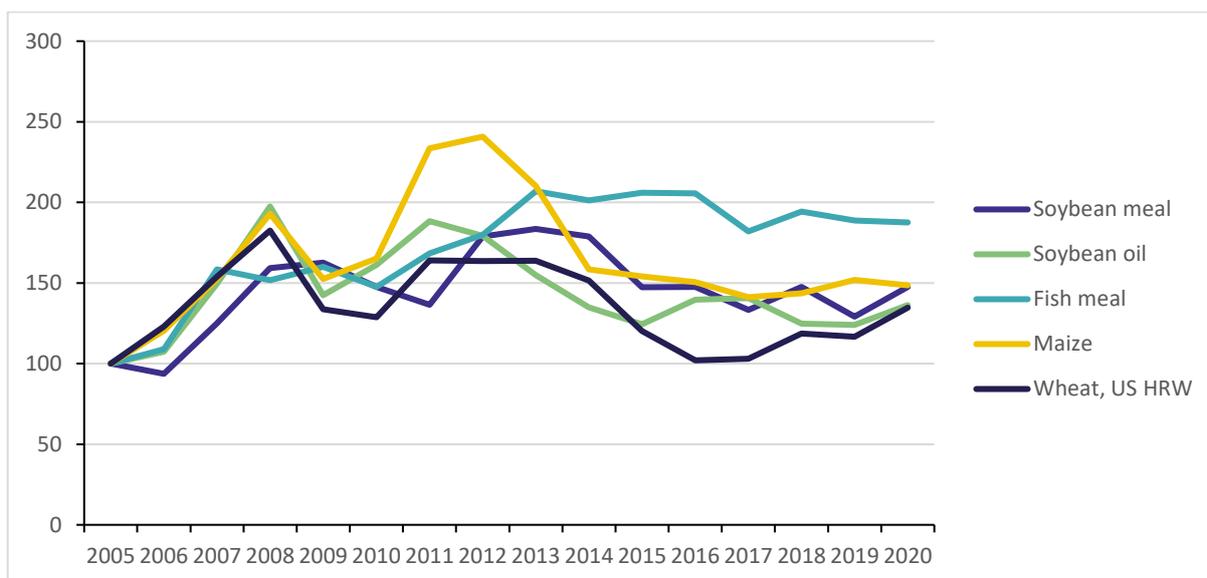


Figura 11. Materias primas agrícolas 2005-2020. Indexado (2005=100), basado en la evolución porcentual de los precios fijos en USD de 2010. Fuente: Banco Mundial

La Figura 12 muestra los precios de los piensos medidos en NOK. En contraste con los precios de los ingredientes de los piensos medidos en USD, el precio del alimento medido en NOK ha aumentado en casi todos los años. La razón por la cual los precios de los piensos medidos en NOK no cayeron después de 2012 puede deberse a los efectos de la moneda y se discutirá en la siguiente sección.

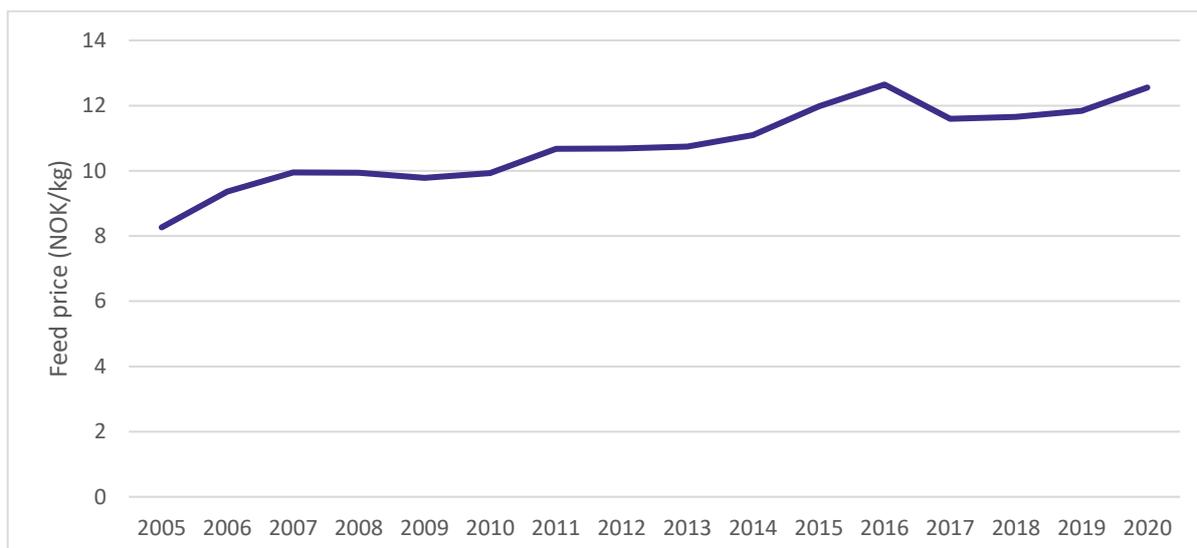


Figura 12. Precio del alimento en 2020-NOK fijo por kg. Fuente: Estudio de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

2.4. Efectos de la divisa

Un mercado global para el salmón y la trucha de cultivo garantiza que los cambios en los tipos de cambio frente a los mercados más importantes se traducirán en cambios en los precios del salmón y la trucha medidos en NOK. Lo mismo se puede observar en el lado del costo. La mayoría de las materias primas para piensos son importadas, y los precios de la harina de soja, el aceite de soja, el trigo, el maíz, etc. se determinan en los mercados mundiales de productos básicos, generalmente en USD. Los precios de otros factores de entrada como el acero, el diesel, etc. también tienen una formación de precios global. En el período 2005-2020, la corona noruega se ha depreciado frente a las principales monedas, como el EUR y el USD (Figura 13), particularmente después de 2014. La depreciación de la corona frente al USD es particularmente evidente. Un NOK / USD alto significa que el precio de los factores de entrada, como los ingredientes de los piensos, el diesel y otros productos básicos medidos en NOK, será más alto que si la corona fuera más fuerte. La combinación que vemos hoy con los altos precios de los productos básicos y los altos NOK / USD (corona débil) tendrá un impacto particularmente fuerte en el lado de los costos para los acuicultores.



Figura 13. Desarrollo en NOK/EUR y NOK/USD 2005–2022, indexado (2005 = 100).

La figura 14 compara la evolución de los precios de los piensos medidos en NOK y en USD. Aquí, los precios de los piensos medidos en USD muestran las mismas tendencias que los precios de los ingredientes de los piensos en los mercados mundiales de productos básicos en la Figura 11, lo que refuerza la impresión de que una depreciación de la corona es una razón importante para el aumento de la alimentación de los peces.

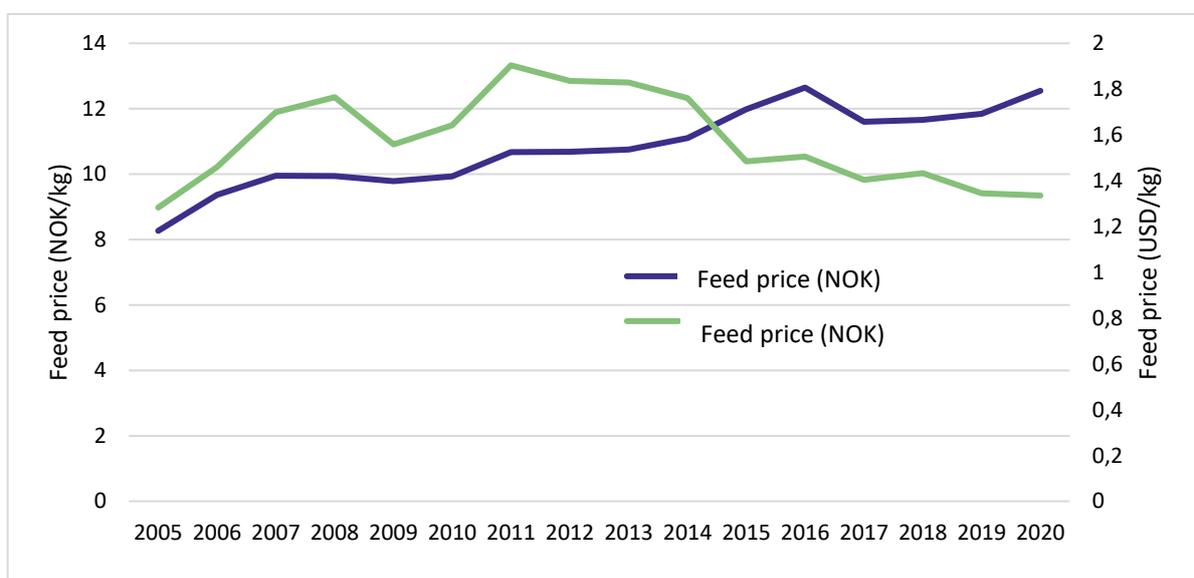


Figura 14. Precio del alimento medido en NOK vs USD. Fuentes: Estudios de rentabilidad de la Dirección de Pesca (precio de los piensos) y Banco Central de Noruega (tipos de cambio).

La depreciación de la corona también ha contribuido a otros aumentos de costos en la acuicultura, pero estos efectos son más difíciles de separar y analizar. Los ejemplos incluyen la compra de bienes y servicios extranjeros distintos de los piensos.

2.5. Tasa de conversión alimenticia

La tasa de conversión alimenticia indica qué tan eficientemente el salmón utiliza el alimento. La tasa de conversión alimenticia se calcula como la cantidad de alimento dividida por la producción, es decir, cuántos kilos crecen los peces por kilo de alimento asignado. ⁴¹La tasa de conversión de alimento biológico (bFCR) es la cantidad de alimento consumido por los peces dividida por la cantidad de peces producidos, mientras que la tasa de conversión de alimento económico (eFCR) incluye solo los peces que han sobrevivido, y también incluye los desechos de alimento y los peces escapados. El aumento del uso de métodos de desinfección no medicinales ha resultado en un aumento de la mortalidad de peces grandes. La mortalidad de peces grandes aumentará eFCR más que la mortalidad de peces pequeños, ya que se ha utilizado más alimento para alimentar a un pez grande que a un pez pequeño. Veremos más adelante que el peso promedio de los peces muertos casi se ha duplicado desde 2010.

La tasa de conversión biológica de la alimentación se verá influenciada por una serie de factores tales como las especies de peces, la luz, la estación, la temperatura, el tamaño de los peces, la tasa de crecimiento, la composición de la alimentación (Misund, 1995; 1996; Refstie y otros, 2000; Nordgarden y otros, 2003). La tasa de conversión alimenticia aumenta con el tamaño de los peces y disminuye con la tasa de crecimiento. El estrés, la enfermedad, el manejo, etc. que no conducen a la mortalidad, pero reducen el bienestar, el apetito y las tasas de crecimiento de los peces también aumentarán la bFCR. La diferencia entre eFCR y bFCR aumenta con el aumento de la mortalidad, escapes, otras pérdidas de producción y desperdicio de alimento. También hay dos tipos de tasa de conversión de alimento biológico, uno calculado en condiciones de laboratorio donde es posible recolectar residuos de alimentos (bFCR-lab) y la tasa de conversión de alimento biológico calculada en plantas en operación comercial (campo bFCR). En estas condiciones, los residuos alimentarios no son posibles de medir de manera efectiva. Además, los campos bFCR se calcularán en función de los peces capturados y se convertirán a una tasa de conversión de alimento biológico basada en el peso vivo.

⁴¹ *Eficiencia de conversión alimenticia* (FCE) es un término utilizado en la literatura y es el inverso de la alimentación Tasa de conversión.

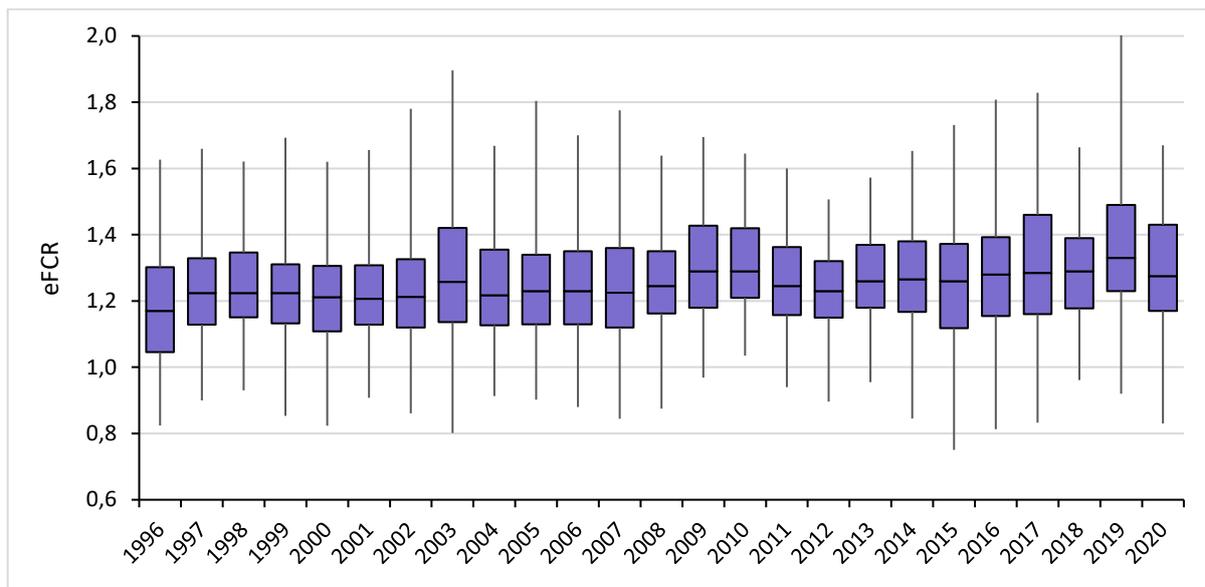


Figura 15. Tasa de conversión alimenticia. Diagrama de caja (la caja contiene el 50% de las observaciones, las líneas el 90%). Fuente: Estudio de rentabilidad de la Dirección de Pesca. En 2019, las tasas de conversión alimenticia más altas se truncan en 2.0.

Las cifras de la Dirección de Pesca de Noruega muestran una variación considerable en la tasa de conversión económica de alimento entre los acuicultores (Figura 15), de menos de 0,8 a más de 2,0. La tasa media de conversión alimenticia ha aumentado con el tiempo, de poco menos de 1,2 en 1996 a más de 1,3 en los últimos años. Aquí se calcula anualmente, pero preferiblemente debe calcularse sobre toda una generación, ya que las cifras anuales pueden verse afectadas por el lugar en el ciclo de producción que algunos pequeños agricultores han estado cosechando sus peces. Si una pequeña empresa ha alimentado peces de menor tamaño, pero no cosechados, en el mismo año, la tasa de conversión alimenticia será menor que si solo han producido y cosechado peces grandes. Para las empresas más grandes, este efecto desaparecerá ya que tienen una cartera de sitios y una cifra promedio es más representativa. Las observaciones de la tasa de conversión alimenticia económica por debajo de 1.0 no son realistas durante todo un ciclo de producción.

3. ¿Cuál es el costo del riesgo biológico?

3.1. La tasa de conversión de lamoneda es una medida de ineficiencia

Como se mencionó anteriormente, eFCR será una medida indirecta del riesgo biológico. El aumento en la categoría "otros costos operativos" también puede indicar que los desafíos biológicos se han vuelto más caros. Pero cuán grande ha sido el aumento en los costos biológicos y las causas han sido mal examinadas y analizadas. Los costos biológicos se utilizan aquí como un término colectivo para los costos relacionados con la mortalidad, las enfermedades, las infestaciones y tratamientos de piojos, el estrés, la reducción del crecimiento, es decir, los costos asociados con las desviaciones de las condiciones óptimas de crecimiento. Sin embargo, las desviaciones de la producción óptima pueden tener muchas causas, y será difícil cuantificar los costos biológicos de enfermedades o piojos solos. Se pueden usar modelos más avanzados para separar los costos de la enfermedad de los costos de los piojos, pero esto introduce errores de medición. Alternativamente, uno puede analizar a un nivel más agregado, pero luego no se puede decir nada específico sobre los costos de los piojos frente a otras fuentes. Lo que se denominan costos biológicos en este informe son realmente ineficiencias, es decir, menor productividad en comparación con las empresas que son más eficientes en la industria. La figura 16 ilustra este principio. El eje x es el nivel de un factor de entrada y el eje y es la salida creada. La curva muestra la relación entre esfuerzo y producción. El gráfico está aumentando, lo que muestra que el aumento de los insumos da como resultado un mayor rendimiento, pero el crecimiento del producto se desacelera con el aumento del esfuerzo, lo que significa que los nuevos aumentos en la producción se vuelven cada vez más difíciles.

Podemos usar la alimentación y la producción como un ejemplo simplificado. Digamos que la empresa A utiliza alimento (esfuerzo de alimentación) igual a la línea punteada vertical en la figura, y produce una cantidad de salmón indicada por el punto A. El punto AO es la producción que las mejores empresas logran producir dada la misma cantidad de alimento. Dado que la empresa A utiliza la cantidad de alimento de manera menos eficiente que las mejores empresas, tendrá un eFCR más alto que lo que las mejores empresas pueden lograr. La diferencia entre los puntos AO y A es una medida de ineficiencia y se capturará en las diferencias entre el eFCR de la empresa y el eFCR para las mejores empresas.

También se pueden realizar análisis similares para la relación entre otros factores de insumos (capital, permisos, insumos de mano de obra, etc.) y la producción. Dado que la producción depende de varios factores de entrada utilizados simultáneamente, se deben utilizar técnicas más avanzadas (Análisis Envoltante de Datos (DEA) y Análisis de Frontera Estocástica (SFA)) para medir la productividad general y la ineficiencia, pero esto está fuera del alcance de este informe.⁴²

⁴² Véanse, por ejemplo, Asche et al. (2008); Asche y otros (2009); Vassdal y Holst (2011); Asche et al. (2013); Asche y Roll (2013); Roll (2019) y Asche et al. (2022) para análisis de productividad e ineficiencias en la industria acuícola noruega.

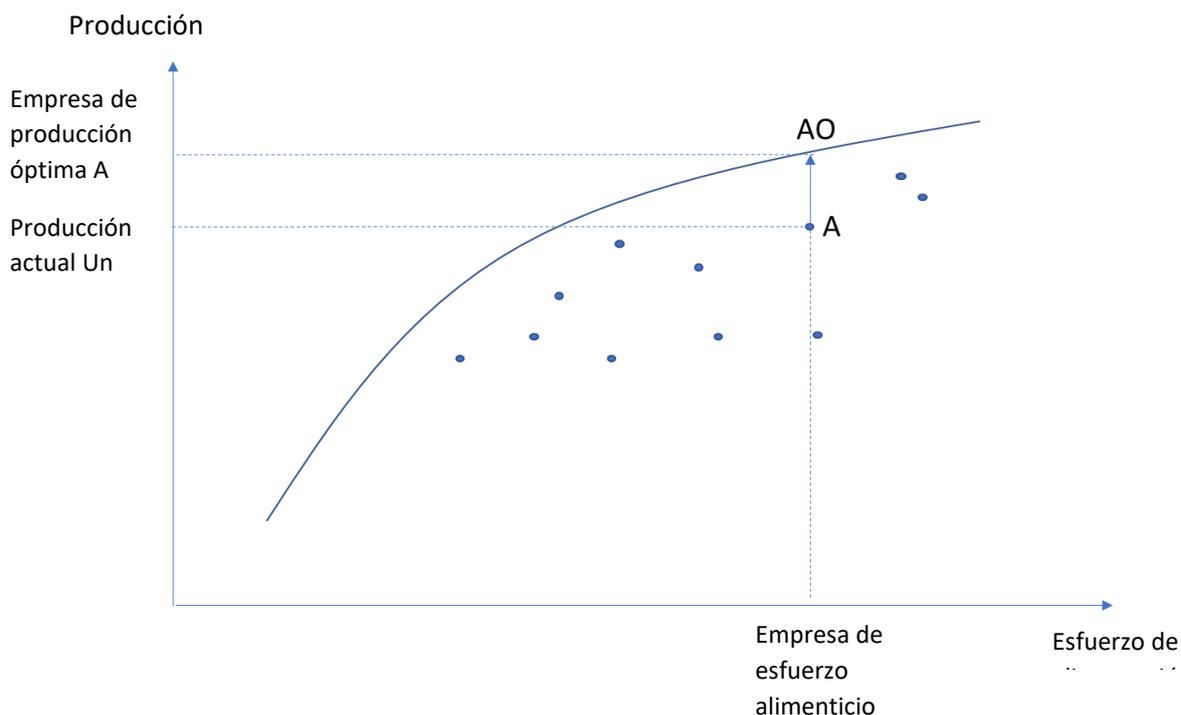


Figura 16. Ineficacia.

3.2. Tasa de conversión alimenticia como medida de los costos biológicos

El nivel de bFCR se verá afectado por el alcance de los riesgos biológicos y, por lo tanto, los bFCR informados no serán una buena medida de la eficiencia con la que los peces utilizan el alimento en una situación operativa ideal u óptima sin enfermedades, piojos, etc. Un FCR biológico óptimo o ideal requiere que la utilización del alimento se mida en un entorno de producción *sin* riesgo biológico, es decir, si se van a calcular los costos del riesgo biológico, se debe utilizar una medida de la tasa de conversión alimenticia calculada en condiciones óptimas o ideales. Por lo tanto, este informe introduce un tercer concepto de tasa de conversión de alimento: *tasa de conversión de alimento ideal* (iFCR). Esta es una medida de la eficiencia con la que los peces utilizan el alimento en condiciones de operación ideales o utópicas, sin verse afectados por enfermedades, estresados o hambrientos en relación con los tratamientos. Este enfoque está en línea con la literatura médica veterinaria sobre GBAD. En la práctica, será muy difícil lograr una tasa de conversión alimenticia ideal, ya que un cierto nivel de estrés, enfermedad, tratamiento, etc. es difícil de evitar en una situación operativa. Sin embargo, la evaluación comparativa con iFCR brinda la oportunidad de calcular el costo de los factores de riesgo biológicos a nivel agregado. El aislamiento de los costos asociados con enfermedades individuales, infección de piojos, etc. es difícil ya que el cuadro clínico de la enfermedad en la acuicultura es complejo. Los piojos y el tratamiento de los piojos pueden hacer que los peces se estresen y, por lo tanto, sean más susceptibles a las enfermedades. Además, los peces pueden tener enfermedades subyacentes como CMS (rupturas cardíacas) que pueden manifestarse en una mayor mortalidad durante el tratamiento de los piojos del salmón. ¿Se reduce el crecimiento o la mortalidad debido a una enfermedad o se debe al tratamiento de los piojos? La enfermedad, el estrés, etc. reducirán el crecimiento y pueden conducir a la mortalidad, y aumentarán la eFCR. También lo hará el hambre en relación con los tratamientos de los peces. Los

costos relacionados con las desviaciones de iFCR serán entonces una medida de los costos del riesgo biológico a nivel general. Pero será una medida imprecisa de los costos biológicos, contendrá errores de medición y será sensible a las suposiciones hechas. Las fuentes de uso ineficiente de los piensos pueden ser varias, no solo el riesgo biológico, sino también los residuos de piensos (alimentos no consumidos), las corrientes en los sitios de producción, pero también entran en juego las rutinas operativas, el conocimiento y la experiencia. Los altos desperdicios de alimento que no son causados por enfermedades, piojos, etc. no son costos biológicos. Lo mismo se aplica a los alimentos consumidos por peces más limpios u otras desviaciones del óptimo. La diferencia entre eFCR e iFCR sería entonces una medida general de la eficiencia alimentaria, no necesariamente solo enfermedad y otros riesgos biológicos. Pero esencialmente, la diferencia entre eFCR e iFCR será impulsada por risk biológicos, y utilizada en este informe.

Entonces, ¿cómo se puede calcular iFCR? Una forma es mirar las plantas más eficientes. La Figura 15 muestra la variación en eFCR para las instalaciones que han informado a las encuestas anuales de rentabilidad de la Dirección de Pesca. De la Figura 15, parece que hay instalaciones que tienen un eFCR por debajo de 0,8. No está claro si este nivel es una medida representativa de la RCFI, o si las cifras bajas se deben a errores de medición o tienen otras explicaciones. Los informantes de la industria, los analistas y los investigadores dudan de que eFCR de 0,8 sea real durante todo un ciclo de producción en la práctica.

Es difícil encontrar cifras sobre FCR durante todo el ciclo desde el smolt hasta el sacrificio en la literatura de investigación. Los experimentos de campo o de laboratorio a menudo se llevan a cabo durante períodos de tiempo más cortos (semanas o meses), y hay muy pocos estudios de períodos más largos. La literatura y la información de los informantes indican que es posible lograr una bFCR de hasta 0,70 en la primera fase después de la exposición y de 0,95-1,00 en la última fase (véase también Sveier y Lied, 1998; Folkedal et al. 2022). La información obtenida da la impresión de que la iFCR puede estar entre 0,9 y 1,0 en condiciones óptimas durante todo el ciclo de producción, es decir, desde el smolt hasta el tamaño de sacrificio de alrededor de 4-5 kilogramos. La incertidumbre en torno al nivel de iFCR indica que tanto 0,9 como 1,0 se utilizan en el cálculo de los costes biológicos, en lo sucesivo denominados iFCR_{0,9} e iFCR_{1,0}. La diferencia entre iFCR_{0,9} e iFCR_{1,0} respectivamente, y eFCR solo se usará para decir algo sobre el nivel de desafíos biológicos y el costo. La Tabla 3 resume los diversos conceptos de tasa de conversión alimenticia.

La diferencia entre la tasa de conversión alimenticia alcanzada y teóricamente óptima no capturará por sí sola todos los costos biológicos, solo los costos *indirectos*. Un costo biológico total también debe incluir los costos *directos* de salud de los peces. Algunos de ellos se pueden encontrar en el elemento de costo colectivo "otros costos operativos". La proporción de otros costos operativos que deben incluirse no está clara. Uno de los elementos de "otros costos operativos" se llama "salud" y debe incluirse, pero también puede haber otros costos, como el mantenimiento relacionado con peces más limpios, etc., que también deben incluirse, pero sin información más detallada sobre la composición de otros costos operativos, se hace difícil identificar otros costos biológicos relevantes. Antes de 2015, no hay información sobre la proporción de los costos de salud, por lo que se debe utilizar una regla de plantilla basada en datos históricos. En los años 2015-2020, los costos de salud representaron el 25% de otros costos operativos.

Tabla 3. Diferentes conceptos de tasa de conversión de alimento

Tipo de tasa de conversión alimenticia	Comentario	Nivel
Tasa de conversión de alimentación utópica/ideal (iFCR)	La tasa de conversión alimenticia en condiciones de operación ideales o utópicas. Sin estrés, enfermedad, despiojamiento o mortalidad. Basado en el peso vivo.	0.9–1.0
Tasa de conversión de alimentación biológica de experimentos de laboratorio (bFCR-lab)	La tasa de conversión alimenticia se ajusta para los peces muertos y los desechos de alimento que se han recolectado y pesado. Basado en el peso vivo.	0.95–1.0
Tasa de conversión de alimento biológico de operaciones de campo/comerciales (campo bFCR)	La tasa de conversión alimenticia se ajusta para peces muertos y otros desperdicios. No ajustado por desperdicio de alimento. Basado en el peso vivo.	1.0→
Tasa de conversión alimenticia económica de peso vivo (eFCR)	Basado en peces cosechados (en peso eviscerado) y cantidad de alimento. Factor de conversión de 1.215 de peso eviscerado a peso vivo.	1.1→
Tasa de conversión alimenticia económica peso de peces enteros (eFCR)	Basado en peces cosechados (en peso eviscerado) y cantidad de alimento. Factor de conversión de 1.125 de peso eviscerado a peso vivo.	1.2→
Tasa de conversión alimenticia económica de peso eviscerado (eFCR)	Basado en peces cosechados (en peso eviscerado) y cantidad de alimento.	1.3→
Eficiencia de conversión alimenticia (FCE)	1/FCR	

El método de cálculo de los costos biológicos es el siguiente. El punto de partida son los costos de producción informados como se muestra en la Tabla 4, que incluye los costos de capital. Luego se calcula una cantidad de producción ideal, es decir, la producción que se debería haber logrado dada la cantidad de alimento, dividiendo la cantidad de alimento por iFCR. En 2020, una empresa promedio utilizó 21.924 toneladas de piensos produciendo 16.609 toneladas de salmón (peso de pescado entero) y trucha (eFCR = 1,32). Si la empresa promedio hubiera logrado un eFCR = iFCR0.9, entonces la producción habría sido de 21,924 toneladas de alimento / 0.9 = 24,360 toneladas de salmón y trucha (peso del pescado entero). Luego, todos los elementos de costo (con la excepción del costo de cosecha) se dividen por la producción ideal convertida a peso eviscerado (Tabla 3, columna 3). El costo de la cosecha sigue siendo el mismo, ya que solo se aplica a los peces capturados. Los *costes biológicos indirectos* se estiman entonces como la diferencia entre los costes totales de producción (es decir, los cálculos de la Dirección de Pesca más el coste de capital) y la suma de los costes dividida por la producción ideal. Finalmente, los *costos biológicos directos* se estiman como el 25% de otros costos operativos. Los costos biológicos totales se convierten entonces en la suma de los costos biológicos directos e indirectos.

Se asume implícitamente que todos los costos, excepto los piensos y la cosecha/embalaje, son fijos. Esto será correcto para varios de los elementos de costo, como el smolt, la depreciación y los costos de capital, pero no será tan correcto asumir para otros de los costos como salarios, transporte y costos variables que se incluyen en el total de "otros" costos operativos. Esto puede ser una fuente de errores de medición, y dará una sobreestimación de los costos "biológicos". Al mismo tiempo, se sabe poco sobre la distribución de diferentes tipos de costos en "otros" costos operativos, y se desconoce si el componente de "salud" contiene todos los costos relacionados con el riesgo biológico.

Tabla 4. Costo de producción 2020 para una empresa promedio con y sin ajuste por costos biológicos.

NOK/kg	Empresa promedio	Producción óptima (iFCR0.9)	Producción óptima (iFCR1.0)
Producción (peso redondo)	16.609	24.360	21.924
Producción (peso eviscerado)	14.765	21.656	19.490
Tasa de conversión alimenticia	1.23	0.90	1.00
Costo de smolt	4.66	3.18	3.53
Costo de alimentación	18.69	12.75	14.16
Costes laborales	3.62	2.47	2.75
Depreciación	2.97	2.03	2.25
Otros gastos de explotación	11.11	6.71	6.71
"Costos biológicos"	0	16.72	13.79
Costes de explotación en la fase marítima	41.06	43.84	43.84
Costo de capital	8.75	5.97	6.63
Coste de producción en la fase marítima	49.81	49.81	49.81
Costo de cosecha	4.55	4.55	4.55
Coste de producción	54.36	54.36	54.36

Usando este método de cálculo, los costos biológicos se convierten en uno de los elementos de costo más grandes, y con un iFCR de 0.9, el riesgo biológico fue el elemento de costo más grande en 2020. Utilizando diferentes niveles de la tasa de conversión alimenticia ideal, los costos biológicos en 2020 se estimaron en NOK 13.8-16.7 / kg eviscerado. Se pueden multiplicar estos costos por una estimación de la producción, pero la cantidad será incierta y, por lo tanto, no se hace aquí. Tal estimación de los costos agregados será algo más alta que otros cálculos (por ejemplo, Iversen et al., 2017; Abolofia et al., 2017, Vedeler, 2017 y Asche et al., 2022), pero a diferencia de los otros estudios, la estimación es una medida agregada de los costos biológicos totales, incluidos

piojos, enfermedades y otros costos relacionados con el riesgo biológico. Rødseth (2016) utilizó un método similar pero utilizó un bFCR de referencia de 1.13 a partir del año 2012, que de forma aislada será un valor menor en comparación con la tasa de conversión alimenticia ideal s. Además, Rødseth (2016) agregó el valor de las ganancias perdidas y estimó una pérdida total de NOK 7-8 mil millones para el año 2015. Este informe no incluye el lucro cesante. En primer lugar, este no es un ejercicio fácil, ya que el aumento de la producción, de forma aislada, dará lugar a precios más bajos del salmón. En segundo lugar, no es seguro que el aumento de la producción sea posible dentro de los actuales reglamentos de MAB. Muchos piscicultores ya están produciendo cerca de los límites de M AB. Por lo tanto, puede ser potencialmente difícil darse cuenta del hipotético aumento de la producción.

Los errores de medición en el método significan que no se puede atribuir el riesgo biológico a la cantidad total basada en iFCR0.9, pero hay razones para creer que los costos puramente biológicos dominarán los otros efectos. A pesar de las debilidades del método, proporcionará información útil sobre la evolución del riesgo biológico a lo largo del tiempo, entre empresas y zonas de producción.

3.3. Desarrollo a lo largo del tiempo

La figura 17 muestra un aumento significativo en los "costos biológicos" después de 2005, y es el elemento de costo que ha tenido el mayor aumento a lo largo del tiempo. Los "costos biológicos" aumentaron entre 2005 y 2010, cayeron hacia 2012 y se han quintuplicado entre 2012 y 2020. Parte de este desarrollo también se puede ver en las estadísticas de mortalidad. La mortalidad fue alta en 2009 y 2010, cayó hacia 2012, pero desde entonces ha aumentado. Pero la mortalidad en 2020 medida como porcentaje es menor que en 2010, por lo que el aumento de la mortalidad no es toda la explicación. Veremos más adelante que ha habido un *aumento significativo en el peso de los peces muertos* desde 2010-2012. El próximo capítulo discutirá las razones del aumento de los costos biológicos con más detalle.

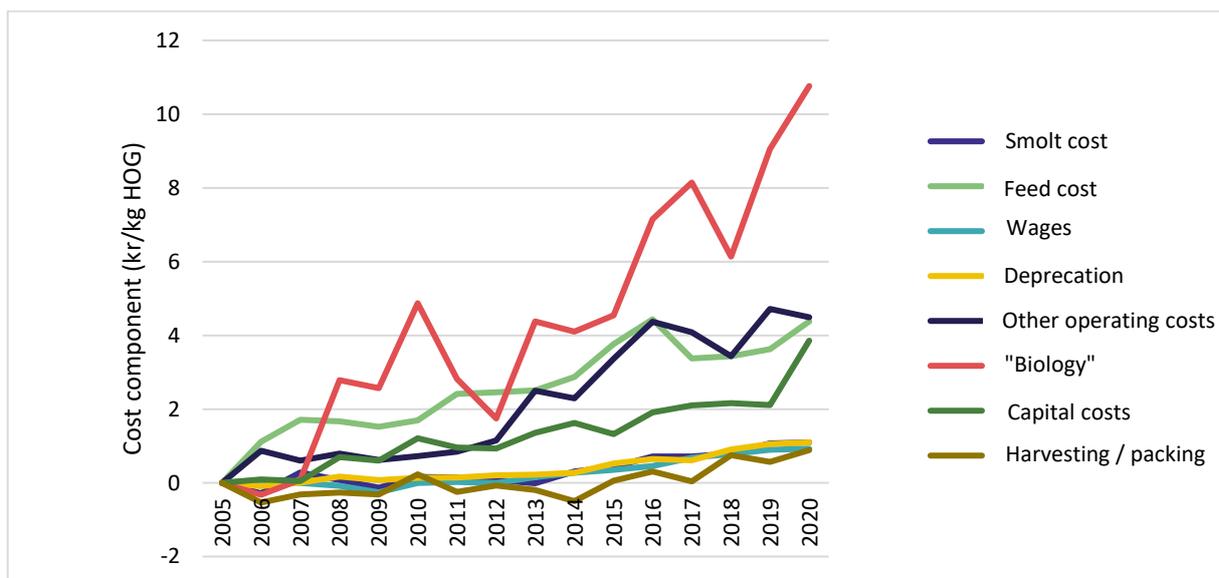


Figura 17. Costos biológicos a lo largo del tiempo. (iFCR0.9). Para el período 2015-2020, los costes sanitarios se incluyen según lo notificado por la Dirección de Pesca, mientras que las cifras anteriores a 2015 de los costes biológicos indirectos se estiman en el 25 % de otros costes de explotación.

El tamaño de los costos biológicos dependerá de los supuestos de iFCR (Figura 17).

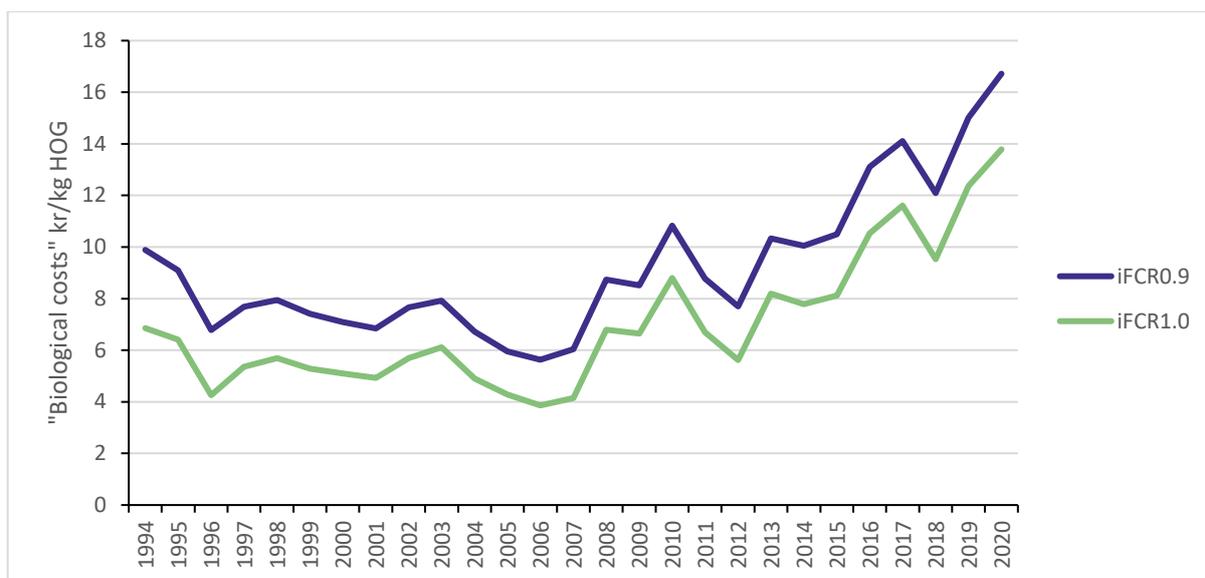


Figura 17. Costos biológicos. iFCR0.9 vs iFCR1.0

El aumento en los costos de alimentación entre 2005 y 2020 fue de NOK 7.26 / kg no ajustado por costos biológicos (ver Tabla 2) y cae a aproximadamente NOK 4 / kg cuando los costos se ajustan por riesgo biológico. Dado el aumento marginal en los precios de los piensos medidos en USD entre 2005 y 2020 (véase la figura 14), la mayor parte del aumento de los costos de alimentación se deberá a una depreciación de la corona y al aumento de los costes biológicos. El costo más importante para los acuicultores, el alimento, es impulsado tanto por el riesgo de mercado en forma de riesgo cambiario y riesgo de precio de productos básicos, como por el riesgo biológico.

3.4. Composición del costo de producción ajustada por riesgo biológico

Aislar el costo biológico permite un análisis más preciso de los otros elementos de costo. Los costos biológicos han aumentado su participación en los costos totales de producción (Figuras 18 y 19), y los costos de alimentación ya no son el elemento de costo que más ha aumentado, sino que han reducido su participación en el total en 10 puntos porcentuales. La proporción de los componentes de costos tradicionalmente más importantes, como los piensos, los smolt y los salarios, ha disminuido con el tiempo. En 2005, representaban casi la mitad de los costos en comparación con aproximadamente un tercio en la actualidad. Las fuentes del aumento del costo de producción son principalmente el riesgo biológico, otros costos operativos y el costo de capital. En la declaración tradicional de los costos de producción, dos de estos factores no se incluyen, a saber, los costos biológicos y los costos de capital.

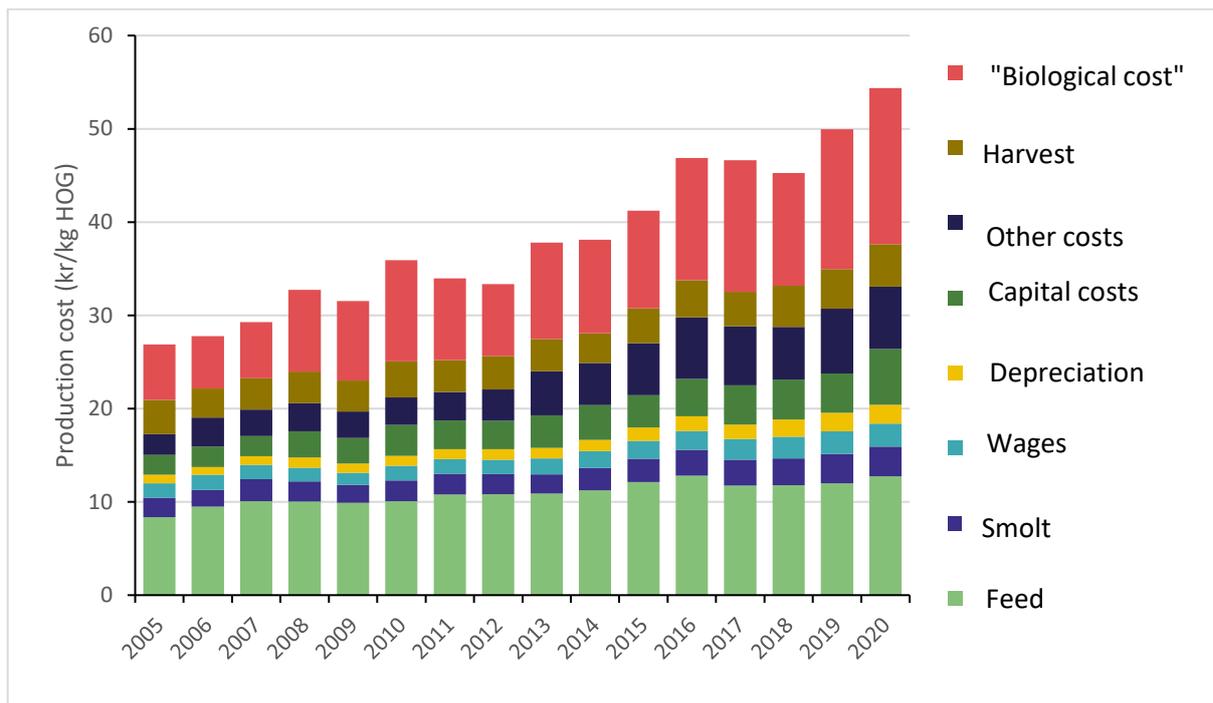


Figura 18. Costos de producción ajustados.

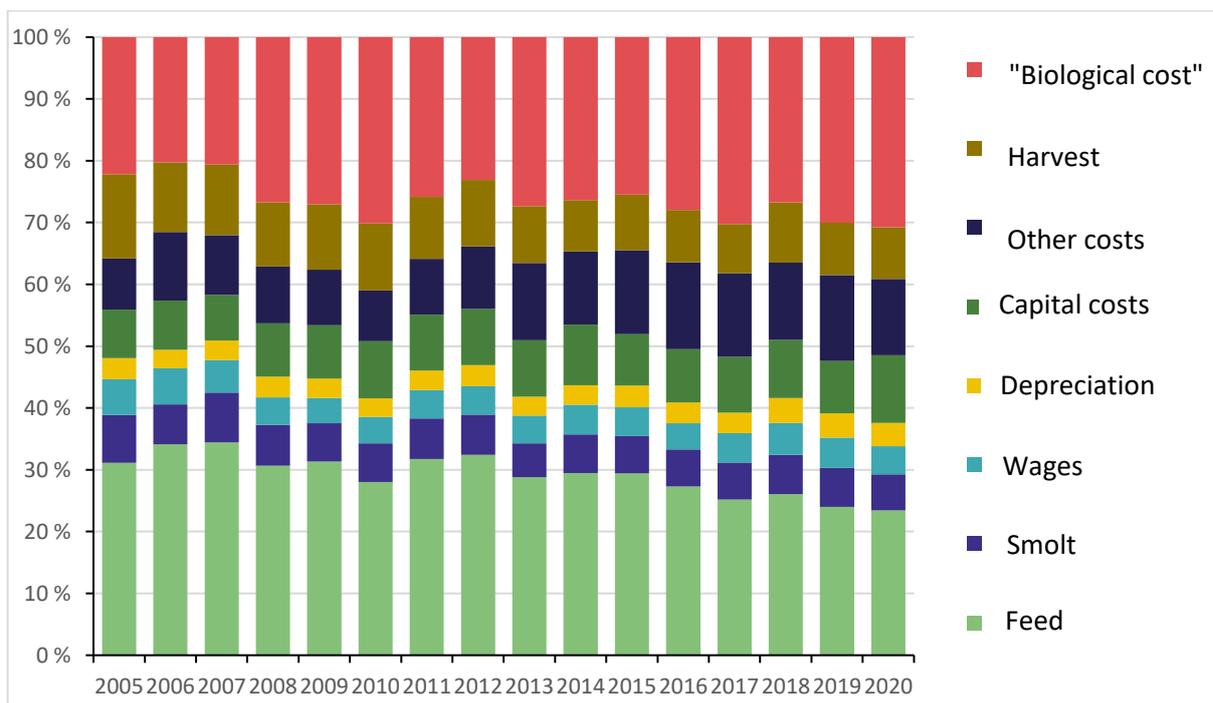


Figura 19. Desarrollo de la composición de costos

3.5. Diferencias regionales

Existen diferencias regionales significativas en la mortalidad, las enfermedades y los desafíos de los pijoos, lo que puede resultar en diferencias en los costos biológicos. La forma tradicional de presentar los costos complica una comparación de los elementos de costo al omitir el impacto de los pijoos de mar, enfermedades, etc. (Tabla 5). En 2020, el costo de alimentación en Agder y

Rogaland fue de NOK 21.28 / kg, mientras que fue de NOK 17.62 en Nordland, pero ¿cuál es la razón de las diferencias? También hay grandes diferencias regionales en los demás elementos de costo. Las grandes diferencias en eFCR entre los condados son una indicación de que los diferentes riesgos biológicos pueden ser una causa importante.

Tabla 5. Fabricación tradicional de los costes de producción. Corregido 2020 nok.

NOK/kg	Agder y Rogaland	Noruega occidental	Trondelag	Nordland	Troms y Finnmark
Tasa de conversión alimenticia	1.52	1.42	1.40	1.19	1.34
Costo de smolt	6.91	6.33	5.31	4.22	5.57
Costo de alimentación	21.28	19.27	20.08	17.62	19.72
Costes laborales	3.23	3.84	4.39	2.92	3.78
Depreciación	2.65	2.60	4.37	3.07	3.19
Otros gastos de explotación	11.01	12.93	9.90	11.15	11.37
"Costos biológicos"	0	0	0	0	0
Costes de explotación en la fase marítima	45.07	44.97	44.04	39.00	43.63
Capital*	9.61	9.59	9.39	8.31	9.30
Coste de producción fase marítima	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
Cosecha	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
Coste de producción	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* El costo de capital se basa en el promedio nacional, pero ajustado por la tasa de conversión alimenticia regional.

En las siguientes dos tablas, el costo biológico se resta utilizando iFCR0.9 (Tabla 6) e iFCR1.0 (Tabla 7). El método es algo más difícil para los condados que para el país en su conjunto, ya que falta el costo del capital por región. Por lo tanto, se utiliza el costo promedio de capital para toda Noruega, pero ajustado hacia arriba o hacia abajo de acuerdo con la tasa regional de conversión de piensos.

Tabla 6. Costos de producción por región 2020, ajustados por "costos biológicos" (iFCR = 0.9).

NOK/kg	Agder y Rogaland	Noruega occidental	Trondelag	Nordland	Troms y Finnmark
Tasa de conversión alimenticia	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Costo de smolt	4.09	4.01	3.41	3.19	3.74
Costo de alimentación	12.60	12.21	12.91	13.33	13.24
Costes laborales	1.91	2.43	2.82	2.22	2.54
Depreciación	1.57	1.65	2.81	2.32	2.14
Otros gastos de explotación	4.90	6.18	4.80	6.36	5.77
"Costos biológicos"	23.92	22.00	20.64	13.60	19.25
Costes de explotación en la fase marítima	48.99	48.48	47.40	41.02	46.69
Capital*	5.69	6.08	6.03	6.29	6.25
Coste de producción fase marítima	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
Costo de cosecha	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
Coste de producción	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* El costo de capital se basa en el promedio nacional, pero ajustado por la tasa de conversión alimenticia regional.

Cuando se extraen los costos biológicos, las diferencias regionales en los otros elementos de costo, como el smolt, la alimentación, la cosecha y la depreciación, son significativamente más bajas que cuando no se separa el riesgo biológico. En la Tabla 2, el costo del smolt varía en NOK 2.69/kg, mientras que en la Tabla 6 la diferencia es NOK 0.90/kg entre las regiones con los costos más altos y más bajos de smolt. La reducción de la variación también se aplica a las demás partidas de costes. La variación en los costos de alimentación cae de NOK 3.66 por kg (Tabla 6) a menos de un tercio. Esto significa que, ajustado por las diferencias en la tasa de conversión alimenticia, las diferencias de costos entre las regiones disminuirán drásticamente, lo que a su vez indica que las diferencias en los costos de producción en diferentes condados se deben principalmente a las diferencias en el riesgo biológico. El mismo efecto se observa en la Tabla 7, pero el efecto es naturalmente algo menor.

Tabla 7. Costos de producción por región 2020, ajustados por "costos biológicos" (iFCR = 1.0).

NOK/kg	Agder y Rogaland	Noruega occidental	Trondelag	Nordland	Troms y Finnmark
Tasa de conversión alimenticia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Costo de smolt	4.54	4.46	3.79	3.55	4.16
Costo de alimentación	14.00	13.57	14.34	14.81	14.72
Costes laborales	2.12	2.70	3.14	2.47	2.82
Depreciación	1.74	2.83	3.12	2.58	2.38
Otros gastos de explotación	4.90	6.18	4.80	6.36	5.77
'Costes biológicos'	21.05	19.07	17.53	10.56	16.15
Costes de explotación en la fase marítima	48.36	47.81	46.72	40.32	45.99
Capital*	6.32	6.75	6.71	6.99	6.94
Coste de producción fase marítima	54.68	54.56	53.43	47.31	52.93
Costos de cosecha	5.25	4.79	4.49	4.28	4.79
Coste de producción	59.93	59.35	57.92	51.59	57.72

* El costo de capital se basa en el promedio nacional, pero ajustado por la tasa de conversión alimenticia regional.

Desde 2005, los costos biológicos han aumentado en todos los condados (Figura 20), principalmente en Rogaland/Agder y Vestland, y menos en Nordland. Para algunos condados, hay una variación considerable de un año a otro. Esto puede deberse a errores de medición como resultado de pocas observaciones en algunos condados. Møre og Romsdal no está incluido ya que hay muy pocas empresas de propiedad local en este condado. En Rogaland/Agder hay grandes fluctuaciones de un año a otro y una posible razón puede ser que las empresas participen en la cooperación conjunta de área (por ejemplo, la cooperación de zona).

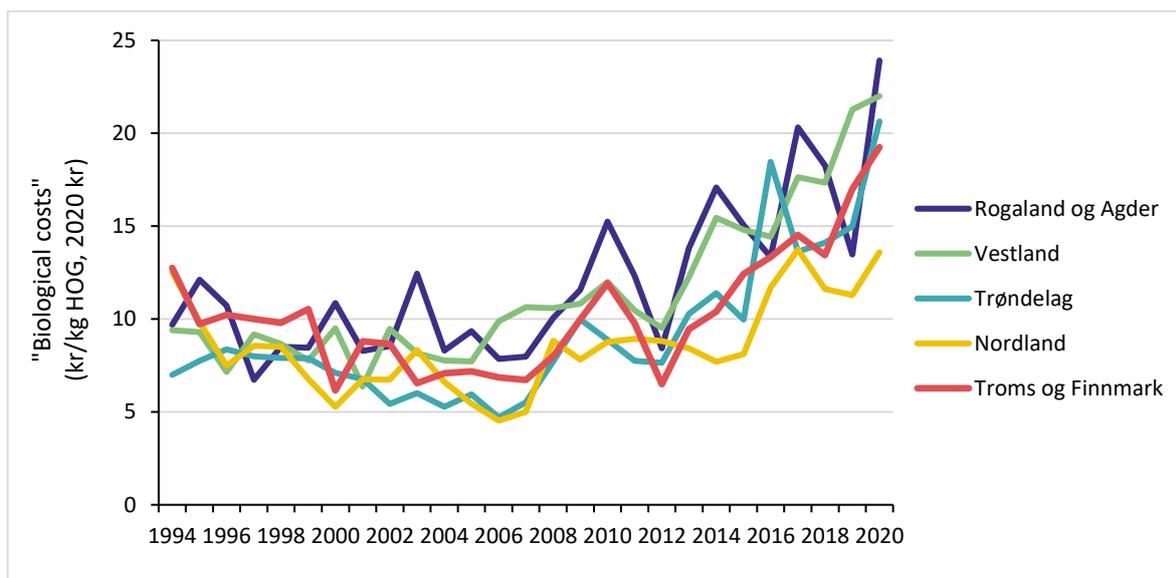


Figura 20. Costos biológicos por condado para el período 1996-2020 (iFCR0.9). Corregido 2020-nok. Fuente: cálculos propios basados en datos de la encuesta de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

Además, las epidemias de enfermedades van y vienen. En el condado de Vestland, ha habido un brote de EP grande y prolongado que alcanzó su punto máximo en 2019, pero ha disminuido un poco en años posteriores. En el norte de Noruega, la ISA ha sido un problema importante. Estas enfermedades también han tenido algunos brotes en los otros condados, pero algunos condados han tenido mayores problemas que otros. También hay diferencias regionales y de sitio en la infección por piojos. Además, las diferencias en los problemas de piojos también pueden explicarse por diferentes rutinas operativas, estrategias de la empresa y el uso de la tecnología.⁴³

3.6. Grandes vs pequeñas empresas

La Dirección de Pesca también informa de los costes para grupos de empresas de diferentes tamaños (cuadro 8), pero es difícil identificar las diferencias debidas al tamaño. Los estudios también muestran que las pequeñas empresas a menudo han tenido la mayor rentabilidad (Asche et al., 2018). Las empresas del Grupo 1 (permisos 1-9) tienen una facturación promedio de NOK 250 millones / año, por lo que incluso la categoría más pequeña es relativamente grande. De acuerdo con la legislación y las definiciones de la UE, el límite para ser definidas como pequeñas y medianas empresas es un volumen de negocios anual de 50 MEUR (~ 100 MNOK) y menos de 250 empleados. Aunque el número de equivalentes a tiempo completo en el Grupo 1 es ~ 18, la facturación es solo la mitad de la facturación que implicaría que se define como una gran empresa. Una empresa de piscicultura con 1 permiso puede tener una facturación de alrededor de 60 MNOK / año, mientras que una empresa con 9 permisos tendrá una facturación de alrededor de 560 MNOK / año (con una producción (peso redondo) de 1.5 veces MAB y un precio de salmón de NOK 60 / kg de peso eviscerado).

⁴³ Vea las cifras aquí: <https://www.barentswatch.no/havbruk/sykdom>

Tabla 8. Costos de producción ajustados. Grupos de diferentes tamaños. Grupo 1 = 1-9 permisos, Grupo 2 = 10-19 permisos, Grupo 3 = 20+ permisos.

NOK/kg	Empresa promedio (iFCR0.9)	Grupo 1 (iFCR0.9)	Grupo 2 (iFCR1.0)	Grupo 3 (iFCR1.0)
Costo de smolt	3.18	4.10	3.37	2.89
Costo de alimentación	12.75	13.03	12.53	12.64
Costes laborales	2.47	2.22	2.04	2.59
Depreciación	2.03	1.79	1.67	2.13
Otros gastos de explotación	6.71	8.13	7.74	6.15
"Costos biológicos"	16.72	15.45	20.03	16.83
Costes de explotación en la fase marítima	43.84	44.72	47.38	43.22
Costo de capital	5.97	5.43	4.66	6.42
Coste de producción en la fase marítima	49.81	50.16	52.04	49.65
Costo de cosecha	4.55	4.15	4.48	4.67
Coste de producción	54.36	54.31	56.53	54.32

4. Razones para el aumento de los costos biológicos

Como se mencionó, puede haber varias razones para el aumento de los costos biológicos después de 2010. A continuación se muestra un resumen de los factores identificados como más importantes.

1. **Precios más altos para los insumos de factores.** Un eFCR alto significa que se ha utilizado alimento que no ha resultado en una producción cosechada. Cuando el precio del alimento aumenta, ya sea a través de un aumento en el precio de los componentes del alimento o una depreciación de la corona, el costo de un uso menos eficiente del alimento será más caro que antes. Este efecto también se aplica a otros factores de entrada. Los precios más altos de los factores de insumo amplifican el efecto negativo de un uso menos eficiente de los factores de insumo.
2. **Regulaciones más estrictas.** En 1998, se introdujeron requisitos para el conteo y despiojamiento de piojos. Desde entonces, los límites de piojos se han reducido varias veces (ver Figura 5). En 2013, se introdujeron límites de piojos muy estrictos (0.2 primavera y 0.5 el resto del año). En el período 2013-2016, el número de delousings aumentó en un 60 por ciento. Además, hubo un cambio de paradigma en los métodos de desinfección (véase el siguiente punto). En 2017, se introdujo el sistema de semáforo, que aumentó el enfoque en los piojos del salmón en la acuicultura y proporciona incentivos financieros para mantener bajos los niveles de piojos en las instalaciones. Los cálculos realizados por investigadores del Instituto de Investigación Marina (IMR) indican que el número de piojos hembra maduros en el salmón de piscifactoría en un PO rojo debe ser inferior a 0.03 antes de que la presión de infección sobre el smolt de salmón silvestre sea tan baja que el PO pueda ser de color verde (Sandvik et al., 2021). Los intentos de hacer un recuento de piojos aún más bajo que hoy ejercerán una mayor presión sobre los costos y el bienestar de los peces.

Los límites más estrictos de piojos, además de otras regulaciones como TLS, han resultado en una disminución significativa en el número de piojos hembra maduros por pez de cultivo y en la variación en el número de piojos por localidad (Figura 21). La disminución en la variación en el número de piojos por localidad ha sido mayor para las OP que inicialmente tenían el mayor número de piojos (Figura 22). El número de sitios que exceden los límites de piojos ha disminuido en los últimos 10 años, y la disminución ha sido mayor en el condado de Vestland (Figura 23).

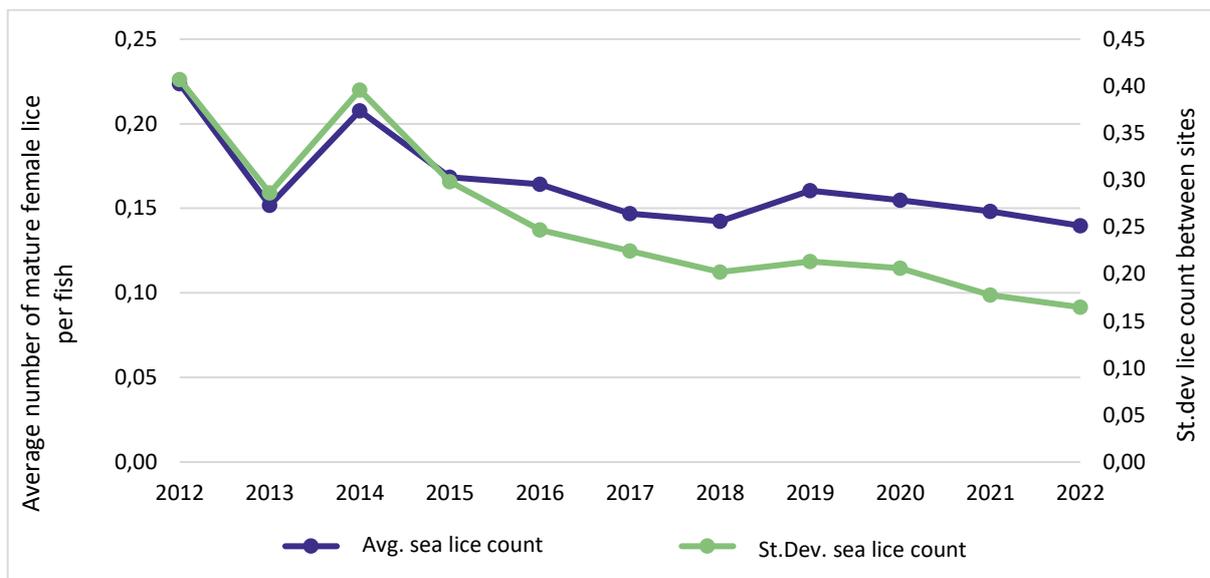


Figura 21. Promedio anual del número semanal de piojos hembra maduros por sitio, y desviación estándar (Stdav) en el número semanal de piojos hembra maduros por sitio. Fuente: cálculos propios basados en datos de Barentswatch.

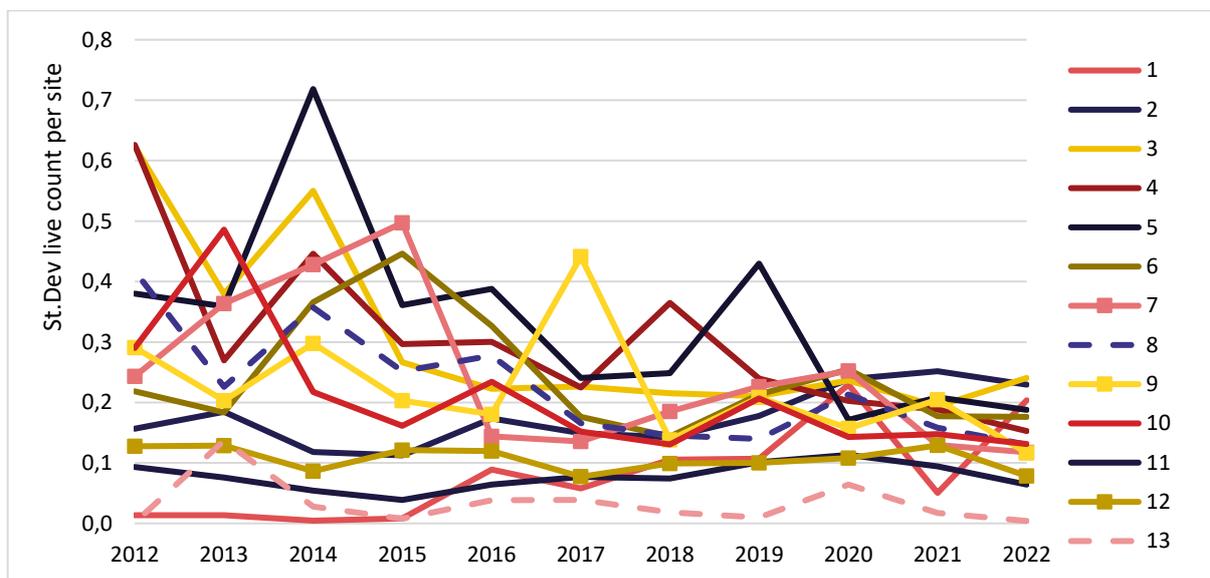


Figura 22. Desviación estándar en el número semanal de piojos hembra maduros por sitio para las áreas de producción (1-13). Fuente: cálculos propios basados en datos de Barentswatch.

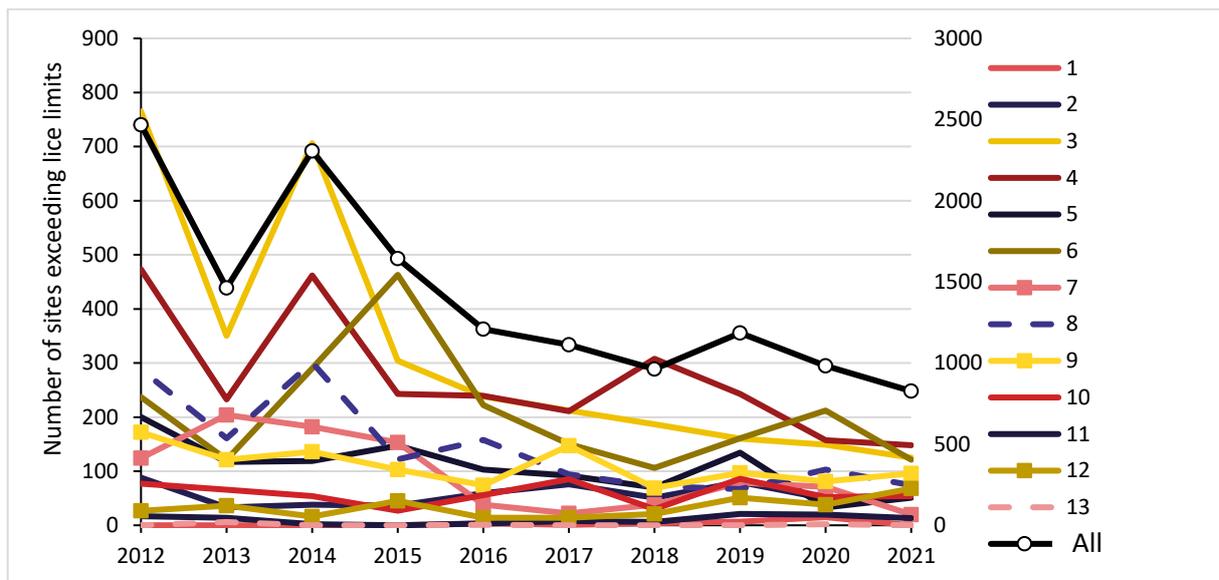


Figura 23. Número promedio de sitios por semana que han excedido los límites de piojos. Fuente: cálculos propios basados en datos de Barentswatch.

La tendencia es clara, las regulaciones más estrictas sobre piojos han resultado en) una disminución en el número de piojos, ii) menos excedentes de los límites de piojos, y iii) menos variación en el número de piojos entre los sitios, y iv) menos variación en el número de piojos en el salmón de piscifactoría entre PA verdes, rojos y amarillos. Los piscicultores se han adaptado a regulaciones más estrictas sobre piojos, y el número de piojos por pez se ha vuelto más homogéneo en todos los sitios y también entre las áreas de producción.

- 3. Mayor uso de métodos de desinfección no medicinales. En el período** hasta 2013-2015, el número de tratamientos con agentes despiojantes medicinales aumentó considerablemente (Figura 24), pero como resultado del desarrollo de resistencia en los piojos del salmón en el mismo período, la eficiencia disminuyó y los piscicultores tuvieron que encontrar rápidamente nuevos métodos de despiojamiento. A partir de 2015, hubo un fuerte aumento en el uso de métodos no medicinales como el despiojamiento de agua dulce, mecánico y térmico (en la cifra denominada "44eliminación mecánica45"). El uso de peces más limpios aumentó considerablemente en el mismo período, y los acuicultores también pagaron precios cada vez más altos por pez más limpio (Figura 26). Es difícil calcular el número de tratamientos por sitio, ya que alrededor del 8046 % de los tratamientos con métodos mecánicos se llevan a cabo en partes de los sitios, no en todos los sitios (desuso parcial).

44 Véase Coates et al. 2021a, 2021b, Dempster et al. (2021).

45 Ver Barrett et al. (2020a), Bui et al. (2020b, 2022)

46 Usando «Mecánico» Los métodos pueden haber reducido la efectividad de los peces más limpios (Gentry et al. 2020).

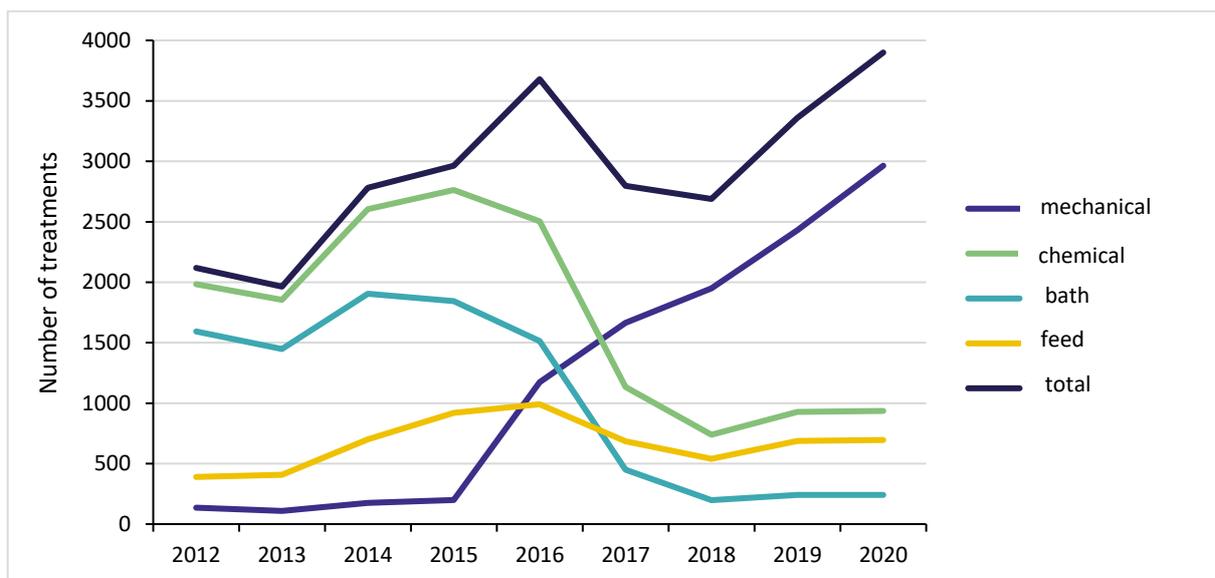


Figura 24. Métodos de despiojamiento. El "tratamiento mecánico" es tanto el tratamiento mecánico, térmico como el de agua dulce. «Tratamiento farmacológico» es la suma de «tratamiento de baño» y «tratamiento de alimentación». Fuente: Barentswatch.

La frecuencia de despiojamiento mecánico ha aumentado, la proporción de 1-5 despiojamientos por sitio por año ha disminuido, mientras que la proporción de 6-15 despiojamientos por sitio por año ha aumentado (Figura 25).

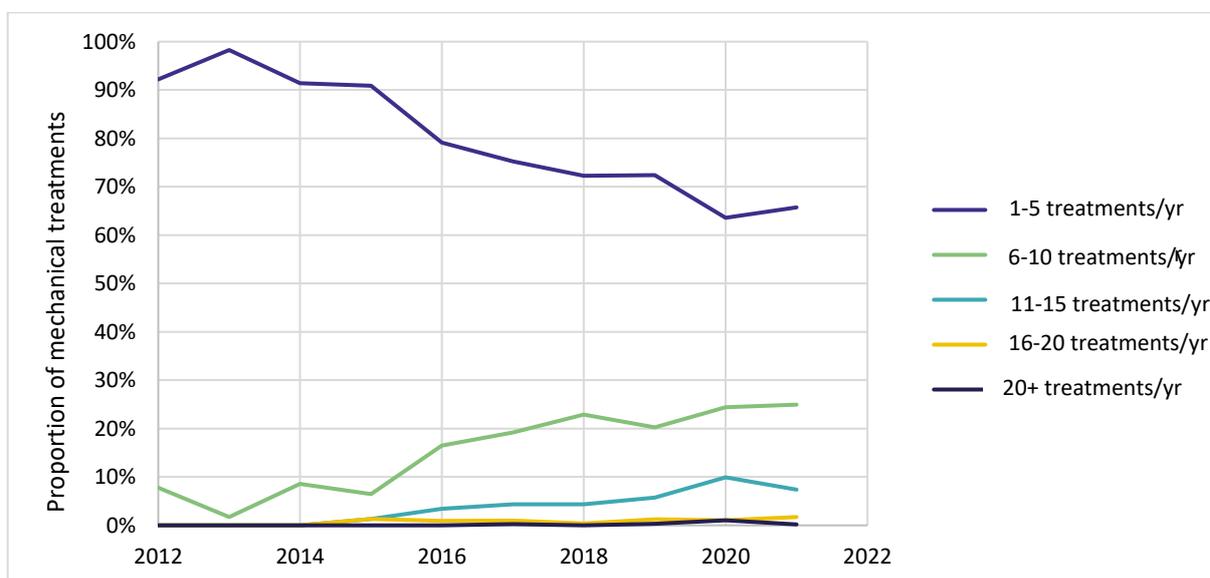


Figura 25. La proporción de grupos con el número de despojamientos mecánicos por sitio por año.

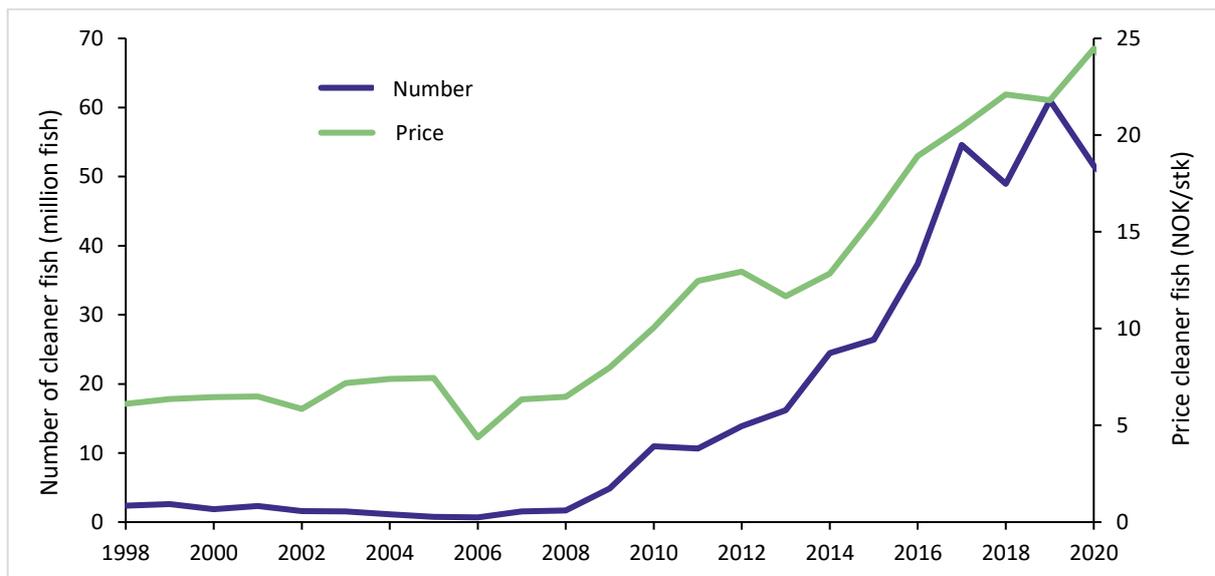


Figura 26. Número de peces limpiadores expuestos (millones de peces) y precio de venta (NOK/pcs). El precio está ajustado a la inflación (NOK fijo 2020). Fuente Dirección de Pesca.

Existen diferencias regionales en la tasa de despiojamiento. Las siguientes figuras muestran la frecuencia de diferentes métodos de desinfección para P A 3 y P A 4 frente a P A 7, P A 8 yPA9 (Figura 27). Las cifras no son directamente comparables, ya que habrá diferencias en el número de sitios y cantidades producidas. La producción, en particular, habrá cambiado con el tiempo. Dado que Nordland tiene PA verdes, mientras que Vestland ha tenido amarillo y rojo, la producción se habrá desarrollado a ritmos muy diferentes, pero las regiones son probablemente relativamente similares en términos de producción. En 2020, se produjeron 357.393 toneladas de peso redondo en P A 3 y P A 4 en comparación con 397.639 toneladas en P A 7, P A 8 yPA9. Aunque ambas áreas han tenido un aumento en la frecuencia de despiojamiento, el aumento ha sido mayor en el oeste de Noruega. El aumento en el uso de métodos ⁴⁷ de desinfección "mecánicos" en P A 3 y P A 4 ha aumentado de 55 en 2012 a 1.233 en 2020, mientras que en P A 7, P A 8 y PA 9 la frecuencia ha aumentado de 0 a 521. El aumento ha sido más del doble en el condado de Vestland que más al norte.

⁴⁷ También hay diferencias regionales en la presión de los piojos sobre el salmón salvaje.

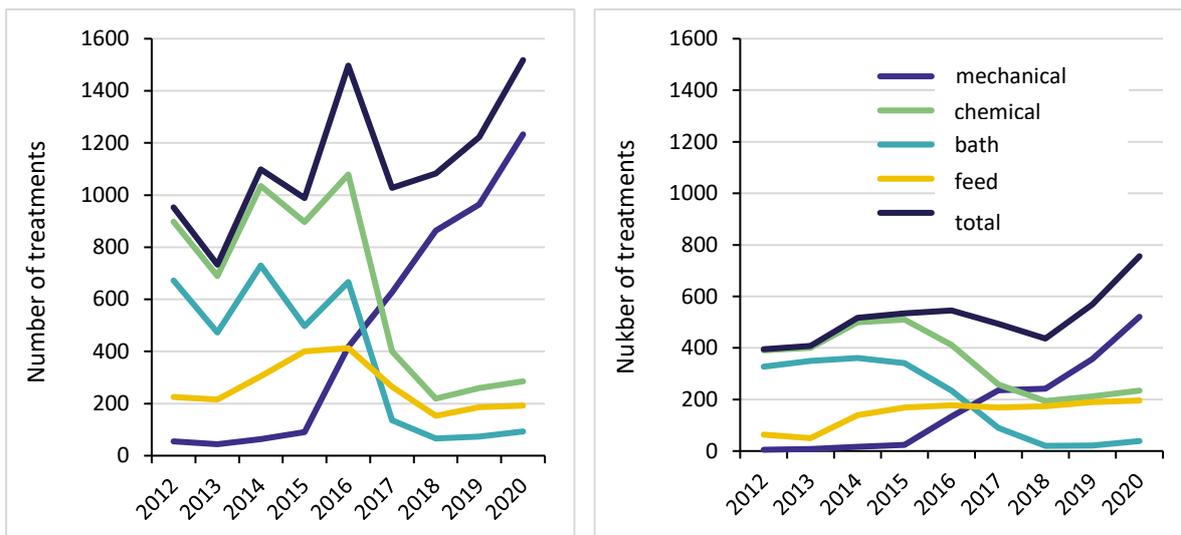


Figura 27. Frecuencia de los métodos de obtención en P A 3 y P A 4 (cubre el condado de Vestland) y P A 7, P A 8 y PA9 (cubre la mayor parte del condado de Nordland). Fuente: Barentswatch.

4. **Aumento del peso de los peces muertos.** ⁴⁸ Las figuras a continuación muestran la mortalidad para todo el país (Figura 28), la mortalidad en otros años en el mar por región (Figura 29) y el peso promedio de los peces muertos a lo largo del tiempo por generación y por región (Figura 30). Aunque la mortalidad medida como porcentaje del número de peces en el mar ha disminuido desde 2010 (Figura 28, línea amarilla), la mortalidad de peces grandes ha aumentado (Figura 28, línea naranja), mientras que la mortalidad de los peces más pequeños ha disminuido (Figura 28, línea azul). El aumento de la mortalidad de los peces grandes es más caro que el de los peces pequeños, ya que se han invertido costos más variables. Además, los costos fijos se distribuyen en menos kilogramos.

⁴⁸ Para obtener más información sobre el desarrollo y las causas de mortalidad en el Smolt y ongrowth fase, véase Bang Jensen et al. (2020), Bui et al. (2022), Bui et al., (2020b), Gåsnes et al. (2021), Oliveira et al. (2021), Overton et al. (2019a; 2019b), Persson et al. (2022) y Sviland Walde et al., (2021, 2022).

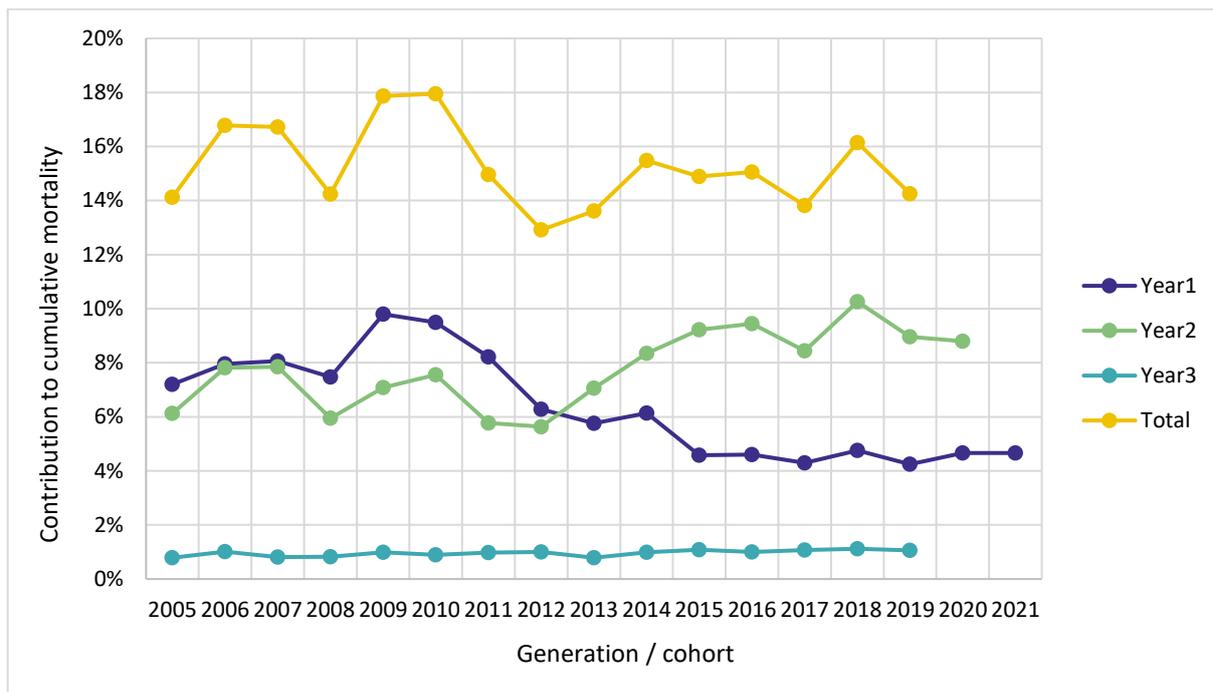


Figura 28. Mortalidad por generación y número de años en el mar. La mortalidad se calcula como el número de peces muertos registrados dividido por la liberación total por generación. Primer año calendario en el mar = línea azul oscuro, segundo año calendario en el mar = línea verde, tercer año calendario en el mar = línea turquesa y mortalidad total = línea amarilla. Fuente: cálculos propios basados en las estadísticas de biomasa de la Dirección de Pesca.

La mortalidad de peces en el segundo año en el mar ha sido históricamente más alta en el condado de Vestland y más baja en Nordland. Desde 13G (peces liberados en 2013), la mortalidad de peces grandes se ha más que duplicado en el oeste de Noruega. En particular, ha habido un fuerte aumento entre 12G y 16G. El aumento también ha sido grande en el centro de Noruega, pero no tan alto como en el oeste de Noruega.

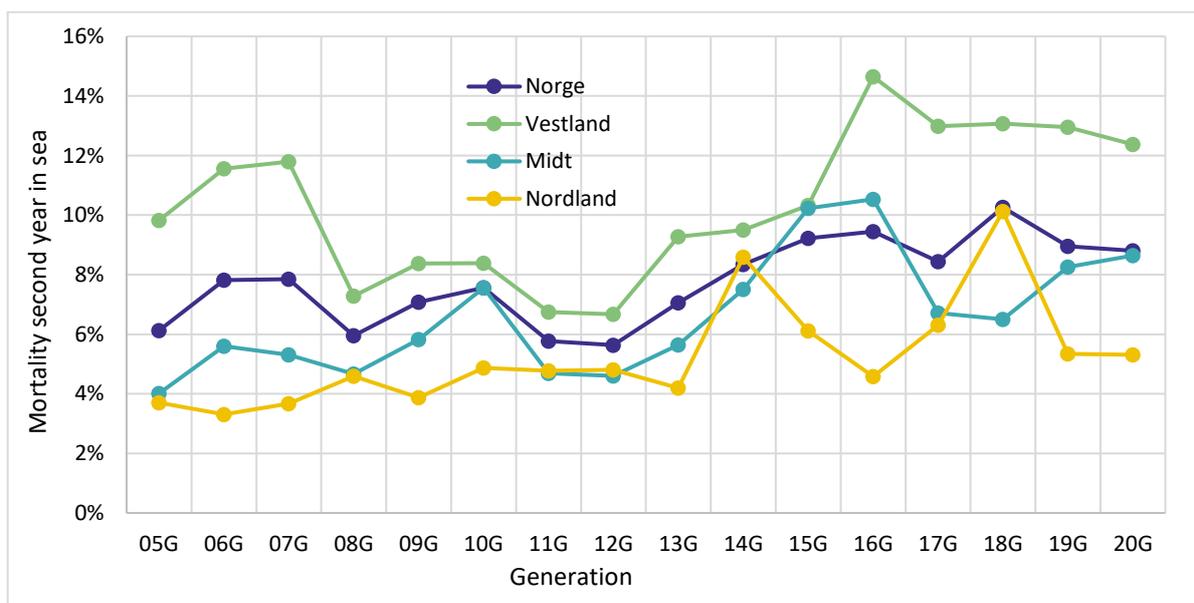


Figura 29. Mortalidad de peces en el segundo año en el mar, para el país en su conjunto y en tres áreas geográficas (Vestland, Noruega central y Nordland). La mortalidad se calcula como el número de peces muertos registrados dividido por la liberación total por generación. Fuente: cálculos propios basados en las estadísticas de biomasa de la Dirección de Pesca.

El peso promedio de los peces muertos ha aumentado desde la cohorte 12G (peces liberados en 2012). En el oeste de Noruega, ha aumentado de 1,5 kg a poco menos de 2,5 kg, un aumento de casi 1 kg. El peso promedio de los peces muertos también ha aumentado en las otras áreas. En Nordland, el peso de los peces muertos ha aumentado de 1 a casi 2 kilogramos. A nivel nacional, el peso promedio de los peces muertos ha aumentado en casi 1 kilogramo. El aumento del peso de los peces muertos combinado con el aumento de la mortalidad de los peces grandes es un factor importante del aumento de los costos biológicos. Además, los precios más altos de los insumos de factores aumentan el precio de esta fuente de ineficiencia. Financieramente, esto será costoso ya que se ha invertido una cantidad considerable en la producción de un pez que pesa entre 2 y 2,5 kg. El desarrollo ha motivado mayores inversiones en barcos aturdidores que pueden capturar peces que están debilitados en relación con los tratamientos, y que podrían morir y provocar pérdidas de producción. Potencialmente, un mayor uso de botes aturdidores podría resultar en una reducción del peso de los peces muertos en el futuro. Otros factores que potencialmente pueden contribuir positivamente al bienestar de los peces son un mayor enfoque en la calidad del smolt. Algunos investigadores y profesionales señalan una conexión entre el smolt producido en las instalaciones de RAS y el aumento de la mortalidad de peces grandes, pero este es un tema que necesita ser investigado más antes de que sea posible concluir, ya que las causas del aumento de la mortalidad de peces grandes son complejas. Sin embargo, algunos estudios ya muestran que la calidad del smolt es un factor explicativo importante para las pérdidas en la producción de peces de crecimiento (Pincinato et al, 2021).^{49,50}

⁴⁹ Véase, por ejemplo, Barrett et al. (2022).

⁵⁰ Véase, por ejemplo, Frisk et al. (2020) y <https://ilaks.no/skjelde-fisken-er-jo-halvdau/>, <https://ilaks.no/skjelde-vi-har-enda-mer-a-ga-pa/>, <https://ilaks.no/beitnes-johansen-alt-tyder-pa-at-ras-fisk-er-mindre-robust/>.

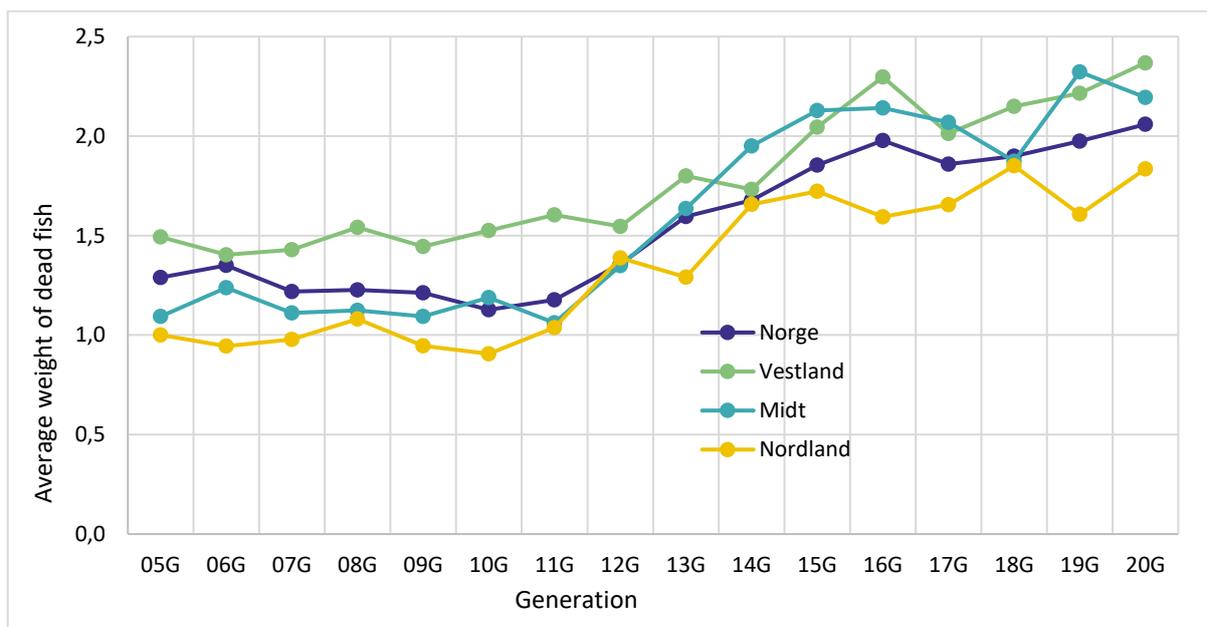


Figura 30. Diferencias regionales en el peso de los peces muertos en otros años en el mar. Cálculos propios basados en las estadísticas de biomasa de la Dirección de Pesca.

5. **Disminución del peso de la cosecha.** Hubo una disminución en el peso de la cosecha entre 2011 y 2016 de 600 gramos (Figura 31). Desde entonces, el peso promedio de la cosecha ha aumentado ligeramente (~ 200 g). La mayor caída en el peso de la cosecha coincide con el período desafiante de mayor uso de métodos "mecánicos" de despiojamiento. Una posible explicación es que los peces se cosechan en lugar de estar expuestos a otra ronda de delousing. Además, las empresas que operan con niveles de producción cercanos a los límites de M A B también pueden ser un factor explicativo (a menudo acuñado como "sacrificio de MA B").⁵¹ Una disminución en el peso de la cosecha tiene consecuencias negativas significativas para el desempeño financiero de los acuicultores. Primero, los costos fijos se distribuyen en menos kilogramos. Además, se cosechan y venden cantidades más pequeñas de pescado, lo que de forma aislada resulta en menores ingresos por ventas y, además, el precio de los peces más pequeños será más bajo que el de los peces más grandes. El salmón de 1 a 2 kg se vende con un descuento de aprox. NOK 15 por kg en promedio en comparación con el salmón de 4 a 5 kg.

⁵¹ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/august/bloggebater-berger-fisk-etter-avlusing>. Véase también Barrett et al. (2022).

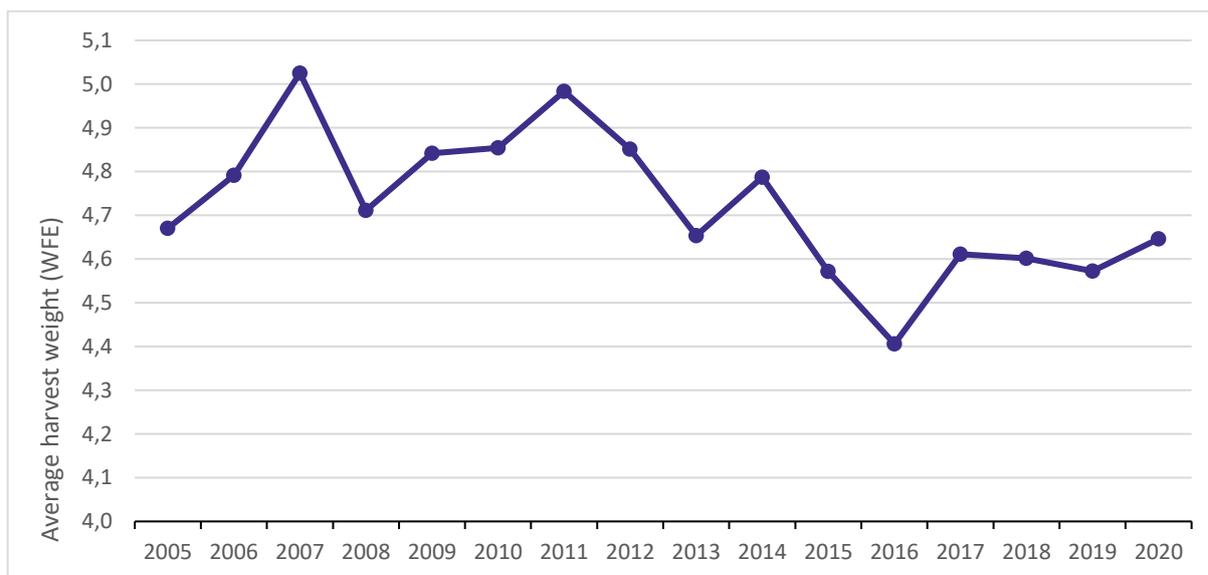


Figura 31. Peso de la cosecha en otros años en el mar (WFE). Por generación. Fuente: cálculos propios basados en las estadísticas de biomasa de la Dirección de Pesca. Eje y truncado.

Desde 2010, ha habido un cambio significativo en el tiempo de cosecha (Figura 32). En 2010, aproximadamente la mitad de los peces se capturaron en el segundo año en el mar y el resto en el tercero. Esto puede tener varias causas, como la liberación de smolts más grandes que viven por un tiempo más corto en el mar (ciclo de producción más corto en el mar), cosecha forzada (y menor peso de cosecha) y potencialmente también un aumento en la liberación de primavera en lugar de la liberación de otoño. Iversen et al. (2019) documentan que la proporción de liberaciones de primavera frente a otoño ha pasado de 65:35 en 2005 a 53:47 en 2014, por lo que probablemente no sea una explicación. Un mayor smolt / tiempo de producción más corto y mayores desafíos biológicos siguen siendo posibles factores explicativos.⁵²

⁵² No significa que el pez tenga 3 años cuando Cosechado. Los peces liberados en el otoño tendrán poco más de un año cuando comience su tercer año calendario en el mar.

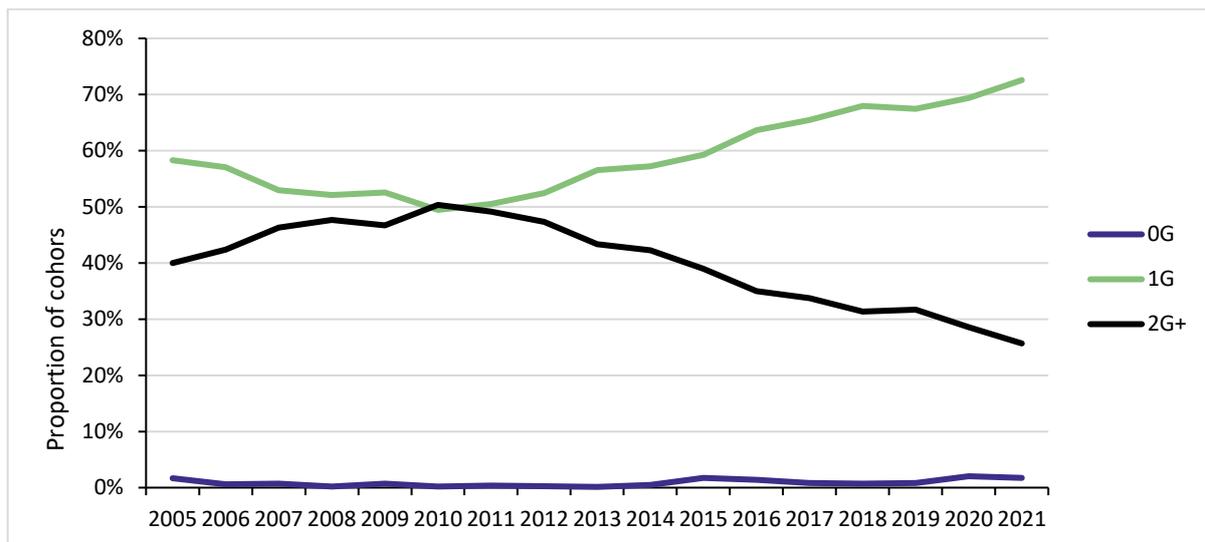


Figura 32. Edad en la cosecha. 0G = mismo año de liberación al mar, 1G = segundo año en el mar, y 2G+ es tercer año en el mar o más.

El tamaño del smolt liberado al mar ha aumentado (Iversen et al. 2017; 2019), pero la información sobre el tamaño promedio del smolt no está disponible públicamente. Sin embargo, es posible decir algo sobre la proporción de post-smolt observando la proporción de liberación de smolt que consiste en peces por encima y por debajo de 250 g. La proporción de smolt grandes ha aumentado desde 2010, y el mayor aumento se ha producido después de 2014 (Figura 33).

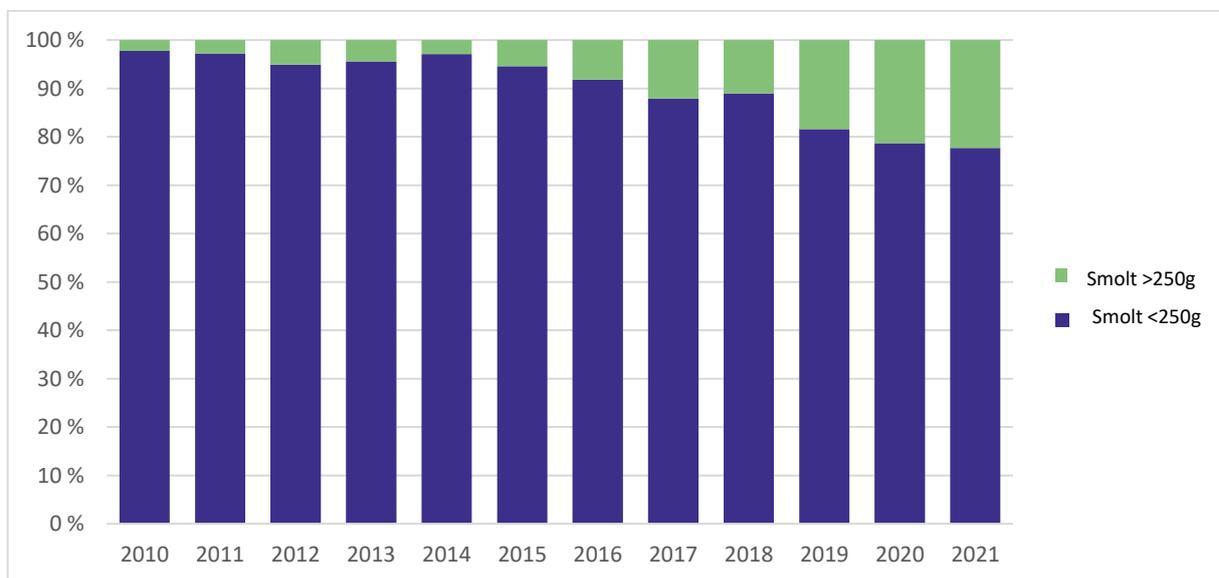


Figura 33. Tamaño del smolt. Proporción de smolt liberado por encima y por debajo de 250 gramos. Fuente: Cálculos propios basados en las estadísticas de la Dirección de Pesca.

6. **Aumento de la tasa de conversión alimenticia económica.** Las cifras anteriores complementadas con otros documentos informativos aumentaron la mortalidad de peces grandes, aumentaron el peso de los peces muertos, la disminución más frecuente, el aumento del uso de métodos de desinfección «mecánicos», los brotes de PD / ISA a largo plazo. Las enfermedades, las infestaciones parasitarias, los tratamientos causan estrés y

reducen el crecimiento. La enfermedad no necesariamente causa mortalidad aguda, pero puede ser un trastorno crónico a largo plazo con un efecto negativo en el crecimiento y el bienestar de los peces. La EP es un tipo de enfermedad que no necesariamente mata a los peces (es decir, la mortalidad aguda), pero hace que los peces se vuelvan más delgados y menos capaces de utilizar el alimento. Además, los peces deben morir de hambre en relación con los tratamientos. Todos estos son factores que aumentan la tasa de conversión alimenticia económica. La tasa de conversión alimenticia ha aumentado desde 2005 y ahora está por encima de 1,3 en comparación con 1,2 en 2005, y ha bajado a 1,15 en la década de 1990 (Figura 34).

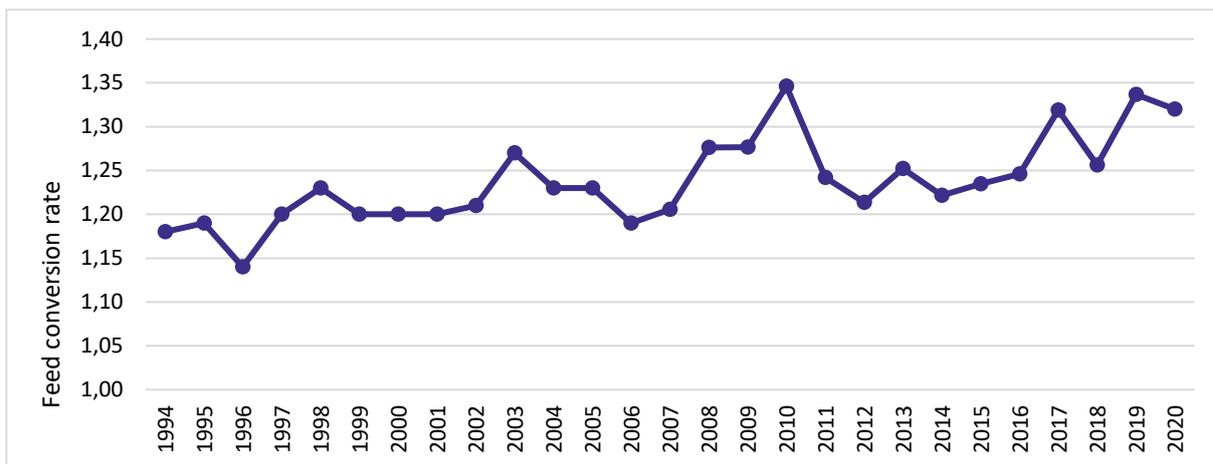


Figura 34. Tasa media de conversión alimenticia económica (eFCR). Fuente: Estudios de rentabilidad de la Dirección de Pesca.

Existen grandes diferencias geográficas en la tasa de conversión alimenticia (Figura 35). Para los peces liberados en 2020, el condado de Vestland (eFCR = ~ 1.35) fue significativamente más alto que Nordland (eFCR = ~ 1.15). Desde 11G, la diferencia entre las regiones ha aumentado.

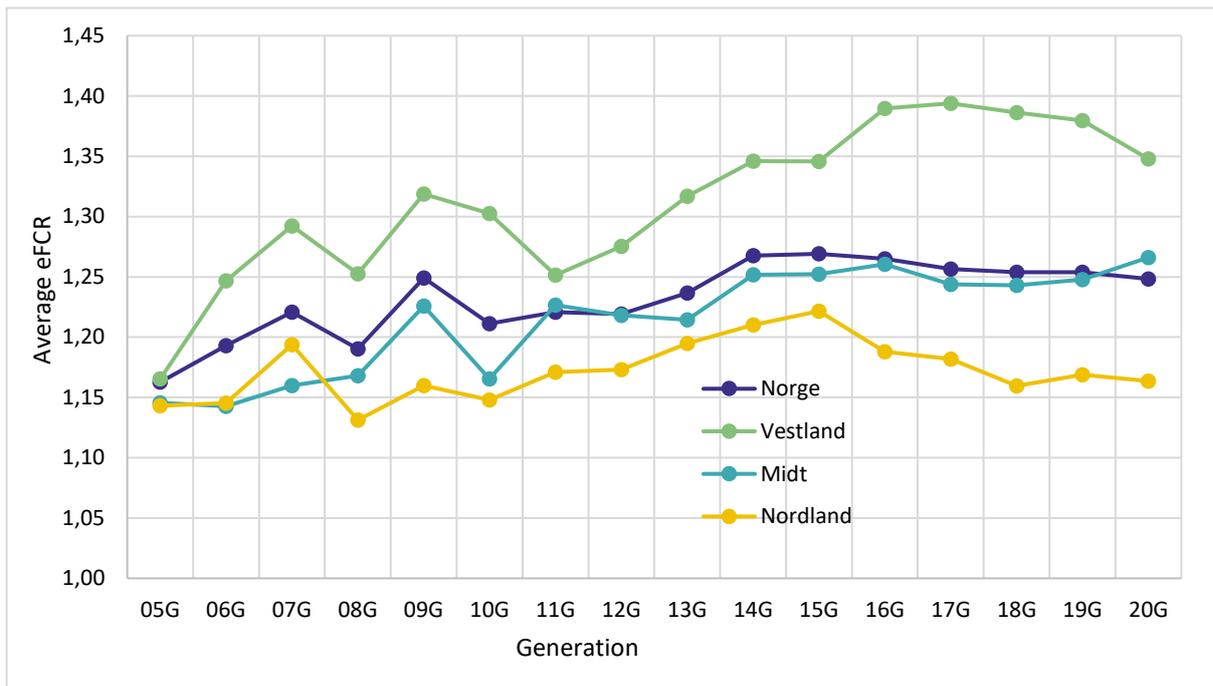


Figura 35. Tasa de conversión alimenticia económica por generación para una muestra de condados. Basado en las estadísticas de biomasa de la Dirección de Pesca.

5. Conclusión

Los costos de producción en la acuicultura han aumentado 3-4 veces más rápido que la inflación en el período 2005-2020, y el aumento en los costos no puede explicarse solo por los precios más altos de los insumos de los factores. La explosión de costos no ha disminuido en los últimos dos años. Por el contrario, la tendencia continúa y el costo de producción, incluido el capital, se acerca a NOK 60 por kilogramo de peso eviscerado. El aumento de los costes de producción hace que sea más difícil mantener la rentabilidad histórica que la observada en 2016. Varios estudios han investigado las causas de la evolución de los costos y han identificado piojos, smolt y una mayor intensidad de capital como factores explicativos importantes. Los "costos biológicos" son un tipo de costos que han recibido mucha publicidad, pero que no se han cuantificado en gran medida. Este informe calcula los costos del riesgo biológico en función de la discrepancia en los costos entre la producción reportada y una situación operativa ideal/utópica. Si bien la tasa de conversión alimenticia ideal es representativa de una operación óptima / ideal de instalaciones sin enfermedades y piojos, la tasa de conversión alimenticia económica aumentará con el riesgo biológico. La discrepancia entre la tasa de conversión alimenticia realizada y la ideal nos proporciona información sobre el nivel de costos biológicos indirectos (por ejemplo, de mortalidad, crecimiento reducido, inanición, etc.). Los costos biológicos directos se calculan sobre la base de la información sobre los costos de salud, y la suma de los costos indirectos y directos da los costos biológicos totales.

Los resultados muestran que los costos de biología son uno de los mayores elementos de costo en el cultivo de salmón, y que el nivel ha aumentado significativamente desde 2005, y especialmente desde 2012. En 2020, el "costo biológico" se estimó en NOK 10-14 / kg, en comparación con un costo de alimentación de aproximadamente NOK 13-14 / kg. De un aumento de NOK 27.49 / kg de peso eviscerado (en 2020-NOK fijo), los costos de biología representaron NOK 9.50-10.76 / kg, un 35-40 por ciento del aumento, en comparación con 40-45 por ciento para piensos, otros costos operativos y capital. Además del aumento de costos, la variación en los costos de producción también ha aumentado, especialmente después de 2012. El método detrás de los cálculos es simple, y habrá errores de medición que dan estimaciones inciertas. Se deben realizar más investigaciones para encontrar una metodología que pueda aumentar la precisión de las estimaciones.

Las razones del aumento de los costos biológicos son complejas, pero están relacionadas principalmente con regulaciones ambientales más estrictas y la respuesta de los acuicultores a las restricciones, el aumento del peso de los peces muertos, además de los brotes de enfermedades. En 2013, se introdujeron límites muy estrictos para los piojos, lo que llevó a un desuso más frecuente, un mayor consumo de drogas y una mayor liberación de peces más limpios. Alrededor de 2015, la efectividad de los agentes despiojantes medicinales disminuyó, lo que resultó en una transición abrupta a métodos mecánicos no medicinales nuevos y no probados (incluidos los térmicos), lo que a su vez resultó en una reducción del bienestar y la salud de los peces, y una mayor mortalidad de peces grandes. En los últimos 10 años, el peso promedio de los peces muertos se ha duplicado de alrededor de 1 a 2 kilogramos. El peso medio de la captura ha disminuido y la proporción de peces capturados en el primer año en el mar ha aumentado. La última década también se caracteriza por brotes frecuentes y prolongados de EP e ISA. La suma de estos factores ha aumentado el riesgo biológico y ha resultado en un aumento de los costos biológicos y una mayor tasa de conversión económica de alimentos.

Las regulaciones ambientales más estrictas en Noruega y otros países productores han resultado en un crecimiento limitado de la producción y, por lo tanto, en precios más altos del salmón y la trucha arco iris. Por lo tanto, el margen operativo se ha mantenido en un nivel alto a pesar del aumento de costos (aunque con grandes variaciones de un año a otro). Una pregunta importante es si esto durará. El aumento de los costos aumenta el riesgo en la industria, y el aumento de los costos biológicos indica un mayor riesgo biológico. La industria está subiendo cada vez más en la escala de costos, lo que aumenta la susceptibilidad a desarrollos disruptivos, por ejemplo, nuevas tecnologías que no tienen los mismos desafíos biológicos que las jaulas abiertas. Los altos precios del salmón aumentan la rentabilidad de tecnologías alternativas como offshore y en instalaciones semicerradas que combinadas con mayores costos en jaulas abiertas reducen la competitividad relativa de la tecnología convencional para aquellas empresas que tienen altos costos biológicos.

El análisis también tiene otra contribución importante. Muestra una mayor internalización de las externalidades negativas. Las externalidades negativas es un término que los economistas usan para describir los costos para la sociedad que surgen como resultado de las actividades de una empresa, pero que no son asumidos por la propia empresa, creando una brecha entre los costos corporativos y los de la sociedad. La contaminación es un ejemplo de ello. El ejemplo típico de un libro de texto es una fábrica que contamina y crea mayores costos para otras personas o empresas. La solución clásica de los libros de texto es entonces imponer un impuesto ambiental (impuesto Pigouvian) a las empresas que se establece igual al costo marginal del daño ambiental. Como resultado del impuesto, los costes de las empresas aumentarán con el nivel del coste de los daños medioambientales de acuerdo con el principio de *que quien contamina paga*. En términos técnicos, esto se llama *internalización* de externalidades negativas. Sin embargo, las externalidades más importantes en la acuicultura, como los piojos y las enfermedades, están mal cubiertas por una definición clásica de libro de texto. Si bien los efectos del piojo de mar y las enfermedades de la cría de salmón en los salmónidos silvestres están en línea con la definición clásica de externalidades, no describen completamente los costos para la sociedad de los piojos del salmón y las enfermedades de los peces en la acuicultura. El término ⁵³*externalidades espaciales* es entonces más apropiado, describiendo una situación en la que las empresas se contaminan entre sí y pueden dar lugar a la tragedia de los bienes comunes. En la acuicultura, los piojos del salmón y las enfermedades se propagarán de la planta a la instalación. Esto aumentará los costos para los piscicultores en áreas con muchos piojos y enfermedades, y proporcionará una internalización parcial de las externalidades. Investigaciones recientes muestran que las regulaciones actuales amplifican este efecto. Los resultados de los análisis de este informe muestran que los costes de la sociedad derivados de las externalidades espaciales son significativos y son soportados en gran medida por los propios agricultores. Las regulaciones ambientales y de salud de los peces más estrictas, como los límites de piojos y el sistema de semáforos, han contribuido a una internalización de los costos de los piojos y las enfermedades de la sociedad. Las áreas con altos niveles de piojos (Vestland) también tienen los costos biológicos más altos, mientras que las áreas con bajos niveles de piojos (Nordland) tienen los costos biológicos más bajos. Estos hallazgos tendrán consecuencias para la

⁵³ Véase Asche, F., Eggert, H., OglendUn. Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Acuicultura: externalidades y opciones de política. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305 y Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Políticas de entrada, ubicación y medio ambiente óptimas. *Economía de Recursos y Energía*, 70, 101326.

elección de las regulaciones y los impuestos de la industria acuícola. Por ejemplo, ¿qué tan efectivo será un impuesto ambiental sobre los piojos del salmón en el salmón de piscifactoría cuando los costos de los piojos de los piscicultores ya son altos y aumentan con el aumento de la infección por piojos de mar en un área geográfica? Además, los resultados proporcionarán información útil para el diseño óptimo de otros impuestos, por ejemplo, un impuesto sobre la renta de los recursos. Cómo funcionará un impuesto sobre los intereses de los recursos en una industria donde la extraordinaria rentabilidad es creada por las regulaciones ambientales, y las principales externalidades están parcialmente internalizadas y de alcance considerable, no se ha estudiado en un entorno académico. Tampoco se han evaluado las consecuencias ambientales de un impuesto sobre la renta de los recursos en la acuicultura.^{54,,555657}

⁵⁴ Ver Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Políticas de entrada, ubicación y medio ambiente óptimas. *Economía de Recursos y Energía*, 70, 101326.

⁵⁵ Ver Oglend y Soino (2020).

⁵⁶ Oglend y Soino (2020) son una excepción.

⁵⁷ NOU 2019:18 «Fiscalidad de la acuicultura» no examinó las consecuencias medioambientales de un impuesto sobre la renta de los recursos a pesar de que formaba parte de la IR mandato pero suponiendo que la normativa medioambiental vigente es suficiente (véase la página 26–27, sección 2.3). Sin embargo, investigaciones recientes indican que las regulaciones ambientales refuerzan los desafíos ambientales en la acuicultura.

1. Referencias

- Abolofia, J., Asche, F., & Wilen, J. E. (2017). The cost of lice: quantifying the impacts of parasitic sea lice on farmed salmon. *Marine Resource Economics*, 32(3), 329–349.
- Afewerki, S., Asche, F., Misund, B., Thorvaldsen, T., & Tveteras, R. (2022). Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*.
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of aquaculture policy and regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 101–123.
- Aponte, F. R. (2020). Firm dispersion and total factor productivity: Are Norwegian salmon producers less efficient over time?. *Aquaculture Economics & Management*, 24(2), 161–180.
- Arnason, R., & Bjørndal, T. (2020). *Rents and rent taxation in Norwegian aquaculture*.
- Asche, F. & B. Misund (2016). Hedging efficiency of Atlantic salmon futures. *Aquaculture Economics & Management* 20(4), 368–381.
- Asche, F. & Bjørndal, T. (2011). *The economics of salmon aquaculture*. John Wiley & Sons.
- Asche, F., & Roll, K. H. (2013). Determinants of inefficiency in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 300–321.
- Asche, F., Bjørndal, T., & Sissener, E. H. (2003). Relative productivity development in salmon aquaculture. *Marine Resource Economics*, 18(2), 205–210.
- Asche, F., Eggert, H., Oglend, A., Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Aquaculture: Externalities and Policy Options. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305.
- Asche, F., Guttormsen, A. G., & Nielsen, R. (2013). Future challenges for the maturing Norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. *Aquaculture*, 396, 43–50.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016a). Determinants of the futures risk premium in Atlantic salmon markets. *Journal of Commodity Markets*, 2(1), 6–17.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016b). The spot-forward relationship in Atlantic salmon markets. *Aquaculture Economics & Management* 20(2), 222–234.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2016c). Fish Pool Prices – What do they tell us about future salmon prices? *Norwegian Fish Farming* No.8 2016, p.74–77.
- Asche, F., Misund, B. & A. Oglend (2018). Varsko here! Cyclical prices. *Norwegian Fish Farming* 5/2018, 8-9.
- Asche, F., Misund, B., & Oglend, A. (2019). The case and cause of salmon price volatility. *Marine Resource Economics*, 34(1), 23–38.
- Asche, F., Pincinato, R. B. M., & Tveteras, R. (2021). Productivity in Global Aquaculture. In *Handbook of Production Economics* (pp. 1–37). Singapore: Springer Singapore.
- Asche, F., Roll, K. H., & Tveteras, R. (2009). Economic inefficiency and environmental impact: An application to aquaculture production. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 93–105.

- Asche, F., Roll, K. H., & Tveterås, S. (2008). Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. In *Aquaculture in the Ecosystem* (pp. 271–292). Springer, Dordrecht.
- Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon aquaculture: Larger companies and increased production. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 322–339.
- Asche, F., Sikveland, M., & Zhang, D. (2018). Profitability in Norwegian salmon farming: The impact of firm size and price variability. *Aquaculture economics & management*, 22(3), 306–317.
- Bang Jensen, B., Qviller, L., & Toft, N. (2020). Spatio-temporal variations in mortality during the seawater production phase of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 43(4), 445–457.
- Barrett, L. T., Oppedal, F., Robinson, N., & Dempster, T. (2020a). Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2527–2543.
- Barrett, L. T., Overton, K., Stien, L. H., Oppedal, F., & Dempster, T. (2020b). Effect of cleaner fish on sea lice in Norwegian salmon aquaculture: a national scale data analysis. *International Journal of Parasitology*, 50(10–11), 787–796.
- Barrett, L., Oldham, T., Kristiansen, T. S., Oppedal, F., & Stien, L. H. (2022). Declining size-at-harvest in Norwegian salmon aquaculture: Lice, disease, and the role of stunboats. *Aquaculture*, 738440.
- Berge, D. M. (2002). *The dance around goldfish: business policy and government regulation in Norwegian fish farming 1970–1997*. University of Bergen.
- Blomgren, A., Fjellidal, Ø. M., Quale, C., Misund, B., Tveterås, R., & Kårtveit, B. H. (2019a). *Mapping of investments in fisheries and catch, aquaculture and fishing industry, 1970–2019*. NORCE Report 12-2019. <http://hdl.handle.net/11250/2621211>
- Blomgren, A.; Fjellidal, E.M.; Misund, B.; Quale, C. & Tveterås, R. (2019b). Major investments in the aquaculture industry. *Norwegian Fish Farming 2019; Volume 8*. pp. 148–153.
- Bui, S., Geitung, L., Oppedal, F., & Barrett, L. T. (2020a). Salmon lice survive the straight shooter: A commercial scale sea cage trial of laser delousing. *Preventive veterinary medicine*, 181, 105063.
- Bui, S., Madaro, A., Nilsson, J., Fjellidal, P.G., Iversen, M.H., Brinchman, M.F., Venås, B., Schrøder, M.B. & Stien, L.H. (2022). Warm water treatment increased mortality risk in salmon. *Veterinary and animal science*, 17, p.100265.
- Bui, S., Stien, L. H., Nilsson, J., Trengereid, H., & Oppedal, F. (2020b). Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. *Aquaculture*, 520, 734934.
- Coates, A., Johnsen, I. A., Dempster, T., & Phillips, B. L. (2021a). Parasite management in aquaculture exerts selection on salmon louse behaviour. *Evolutionary Applications*, 14(8), 2025–2038.
- Coates, A., Phillips, B. L., Bui, S., Oppedal, F., Robinson, N. A., & Dempster, T. (2021b). Evolution of salmon lice in response to management strategies: A review. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1397–1422.

- Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L.H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., Coates, A., Phillips, B.L. & Barrett, L.T., 2021. Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, pp.237–248.
- Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Entry, location, and optimal environmental policies. *Resource and Energy Economics*, 70, 101326.
- Directorate of Fisheries (1984). *Profitability surveys of fish farms*.
- Directorate of Fisheries (2009). *Profitability survey for fish production Salmon and rainbow trout*.
- Folkedal, O., Macaulay, G., Fosseidengen, J.E., Mikkelsen, G., Myrland, J., Sjøvegjarto, B., Klepaker, T.O., Fernö, A., Dempster, T., Oppedal, F. & Stien, L.H. (2022). Deployment of hydroacoustic feeding control in salmon sea-cages; biological and technical considerations. *Aquaculture*, p.738700.
- Frisk, M., Høyland, M., Zhang, L., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Johansen, I. B. (2020). Intensive smolt production is associated with deviating cardiac morphology in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 529, 735615.
- Gåsnes, S. K., Oliveira, V. H., Gismervik, K., Ahimbisibwe, A., Tørud, B., & Jensen, B. B. (2021). Mortality patterns during the freshwater production phase of salmonids in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(12), 2083–2096.
- Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F., & Dempster, T. (2020). Sea lice prevention strategies affect cleaner fish delousing efficacy in commercial Atlantic salmon sea cages. *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 67–80.
- Greaker, M. & L. Lindholt (2022). *The resource rent in Norwegian aquaculture from 1984 to 2020—is the rent ripe for taxation?* SSRN Working Paper.
- Greaker, M., Vormedal, I., & Rosendal, K. (2020). Environmental policy and innovation in Norwegian fish farming: Resolving the sea lice problem?. *Marine Policy*, 117,
- Hersoug, B. (2021). Why and how to regulate Norwegian salmon production?—The history of Maximum Allowable Biomass (MAB). *Aquaculture*, 545, 737144.
- Hersoug, B. (2022). "One country, ten systems"—The use of different licensing systems in Norwegian aquaculture. *Marine Policy*, 137, 104902.
- Hersoug, B., Andreassen, O., Johnsen, J. P., & Robertsen, R. (2014). *What limits access to sea area for the aquaculture industry?*
- Iversen, A., Asche, F., Hermansen, Ø., & Nystøyl, R. (2020). Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*, 522, 735089.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). *Cost drivers in salmon farming*.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2016). *Costs for salmon farming in competitor countries. Driving forces and significance for the competitive situation*.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). *Cost development in salmon farming – with focus on feed and lice costs*. Nofima report series.

- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Hess, E. J., Rolland, K. H., Garshol, L. D., & Marthinussen, A. (2019a). *Cost development and understanding of driving forces in Norwegian salmon farming*. Final report. Nofima report series.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Marthinussen, A., & Garshol, L. D. (2018). *Cost drivers in aquaculture 2018, focus on smolt and capital tie-up*. Nofima report series.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Rolland, K. H., & Garshol, L. D. (2019b). *Competitiveness of Norwegian farmed salmon: Costs and cost drivers in Norway and competitor countries*. Nofima report series.
- Larsen, M. L., & Vormedal, I. (2021). The environmental effectiveness of sea lice regulation: compliance and consequences for farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 532, 736000. 103942.
- Misund, B. & Tveterås, R. (2020a). *Economic rents in Norwegian aquaculture*. NORCE Report. <https://hdl.handle.net/11250/2837743>
- Misund, B. (1995). Light manipulation, starvation and feeding – Effect on fish longitudinal growth and slaughter quality, *Norwegian Fish Farming*. <https://www.kyst.no/lysmanipulering-sulting-og-nedfring-effekt-pa-fiskens-lengdevekst-og-slaktekvalitet/239201>
- Misund, B. (1996). *Starving and interval feeding of salmon*. Master's thesis University of Tromsø.
- Misund, B. (2016). The value relevance of reporting biological assets at fair value. A study of Norwegian salmon farming companies. *Practical Economics & Finance*, 2016/4, 437–451.
- Misund, B. (2017). Aquaculture. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/akvakultur>
- Misund, B. (2017). Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry. *Aquaculture Economics & Management*, 21(2), 241–260.
- Misund, B. (2018). Common and fundamental risk factors in shareholder returns of Norwegian salmon producing companies. *Journal of Commodity Markets*, 12, 19–30.
- Misund, B. (2018a). Valuation of salmon farming companies. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 94–111.
- Misund, B. (2018b). Volatility in the salmon market. *Economist* 2:41–54.
- Misund, B. (2019a). Fish farming, *Store norske leksikon*. <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Misund, B. (2019b). Feed conversion rate. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/f%C3%B4rfaktor>
- Misund, B. (2021). Cages. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/merd>
- Misund, B. (2022a). Aquaculture. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/havbruk>
- Misund, B. (2022b). Cleaner fish. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/reusefisk>
- Misund, B., & Asche, F. (2016). Hedging efficiency of Atlantic salmon futures. *Aquaculture Economics & Management*, 20(4), 368–381.
- Misund, B., & Nygård, R. (2018). Big fish: Valuation of the world's largest salmon farming companies. *Marine Resource Economics*, 33(3), 245–261.
- Misund, B., & Tveterås, R. (2019). A blue change of pace. Total need for investments towards 2030 and 2050. Technical Report. URL: <https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/04/BI%C3%A5tt-Taktskifte-Investeringsbehov.pdf>

- Misund, B., & Tveteras, R. (2020b). Sustainable Growth, Resource Rent and Taxes in Aquaculture. *Resource Rent and Taxes in Aquaculture* (October 1, 2020).
- Misund, B., Martens, S., Nyrud, T. & B. Dreyer (2018). *Contract market in the first-hand sale of fish*. Final report. Nofima Report 9/2018.
- Misund, B., Oglend, A. & R.B.M. Pincinato (2017). The rise of fish oil: From feed to human nutritional supplement. *Aquaculture Economics & Management* 21(2), 185–210.
- Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. (2019c). *Resource rent tax in aquaculture – A knowledge base*, Final report.
- Misund, B., Tveterås, R., Blomgren, A., Fjellidal, Ø.M., & Quale, C. (2019a). Significant investments in development permits. *Norwegian Fish Farming 2019*; Volume 8. pp. 144–147.
- NOU 1977:39 (1977). *Fish farming* (Lysø Committee).
- NOU 2019:18 (2019). *Taxation of aquaculture activities*.
- Oglend, A., & Soini, V. H. (2020). Implications of entry restrictions to address externalities in aquaculture: The case of salmon aquaculture. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 673–694.
- Oliveira, V. H., Dean, K. R., Qviller, L., Kirkeby, C., & Bang Jensen, B. (2021). Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14.
- Osmundsen, T. C., Almklov, P., & Tveterås, R. (2017). Fish farmers and regulators coping with the wickedness of aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 21(1), 163–183.
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., & Thorvaldsen, T. (2020). The making of a louse-Constructing governmental technology for sustainable aquaculture. *Environmental Science & Policy*, 104, 121–128.
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., Gauteplass, A., & Asche, F. (2022). Aquaculture policy: Designing licenses for environmental regulation. *Marine Policy*, 138, 104978.
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019a). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398–1417.
- Overton, K., Oppedal, F., Stien, L. H., Moltumyr, L., Wright, D. W., & Dempster, T. (2019b). Thermal delousing with cold water: Effects on salmon lice removal and salmon welfare. *Aquaculture*, 505, 41–46.
- Persson, D., Nødtvedt, A., Aunsmo, A., & Stormoen, M. (2022). Analysing mortality patterns in salmon farming using daily cage registrations. *Journal of Fish Diseases*, 45(2), 335–347.
- Pincinato, R. B. M., Asche, F., & Roll, K. H. (2021). Escapees in salmon aquaculture: A multi-output approach. *Land Economics*, 97(2), 425–435.
- Pincinato, R. B., Asche, F., Diaper, H., Skrudland, A., & Stormoen, M. (2021). Factors influencing production loss in salmonid farming. *Aquaculture*, 532, 736034.
- Reve, T., & Sasson, A. (2012). *A knowledge-based Norway*. Universitetsforlaget.
- Robertsen, R., Andreassen, O., Hersoug, B., Karlsen, K. M., Osmundsen, T., Solås, A. M., ... & Tveterås, R. (2016). *Outright or straight rule? Handling and application of regulations for the aquaculture industry*.

- Robertson, R., Mikkelsen, E.I., Karlsen, K.M., Solås, A.M., Hersoug, B., Tveterås, R., Misund, B., Dahl, I.V., Osmundsen, T.C. & Sjørgård, B. (2020a). *Aquaculture management towards 2030*, final report.
- Robertson, R.; Hersoug, B.; Karlsen, Kine M.; Mikkelsen, E.I.; Misund, B.; Osmundsen, T.C.; Solås, A.-M.; Sjørgård, B.; Dahl, I.V.; & Tveterås, R. (2020b). *Who's going to decide what? Aquaculture management 2030*. Nofima Report.
- Roll, K. H. (2013). Measuring performance, development and growth when restricting flexibility. *Journal of Productivity Analysis*, 39(1), 15–25.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B., & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1781–1792.
- Sandvik, A. D., Dalvin, S., Skern-Mauritzen, R., & Skogen, M. D. (2021). The effect of a warmer climate on the salmon lice infection pressure from Norwegian aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1849–1859.
- Solås, A. M., Hersoug, B., Andreassen, O., Tveterås, R., Osmundsen, T., Sjørgård, B., ... & Robertson, R. (2015). *Legal framework for the Norwegian aquaculture industry*, Mapping the current status.
- Sveier, H. & Lied, E. (1998). The effect of feeding regime on growth, feed utilisation and weight dispersion in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in seawater. *Aquaculture*, 165(3–4), 333–345.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O.T., Nilsen, F., Horsberg, T.E. & Jackson, D., 2013. Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of fish diseases*, 36(3), pp.171–194.
- Tveterås, R. & B. Misund (2019). Higher costs on land than successful offshore operations. *Norwegian Fish Farming* 1/2019, 50–53. <https://www.kyst.no/aqkva-produksjonskostnader/hoyere-kostnader-pa-land-enn-vellykket-drift-i-sjo/380855>
- Tveterås, R. (1999). Production risk and productivity growth: Some findings for Norwegian salmon aquaculture. *Journal of Productivity Analysis*, 12(2), 161–179.
- Tveterås, R., Bruland, G., Handeland, S., Misund, B., Nilsen, A. & T. Solberg (2021). *Sustainable growth with closed facilities in the sea*. Stiim Aquacluster Report.
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H., Misund, A., & Ø. M. Fjellidal. (2020a). "Value creation potential and roadmap for offshore aquaculture. ». Main report. UiS: Stavanger, Norway.
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H., Misund, A., & Ø. M. Fjellidal. (2020b). "Value creation potential and roadmap for offshore aquaculture. ». Card report. UiS: Stavanger, Norway.
- Tveterås, R., Misund, B., Roche Aponte, F., & Pincinato, R. B. (2020). *Regulation of salmon aquaculture towards 2030: Incentives, economic performance and sustainability*. Stavanger: NORCE Norwegian Research Centre Report 24-2020.

- Tveterås, R., Reve, T., Haus-Reve, S., Misund, B., & Blomgren, A. (2019). *A competitive and knowledge-based aquaculture industry*. BI Norwegian Business School, Oslo. Report.
- Vassdal, T., & Sørensen Holst, H. M. (2011). Technical progress and regress in Norwegian salmon farming: a Malmquist index approach. *Marine Resource Economics*, 26(4), 329–341.
- Vedeler, H. V. (2017). *Viral diseases in salmonid aquaculture : Quantifying economic losses associated with three viral diseases affecting Norwegian salmonid aquaculture*. NHH Master's thesis.
- Walde, C. S., Stormoen, M., Pettersen, J. M., Persson, D., Røsæg, M. V., & Jensen, B. B. (2022). How delousing affects the short-term growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 738720.
- Walde, C.S., Bang Jensen, B., Pettersen, J. M., & Stormoen, M. (2021). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(7), 899–912.
- Warren-Myers, F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien, L. H., Fosse, J. O., Dempster, T., & Oppedal, F. (2022). Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture*, 548, 737570.
- Young, N., Brattland, C., Digiovanni, C., Hersoug, B., Johnsen, J.P., Karlsen, K.M., Kvalvik, I., Olofsson, E., Simonsen, K., Solås, A.M. & Thorarensen, H. (2019). Limitations to growth: Social-ecological challenges to aquaculture development in five wealthy nations. *Marine Policy*, 104, pp.216–224.
- Zhang, D., & Tveterås, R. (2022). Influence of Price Variability and Financial Ratios on Business Failure in the Atlantic Salmon Industry. *Marine Resource Economics*, 37(2), 183–200.