

Capítulo 1

Informe de los principales hitos en el desarrollo del estudio científico-técnico

Editado por. Edison Serrano Gutiérrez,
PhD en Nutrición de Peces

1. Resumen

El cultivo de salmónidos depende de la harina y aceite de pescado como principal fuente proteica de los alimentos formulados que se utilizan para estas especies. Las proyecciones sobre la producción mundial de alimento para salmónidos indican que esta se duplicara en los próximos 5 años, lo cual demandaría un mayor consumo de estos ingredientes marinos. Sin embargo, los altos costos y una limitada disponibilidad de la harina y aceite de pescado han obligado a las empresas de alimentos a reducir este ingrediente de los alimentos formulados que se emplean en la salmonicultura. Ante esta problemática, a nivel mundial se ha comenzado a trabajar en la sustitución de harina y aceites de pescado por materias primas proteicas y lipídicas de origen vegetal, microbiano y sub productos de la industria cárnica. Estas investigaciones han sido lideradas por Noruega y Escocia, principales competidores de Chile en la producción de salmónidos, lo cual les ha otorgado ventajas competitivas y además impulsado la agricultura de dichos países.

Sin embargo, actualmente el escenario en Chile, el segundo productor mundial de salmónidos, es muy diferente, ya que los niveles de inclusión de las materias primas vegetales alternativas producidas por la agricultura nacional en las dietas de pre-engorda y engorda de salmónidos se ha visto limitado debido al desconocimiento de sus características nutricionales, potenciales riesgos para la salud de los peces y baja disponibilidad. Lo anterior ha originado que las empresas de alimentos para salmonidos solo utilicen un 20% de materias primas vegetales de origen nacional en la formulación y elaboración de sus productos. Por consiguiente si la agricultura chilena quiere incrementar su participación en este sector industrial de gran desarrollo económico para la zona sur, resulta imperativo realizar mayores esfuerzos de investigación y desarrollo sobre el uso de ingredientes vegetales alternativos en las dietas para salmónidos.

El presente proyecto contempla el desarrollo de un estudio del estado del arte Estudio del estado del arte Chile y Noruega en la sustitución de ingredientes animales por vegetales para la elaboración de dietas de salmónidos, para lo cual se considero la realización de una misión de captura tecnología a los principales centros de investigación noruegos y la elaboración de un estudio técnico-científica comparativo entre Chile y Noruega en temas de sustitución vegetal y su vinculación con el agro y otras industrias locales.

Los resultados del presente proyecto permitirán establecer las bases científicas y técnicas para la elaboración de un programa orientado a la selección de las materias primas vegetales producidas en Chile con

potencial para ser usadas en alimentos para salmónidos. La información recopilada en esta propuesta ayudara a mejorar la competitividad de las empresas agrícola, disminuir los costos por concepto de alimentación y reducir los impactos ambientales negativos de la salmonicultura nacional. Adicionalmente, se espera que el conocimiento recopilado en esta materia permitira a la diversas instituciones de gobierno poder dirigir políticas públicas futuras para fomentar el cultivo de estas nuevas especies, contribuyendo al establecimiento de una oferta permanente por parte de la agricultura campesina nacional para satisfacer el creciente mercado salmonicultor de manera sustentable.

2. METODOLOGÍAS DE TRABAJO

2.1 GENERALIDADES

La propuesta considero la realización de un estudio técnico en la temática de los ingredientes utilizados en la formulación y elaboración de salmónidos en Chile y Noruega, el cual se llevo a cabo mediante la recopilación bibliográfica y el trabajo en terreno con actores claves en Noruega.

Adicionalmente, la propuesta evaluó iniciativas tecnológicas para el reemplazo de la harina y aceite de pescado realizadas en Noruega con el fin de implementar el diseño de programas de desarrollo similares para Chile.

2.2 CARACTERISTICAS

Visita tecnológica a actores claves en Noruega

La mision de captura tecnológica a Noruega se llevo a cabo durante los días 27 de abril y 4 de Mayo del presente año, en la cual asisto el investigador y experto en nutrición y alimentación de salmones el Dr. Edison Serrano. El Itinerario consistió en la visita a diversos centros de investigación, universidades y empresas productoras en donde se sostuvieron reuniones con investigadores y autoridades para conversar sobre las problemáticas actuales expuestas por El Programa Estratégico Meso Regional Salmon Sustentable (PEM) en el área de la nutrición de salmonidos.

Recopilación bibliográfica

Se consulto la bibliografía científica publicada en bases de datos referenciales y otras fuentes relevantes relacionadas con el tema de la revisión, entre las que destacan ISIWEB, Sciencedirect y Wiley. A través de reuniones se integro, lo encontrado en bibliografía con el conocimiento adquirido durante las reuniones con actores claves de la gira de captura tecnológica en Noruega. Luego del levantamiento de la información y resumen de la misma se realizo una revisión del estado del arte de las materias primas utilizadas en los alimentos para

salmones y posibles candidatos vegetales para la sustitución de los ingredientes de origen marinos.

3. Resultados de la consultoría

Los resultados del presente proyecto fueron plasmados en la elaboración de tres productos:

- Informe autocontenido relacionado con los principales hitos en el desarrollo del estudio. Este documento incluyó detalles de fechas entrevistas realizadas, estudios analizados y bases de datos procesadas.
- Informe Final validado, sobre estudio comparado del estado del arte en Chile y Noruega en torno a la sustitución de ingredientes animales por vegetales para la nutrición de salmonidos. Este documento contiene los siguientes temas: Porcentaje de inclusión dietaria de vegetales, costos y rendimientos, países de origen de materias primas vegetales, rendimientos por Ha, proveedores y factibilidad del cultivo en Chile, Análisis técnico, económico y legal del cultivo de materias primas en Chile y proyección de curvas de escalamiento de cultivos vegetales en Chile.
- Lista de referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo del estudio en cuestión

4. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

4.1 Misión tecnológica a Instituciones noruegas de investigación en nutrición de salmónidos

Antecedentes generales

Actualmente, las industrias noruegas productoras de salmónes y de animales de granja dependen en gran medida de ingredientes vegetales importados, como la soya. No obstante, debido a los cambios dramáticos en los recursos alimentarios mundiales en los últimos años materializados en una disminución de la oferta y precios más altos por las materias primas ha conllevado, a que Noruega se encuentre trabajando en una estrategia para no seguir dependiendo tan fuertemente de las importaciones de estos insumos y de esta forma de asegurar la sostenibilidad de sus mayores sectores productivos después del petróleo.

Noruega tiene una superficie limitada para el cultivo de alimentos e ingredientes para alimentos formulados de animales, pero posee grandes recursos biológicos naturales como bosques, pastizales, microorganismos, praderas de macroalgas, subproductos de la industria petrolera, cárnica y pesquera que pueden proporcionar una base para la producción de nuevos ingredientes para alimentación animal.

El presente documento describe las actividades realizadas en la gira tecnológica realizada a Noruega entre los días 22 de abril y 5 de junio del 2017, actividad y presupuestada en el proyecto consultoría y que tiene por objetivo de conocer los avances tecnológicos sobre la utilización y desarrollo de materias primas para la fabricación de alimentos de salmón en la industria noruega. En dicha gira se visitaron centros tecnológicos gubernamentales, instituciones académicas y empresas elaboradoras de alimento para salmónes. En lo principal se accedió a la información sobre las actuales tendencias en investigación de nuevas materias primas como también conocer la situación de las materias primas utilizadas actualmente en noruega. Técnicamente se pudo visitar los laboratorios analíticos y unidades de fabricación y evaluación de dietas.

En lo fundamental se cumplieron los objetivos de la gira tecnológica, al obtenerse información técnica base para poder desarrollar lineamientos

en el área de la nutrición de salmones por parte del programa meso regional del salmón sustentable de CORFO. Adicionalmente, se estableció una red de posible cooperación para la ejecución de dicho programa en el futuro.

Objetivos de la misión tecnología

Objetivo principal

Conocer los avances tecnológicos en el uso de materias prima agroindustriales por parte de la industria salmonicultora noruega.

Objetivos específicos

- Conocer la situación actual sobre el uso de materias primas producidas localmente en noruega
- Conocer los proyectos de desarrollo de nuevas fuentes proteicas agroindustriales para la salmonicultora noruega
- Conocer los principales desafíos para el desarrollo y utilización de nuevas materias primas por parte de la industria salmonicultora en noruega.

Informe de actividades realizadas

La gira tecnológica se llevo a cabo durante los días 22 de abril y 5 de junio del presente año y participo el profesional de VEHICE experto en nutrición de peces el Dr. Edison Serrano. El Itinerario consistió en la visita a diversos centros tecnológicos gubernamentales, instituciones académicas y empresas elaboradoras de alimento para salmones, en donde se sostuvieron reuniones con investigadores y profesionales en los tópicos de nutrición de salmones y materias primas.

Sábado 22 y domingo 23 de abril

Viaje Puerto Montt, Chile a Oslo, Noruega

Lunes 24 y martes 25 de abril

Visita a centro de investigación de excelencia Noruego Food of Norway

Food of Norway es un Centro de Innovación Basada en la Investigación de la Norwegian University of Life Sciences (NMBU) que tiene como objetivo contribuir al crecimiento y aumento de la creación de valor en las industrias noruega de los sectores acuícola y agrícola mediante el desarrollo de ingredientes alimentarios sostenibles a partir de recursos biológicos naturales que no son adecuados para el consumo humano directo. Los nuevos productos para alimentos se desarrollarán a partir de recursos forestales, agrícolas y marinos mediante la explotación industrial de la investigación de vanguardia sobre procesamiento y biotecnología.

Foods of Norway también tiene como objetivo mejorar la eficiencia de la alimentación mediante el análisis genómico avanzado para apoyar la adaptación genética y la identificación de nuevos criterios de selección para peces y animales de granja.

Administrativamente, Foods of Norway es un consorcio que comprende cuatro departamentos de la NMBU, cinco instituciones académicas internacionales asociadas, 14 empresas asociadas de las áreas de la silvicultura, la acuicultura y la agricultura y 4 agencias gubernamentales de innovación asociadas (Figura 1).



Figura 1. Universidades, empresas e instituciones publicas que conforman el Consorcio Food of Norway

Tal como estaba previsto en la agenda de la gira tecnica, durante la mañana del lunes, el Dr Edison Serrano concurreo a una reunion en el Centro de investigacion Food of Norway en la NMBU (Aas, Noruega). En esta reunion participaron la directora del centro Professor Margareth Overland y la sub-directora e investigadora Liv Torunn Mydland y se discutieron temas relacionados al funcionamiento del consorcio food of norway y sus principales lineas de investigacion. El modelo presentado en dicha exposicion es bastante interesante ya que se basa en tener empresas de toda la cadena de valor como socios estrategicos, pero a diferencia de otras iniciativas, los asociados del sector privado

participan activamente de las investigaciones y además contribuyen a establecer las directrices de estas. De acuerdo a lo conversado con ambas investigadoras, lo más complejo ha sido asegurar que las empresas se involucren no solo monetariamente sino que en las actividades de investigación. Esto último se ha logrado mediante la incorporación de estudiantes de doctorado que trabajan físicamente media jornada en la universidad y la otra en la empresa patrocinarte, la cual es quien maneja el contrato laboral.

En relación a la investigación realizada por Foods of Norway, esta se concentra actualmente en 2 areas:

1. el uso de subproductos de la industria forestal como sustrato para la producción de levaduras y hongos, los cuales serán utilizados como ingredientes para elaboración de alimentos de animales y salmones
2. la utilización de macroalgas pardas como ingrediente para alimentos de animales y salmones, con énfasis en la extracción de compuestos bioactivos beneficios para enfermedades y su utilización como biomasa para la producción de levaduras.

Estas investigaciones resultan bastante interesantes para la salmonicultura chilena, considerando que la gran actividad forestal nacional y la alta disponibilidad de algas pardas en las costas chilenas, su potencial desarrollo contruibuiria a establecer nuevas industrias productoras de proteínas para la industria del salmon y pecuarias.

Durante la tarde, se llevo a cabo una visita a los diferentes laboratorios y dependencias de la NMBU junto al investigador Jon Hansen. El primer lugar en visitar fue el laboratorio de investigación peces (figuras 2-5). Dicho laboratorio cuenta con instalaciones especiales (40 estanques) para ensayos de alimentación, evaluación de tecnología de Recirculación y el uso de los isótopos radioactivos como método de seguimiento en el metabolismo de los peces. El centro también dispone de una unidad de cuarentena para casos de emergencia.

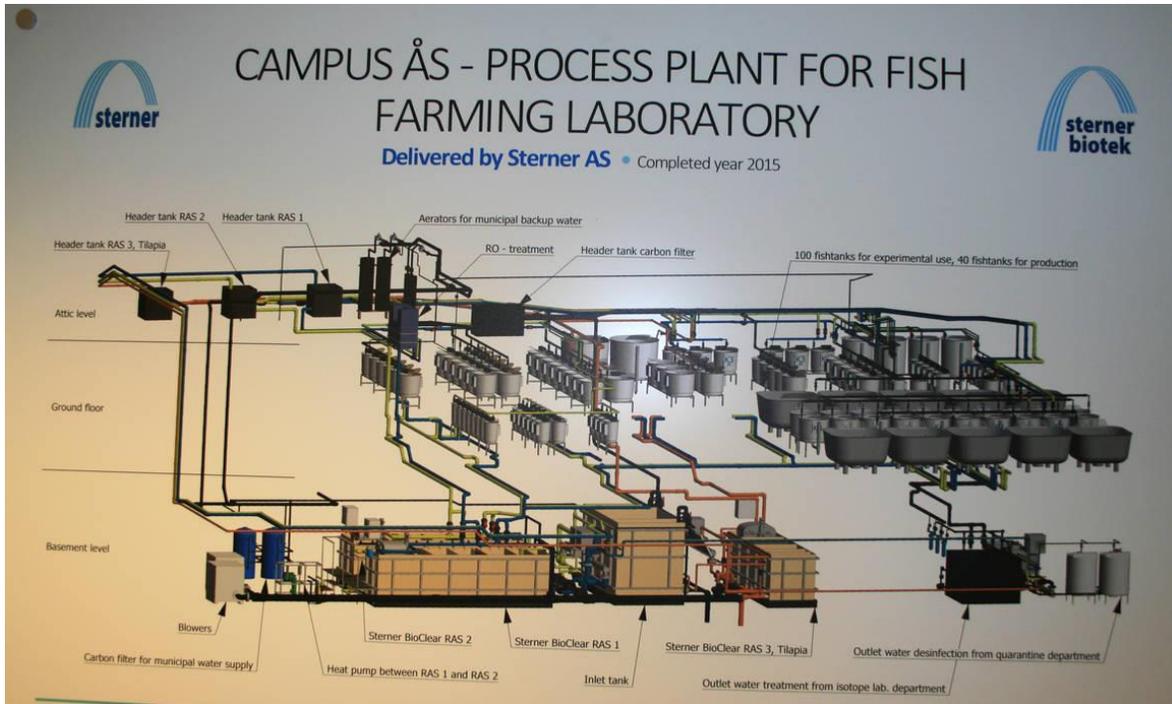


Figura 2. Esquema del laboratorio de peces de la NMBU



Figura 3. Estanques experimentales: unidad de estudios nutricionales



Figura 4. Sistemas de colección de alimento no consumido



Figura 5. Sala de biofiltros

Posteriormente, se visitó el laboratorio de biorefinería de materias primas NMBU. En este laboratorio se pudo observar el trabajo de post doctorado de Kiira Vuoristo en fermentación de subproductos industriales (figura 6). El laboratorio cuenta con diversos equipos como hidrolizadores enzimáticos, fermentadores y secadores en spray, los cuales están enfocados a la elaboración de biomasa de levadura y hongos para la evaluación en animales. Esta visita culminó a las 16.00 hrs.



Figura 6. Laboratorio de Biorefinería

Durante la mañana del martes 25 de abril, el dr Edison Serrano se reunió nuevamente con el equipo de investigadores de Food for Norway. En dicha reunión participaron los investigadores Felipe Revecó, Jon Hansen, Leidy Lagos, Anders Skrede, Liv T Mydland and Margareth Overland y se procedió a presentar el programa mezo-regional del salmón sustentable por parte del Dr Edison Serrano. Una vez terminada la exposición, se procedió a conversar sobre posible apoyo por parte de food for Norway al desarrollo del Subprograma de nutrición de salmones utilizando materias primas chilenas.

Al finalizar la reunión, la directora de Food for Norway manifestó su interés de poder ayudar al desarrollo del programa Chileno en nutrición de salmónidos para lo cual solicito que se le informara del proceso de postulación.

Miércoles 26 de Abril

Reunión técnica con Bente Ruyter investigadora NOFIMA Aas

Durante la mañana del miércoles 26 de abril, el Dr Edison serrano se reunió con la investigadora de Nofima en la ciudad de Aas Bente Ruyter con el fin de conversar sobre fuentes alternativas de DHA para la industria del salmón. La Dr Bente Ruyter es experta en nutrición lipídica de peces y durante los últimos años se ha enfocado a investigar fuentes alternativas de omega 3 para salmónidos, requerimientos de ácidos grasos y metabolismo de ácidos grasos. La Dr Bente Ruyter posee un doctorado en bioquímica de la universidad de Oslo y actualmente trabaja como investigadora en Nofima en el grupo de nutrición.

Durante la reunión, se conversaron sobre nuevas oleaginosas como también microalgas con potencial para salmonicultura chilena. La Dr Ruyter mencionó los buenos resultados que han tenido con el uso del aceite de Camelina sativa en la alimentación de salmonidos, por lo cual podría ser un candidato factible a producir en Chile.

El Aceite de semilla de camelina (*Camelina sativa*) ha presentado un creciente interés en los últimos cinco años en el sector alimentario mundial y en específico el salmicultor, dada su baja cantidad de factores antinutricionales, presencia de ácidos grasos altamente digestibles, alto contenido de ALA (35%), razón $\omega 3/\omega 6 > 1,9$, presencia de gran cantidad de monoeno de cadena larga (15%), al igual que el aceite de pescado a diferencia de los otros aceites vegetales. Además, interesantemente a diferencia de todos los aceites vegetales conocidos, presenta un contenido importante de colesterol dentro de sus esteroides, incluso contiene escualeno, siendo el aceite vegetal más "animalizado" de los disponibles.

Este vegetal es No-GMO (organismo genéticamente modificado) y presenta una gran estabilidad oxidativa, ya que contiene más de 500 mg de tocoferoles/kg de aceite. Adicionalmente, dentro de los aceites vegetales es que posee la mayor bioconversión en peces de ALA a EPA y DHA, incluso más que aquellos con mayor contenido de ALA como linaza. Estas cualidades hacen que en ensayos de reemplazo total o parcial de aceite de pescado no se vea disminución en los rendimientos en biomasa, ni aumento del factor de conversión de alimentos ni merma en parámetros inmunológicos respecto al aceite de pescado.

En cuanto a las microalgas, la La Dr Ruyter menciona el gran potencial del desierto chileno para la producción de este tipo de microalgas, cuyo alto costo de producción limita su utilización en alimentos para peces, pero que en un par de años estas brechas tecnológicas deberían ser resueltas permitiendo disponer de estas materias primas a un precio competitivo. Se menciona que en la actualidad las especies más cotizadas pertenecen a los generos *Nannochloropsis* y *Schizochytrium*. Los estudios conducidos con ambas algas han demostrado ser un excelente sustituto al aceite de pescado, no obstante existen algunos problemas para incorporar más de un 10% en las dietas debido a los altos niveles de ácidos saturados.

Posteriormente a la reunión, se realizó una visita guiada a las dependencias de NOFIMA principalmente los laboratorios de nutrigenómica y de análisis de ácidos grasos.

Visita a Centro de Tecnología de los alimentos (FORTEK)

Durante la tarde del miércoles 26 de abril, el Dr. Serrano se reunió con el director del centro FORTEK Olav Fjeld Kraugerud con el fin de conversar sobre los desafíos técnicos que conlleva la utilización de nuevas materias primas.

Fortek es un centro internacional de tecnología de alimentos propiedad de la Norwegian university of Life Sciences (NMBU) y localizado en la ciudad de Aas. Este centro de investigación presta servicios a la industria noruega e internacional de alimentos mediante la realización de investigaciones en todas las áreas de la fabricación de alimentos para peces, mascotas y animales, así como la educación y capacitación de estudiantes.

El Dr. Kraugerud menciona en la reunión que en el camino de introducir una nueva materia prima es necesario realizar diversos estudios de pertinencia en el área de tecnología de procesos. A modo de ejemplo, se menciona el caso de la harina de Kril, antes de comenzar a utilizar este ingrediente por parte de la industria salmonera, Fortek realizó una serie de evaluaciones determinando el efecto de la inclusión de esta nueva materia prima sobre la calidad física del pellet, como también estableciendo el metodologías para optimizar su utilización tales como procesos de descascarado y extracción del aceite. El Dr. Kraugerud indica que para el caso de nuevas materias primas vegetales, es necesario estudiar su comportamiento durante la extrusión y su efecto

sobre la calidad de nutrientes, ya que de lo contrario se vería limitado el desarrollo de materias primas debido a problemas en la fabricación de alimentos. En la reunión se concluyó la necesidad de incluir en el programa de nutrición actividades de investigación relacionadas al procesamiento tecnológico. Posteriormente, se realizó una visita guiada a la planta semi-comercial de alimentos concentrándose en los diversos equipos y procesos.



Figura 7. Extrusora experimental en FORTEK

Jueves 28 de Abril

Reunión con Biomar Norway

Durante la mañana, el Dr Serrano viajó desde Oslo a la localidad de Trondheim para sostener una reunión por la tarde con el Dr Vegard Denstadli investigador senior del grupo de materias primas de Biomar Noruega.

BioMar es una empresa multinacional de capitales daneses dedicada a la elaboración de dietas de alto rendimiento para más de 45 diferentes especies de peces y camarones en más de 80 países. Además de las fábricas de alimento, BioMar también cuenta con propias instalaciones de investigación y desarrollo encontrándose a la vanguardia en la búsqueda de nuevas materias primas para la salmonicultura.

La reunión con el Dr Vegard Denstadli se centró en la disposición de la industria a utilizar nuevas materias primas de origen local y el posible valor agregado que pudiera tener esta práctica en la venta de alimentos para salmónidos en Noruega. Para el Dr. Denstadli el uso de materias primas por parte de la industria de alimentos no depende de su origen sino más bien de su costo y disponibilidad. No obstante los temas de sustentabilidad de las materias primas resulta cada día más importante, razón por la cual todas las materias primas utilizadas deben provenir de lugares donde son producidas de manera medioambientalmente sustentable y a un precio razonable. Actualmente para la industria de alimentos de salmonidos noruega, el uso de materias primas vegetales producidas localmente está limitado debido a la baja productividad de estas en el país. Al consultarle sobre las iniciativas desarrolladas por Food of Norway, indica que estas están muy lejos de convertirse en algo que puedan incorporar en los alimentos para salmonidos, a menos que exista un desarrollo industrial real y exista una alta disponibilidad de estos insumos.

Viernes 29 de Abril

Reunión con Felleskjøpet

Durante la mañana del viernes 29 de abril el Dr Serrano se reunió con Knut Røflo gerente de investigación y desarrollo de Felleskjøpet. Felleskjøpet o FK es una cooperativa agrícola noruega que sirve como minorista de equipo de explotación agrícola, incluyendo alimentos y semillas de animales. También es un mayorista de granos. La empresa está organizada en dos empresas independientes que comparten la misma marca y cooperan ampliamente, Felleskjøpet Agri y Felleskjøpet Rogaland Agder.

La reunión con Knut Røflo se centró en los temas de desarrollo de nuevas materias primas para animales en Noruega y su participación en Food of Norway. Knut Røflo menciona la importancia en Noruega y Europa sobre la producción limpia y comenta que existe un grupo de ingredientes que está comenzando a ser cuestionado por los consumidores debido a su impacto sobre la selva lluviosa (palma y soya). Adicionalmente los mercados locales quieren ser abastecidos por productos locales o regionales, esto eventualmente exigirá a que los productos alimenticios de origen animal sean alimentados por fuentes proteicas cultivadas o producidas en la misma región. Estos futuros desafíos deben comenzar a ser abordados, siendo esta una de las principales razones de la participación de esta empresa en el consorcio de Food of Norway. En relación al programa de nutrición de salmones, Knut Røflo comentó que es una iniciativa bastante vanguardista y que conociendo la agricultura y la industria salmonicultora chilena (Knut Røflo se desempeñó en el área de abastecimiento de ewos y estuvo viviendo en Chile por 6 meses) es posible de asociar ambas actividades siempre y cuando exista una participación activa del gobierno.

Dentro de las especies vegetales que se deben desarrollar y/o mejorar en Chile menciona el trigo y oleaginosas (raps y maravilla) en la zona central, mientras que la zona sur concentrarse en producir lupino. Por su parte, el norte de Chile debe pensar en la producción de microalgas considerando la gran cantidad de luminosidad de la zona. Finalmente, menciona la necesidad de evaluar la producción de nuevos cultivos vegetales como Camelina sativa, y Vicia faba.



Figura 7: Oficinas de Felleskjøpet en Trondheim

Sábado 30 de abril

Viaje de regreso desde Trondheim a Oslo

Domingo 31 de abril

Día Festivo, sin actividades

Lunes 1 de Mayo

Día Festivo, Viaje desde Oslo a Bergen

Martes 2 de Mayo

Reunión con el grupo de nutrición y tecnología de alimento de la división de acuicultura de Nofima.

Durante la tarde del martes 2 de mayo, el Dr Serrano participo de una reunión con la líder del grupo de nutrición y tecnología de alimentos además de directora de investigación de Nofima la Dra Mari Moren y con el Dr Bjarne Hatlen investigador sénior en el grupo de nutrición y tecnología de alimentos y ex director de AVS Chile.

Nofima es un instituto de investigación orientado al sector productivo que trabaja en investigación y desarrollo para la industria acuícola, pesquera y alimentaria en Noruega (Figura 8).

Este instituto realiza investigaciones a nivel internacional y desarrollan soluciones que pueden dar una ventaja competitiva a lo largo de la cadena de valor. Nofima se estableció el 1 de enero de 2008 y cuenta con unos 360 empleados. La oficina principal se encuentra en Tromsø, y las divisiones de investigación se encuentran en Bergen, Sunndalsøra, Stavanger, Tromsø y Ås.

Los principales temas tratados en la reunión fueron las materias primas usadas por la industria salmicultora noruega y el desarrollo de nuevas materias primas. La Dra Mari Moren expuso los resultados de un estudio realizado por nofima en el uso de materias primas por las empresas de alimentos noruegas el año 2013 y publicado el 2015. Dicho estudio muestra la evolución en el uso de materias primas en noruega durante los últimos 13 años donde la harina de pescado de ser el principal ingrediente de las dietas para salmon pasó a ser el de menor uso, siendo reemplazado por ingredientes vegetales. En el año 2013 un 37% de las materias primas en las dietas para salmonidos fueron proteínas vegetales, un 19% fueron aceites de origen vegetal y un 11% de la dieta correspondió a vegetales ricos en almidón (figura 8). Es decir un 70% de la dieta de salmónes en noruega utiliza ingredientes vegetales y se estima que actualmente pueda ser cercana al 80%. El principal ingrediente vegetal utilizado es el concentrado proteico de soya. El aceite de canola por su parte es el principal aceite vegetal utilizado en cantidades superiores al aceite de pescado.

La disminución de la harina de pescado en las formulaciones está obligando a la industria a utilizar concentrados proteicos de alta calidad

y mayor precio. De acuerdo a la Dra. Mari Moren el futuro de las materias primas vegetales es la modificación del valor nutricional a través del procesamiento, desarrollando concentrados proteicos tales como elaborados actualmente a partir de soya, trigo, arveja y haba. Adicionalmente, es necesario comenzar a desarrollar y evaluar nuevas fuentes alternativas proteicas y lipidicas principalmente provenientes de organismos unicelulares. Por otro lado, la Dra. Mari Moren comenta que la salmonicultura noruega debe abrirse al uso de sub-productos animales y vegetales GMO, para lo cual deberá trabajar con los diversos mercados consumidores de salmón.

En relación al programa meso-regional del salmón y su alcance en el área de la nutrición de salmonidos, Dr Bjarne Hatlen menciona que su implementación debería obedecer a un modelo de consorcio entre academia, industria y gobierno. Además este consorcio debería ser capaz de integrar la cadena de valor del sector agropecuario y acuícola incorporando agricultores, molinos, empresas de alimentos, genetistas, productores de salmón, supermercados, universidades y agencias de gobierno. El Dr Bjarne Hatlen advierte que la administración del consorcio no debería recaer en las manos de las universidades, sino que algún instituto de investigación público-privado que pudiera contribuir en la comunicación entre los diversos actores.

Al finalizar la reunión, se realizó una visita por las dependencias del centro de tecnología de alimentos. Este centro cuenta con diversos equipos para el procesamiento de nuevas materias primas y elaboración de alimentos para peces. Al momento de la visita se encontraban trabajando en el desarrollo de técnicas de secado para microalgas.



Figura 8. Oficinas de Nofima

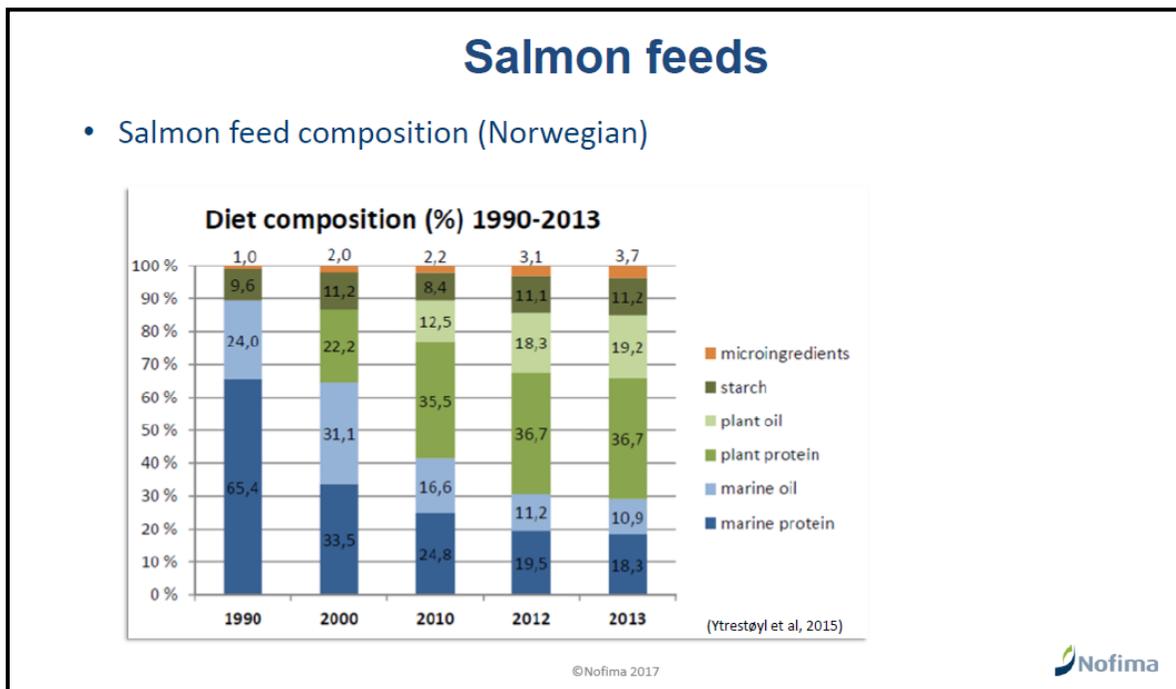


Figura 9: composición del alimento para salmon en noruega

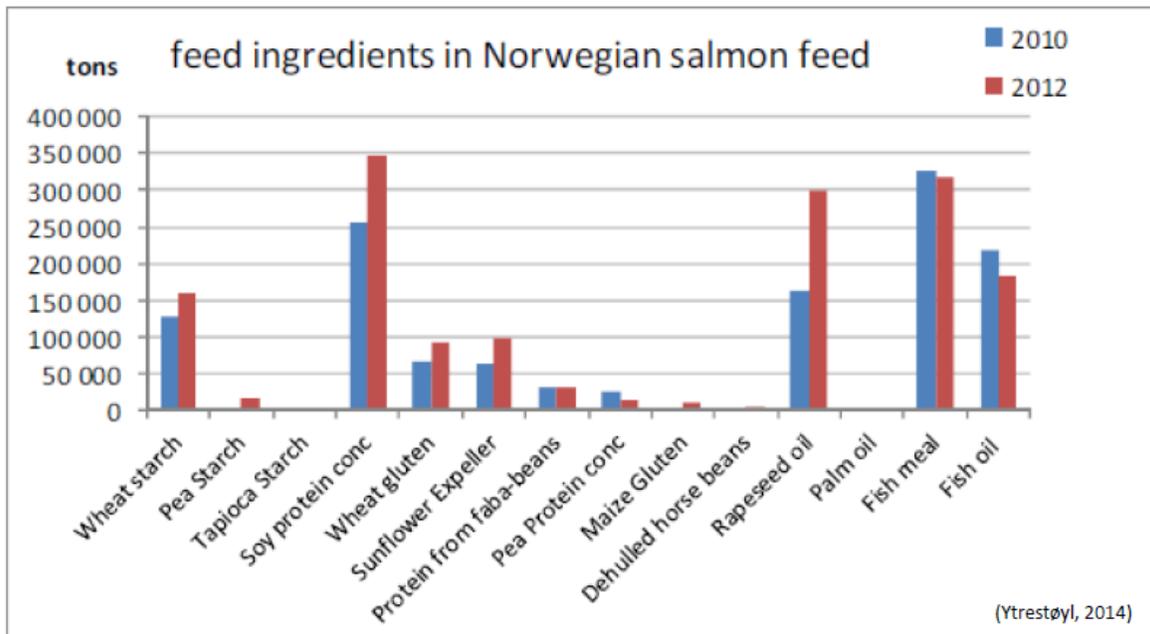


Figura 10: Ingredientes usados en el alimento para salmon en Noruega

Miercoles 3 de Mayo

Reunión con Departamento de Biología de la Universidad de Bergen (UiB).

Durante la mañana del miércoles 3 de mayo, el Dr. Serrano visito el Departamento de Biología de UiB para conocer el nuevo proyecto piloto AlgaePARC enfocado a la producción de microalgas como ingredientes para la salmonicultura mediante la utilización del CO₂ producido por la industria petrolera Noruega. En la reunión participo la investigadora senior del proyecto la Dra. Dorinde Kleinegris quien presento el proyecto y sus alcances en la salmonicultura noruega. Este proyecto tiene como principal objetivo la producción de omega 3 para la industria del salmon, para lo cual se construyo una planta piloto experimental capaz de producir alrededor de 500 kilos mensuales de microalga seca.

La Dra. Dorinde Kleinegris señala que actualmente se encuentran analizando diversas microalgas potenciales del norte de noruega (ya que podrían ser más eficientes produciendo omega 3) con el fin de poder establecer un cultivo domesticado de estas especies. Igualmente, el proyecto contempla evaluar nuevas fuentes de carbono como nutrientes

para los cultivos microalgales, dentro de los cuales destacan los subproductos de la producción de harina de insectos y subproductos del sector lácteo. Al mencionar el programa de salmon sustentable Chileno, la Dra. Dorinde Kleinegris hace mención a las iniciativas financiadas por CORFO y ejecutadas por la universidad de Antofagasta y la universidad de la frontera en las cuales ella formo parte durante sus estudios en Universidad de wageningen indicando que el Norte de Chile posee mejores condiciones que Noruega para la producción de microalgas. Adicionalmente señala que resultaría necesario poder incluir dentro de la matriz de ingredientes locales para la salmonicultura chilena, algunas microalgas ricas en omega 3.

Una vez concluida la reunión, se realizo una visita guiada a los ceparios en la universidad de Bergen y a la plata piloto nacional de microalgas en la localidad de Mongstad. En dicho lugar se procedió a explicar el funcionamiento de los birreactores y la cadena de producción de microalgas (figura 11, 12 y 13).



Figura 11: vista panorámica de la unidad piloto de producción de microalgas en Mongstad



Figura 12: bio-reactor de microalgas



Figura 12: unidad de control del bio-reactor de microalgas

Jueves 4 de Mayo

Reunión con equipo de investigadores de instituto nacional de nutrición e investigaciones de Productos del mar (NIFES).

Durante la mañana del jueves 4 de mayo, el Dr. Serrano se reunió con el director de investigación Rune Waagbo, el jefe de investigación del área de bienestar y requerimientos nutricionales Dr. Erik-Jan Lock y el jefe de investigación del área de seguridad alimentaria el Dr. Robin Ornsrud.

NIFES es un instituto de investigación con funciones administrativas, vinculado al Ministerio de Pesca y Asuntos Costeros. El foco de investigación del instituto es la nutrición: alimento para el pescado y el pescado como alimento. El instituto proporciona asesoramiento científico al gobierno y a las autoridades alimentarias sobre los aspectos de salud y seguridad de los productos pesqueros de las capturas silvestres y de cultivo. Además de sus investigaciones, el NIFES lleva a cabo tareas de supervisión para la Autoridad noruega de seguridad alimentaria. NIFES cuenta con cuatro laboratorios de vanguardia y es el Laboratorio Nacional de Referencia para diversos métodos de análisis y para parásitos en mariscos. Los principales temas tratados en la reunión fueron relacionados con nuevas tecnologías para evaluar ingredientes dietarios, el desarrollo de nuevos ingredientes para la alimentación de salmonidos, establecimiento de nuevos requerimientos nutricionales en salmonidos y problemas de seguridad alimentaria en el uso de materias primas vegetales. El Dr. Erik-Jan Lock expuso sobre los resultados alcanzado en los proyecto aquafly, el cual consiste en la producción de harina de insecto para el alimento de salmón utilizando subproductos de la industria agrícola y pesquera. Preliminarmente, el proyecto muestra resultados prometedores al no evidenciarse problemas en crecimiento o calidad de filete de salmónidos alimentados con este nuevo ingrediente. El Dr. Erik-Jan Lock destaca el hecho que este tipo de materias primas permite un incremento de la proteína de manera sustentable al revalorizar productos de desecho. Adicionalmente, El Dr. Erik-Jan Lock presenta una serie de resultados relacionados con requerimientos de nutrientes por parte de salmonidos siendo crítica la situación de los niveles de EPA y DHA en las dietas. Este investigador señala que la disminución del aceite de pescado en las dietas para salmonidos puede

generar problemas de crecimiento y metabolismo y resulta imperativo normar dichos valores con el fin de contribuir al bienestar animal y a su vez establecer una calidad mínima de estos ácidos grasos saludables en el filete. Por su parte el Dr. Robin Ornsrud presento una serie de resultados sobre el problema de micotoxinas en materia primas vegetales y el desconocimiento de los efectos reales en salmonidos. Adicionalmente, se converso sobre los límites de suplementacion de algunos minerales como el selenio y el zinc, enfatizando se los posibles riesgos en la alimentación humana. Por último se presento el programa de monitoreo de residuos de pesticidas y colorantes para materias primas animales. Cuando se les presento el programa meso-regional del salmón, todos los investigadores de NIFES presentes en la reunión concordaron en que es necesario formar un equipo multidisciplinario en torno al proyecto. A su vez, se menciona la necesidad de contar con el apoyo de agencias del gobierno principalmente en temas legislativos y de supervisión para poder establecer y controlar que se cumplan requerimientos mínimos de valor nutricional y seguridad alimentaria de estos nuevos ingredientes.



Figura 13: vista panorámica de las dependencias de NIFES en Bergen.

Viernes 5 y Sabado 6 de abril

Viaje Bergen, Noruega a Puerto Montt, Chile.

Conclusiones Finales

Durante la gira tecnológica se pudo apreciar el gran desarrollo científico tecnológico que tiene Noruega en el área de la nutrición de salmónidos. Es notable la calidad de los investigadores y la infraestructura dispuesta al servicio de la industria salmonicultora noruega. Asimismo se puede apreciar que existe una gran participación del gobierno en torno al sector salmonero tanto en la entrega de fondos de investigación como también siendo participante de diversos centros de investigación aplicada. La visión de la industria noruega del salmón en los temas de la nutrición es amplia e incluye desde el origen de la materia prima hasta la calidad del pescado que llega a la mesa de los consumidores. Este último aspecto resulta fundamental para la implementación de un proyecto a largo plazo en nutrición de salmones, siendo tal vez el mejor modelo a incorporar el desarrollado por el centro Food for Norway. No obstante resulta imperativo contar con toda la cadena productiva dentro del consorcio y además la participación activa de agencias de gobierno.

En relación a las materias primas utilizadas por la industria noruega, se pudo observar que la agricultura local no es la principal proveedora de estos insumos en la actualidad y que la industria noruega depende de la soya como principal ingrediente vegetal proteico y del aceite de raps como fuente de aceite. No obstante, debido a las nuevas exigencias de los mercados, un cambio en la matriz de materias primas ya se está gestando por parte de empresas y universidades. Dentro de las nuevas materias primas a producir localmente en Noruega se encontrarían organismos unicelulares e insectos, los cuales serían producidos utilizando diversos subproductos de la industria pesquera, acuicultura, forestal y petrolera.

Junto con la recopilación de información sobre el uso de materias primas en la industria noruega, la presente gira permitió además generar una valiosa red de contactos que ofrecieron su colaboración en el futuro proyecto de nutrición para el programa meso regional del salmón.

4.2 **Elaboración de Informe científico-técnico sobre el estudio comparado del estado del arte en Chile y Noruega en torno a la inclusión de ingredientes vegetales.**

El trabajo de revisión bibliográfica constituyó una etapa fundamental del presente proyecto de investigación ya que permitió la obtención de la información más relevante en el área del proyecto a desarrollar, desde un extenso universo de documentos.

En el presente proyecto, la revisión bibliográfica abordará los siguientes tópicos :

- **Utilización de ingredientes vegetales en la elaboración de alimentos para salmonidos en Noruega (valor nutricional, porcentaje de inclusión y países de origen)**
- **Agricultura chilena como un proveedor de materias primas vegetales para la salmonicultura nacional (costos, rendimientos por Ha, proveedores y factibilidad del cultivo)**
- **Especies vegetales seleccionadas y rentabilidad (Análisis técnico, económico y legal del cultivo de materias primas en Chile, proyectar curvas de escalamiento de cultivos vegetales en Chile)**

La metodología utilizada para la revisión bibliográfica se compuso de tres fases:

Búsqueda de la información

Para el proceso de investigación bibliográfica se contó con diversos tipos de material informativo como libros, revistas de divulgación o de investigación científica, y sitios Web. La búsqueda bibliográfica se realizó desde una perspectiva estructurada y profesional.

Con el fin de definir el dominio de la investigación, se utilizaron ecuaciones de búsqueda (expresiones que consisten de palabras claves y

operadores lógicos) que incluyeron términos específicos del tema a investigar, además, se estudiaron los patrones semánticos y de citación e identificaron la estructura cognitiva determinando las principales líneas de investigación desarrolladas en Chile y Noruega para el estudio del tema.

Organización de la información

La documentación encontrada fue organizada de manera sistemática. Inicialmente la información fue ordenada mediante el uso de programa Endnote. Esta aplicación permitió organizar fácilmente la información por título, autor, revista y aporte; además, generó fácilmente la bibliografía para el informe final.

Análisis de la información

La información organizada, se analizó mediante el empleo de la herramienta Mendeley. Identificados los autores con más citaciones se realizó un análisis sobre los principales artículos con las ideas más importantes y los aspectos más relevantes para el tema de estudio, mediante la lectura de los resúmenes y conclusiones de dichos artículos. Una vez realizado este trabajo, de los 20 grupos conformados en la etapa de búsqueda de la información, se seleccionaron 5 como los de mayor interés.

Los documentos filtrados fueron leídos con mayor detalle, para de esa manera finalmente seleccionar los de verdadera relevancia para la investigación. La metodología concentró la lectura sobre un menor número de artículos ya identificados como de mayor interés.

Finalmente, a partir de los trabajos seleccionados en esta etapa fue elaborada la revisión bibliográfica.

4.3 Exposición de resultados del proyecto

Un resumen general de los resultados e principales hitos del proyecto fue mostrado mediante la realización de presentación técnica visual en formato powerpoint dirigida a los miembros de programa estrategico mezo-regional del salmón sustentable. La presentación tuvo una duración de 1 hora, en donde se discutieron temas relevantes a los principales hallazgos de la investigación y como estos pueden contribuir al desarrollo de futuras acciones en el área de la nutrición de salmónidos. El contenido de la presentación se adjunta al presente documento.

Estado del arte en el uso de ingredientes vegetales en dietas para salmonidos: Oportunidades para la agricultura chilena

Edison Serrano Gutierrez
Doctor en nutrición acuícola
erserrano@gmail.com

2017



Después de la calidad del agua, la Nutrición suele ser el factor de mayor importancia detrás de un cultivo de peces exitoso

Costos de producción de un kilo de Head-On-Gutted salmón (valores en USD\$)

	Norway	Chile	Scotland	Canada
Feed	1,94	2,0	2,12	2,16
Primary Proccesing	0,4	0,06	0,38	0,52
Smolt	0,36	0,46	0,38	0,56
Salary	0,23	0,1	0,21	0,52
Maintenance	0,12	0,25	0,11	0,17
Wellboat	0,16	0,25	0,24	0,20
Depreciation	0,11	0,12	0,15	0,25
Sales and marketing	0,08	0,16	0,08	0,03
Mortality	0,08	0,04	0,015	0,12
Others	0,44	1,04	0,58	0,94
Total*	3,9	4,5	4,3	5,5

*HOG cost box delivered at the processing plant including mortality

Rol de la nutrición en el cultivo de salmones

Calidad de producto

Crecimiento

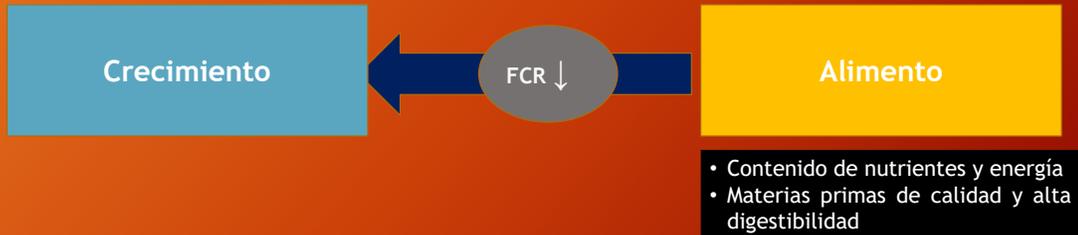
Optimización de costo de producción

Salud



Polución

Relación entre el crecimiento y el alimento

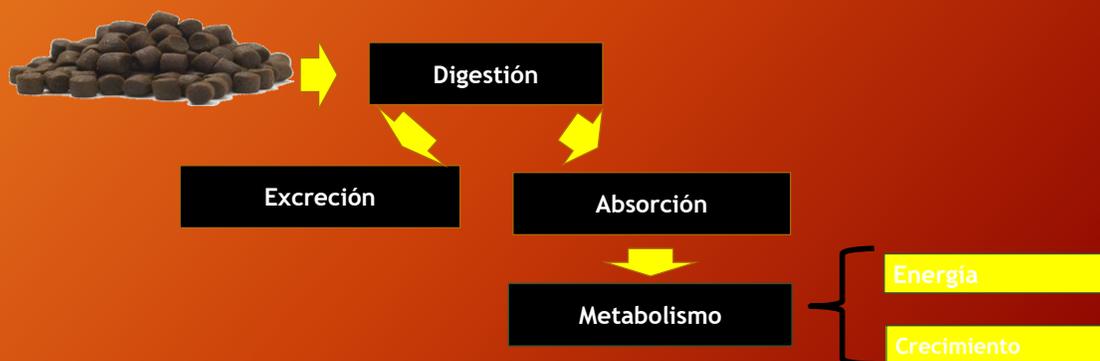


Special demands for salmon feeds

- High protein, high fat (>20% fat)
- Low tolerance for starch (low amylase activity) in salmonids (15 % is close to maximum)
- Low tolerance for CHO in general
- The pellet must be water stable
- The pellet must be able to absorb oil
- Oil must have low melting point since fish are poikilothermic
- High digestible ingredients (protein and lipids)



Etapas del proceso alimentario en salmonidos

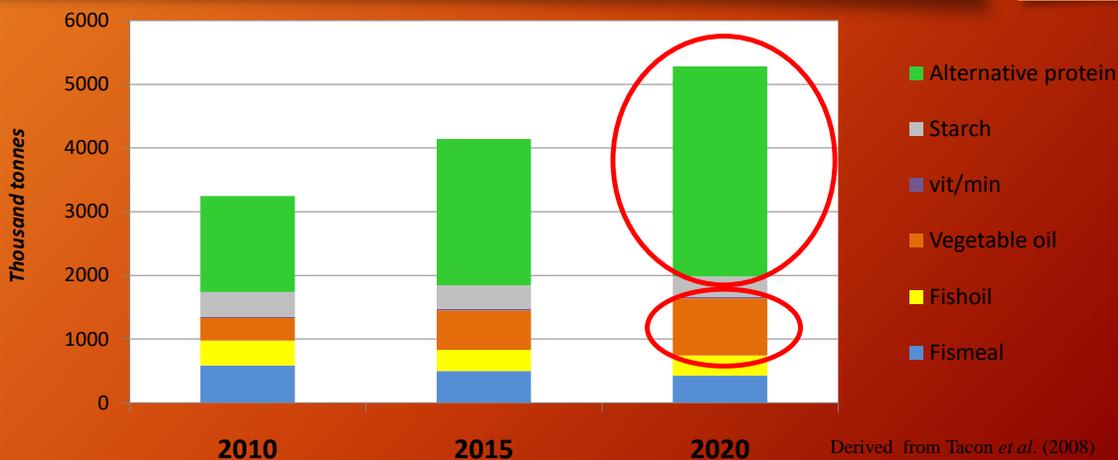


Desafíos futuros para el desarrollo de dietas de salmónidos

- Evaluación de nuevas materias primas
- Desarrollo de dietas ecológicas y sustentables
- Elaboración de modelos nutricionales multivariados
- Elaboración de dietas funcionales



Estimated global demand for ingredients within compound salmonids feed

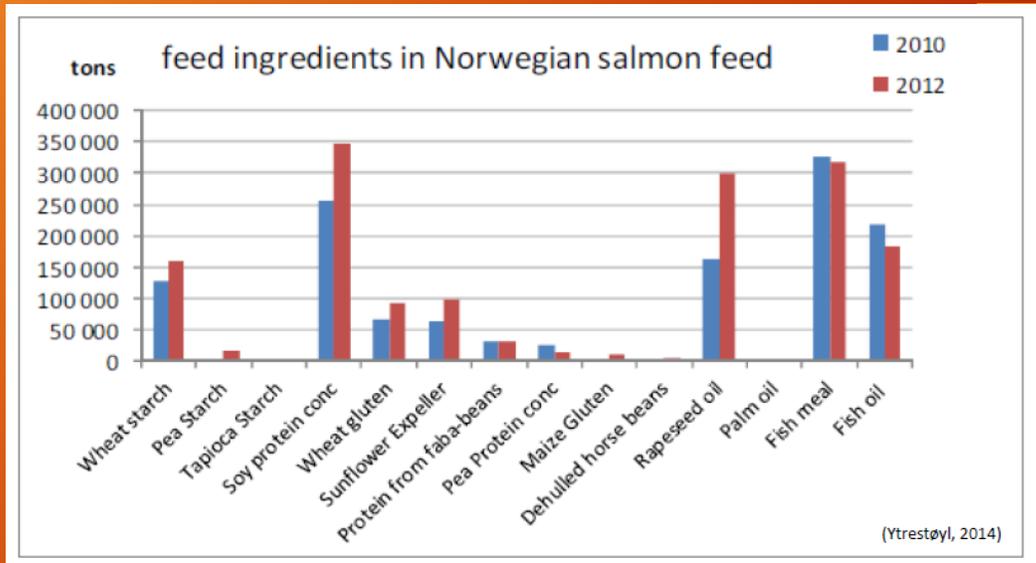
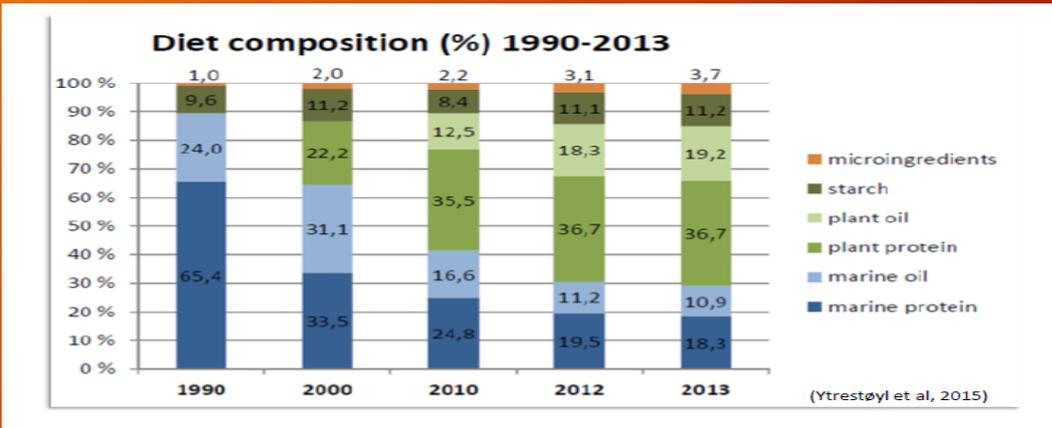


Trondheim
•F
•Biomar norge

Bergen
• Nofima
• NIFES
• Universidad de bergen

Aas
•Nofima
•Foods of Norway
•NMBU
•Fortek





% de incorporacion de materias primas en Noruega

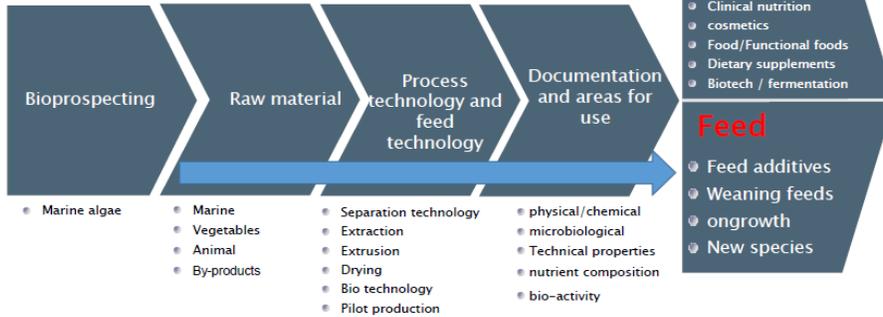
18%	FISH MEAL	2%	FISH MEAL WASTE
7%	FISH OIL	3%	FISH OIL WASTE
1%	KRILL	14%	SOYA PROTEIN
8%	WHEAT STARCH	7%	SUNFLOWER PROTEIN
2%	BLOCKED STARCH	6%	WHEAT PROTEIN
20%	RAPESEED OIL	3%	CORN PROTEIN
7%	OTHER	2%	OTHER

Origen de materias primas usadas en noruega

<i>Materias primas</i>	<i>Origen</i>
Concentrado proteico de Soya	Dinamarca/Noruega/Alemania
Gluten de trigo	Francia/Belgica
Aceite de Canola	Rusia
Gluten de Maiz	Francia/Belgica
Harina de Girasol desengrasada	Alemania
Almidon de Trigo	Lituania
Almidon de Mandioca	Tailandia
Concentrado proteico de Haba	Francia/ UK/ Noruega
Concentrado Proteico de Arveja	Dinamarca/ Suecia/Noruega/Rusia

Feed ingredient research

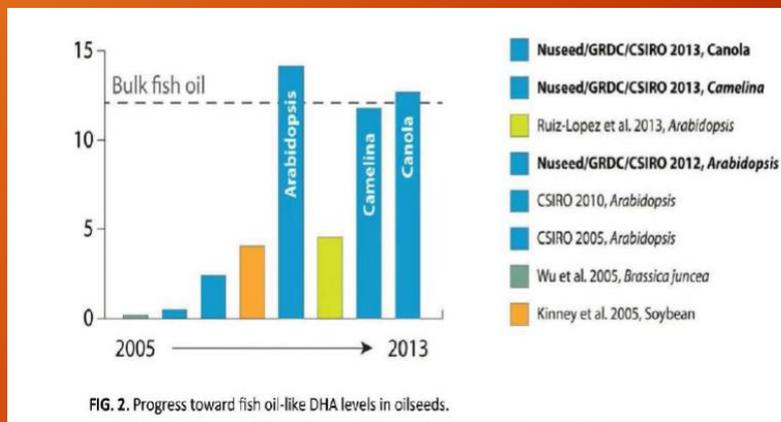
Sustainability – knowledge in all steps



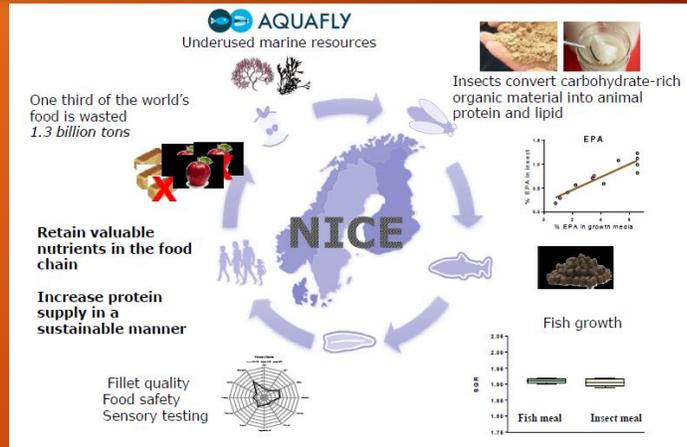
Search for alternative biomasses in Norway:

- Marine:
 - Fish byproducts,
 - calanus,
 - copepods
- Animal:
 - Animal byproducts
 - insect meal
- Plant:
 - GMO
 - Seaweed
- Single cell:
 - Yeast
 - Microalgae
 - bacteria

DHA a partir de vegetales GMO



Insect meal



Tree biomass

1. Tree biomass
2. Mechanical pre-treatment
3. Enzymatic hydrolysis
4. Sugar
5. Fermentation with yeast

Seaweed Animal co-products

Result: Yeast for feed

30 L fermentor at NMBU

Review SCI

Received: 21 June 2016 Revised: 19 August 2016 Accepted article published: 25 August 2016 Published online in Wiley Online Library: (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/food.201600077

Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture

Margareth Øverland¹ and Anders Skrede

(Sci) Food Agric (2016) www.wiley.com © 2016 Society of Chemical Industry

Mat og medisin

Fôringredienser

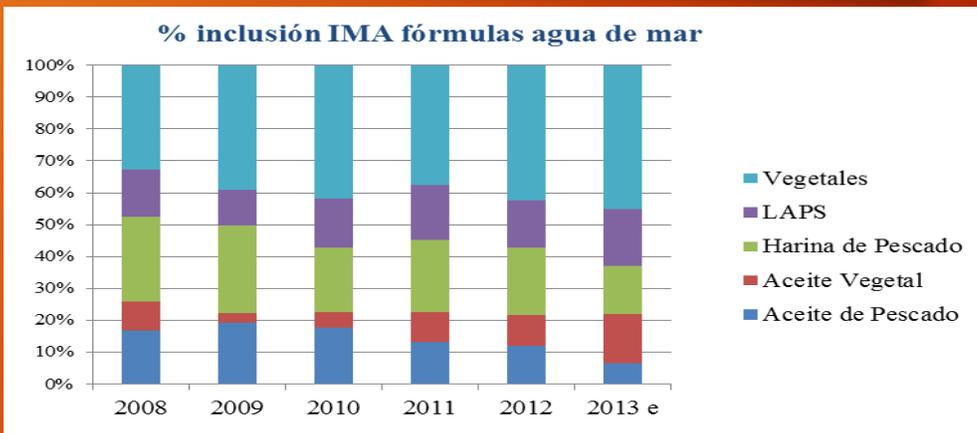
Biokjemikalier og -materialer

Gjødsel

Bioenergi

Figur 2.1. Makroalger, som for eksempel sukkertare, kan dyrkes opp og brukes som råstoff for produksjon av en rekke viktige produkter.

Nutrient sources in Chilean salmon feed (2008 to 2013)



Materias Primas vegetales usadas en las dietas para salmonidos en Chile

<i>Ingrediente</i>	<i>Origen</i>
Soya (Torta, Aceite y SPC)	Brasil/ Argentina/Europe
Lupino	Chile
Torta de Girasol	Argentina
Raps (Torta y aceite)	Chile
Torta de mani	Argentina
Gluten de maíz	USA
Trigo (Harina y Gluten de Trigo)	Chile/USA/ Argentina
Sorgo	Argentina
Avena	Chile
Almidón de mandioca	Paraguay

Materias primas vegetales de origen nacional en la salmonicultura Chilena



• Trigo
240.000 ton/año



• Lupino
2.000 ton/año



• Raps (aceite)
75.000 ton/año

Futuras materias primas a producir en Chile para la salmonicultura local

- Haba
- Arveja
- Girasol
- Maíz
- Quínoa



Composición nutricional de materias primas vegetales usadas en dietas para salmonidos

Ingredient	Fish meal ^a	Protein-rich plant ingredients					Starch-rich plant ingredients				
		Com gluten ^b	Soybean ^c	Sunflower ^d	Lupin ^e	Rapeseed ^f	Pea ^g	Whole bean ^h	Dehulled bean ⁱ	Wheat ^j	Oat ^k
DM	920	918	897	907	901	892	860	866	877	857	872
In DM											
Crude protein	752.2	674.3	500.6	384.8	402.9	371.1	243.0	272.5	296.5	150.5	130.7
Lipid	103.3	92.6	33.4	40.8	92.1	49.3	22.1	21.9	27.4	31.5	95.2
Ash	157.6	16.3	59.1	81.6	27.7	74.0	32.6	34.6	35.3	19.8	20.6
Starch	N.d. ^l	153.6	81.4	N.d.	N.d.	N.d.	523.3	426.1	497.1	658.1	644.5
Dietary fibre	N.a. ^m	49.0	324.4	345.1	370.7	361.0	220.9	244.8	120.9	145.9	119.3
Water soluble fibre	N.a.	N.d.	35.7	14.3	53.3	13.5	19.8	N.d.	N.d.	23.3	49.3
Organic matter	842.4	983.7	940.9	918.4	972.3	926.0	967.4	965.4	964.7	980.2	979.4

conclusiones

- La industria salmonicultora requerirá aumentar en un 30% los volúmenes de materias primas al 2020.
- Países competidores están trabajando en desarrollo de materias primas locales integrando diversos sectores productivos a la cadena de valor de la salmonicultura.
- Mundialmente, existe una tendencia creciente en el desarrollo de materias primas vegetales de alto valor mediante el uso de procesos tecnológicos.
- La producción de nuevas materias primas vegetales para la industria del salmon Chileno debe realizarse en modelos de cooperativa