ANALISIS SOBRE LA MARICULTURA DEL SALMÓN DEL ATLANTICO (*Salmo salar*) EN EL MAR ARGENTINO, EN “JAULAS OFF-SHORE”.

Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

Dra. Laura Luchini (Dirección de Acuicultura), 2016.

Una serie de trabajos de investigación, desarrollados por distintos autores del país y del exterior, señalan a las introducciones de peces de especies exóticas, como las causantes de la pérdida de hábitat y que, en general, son caracterizadas como el segundo y más importante riesgo para el mantenimiento de la biodiversidad de peces en el planeta.

Muchas de estas introducciones pueden causar problemas, tanto en las aguas marinas como en las dulces, pudiendo introducir enfermedades o degradar las comunidades de peces nativos; a través de la competencia y la predación; empobreciéndolas o deteriorando los ecosistemas , etc.

Sin embargo, a pesar de las posibles consecuencias de estas introducciones, la referida especialmente a peces exóticos, sigue siendo una práctica común en todos los continentes (Welcomme,1988).

Por tales razones, al abocarnos a determinar por lo positivo o lo negativo, la maricultura de una especie como el *Salmo salar* para nuestro extenso ambiente marino, se hace necesario analizar no solo los beneficios económicos que seguramente se aportarían para el país (dado principalmente su valor y situación en el mercado internacional); sino también determinar tanto los pro como los contra que la especie podría presentar mediante su cultivo; determinando con mayor claridad, los posibles inconvenientes que representaría su producción, modificando la biodiversidad del sistema.

Los Salmónidos, son los peces más ampliamente diseminados en el mundo por el ser humano. Muchas especies de la familia *Salmonidae*, han sido introducidas con el objeto de pesca deportiva o para aumentar la biodiversidad y en las últimas décadas para ser producidas por medio de cultivo. Particularmente, la trucha marrón, la arco-iris y la de arroyo, constituyen el grupo de estos Peces, los más introducidos, dentro de las 12 especies consideradas en 30 países analizados por Welcomme, en 1992. Las truchas, como la arco iris y la marrón, se consideran las más invasivas; mostrando las más altas tasas de establecimiento en los países donde fueron introducidas.

La estructura geográfica identificada como “Patagonia” posee baja diversidad específica natural y un número de endemismos significativos. La estructura de su fauna íctica ha sido influenciada por varios procesos, incluyendo los geológicos (separación de la Gondwana, crecimiento de los Andes, vulcanismo, etc.); procesos climáticos (glaciaciones y cambios climáticos), interacciones bióticas y actividades humanas (introducción y dispersión de especies en general, cambios en el paisaje, etc., etc.), según Pascual et al, 2007.

De acuerdo con Valette (1924), el objetivo principal para la introducción de peces en Patagonia (según las políticas aplicadas a partir de ese año), fue direccionado al aumento de la biodiversidad de esa fauna íctica, creando pesquerías con especies de alto valor, tanto deportivo como económico, con el objeto de favorecer las economías regionales.

Según Pascual et al., 2012, de las 13 especies introducidas en Patagonia desde 1904, 10 pertenecen a los peces Salmónidos, (varas truchas y salmón “encerrado”) constituyendo el mayor porcentaje de introducciones en el país; puesto que abarcan un ***43% del total de la fauna exótica de agua dulce del mismo.*** Los Salmónidos fueron introducidos a nuestro territorio, a partir de principios del siglo XX en sucesivas oleadas de diferentes especies, con material de huevos embrionados y/o alevinos, de diferentes orígenes (en general, desde Estados Unidos y varias partes de Europa).

Dentro de la región patagónica existen 32 cuencas que fluyen hacia el Océano Atlántico y 11 vertientes del Pacífico; a las que se suman otras 11 cuencas, que son de carácter endorreico (Macchi y Vigliano, 2014).

En la Tabla 1, se observan las introducciones efectuadas entre los años 1904-1910, según Wegrzin, 2005, a través de la antigua "Piscicultura de Bariloche" (perteneciente durante largos años a la Nación). La fauna íctica de la Patagonia, se ha visto influenciada tanto por los procesos naturales, como por la importación de especies exóticas.

El análisis de las introducciones efectuadas entre los años 1904 y 2011 (en 54 cuencas de drenaje), realizado por Macchi y Vigliano, 2014), evidencia que el éxito de las especies introducidas, es principalmente dependiente de las acciones desarrolladas por el hombre, el ambiente, la historia evolutiva y sobre todo por la plasticidad que presentan algunas de ellas; como así también, a las interacciones ecológicas.

Tabla 1: introducciones según Wegrzyn, 2005.

Especies	1904	1904	1905	1906	1908*	1908	1909	1910
C.clupeaformis	1.000.000							
S.fontinalis	102.700		300.500	60.000	75.000		50.000	
S. namaycush	53.000		224.000	80.000	75.000		25.000	50.000
Salmo salar sebago	50.000		30.000	30.000	15.000		15.000	25.000
Salmo salar				25.000				
O.mykiss Steel-head (ANÁDROMA)		20.000				300.000		
O.mykiss NO ANÁDROMA		50.000	92.000	25.000	30.000	50.000	50.000	
O. tshawytscha			100.000	30.000	300.000		200.000	200.000
O.nerka		122.500	104.000		100.000	100.000		

O.kisutch		92.500	90.000	100.000	100.000			
Salmo trutta		6.000						

Según el mismo autor, los Salmónidos constituyen para la pesca deportiva y la acuicultura, un recurso básicamente recreativo y económico, constituyendo una valiosa herramienta de desarrollo para las economías regionales en varios puntos del país (tanto en el norte cordillerano, como en la Patagonia); y su introducción ha tenido y seguirá teniendo, seguramente y por tiempo indeterminado, algún costo ambiental.
Ahora bien, lo que nos interesa desde el punto de vista de la acuicultura, es lo referido al análisis del caso referido específicamente a las producciones de especies de "salmones", tanto en agua dulce como marina. El estudio bibliográfico efectuado, apuntó a un análisis de las poblaciones de estos peces afincadas en el territorio argentino y en especial a las correspondientes al conocido ***Salmón del Atlántico*** (*Salmo salar*) y sus posibilidades de colonización y el establecimiento de sus poblaciones "autosustentables" en el continente o en mar.
En la Tabla ya señalada, se mencionan las introducciones del género *Salmo*, que como puede observarse, figuran con una especie y una subespecie. Esta última, denominada *Salmo salar sebago* o salmón encerrado, fue identificada taxonómicamente como tal, en el año 1853. Sin embargo, la taxonomía ha logrado enormes avances a nivel mundial a partir de los estudios de genética moderna durante el siglo pasado, y de esta forma, por análisis del ADN se confirmó que tanto el *Salmo salar sebago* como el *Salmo salar* constituyen una sola entidad genética (no migrante y migrante, respectivamente, hacia el mar); lo que lleva actualmente a la ciencia a admitir únicamente el taxón *Salmo salar*.
La diferencia entre ellas consiste en que en el caso del *Salmo salar* "encerrado", los individuos se comportan como ***"NO MIGRANTES"***, con un ciclo de vida desarrollado completamente en agua dulce; mientras que también existen individuos de la misma especie que resultan ser ***"MIGRANTES O ANÁDROMOS"***, cumpliendo su ciclo de vida primario en aguas dulces; sufriendo a una determinada talla un proceso fisiológico (llamado esmoltificación), que les permite, migrar y vivir en al mar.
También en Tierra del Fuego, las introducciones del "*Salmo salar*" ***NO MIGRANTE***, fueron consistentes y abarcaron el período de 1932 a 1937. Los alevinos fueron sembrados en varios ambientes lacustres de ese territorio provincial pero, en el año 1976, se importó la especie *Salmo salar* MIGRANTE, para ser sembrada en el mar (en el sitio denominado MOAT). Sin embargo, a través de los años, nunca se detectó su sobrevivencia, por lo cual se determinó como fracasado el intento realizado.
En la Tabla 1, se puede también observar que existieron introducciones de la especie, considerada entonces como "encerrado" durante varios años (1904,1905,1908,1909 y 1910), en agua dulce, todas ellas constituidas por huevos embrionadas, mientras que el *Salmo salar* se introdujo solamente en el año 1906, aunque Macchi y Vigliano, 2007, lo señalan también para otras cuencas. Sin embargo, pese a los esfuerzos realizados, la especie de *Salmo salar*, no prosperó en la Patagonia en varios de los cuerpos de agua

dulce sembrados. Solamente se afincó en un 30,4% de las cuencas continentales y todas estas introducciones correspondieron al "***salmón no migrante***" (ex *Salmo salar sebago*). La misma tabla, muestra especies de salmones que nunca fueron registrados posteriormente en las cuencas donde se sembraron primitivamente; dándose por fracasados los esfuerzos efectuados. En estos casos, todas ellas pertenecieron al género *Onchorhynchus: O. tshawytscha* ; *O. nerka* y *O. kisutch* (denominados "salmones del pacífico"). Por último, en el año 1983, se introdujo desde Japón, el *O. massou*, cuya incubación de huevos no prosperó en las instalaciones del CEAN del Neuquén.

En la historia de las introducciones, estudiadas por varios investigadores de la Universidad Nacional del Comahue (CRUB Bariloche) se determinó que, a partir de la introducción de los Peces Salmónidos más conocidos, como la trucha marrón y la arco iris (entre 1904 y 1936), la primera desplazó al Salmón del Atlántico (**no migrante**), quedando solo restringido éste, a la cuenca del Río Limay (lago Traful y a la cuenca del rio Futaleufú (residiendo primeramente sólo en el lago n° 2 de la misma). Luego del posterior represamiento de ese río (dando origen al embalse de Amutuy-Quimei) y a la formación de un solo lago (de los 4 iniciales) estos salmones se dispersaron; encontrándoselos en otros sitios. Hoy en día, son frecuentes en los lagos Cholila y Rivadavia, sus afluentes y efluentes, dando origen a una pesca deportiva de categoría y gran valor económico regional.

A raíz de los resultados obtenidos en los estudios desarrollados sobre los peces Salmónidos, que abarcaron los lagos Moreno, Gutierrez, Traful, Guillelmo y los embalses de la cuenca del río Limay (Alicurá y Piedra del Aguila) en territorio argentino; se determinó, la incidencia de la trucha marrón (*Salmo trutta*) y la arco-iris (*O.mykiss*), ya que ambas inciden sobre la ***no sustentabilidad*** del *Salmo salar* en las aguas analizadas; debido a la competencia que establecen las dos sobre el alimento disponible. Esto fue comprobado a partir de la introducción de ambas especies en distintos ambientes de agua dulce; mientras en aquellos sitios continentales, donde la biomasa de alimento se mostró alta, no se manifiesta competencia, sino "solapamiento" por el alimento (como en el lago Nahuel Huapi y otros)**.**

Wegrzyn, 2006, menciona que la forma anádroma (**migrante**) del *Salmo salar*, que ingresa con sus adultos desde el mar (desde las aguas chilenas) al agua dulce y migra a los ríos para iniciar nuevamente su ciclo de vida, es de reciente aparición en las aguas argentinas (aguas continentales), a partir de la remonta de los ríos que drenan al Océano Pacífico y se originan en los escapes producidos por los cultivos chilenos. Por ejemplo, se los ha observado en los lagos compartidos con Argentina, como son el Puelo (con poblaciones autosustentadas) y en 3 de sus ríos tributarios y también en el lago Buenos Aires.

El salmón "chinook" (*O. tshawytscha*) ser introdujo en ríos de la vertiente del Pacífico en la provincia del Chubut, con poblaciones que se reproducen (río Pico y el Corcovado en Argentina). Esta especie de Salmón del Pacífico es, con respecto a todas las otras especies cultivadas en Chile, la que con mayor éxito invade los ríos y establece poblaciones; aun cuando ella es la de menor producción en jaulas en el vecino país (menos de un 5%). Más al sur, colonizó las aguas del río Futaleufú (previo a su represamiento en territorio argentino), que es el mayor tributario del río Yelcho chileno.

Las especies de Peces Salmónidos introducidas en Argentina, mostraron diferentes grados de éxito. Ocho (8) de ellas se adaptaron rápidamente prosperando, mientras que otras se

establecieron con éxito reciente, a través de introgresiones desde Chile (Correa y Gross, 2007).
Estos últimos autores, documentaron la introducción del Salmón del Pacífico o "chinook" en el Sur de Sudamérica, ingresando al territorio Argentino (50°S), desde el Océano Atlántico al río Santa Cruz en su afluente Catarina. Aparentemente, estos Salmones del Pacífico, comenzaron su dispersión hace aproximadamente unos 25 años desde Chile, a raíz de operaciones de "ranching" y posteriormente, de jaulas para cultivo, efectuadas con ejemplares originarios del bajo río Columbia, en USA (1978-1989); y sus escapes resultaron potencialmente negativos en los ecosistemas nativos; especialmente incidiendo sobre las cadenas alimentarias existentes (son piscívoros), con la posibilidad de transmisión de enfermedades y especialmente en la modificación del ciclo de los nutrientes en el agua dulce. Aunque su instalación en el territorio argentino, puede ser interesante desde un punto de vista económico, los costos sobre la biodiversidad y el medio ambiente deben ser tomados en consideración. Una vez reproducidos, las hembras y machos de esta especie de salmón mueren, pero sus juveniles ya nacidos, migran posteriormente al Océano Atlántico. En Argentina su identificación genética mostró que la población del rio Santa Cruz (Ciancio et al., 2005) provenía de los ranching efectuados en la zona de la Región chilena de Magallanes (1982-1989). Posteriormente en el 2010, Fernandez y Ciancio, recibieron en el 2007, información originada en el Parque Nacional de Tierra del Fuego (al Oeste de la porción argentina de esta provincia, sobe el límite con territorio chileno), acerca de la presencia de grandes desoves de salmones en Tierra del Fuego, que resultaron ser de la especie "chinook" y que fueron detectados en los ríos Ovando y Lapataia (que fluyen durante 3 km desde el lago Roca hasta el Beagle) y que drenan el agua del lago Roca (binacional) hacia el Canal de Beagle. Dos de estos peces se capturaron deportivamente en el río Lapataia, concluyéndose que se trataban de salomones "chinook". Los estudios para relacionar estos stocks del Ovando-Lapataia, con los ingresados en el Río Catarina (afluente del Santa Cruz), mostraron provenir de diferentes fuentes parentales. Los investigadores determinaron además, la predación de ellos sobre numerosas especies de peces y otros organismos acuáticos del Canal y que además, pueden ser potenciales competidores de pinguinos y mamíferos marinos; y a su vez, son predados por los lobos marinos. La expansión de la distribución de esta especie en el Canal, puede afianzarse debido a que existen al menos otros siete ríos de tamaño medio, susceptibles de ser colonizados por este salmón en la parte argentina del Canal, así como también en ríos de la parte chilena. .Esta es la única especie de salmón que tiene alto potencial de expansión en la región, aunque en el 2007, también fue capturado salmón coho en el río Lapataia. Según los investigadores argentinos, a medida que la acuicultura avanza hacia el sur de la Patagonia por el Pacífico, se pueden anticipar los potenciales efectos que se producirían sobre los ecosistemas, tanto sea en agua dulce como marina; ya que no existe distrito de nuestra Patagonia que no pudiera ser colonizado por los salmones anádromos y ello dependerá de las características de cada una de ellos.
Chile abandonó a principios de la década de 1990 el ranching de salmones, volcándose enteramente a la producción de varias de las especies de estos peces en sistemas de jaulas (Salmón del Atlántico, trucha arco-iris y salmón coho, y en menor cantidad salmón chinook) y formó con ellas su gran industria actual, la segunda en el mundo.
La piscicultura de los Salmónidos fue iniciada en Chile en 1979. En el 2003, ya se había convertido en el segundo productor después de Noruega, cosechando medio millón de

TN de estos peces de cultivo, lo que significó un 22% de las exportaciones pesqueras del país por peso y 51% (U$S 1.147 millones) en valor; igualando cerca del 6% del total de las exportaciones del país (Banco Mundial, *Rayan y* otros).
Desde 1980 hasta la mitad de la década de 1990, la producción se expandió, incluyendo al salmón coho en cultivo y a la introducción más rápida aún,del Salmón del Atlántico y de la trucha arco-iris.
Al comienzo de los ´90 con el mejoramiento de las tecnologías, se contribuyó al aumento de los niveles de producción de los salmones de cultivo en las Regiones X, XI y XII. Claramente, hubo entonces un reemplazo de los peces silvestres por los de cultivo (2002).
Chile, ofreció seguridad jurídica a los inversores extranjeros, permitiendo que entraran con sus tecnologías y prácticas (Rayan y otros, web.).
Desde mediados de los años ´70, los cultivos de Salmónidos en el vecino país, poseen una amplia producción de estos peces (trucha marrón, trucha arco-iris y luego, salmón del Atlántico, salmón coho y salmon chinook); mientras que la mayor producción corresponde actualmente al Salmón del Atlántico que es la especie de mayor crecimiento. Chile es considerado, como el segundo productor mundial detrás de Noruega, en referencia a esta especie y el primero a nivel mundial, en cuanto a producción de Peces Salmónidos en general.
Los escapes de Salmón del Atlántico y de otros salmones en Chile, han sido muchas veces informados o estimados, después de la producción de grandes eventos catastróficos.
En los años 1994 y 1995, luego de fuertes tormentas, se perdió una biomasa de millones de individuos de trucha arco-iris, salmón del Atlántico y salmón coho. A raíz de ello, Soto y otros, en 2001, realizaron estudios sobre el comportamiento de los peces originados en estos “escapes”; determinando si los animales (cerca de 1,5 M de peces, que constituían un 57 % del total estimado de los escapes al momento), podían convertirse en poblaciones “autosustentables”, una vez libres en el mar y además, investigaron la predación ejercida sobre los peces marinos autóctonos.
Se procedió entonces, a determinar la biomasa perdida en el ambiente marino en la X Región y en la XI (Aysen), y según lo determinado por las capturas efectuadas, se obtuvieron: 2602 individuos de salmón “coho”, 984 de trucha “arco-iris” y 271 de “salmón del Atlántico”. La captura de las tres especies disminuyó a través del tiempo del estudio y ya para 1996 se capturaba menos del 10%. Para el año 2000, los Salmónidos habían desaparecido debido a una alta mortalidad (en referencia a su biomasa inicial). Solamente quedaban en la remota región XI, donde no existía prácticamente pesca artesanal, por lo que la presión de pesca fue menor y solo el salmón coho en esta región, tuvo mayores chances de formar poblaciones silvestres.
Las tres especies de Peces Salmónidos, presentan similitudes en cuanto a su alimentación en el medio silvestre y el estudio demostró que todos ellos ingerían material de descarte del alimento de las jaulas de cultivo: el ***Salmón del Atlántico*** mostró preferencia por el balanceado. Sobre 189 estómagos analizados de la especie, producto de los escapes, se cuantificó un 42,3 % de estómagos vacíos y por otra parte, estos individuos eran genéticamente modificados para evitar su maduración (Soto, 2001, suponiendo que se trató de individuos “triploides”.
El análisis de la cadena alimentaria, mostró que, mientras la trucha arco-iris predaba sobre crustáceos, el salmón coho, fue el único que ingería peces autóctonos en variedad y cantidad (merluza, caballa austral, anchoita, sardina y alta cantidad de pejerrey);

indicando una alimentación marina, netamente pelágica. Los datos obtenidos fueron confrontados con aquellos de las propias pisciculturas que sufrieron las pérdidas y con los originados en las empresas aseguradoras.
Para efectuar un manejo que evitara la colonización y su naturalización en las aguas del sur de Chile debido a estos Salmónidos provenientes de escapes, se propuso el aumento de la presión de la pesca artesanal local en las regiones afectadas; considerándose como la mejor y más eficiente forma de remover los escapes individuales y reducir la chance de que sus poblaciones se volvieran auto-sustentables (lo mismo sugieren los investigadores de la Columbia Británica en Canadá con respecto a sus escapes).
En otro trabajo de investigación, realizado por Soto y otros autores, 2006, se evaluó la distribución para entonces, de los Salmónidos y sus potenciales efectos sobre los peces nativos en cuencas de agua dulce. Este estudio fue realizado en 11 lagos y 105 arroyos, abarcando un total de 13 cuencas hidrográficas principales en el sur de ese país (39 a 52° Lat.Sur). En total, la trucha arco-iris y la trucha marrón abarcaron más de un 60% de la abundancia y más del 80% de la biomasa, mientras que el 40% de los arroyos no presentaron peces nativos.
Los salmones introducidos (coho, salar y chinook) solo se presentaron en aquellos lagos donde hubo entonces, pisciculturas establecidas, y no mostraron reproducirse en los afluentes que fueron muestreados (los andinos, del valle central y los de rango costero). Se encontró que la trucha arco-iris era la más restringida en los afluentes andinos con altas descargas de agua, la marrón se dispersaba mucho más y no existía relación alguna con los atributos mensurables. La abundancia de peces nativos fue mayor en los lagos que en los arroyos y la mayor biodiversidad se encontró entones, en los arroyos del valle central (peces Galáxidos y otras especies). Se presume que los impactos sobre los peces nativos, debido a los Salmónidos, son de alcance negativo, así como la conservación de la biodiversidad en los arroyos del valle central; lejos de áreas protegidas o de parques nacionales y en aquellas sumamente expuestas a perturbaciones humanas, donde representan un gran desafío. La propuesta de los autores fue la de ejercer una fuerte presión por pesca deportiva sobre las truchas de estos arroyos.
Los smolts de salmones (más del 70%) fueron cultivados durante varios años en determinados lagos de Chile y en todos ellos se produjeron escapes importantes (salmón del Atlántico, salmón coho, etc.) según Soto et al.,2006. El Salmón del Atlántico estuvo presente en todos los cuerpos de agua estudiados y además de los escapes producidos, se produjeron siembras intencionales. La mayor información de abundancia de esta especie, fue encontrada en el lago Rupanco (35% de captura). Sin embargo, los animales presentaban en general, bajas condiciones nutricionales, sugiriendo que el alimento disponible era pobre. No existen informes de que se hayan producidos retornos reproductivos en estas cuencas y ríos, de la especie *Salmo salar*. Las especies más abundantes fueron, por el contrario, la trucha arco-iris y la marrón; que según diversos autores, las han señalado como inhibidoras del establecimiento del Salmón del Atlántico.
Según Niklitschek et al. (2006) sugieren que los cultivos de salmones en jaulas, pueden ocasionar escapes, de entre 1 y 2%, lo que significa 2-3 peces por cada TN producida, aunque estos datos son especulativos. Posteriormente en Chile, en abril del 2007, se produjo en Aysen (región XI, un violento terremoto, que generó un tsunami). Las 14 granjas establecidas en esa región mantenían unos 14 millones de peces en encierro. El evento causó grandes pérdidas y se calculó que al menos, 5 millones de peces habían

escapado. Esta circunstancia de escapes no es habitual y los mismos son imposibles de predecir, no pudiendo manejarse por alguna tecnología actualmente existente.
El Salmón del Atlántico ha crecido en el mundo, dando origen a una gran industria a nivel mundial, más allá del rango nativo de la especie. En el 2016, el Global Aquaculture, mencionaba que se produjeron 2,17 Millones de TN. Noruega, Chile, Escocia y Canadá, son los mayores productores y un número de factores ambientales contribuyeron y contribuyen, al crecimiento fenomenal de dichas industrias. La tendencia progresiva de producción para el Salmón del Atlántico en especial, es de 2,27 M de TN para el año 2017 (Global Aquaculture, 2016),
El ***"Grupo Técnico sobre Escapes de Salmón"*** comisionado por el ***"Salmon Aquaculture Dialogue",*** a nivel mundial, trató de examinar y evaluar los siguientes items (Thorstad et al, 2008):

- revisar el estado de la investigación en ese momento y el entendimiento de los resultados;
- identificar conclusiones significativas o resultados de investigaciones pasadas y
- documentar sobre la existencia de conocimientos específicos y el vacío de investigación, junto a la necesidad de efectuar esta última.

En cada uno de los países con mayor producción, se produjeron informes respecto de "escapes" de pisciculturas de diferentes especies (incluido el Salmón del Atlántico) y el monitoreo de estos en el ambiente natural. Como los escapes son habituales, cada país ha establecido una rutina para informar sobre los más importantes, originados desde las jaulas marinas, pero se asiste a una magnitud que no es informada, al igual que los escapes originados en las hatcheries de agua dulce que, en general, son muy pobres. Los efectos negativos de los escapes del salmón de cultivo sobre los salmones autóctonos (Hemisferio Norte) o donde ellos fueron importados (caso de Chile) han sido bien documentados en dichos países.
En el caso del Hemisferio Norte, de donde los salmónidos son originarios, se producen impactos ecológicos de interacciones y también modificaciones genéticas por hibridación (existiendo también acciones neutras). El resultado sobre los silvestres en dicha Hemisferio, es que se ha notado una disminución de estos socks, referidos a su producción en las últimas dos generaciones.
Es de notar, que en dicho Hemisferio, la especie migradora del Salmo salar, es afectada por la pesca indiscriminada de los pesqueros en alta mar, antes de su regreso a los ríos para su reproducción y ciclo primario. En el Hemisferio Sur (por ej. en Argentina), empresas pesqueras como Harengus y Pespasa (Ciancio y otros, 2005), y más recientemente, Iberconsa (Hernandez, com. personal), capturaron en oportunidades los salmones chinook). También en Chile, los barcos pesqueros han informado sobre capturas del chinook, ya que esta especie es capturada a profundidad en aguas oceánicas abiertas, puesto que su retorno a los ríos de origen, se produce vía aguas marinas profundas, no costeras (por lo que no es capturada por los pescadores artesanales costeros).
Cerca de más de 1/3 de las poblaciones mundiales del *Salmo salar* se producen en países donde la especie es exótica y ***su desove no ha sido documentado ni en Chile, ni en***

Tasmania (Australia). El salmón del Atlántico es un "pobre colonizador fuera de su rango nativo" como expresan tanto investigadores chilenos, como de otros países que han importado la especie; a lo que se suman los datos provenientes del Hemisferio Norte, donde también se asevera lo mismo para el salmón salar de cultivo.

La perspectiva de que puedan establecerse poblaciones de esta especie es muy baja, aunque la posibilidad no puede ser descartada. No sucede lo mismo con el salmón chinook, que es muy adaptable a diferentes condiciones (especie muy plástica) y que se ha expandido tanto en Chile como en Argentina, con producciones auto-sustentadas (New Zeland, también). Los miembros del team que estudió el caso a nivel mundial, recomendaron entonces:

1) desarrollar tecnologías y esfuerzos para prevenir los escapes y

2) tratar de reducir los impactos, una vez generados los mismos.

Según Macchi et al, 2014, a pesar del considerable esfuerzo aplicado en la introducción del *Salmo salar* (**no migrante**) en numerosos cuerpos de agua dulce, el éxito fue relativo, habiéndose informado que, solo en 7 de los 23 casos en donde fue introducida la especie, ésta se instaló. El bajo éxito de esta especie en la patagonia argentina, puede atribuirse a varias causas. Valiente et al, 2010, mencionan por su parte que, la introducción de la trucha marrón en agua dulce en Patagonia, tiende a desplazar a este salmón.

Un estudio interesante, fue el producido por investigadores de Alaska. En el mismo, se trató el tema de evitar la "invasión" del Salmón del Atlántico a este territorio, ya que la especie es producida en el Océano Pacífico (de la cual es exótica) por grandes empresas (en British Columbia y Washington). Esos cultivos, producen innumerables escapes, debidos en general, al transporte de los juveniles hacia las jaulas, sumado a los eventos de fuertes tormentas, que se producen en dicho Océano.

El resumen de este trabajo señala que hasta el año 2012, aparentemente, la especie no había entrado a las aguas de Alaska, aunque los investigadores señalaban que este territorio posee pocos pescadores e inclusive técnicos, que puedan reconocer a la especie, especialmente tratándose de pequeños juveniles***. La creencia general, es que aquellos salmones originados en escapes de las producciones de Estados Unidos y Canadá, quedan en las aguas oceánicas; debido a la poca capacidad de este salmón para colonizar nuevos sitios, fuera de su rango nativo; aunque al no conocerse la ruta que toman, y no estar marcados los peces (una sola empresa lo hace), es difícil detectarlos y se necesitarían mayores estudios.***

La BC Salmon Farmers de Canadá, realizó un estudio referido a la detección de evidencia, analizando la bibliografía sobre el Impacto Medio Ambiental de las jaulas de cultivo de Salmón del Atlántico, versus otras fuentes de proteína. Debido a que el 90 % de los cultivos en BC pertenecen al Salmón del Atlántico, el trabajo está enfocado en esta especie en particular. Sin embargo, la Salmon Farmers cultiva también, con Certificación Orgánica, al salmón chinook, la steelhead, el salmón coho y el sablefish.

Resumen de los resultados de los estudios efectuados en BC::

- ***Energía empleada***: cerca el 90% de la energía acumulada utilizada en las jaulas de cultivo del Salmón del Atlántico, es destinada al alimento. En promedio, la evidencia indica que la intensa energía del ciclo de vida para el cultivo del salmón, es mayor que la de los bovinos;

- ***Emisión de Gases***: las emisiones de gases para los salmones de la BC, es más baja que las de bovinos, pollos y cerdo;
- ***Potencial de Eutroficación:*** la evidencia sugiere que las jaulas del cultivo del Salmón del Atlántico, son menores en cuanto a eutroficación que la cría de bovinos, y por otra parte la eutroficación en el mar, significa mayor clorofila (producción de fitoplancton) como alimento en la cadena alimentaria (para otros animales marinos).
- ***Uso del agua***: las jaulas de cultivo de este salmón, fueron consideradas consistentemente más bajas en el uso de agua, que otros tipos de cría en granjas de animales terrestres; utilizando solamente una pequeña fracción de ésta, comparado con otras especies.
- ***Uso de la tierra***: cerca del 90% de la tierra empleada para el cultivo del salmón está destinada a la producción de alimento (granos de varios cereales). En promedio, los estudios han mostrado que la producción de alimento balanceado empleado por la BC en el cultivo del salmón, requiere mucho menos uso de tierra que la mayoría de las otras especies. También se emplea la tierra para la construcción de hatcheries de producción de alevinos. En promedio (Weltch et al., 2010) el cultivo del Salmón del Atlántico, emplea 6 m^2 por kilo de animal, comparado con los cerca de 12 m^2 por kilo utilizados para bovinos.

Comparando por precios los "costos" medioambientales, de los cultivos del Salmón del Atlántico, muestran resultados de 0,59 U$S/kg en los cultivos de BC; 0,73U$S/kg para pollos (24% más alto que en el cultivo del salmón). El cerdo (1,04 U$S/kg) es de un 76% más alto, y los bovinos (3,45 U$S/kg) es 486 % más alto que los cultivos de salmón en BC.

Basado en bibliografía y comparando todos los datos existentes, pareciera ser que la "huella de impacto ambiental" en los cultivos del Salmón del Atlántico en la BC, es comparable con la de Noruega y mucho mejor que la de UK y Chile. Las emisiones de gases parecieran ser un poco más altas que en Noruega, pero menores que en UK y que en Chile, al igual que el potencial de eutroficación.

Factor de Conversión Alimentaria (FCR):

Otro elemento clave en la determinación de sustentabilidad de este sistema de producción animal (como en los peces, pollos, cerdos y producción de carne vacuna), es el FCR, que mide la eficiencia de la producción de un alimento en términos de la cantidad de éste, que un animal requiere para ganar un kilo en peso del cuerpo. Para el Salmón del Atlántico de cultivo en BC, el promedio del FCR es de 1,2:1 Ello significa que se necesitan 1,2 kilos de alimento para producir 1 kg de salmón. Este FCR en los cultivos de BC, disminuyeron enormemente desde otras décadas anteriores, y es significativamente menor que el de otros cultivos como fuentes de proteína: 1,7 a 1,9:1 en el caso del pollo; 2,8 a 2,9: 1 en el del cerdo y 6,1 a 9,1 en el de los bovinos.

Figura 1: impactos medioambientales estimados por kilo de Salmón del Atlántico, cultivado en BC. comparados con animales terrestres (pollo, carne vacuna y cerdo).

Estimated environmental Impacts per Kg of B.C. Farmed- Rised Salmon and Livestock

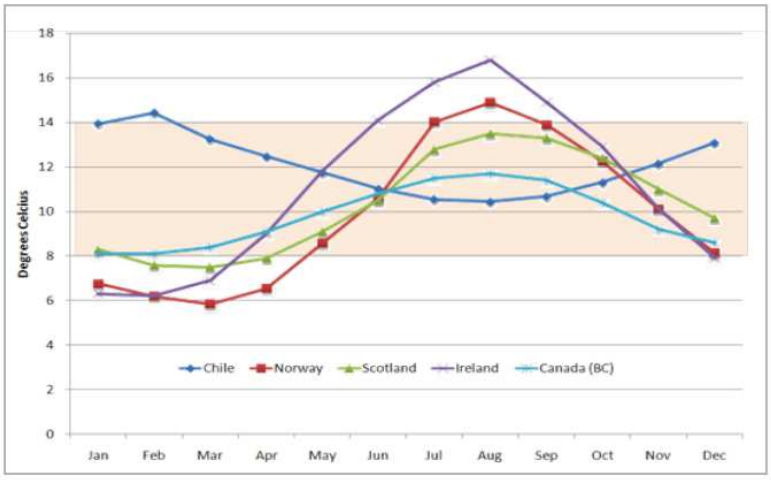
	Energy (Mj)	Greenhouse Gases (Kg CO_2 eq)	Eutrophication (g of PO_4-eq)	Water (litres)	Land(m_2)
B.C. Salmon	31.7	2.2	47.4	1,400	4.3
Beef	44.8	37.2	55.0	15,400	68.3
Poultry	23.1	5.1	5.0	4,300	9.9
Pork	23.6	6.4	12.7	6,000	11.5

Harina y aceites de pescado en los alimentos para Salmón del Atlántico:
Otro de los aspectos del cultivo del Salmón del Atlántico, es la cantidad de harina y aceites de pescado, provenientes de los peces silvestres que se emplean en el alimento a ofrecer. Desde 1990, la tasa de proteína marina utilizada para producir 1 kilo de proteína de salmón, disminuyó desde 3,8 kilos de harina y 2,8 kg de aceite de pescado, hasta alcanzar solo ***0,7 kg de harina y 0,5 kg de aceite de pescado***. Otras medidas de determinación de estas tasas (más rigurosas), muestran también que en los cultivos de la BC, se redujo mucho el uso de estas fuentes proteicas.
Las medidas de eficiencia nutricional, muestran que en el cultivo del Salmón del Atlántico de la BC, los animales son más eficientes convertidores de alimento en carne, que otros provenientes de animales más ampliamente consumidos, y que el uso de la harina y los aceites de pescado en los alimentos, comenzaron a ser más y más sustentables. Durante los últimos 20 años, los productores de salmón han ido substituyendo la materia prima marina, por materia prima vegetal, que produce los mismos beneficios de salud y calidad en el salmón de cultivo. Este cambio en la composición de la dieta ha ido reduciendo la dependencia del forraje proveniente de pescado marino. En recientes avances de investigación, las nuevas alternativas en cuestión de materia prima para incluir en los alimentos, han llevado a las compañías de producción de estos, a desarrollar para el salmón, formulaciones alimentarias que son completamente libres de harina de pescado, siempre que éstas produzcan respuestas iguales en términos de crecimiento y sanidad de los peces.
El cultivo del salmón, un muy eficiente alimento proteico:
Comparado con los animales terrestres, los salmones originados en cultivo, son un muy eficiente alimento proteico, debido a los siguientes factores:

- El salmón es un animal de “sangre fría”, por lo que no gasta energía, manteniendo una temperatura constante. No debe nadar en contra de fuertes corrientes o gastar biomasa para su reproducción como los salmones de su especie u otros peces. Los salmones de cultivo, son los más eficientes de todos los restantes animales de cría comercial;
- La temperatura del agua es una de las ventajas competitivas más importantes, que la BC ha comparado con otras regiones donde se lo cultiva en el mundo. La Figura 2, compara el promedio de temperaturas del agua para los mayores cultivos regionales de Salmón del Atlántico en el 2014. En BC, las temperaturas del ambiente marino mostraron ser más óptimas que en otras regiones, abarcando

desde 8° hasta por encima de 12° durante el curso de ese mismo año. En el 2015 el promedio abarcó entre 8° y 13,8°C, que está dentro del rango óptimo para estos peces.

Figura 2: promedio de temperaturas marinas en las Regiones con mayores cultivos de Salmón del Atlántico (BC. Salmon Farmers, 2016.



Comparado con otros animales terrestres, el Salmón del Atlántico de cultivo, es una muy buena fuente de alimento proteico, debido en parte a lo siguiente:

- Los peces, poseen un peso menor cuando están en el agua, no gastando energía en caminar y por otra parte no poseen un pesado esqueleto. Asimismo, tampoco se reproducen dentro de las jaulas, por lo que en conclusión, son los animales más eficientes de todos los cultivados comercialmente.
- Los Salmones del Atlántico depositan mucha de su grasa en el músculo, comparado con otros peces que la depositan en el hígado. El procesado (desangrado y eviscerado) varía entre 86 y 92% y el relativo poco peso de su esqueleto, es menor que el de los cerdos, pollos o el ganado.
- El salmón cultivado desde el punto de vista de alimento, posee un alto contenido de proteína de alta calidad, altamente digestible y es más eficiente en la utilización de la proteína del alimento asimilado, comparado con los animales de cría terrestre. La retención de proteína, medida como su utilización, es tan alta como 45, mientras que en el pollo y el cerdo, ésta mide entre 13 y 18 %, respectivamente. Estos y otros factores, como el de la Conversión Alimentaria (FCR), contribuyen a las ventajas de este Salmón cultivado, sobre otras fuentes de alimentos proteicos, en términos de impacto ambiental.

Biodiversidad:
La acuicultura posee un conjunto de impactos sobre la biodiversidad. Un número de estudios han mencionado que esta actividad puede producir impactos beneficiosos sobre los peces pelágicos que rodean las jaulas de cultivo, pero producen impactos negativos sobre la fauna bentónica (este hecho no se produce con mayor intensidad, tratándose de jaulas instaladas off-shore en el mar). Los impactos positivos y negativos (según Diana, 2010) de la acuicultura, se pueden resumir en los siguientes aspectos, en lo referido a los cultivos del Salmón del Atlántico de la BC:

Negativos:

- Escapes y alteración genética de los stocks silvestres (en el Mar Argentino no existen stocks silvestres de salmón del Atlántico);
- Efectos de los efluentes sobre la calidad del agua, particularmente en los sistemas de agua dulce, no así en los marinos;
- Ineficiente uso de los recursos (especialmente referido al empleo de la harina y el aceite de pescado en la acuicultura general). En el caso del Salmón del Atlántico, estos insumos marinos se han reducido enormemente.

Positivos:

- Reducen la presión sobre las poblaciones silvestres marinas (producidas por acción de las pesquerías);
- La acuicultura puede ser utilizada en el caso de desaparición de poblaciones silvestres
- Los efluentes y los desechos originados en las jaulas de cultivo, pueden lograr aumentar localmente las poblaciones silvestres de ciertas especies.

El Futuro de la Acuicultura en General:
El trabajo del Instituto de Recursos Mundiales (2014), predijo que la acuicultura podría aún duplicarse en el 2050, frente a los niveles del 2010. Sin embargo, la tendencia hacia el reemplazo de los ingredientes básicos de pescado, con producciones basadas en ingredientes para especies de salmón – sin considerar otras tendencias del uso de recursos por la acuicultura – podrían resultar en una alto potencial de eutroficación y en el uso indirecto de la tierra; por reducción del agua dulce empleada y reducción de las emisiones de gases.
Dicho esto, un número de otras tendencias en el uso de los recursos por la actividad acuícola, podrían reducir el impacto sobre el ambiente, incluyendo:

- Mejoramiento de la eficiencia en el uso de los insumos empleados;
- Abastecimiento de otras fuentes de energía;
- Adopción de mejores prácticas; y
- Reemplazo de los ingredientes con base en pescado (harinas y aceites), por ingredientes basados en producciones vegetales.

Con todos estos antecedentes y de esta forma, la industria del cultivo del salmón del Atlántico, seguirá siendo económicamente viable por muchos años.

Finalmente, en la reciente "***Conferencia de las partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica"*** (XI Reunión, 2016) realizada en Cancún-México, se especificó que ***"los beneficios de la agricultura, la silvicultura y la pesca para la conservación de la diversidad biológica, pueden tener una importancia que trasciende a la diversidad biológica misma, para la alimentación".***

BIBLOGRAFÍA CONSULTADA:

BC Salmon Farmers Association, 2016. Comparing the environmental Footprint of B.C.´s Farmer-Raised Salmon to Other Food Protein Sources. *Prepared for RIAS INC. Ottawa,Ontario,Canadá. 23 pag.*

Correa,C. y M. Gross, 2007. Chinook salmon invades South America. *Bio.Invasions,*10: 615-639.

Ciancio, J. et al., 2005. Natural colonization and establishment of a chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), population in the Santa Cruz River in Atlantic Basin of Patagonia. *Environmental Biology of Fishes*, 74:219-227.

D. Frnandez, J.Ciancio y otros, 2010. Chinook salmon (*Onorhynchus tshawytscha*, Walbaum 1792) in the Beagle Channel, Tierra del Fuego: the onset of an invasion. *Biol.Invasion, 12*:2991-2997.,

Global Aquaculture, 2016. http://advocate.gaalliance.org/global-farmed-finfish-production-outlook-slower-paced-growth/

Juncos, R et al., 2011. Response of rainbow trout for different food web structures in Patagonia : Implications for growth , bioenergetics, and invasiveness. *T. Am. Fish Soc.*, 140:4156-428.

P. Macchi; V. Cusssac; M. Alonso y M. Denegri, 1999.Predation relationship between introduced salmonids and the native fish fauna in lakes and reservoirs in northern Patagonia. *Ecol. Freshwat. Fish, 8*: 227-236 pp. 140: 415-428.

P. Macchi y P. Vigliano, 2014. Salmonid introductions in Patagonia: the ghost of past, present and future management. *Ecología Austral*, 24: 162-172 pp.

R.Naylor et al., 2005. Fugitive Salmón: Assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *BioSience*, Vol. 55,5: 427-437.

R.O´ Rayan; M. Niklitschek, E. Nikitschek, A. Ulloa and N.Gligo, Circa 2007.Trade liberalization, rural poverty and the environment: a case study of the forest and salmon sectors in Chile in Vulnerable Places, Vulnerable People. *Ed. J. Cook_O.Cylke;D.Larsonand J.Nash. A Co-publication of The World Bank, WWF and E.Elgar,-Northampton,MA,USA: 41 pp.*

M. Pascual et al.,2009. Scale, connectivity, and incentives in the introduction and management of non-native species: the case of exotic salmonids in Patagonia. Front. *Ecol.Environ.,7*: 533-540.

J. Pïccolo y E. Orlikowskqa, 2012. A biological risk assessment for an Altantic Salmon (Salmo salar) invasion in Alaskan waters. *Biol. Invasions*, 7 (2): 259-270.

C. Riva Rossi; M. Pascual; E. Aedo Marchant; N.Basso; J.Ciancio; B.Mezga et al., 2012 The invasion of Patagonia by Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Inferances from mitochondrial DNA patterns. *Genetica*, 240: 439-453.

Soto, D.; F.Jara y C.Moreno, 2001. Escaped Salmon in the inner seas, Southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications,*11: 1750-1762.pp.

Soto, R y A. Torche, 2004. Spatial Inequality, Migration, and Economic Growth in Chile. *IEUC, Documento de Trabajo*, N° 274: 27 pp.

Soto, D.; I. Arismendi; J. Gonzalez; J. Sanzana ; F. Jara, C. Jara, E. Guzman y A. Lara, 2006. Sur de Chile, país de truchas y salmones: patrones de invasión y amenazas para las especies nativas . *Rev. Chilena de Historia Natural*,, Vol. 1: 97-117.
B.Thorstad; I.A. Fleming; P. McGinnty; D. Soto; D.Wennevik and F. Whoriskey, 2008. Incidence and impacts of scaped farmed Atlantic Salmon , *Salmo salar*, in nature. *NINA Special Report*, 36: 110 pp.
Valiente et al., 2010. Not all lineages are equally invasive genetic origin and life-history in atlantic salmon and brown trout acclimated to the Southern Hemisphere. *Biol. Invasions*, 12: 3485-3495.
Wegrzyn, D. y S. Ortubey, 2005. Salmónidos en Patagonia. Volumen I, 164 pp.
Wegrzyn, D. y S. Ortubey, 2006. Salmónidos en Patagonia. Volumen II, 370 pp.