

Propuesta de des-primarización en el procesamiento del langostino del Golfo San Jorge

Lladser, Nora Lucía¹; Becerra Vargas, Andrea Anabel¹; Rost, Enrique¹; Crettón, Martina²; MazzucaSobczuk, Tania³; Mazzuca Marcia²

¹Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ingeniería lucialladser@hotmail.com; ²Facultad de Ciencias Naturales, mazzucam@unpata.edu.ar. Ruta Prov. 1 Km.4, (9000) Comodoro Rivadavia, Chubut. ³ Universidad de Almería, Crta. de Sacramento S/N, (04120) Almería, España), tmazzuca@ual.es.

RESUMEN

El presente trabajo propone dar solución a un problema ambiental y encontrar una actividad con rentabilidad social y económica para la región patagónica. En los últimos años, existe un aumento considerable de la actividad pesquera en la Argentina y en ésta, el litoral patagónico tiene un gran protagonismo. La captura del langostino (*Pleoticus muelleri*) tiene un crecimiento sostenido desde el 2005 (captura de aprox. 10.000 Ton) hasta la actualidad (93.550 Ton en 2013).

El pelado del langostino genera una gran cantidad de residuos, compuestos por caparazones y vísceras, con consecuencias ambientales negativas en donde se produce [1]. La astaxantina es un pigmento presente en los caparazones de langostino considerado esencial para el crecimiento en los peces [2]. Se la utiliza para colorear las carnes en acuicultura, administrándose como complemento dietario principalmente a los salmónidos. El mercado mundial de astaxantina está cubierto en gran medida por pigmentos sintéticos de alto valor comercial. Sin embargo, la demanda para el uso de astaxantina natural está creciendo [2]. El rendimiento en astaxantina es aproximadamente de 14 mg por cada 100 g de residuo seco.

El objetivo del presente trabajo es indagar sobre el aprovechamiento integral del residuo, extrayendo la astaxantina para generar un producto de mayor valor agregado. Se estudia el mercado actual y potencial del producto, la disponibilidad de los insumos (residuos) y se cuantifica la materia prima disponible. Así, en un trabajo posterior, se podrá determinar la factibilidad técnica, económica y financiera del proceso. El proceso metodológico es cuantitativo. Se trabaja con información documental y de campo. El alcance de la investigación es descriptivo y explicativo.

El desafío se presenta como otra opción de aprovechamiento de recursos naturales, basado en la des-primarización de las economías y en la incorporación de conocimiento local agregado en las exportaciones.

Palabras clave: astaxantina, langostino, *Pleoticus muelleri*, Patagonia.

1. Introducción

El langostino es un crustáceo decápodo de tamaño variable. Su cuerpo es algo encorvado y está dividido en dos partes: cefalotórax y abdomen, comercialmente conocidos como cabeza y cola, respectivamente. Es excepcionalmente nutritivo y solo la cola del animal es comestible;

lo restante, cáscaras, gónadas y hepatopáncreas, es desechado en basureros municipales, convirtiéndose en una fuente de contaminación, ocasionando serios problemas ecológicos debido a su fácil descomposición bacteriana. Es por esto que existe la necesidad de encontrar alternativas que permitan reutilizar estos residuos para generar productos de valor comercial y disminuir la contaminación ambiental. En la Argentina en general, parte de los desechos provenientes de la actividad pesquera se utilizan principalmente para la elaboración de harina y aceite de pescado para consumo animal; en el caso de incluir en éstos el residuo de los crustáceos, se desaprovecharía la oportunidad de des-primarizar la actividad, ya que se puede incorporar mayor valor agregado al obtener productos tales como quitina, pigmentos (entre ellos la astaxantina) y otras sustancias ricas en valor nutritivo.

Una alternativa viable para la utilización de los residuos de Langostino es la fermentación láctica, de la que se obtienen tres bioproductos principales: una fase sólida (quitina), una fase líquida (proteínas, minerales y aminoácidos libres) y una fase lipídica (lípidos y astaxantina).

El uso de los pigmentos en la industria es muy amplio y los mercados potenciales para el producto de interés están localizados en la acuicultura, específicamente para el cultivo de artemia, tilapia y salmónidos, que requieren para su dieta un alto porcentaje de astaxantina. Además, en la industria farmacéutica se puede utilizar como marcador celular y como antioxidante, y en la industria cosmética como un agente colorante.

El presente estudio tiene por objetivos, determinar si el pigmento astaxantina tiene un mercado potencial redituable y valorar cuantitativamente la cantidad de desechos pesqueros a partir del langostino (*Pleoticus muelleri*) disponibles en la provincia del Chubut, con la finalidad de determinar qué volumen se podrá obtener de astaxantina para destinar a dicho mercado.

Este estudio permitirá en una segunda etapa evaluar las posibilidades de aprovechamiento del recurso para su utilización productiva en la industria de la alimentación y/o farmacéutica, así como también, abrir el camino para replicarlo en la obtención del mismo pigmento, pero a partir del otro crustáceo importante del litoral patagónico: la centolla (*Lithodes santolla*).

1.1. Actividad Pesquera en Argentina y Exportaciones

El incremento en la demanda de camarones y langostinos por parte de Japón y Estados Unidos, sumado a la leve recuperación de la Unión Europea incidió, durante 2011, en la tendencia alcista del precio promedio de los camarones y langostinos. Este fenómeno benefició las exportaciones nacionales, no solo aumentando las toneladas exportadas de langostino, sino también lo ingresado en millones de dólares hasta el año 2013 (figura 1).

Se debe considerar que el origen de gran parte de los crustáceos en el mundo está constituido por criaderos de cultivo, por lo que es importante que esta fuente sea tenida en cuenta a la hora de analizar las variaciones en el mercado. Por ejemplo, pese a las inundaciones sufridas en la primera mitad del año Tailandia sigue siendo el principal proveedor mundial, seguido de Ecuador e Indonesia.

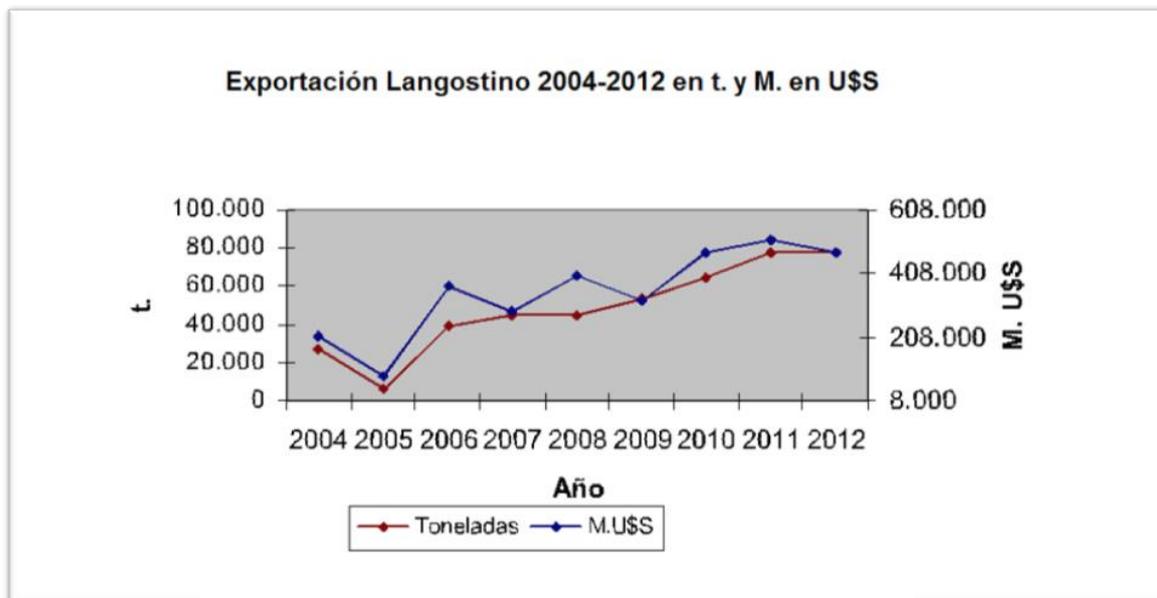


Figura 1. *Exportación de langostino período 2004-2012. Fuente: Dirección de Economía Pesquera sobre la base de datos de Aduana.*

En la Argentina, el aumento del precio internacional de los productos pesqueros y la leve recuperación del consumo en los mercados europeos generan condiciones favorables para la industria pesquera. Se debe tener en cuenta que el mercado europeo (y en especial el de España) constituye el principal destino de sus exportaciones pesqueras (figura 2). Según lo expresado por la Dirección de Economía Pesquera (DEP), la especie que más ingresos generó en 2010 fue precisamente el langostino (aprox. un 36%), desplazando a la merluza Hubbsi del primer puesto (con un 26% aprox.). En ese mismo año, el 96% se exportó a tres países: España, Italia y Japón (España compró el 70,3%). Este comportamiento continuó hasta 2013, representando el langostino entre un 35 y un 36% del total de los ingresos. Cabe destacar que los ingresos por exportar aumentaron y aumentó el volumen de captura posicionándose su exportación con respecto al de las otras especies.

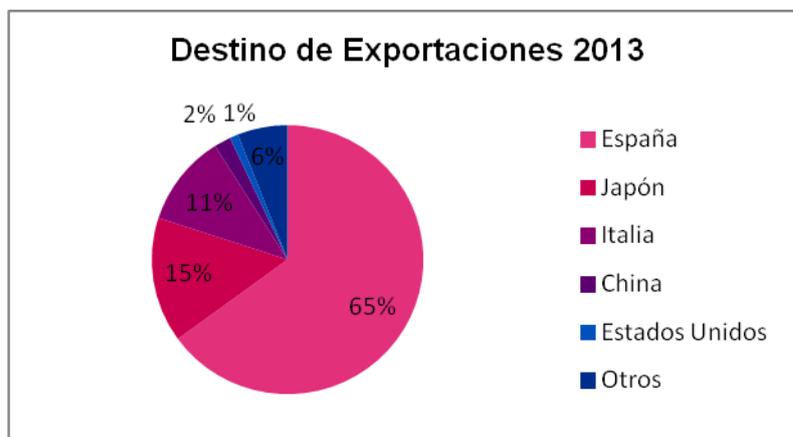


Figura 2. *Destino de las exportaciones de langostino en 2013. Fuente: Dirección de Economía Pesquera sobre la base de datos de Aduana.*

Los principales puertos de exportación del langostino son los patagónicos de Puerto Madryn, Rawson y Puerto Deseado. Esto está estrechamente asociado a la matriz de desembarques, en donde prevalecen los crustáceos. Lo expresado anteriormente también explica, en parte, porqué la mayoría de las pesqueras que procesan en tierra esta especie están radicadas en los alrededores de dichos puertos.

1.2. Capturas

La tabla 1 y el gráfico 3 muestran cuál ha sido la evolución de las capturas de langostino, en el que se aprecia un crecimiento sostenido, excepto en el año 2012 en el que hubo una caída del 3,6% con respecto al año anterior. Además se confirma que la captura de langostino ha adquirido una mayor importancia sobre el total de captura no solo en términos de los ingresos originados, sino también en volumen.

Tabla 1. *Captura total y captura de langostinos (en Ton). Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*

AÑO	Captura Total (Ton)= X	Captura lang.(ton)=x	% de x /X
2009	776.117	53.693	6,9
2010	764.959	72.938	9,53
2011	733.033	82.895	11,3
2012	692.071	79.926	11,54
2013	776.393	93.550	12,04

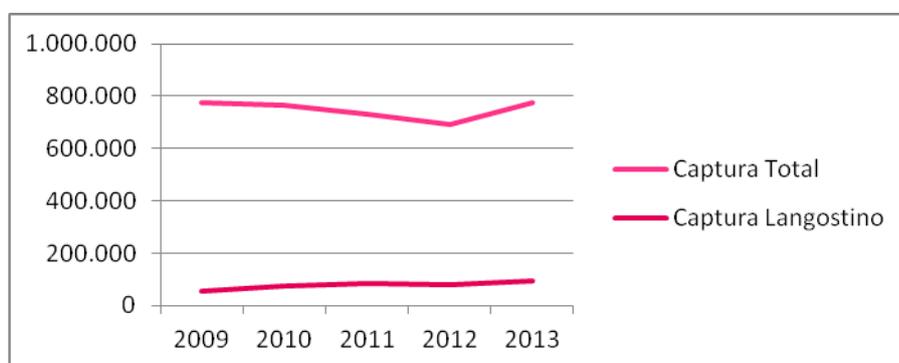


Figura 3. *Captura total y captura de langostino en Ton. Fuente: Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca de la Argentina (MAGP).*

1.3. Protagonismo de la Provincia del Chubut en la pesca y procesado del langostino

El gráfico de la figura 4 describe la captura de langostino según aguas jurisdiccionales en 2010.

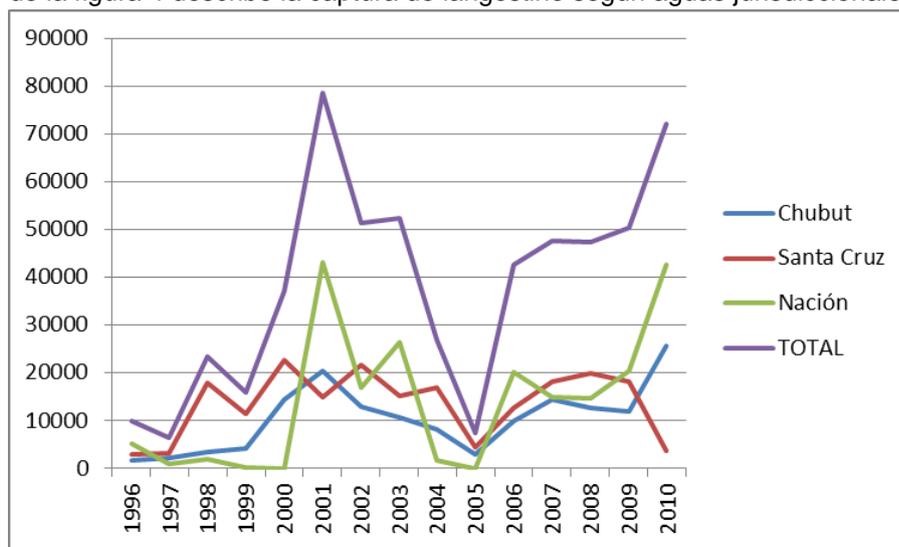


Figura 4. *Captura de langostino según aguas jurisdiccionales. Fuente: SAGP.*

Los desembarques del total de langostino (ya sea por fresqueros como congeladores) en 2010 se distribuyeron según los porcentajes que se muestran en la figura 5.

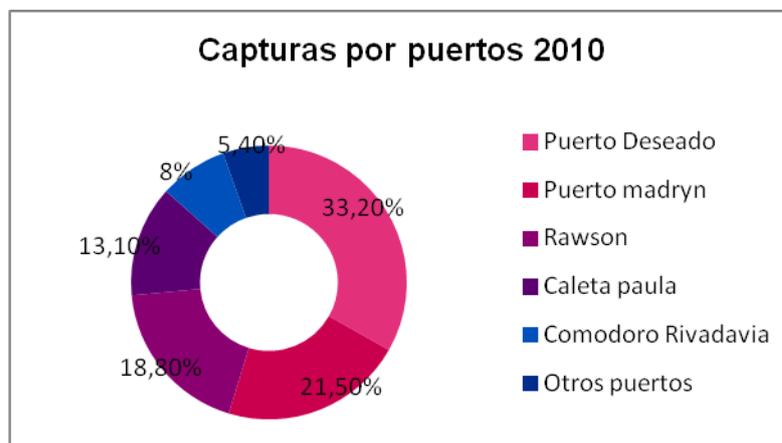


Figura 5: Captura de langostino por puertos. Fuente: SAGyP.

Comparando las figuras 4 y 5 (ambas del 2010) se puede apreciar que las zonas de captura no tienen relación directa con los puertos de desembarque. (Cuando se refiere a pesca en aguas nacionales, es pesca en zonas alejadas, esto es, más allá de 12 millas de la costa - Ley 24.922) .

El gráfico 5 se refiere a langostino entero, cola con y sin cáscara; langostino congelado a bordo o en tierra, y fresco. Artes de pesca utilizadas: arrastre con tangoneros.

Un informe técnico del INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero) de 2011 [3] destaca, entre otras cosas, la duración de la campaña en aguas nacionales, donde se extrajo el 59% del total (año 2010), las tallas cosechadas con dominio de las categorías L1, L2 y L3 (la última categoría corresponde a las más grandes) y el aporte del producto fresco, que llegó a representar el 23% (16.826 Ton) del total y que tuvo a la flota de Rawson faenando marisco durante todo el año. (Esto es significativo debido a que en el puerto de Rawson descargan sólo barcos fresqueros).

2. Resultados

2.1. Disponibilidad de materia prima para la obtención de astaxantina

La materia prima está constituida por los exoesqueletos de langostinos de la especie *Pleoticus muelleri*, proveniente de los residuos de su procesamiento industrial en pesqueras aledañas al Golfo San Jorge.

Para poder comprender la dinámica de generación de los residuos (y en particular, la cantidad de cáscaras) es importante entender las modalidades de captura de esta especie en el Golfo. Con respecto a los volúmenes de captura de langostinos, se debe considerar que éstos varían con el ciclo biológico propio de la especie, la época del año, con la demanda del mercado y el precio.

La captura se realiza por dos tipos de flotas, compuestas por los fresqueros y los congeladores. Los primeros pueden capturar según su capacidad de almacenaje entre 8 a 33 toneladas, en temporada alta (de octubre a marzo), y luego de cada viaje de captura de hasta 3 días descargan el langostino sin clasificar en cajones. En el caso de viajes cortos de un día se pela entre un 15 a 20 % del total de lo capturado (es decir, se saca la cabeza y se pela la cola, quedando la *cola sin cáscara* como producto); en los viajes de dos días este porcentaje aumenta de un 20 a 30 %; y si la captura es de 3 días, se pelan en su totalidad (100%). Como se explicó, esto ocurre principalmente entre octubre y marzo. Sin embargo, en las últimas temporadas se observa que las capturas por fresqueros han ampliado las zonas y esto permite que haya langostino fresco en el invierno también (procedente de la zona de pesca de Nación), pero en volúmenes inferiores al resto del año.

Los congeladores, por su parte, tienen capacidades de entre 40 y 200 toneladas. En ellos, una cierta cantidad de langostino capturada que no cumple con la calidad exigida se la procesa en altamar para transformarse en las llamadas "colas", que representan un porcentaje del 6 al 14% de la captura. Las colas rotas se procesan en tierra en algunos casos (se pelan y luego se vuelven a congelar) y en otros se exportan como tales. El estudio realizado en 2008 por Russo y Saavedra [4], arrojó el dato siguiente: del total de lo capturado por los congeladores aprox. un 10 % se procesa en tierra. Sin embargo, es muy difícil estimar un promedio de reproceso en tierra por marea o por toneladas capturadas, pues depende mucho de las condiciones de

mercado y de la calidad de lo capturado en altamar. Por tal motivo, *no se consideran en el cálculo las cáscaras generadas por el reproceso de langostino proveniente de buques congeladores.*

En los últimos años, según lo muestra la figura 3, ha habido un aumento de protagonismo por parte de la flota fresquera en detrimento de la de congeladores, llegando a participar en el año 2010 con un 23 % de la captura total y el escenario ha sido casi exclusivo en Rawson, Trelew y Puerto Madryn [5]. También se observa una extensión de la temporada; tal es así que en el año 2010 los fresqueros proveyeron de langostino para faenar casi todo el año. Esto trae aparejado mayor trabajo en tierra y mayor mano de obra ocupada.

Es importante tener en cuenta que para el presente estudio interesa el volumen de captura en fresco porque es lo que se procesa totalmente en tierra. Al respecto, una parte se vende entero y otra se vende en colas (es decir, se saca la cabeza, que también tiene caparazón); de esas colas parte se pela y el resto se vende como cola con cáscara. Por último, la mayoría se destina a exportación y una menos importante al mercado interno. Al ser procesado en tierra los precios son menores que lo procesado en altamar. Todas estas variantes deben ser tomadas en consideración para un conveniente cálculo de los residuos que quedan en tierra.

En la tabla 2 se observa que para el año 2013 el 13,62% de lo exportado corresponde a colas tamaños C1, C2, C3 y rotas. Sin embargo, no se puede distinguir cuánto de esas colas se procesaron en tierra y cuantas en altamar (para saber la cantidad de cáscaras generadas en tierra) ya que del langostino proveniente de fresqueros parte se exporta y parte se vende al mercado interno. Asimismo, si se saca la diferencia para el mismo año, entre lo capturado (93.550 Ton) y lo exportado (91.151 Ton), el resultado es de aproximadamente 2.400 Ton, pero no se tiene información de cuánto de esa diferencia corresponde a cáscaras generadas por el pelado.

Tabla 2. *Exportación de langostino año 2013. Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) sobre la base de datos de Aduana e INDEC.*

Producto	Subproducto	Ton	FOB M U\$S	P. promedio (U\$S)	% FOB
Entero	L1	32.063	215.422	6.719	41%
	L2	16.644	148.559	7.973	28%
	L3	24.658	143.701	5.830	27%
	L4	3.066	16.904	5.514	3%
	L5	281	1.493	5.319	-
	no identificado	31	134	4.347	-
Subtotal		78.733	526.313	6.685	
Exc. entero	C1	4.421	33.698	7.623	38%
	C2	2.346	15.056	6.419	17%
	C3	2.217	13.289	5.995	15%
	Rotos	136	944	6.948	1%
	Otros	3.299	25.757	7.807	29%
	Subtotal		12.418	88.745	7.140
Total general		91.151	615.058	6.748	

En la tabla 3 se indica la cantidad de cáscara generada en los últimos años. Para realizar el análisis detallado de las cantidades de residuos en forma de cáscara año a año desde el año 2000 hasta el 2013, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Para la flota de fresqueros se considera que le corresponde un 23% del total de captura y, de esa cantidad se destina finalmente un 20% promedio para pelado. El producto final es cola sin cáscara;
- 2) La cáscara representa un 40% del peso total del langostino;

- 3) Se podrá procesar el 100% de las cáscaras generadas ya que sólo un pequeño porcentaje corresponde a fresqueros en la Provincia de Santa Cruz (por ejemplo, según datos del año 2010, sólo un 12,1% del total de lo desembarcado en puertos de esta provincia correspondieron producto fresco, esto es, aproximadamente 4.000 Ton [5]).

Tabla 3. Cáscara disponible para procesar. Sobre datos de la SAGyP.

Año	Total de captura (Ton)	Captura Fresqueros (Ton)	Captura sobre el total (%)	Procesado para colas peladas (Ton)	Cascaras generadas (Ton)
2000	37.149	4.086	11	817,2	326
2001	78.866	19.717	25	3.943	1.577
2002	51.410	8.740	17	1748	6.992
2003	52.896	9.521	18	1904	761
2004	27.127	3.255	12	651	651
2005	7.473	1.270	17	254	260
2006	44.376	10.206	23	2041	816
2007	47.623	8.644	18,15	1728	691
2008	47.405	5.783	12,20	1.156	624
2009	53.578	12.201	22,78	2.440	976
2010	72.078	16.826	23 , 34	3.365	1.346
2011	82.895,4	19.977	24,10	3995	1598
2012	79.714,8	18.438	23,13	3.687	1.475

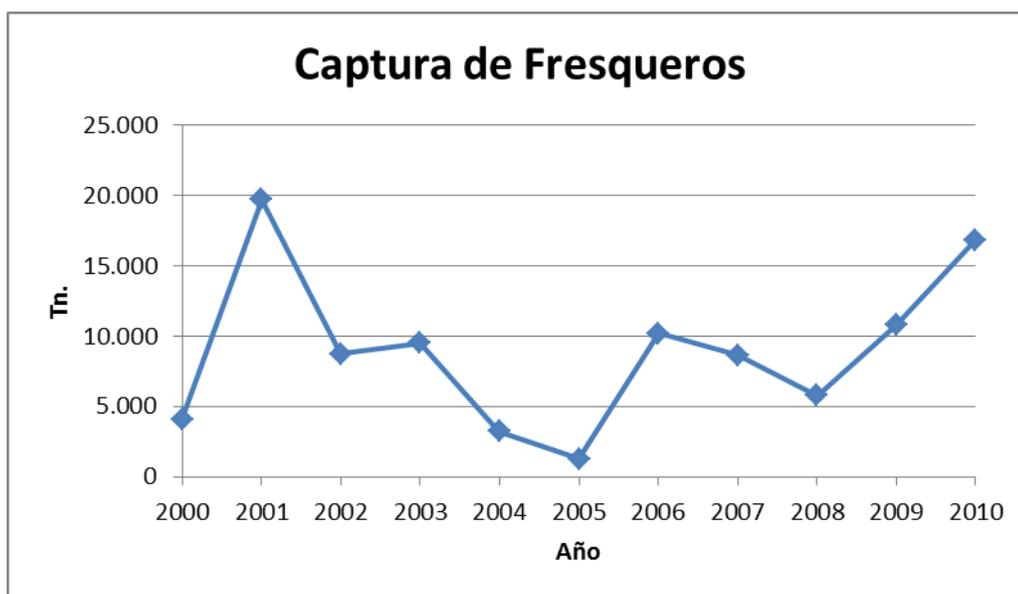


Figura 6. Captura de langostino por barcos fresqueros

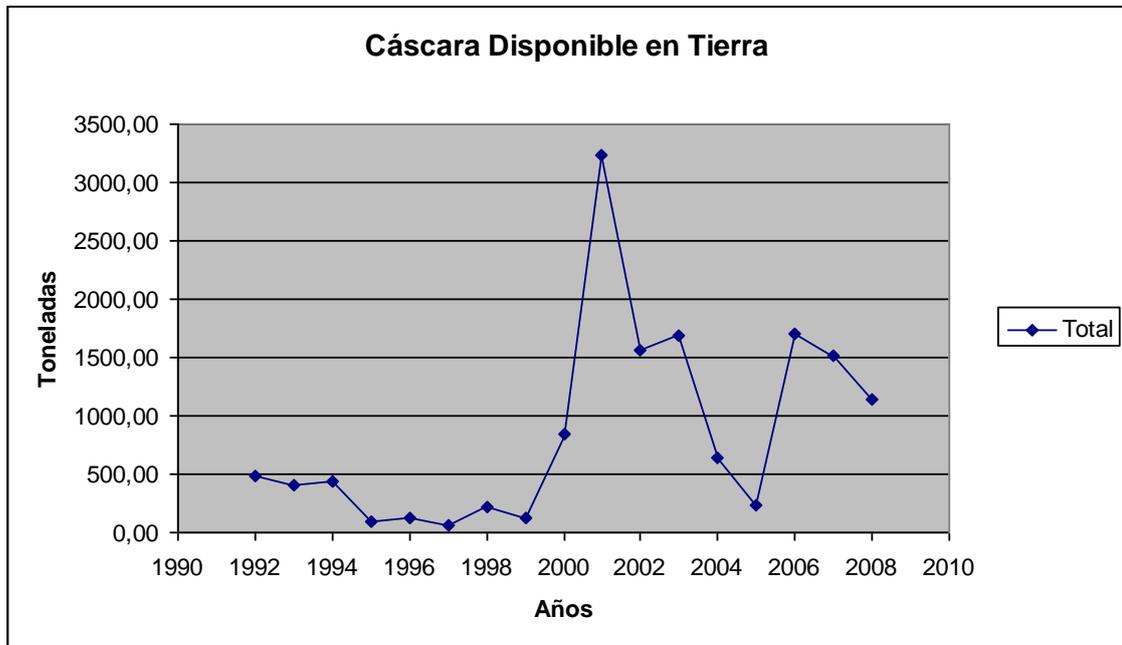


Figura 7. Disponibilidad de cáscaras de langostinos procesados en tierra capturados por barcos fresqueros.

En los últimos gráficos se puede visualizar la tendencia alcista de la captura de langostinos, que se manifiesta también para lo capturado por fresqueros y, en consecuencia, para las toneladas de cáscara disponible.

En síntesis, se toma una posición conservadora considerando que, del total de lo capturado, un 23% corresponde a captura por fresqueros (según el promedio de los últimos años). De esa fracción sólo un 20 % se destina a productos sin cáscara, resultando de ese modo que la disponibilidad de materia prima es de 1.500 Ton / año promedio de cáscara para procesar.

2.2. Análisis del mercado

El precio de la astaxantina es de unos 2.500 dólares por kilogramo, con un mercado mundial estimado en 200 millones de dólares para el año 2015. Aunque más del 95% de este mercado consume astaxantina sintética, actualmente los consumidores demandan productos naturales, haciendo a los pigmentos sintéticos menos deseables, lo que provee una oportunidad para la producción de astaxantina natural [6]. La mayor parte se utiliza como pigmento para mejorar la coloración rosada de pescados cultivados como el salmón. El mercado en productos para humanos está creciendo y se estima en alrededor de 35 a 60 de millones según datos del año 2008 de Frost y Sullivan [7].

2.2.1. Oferta

En la Figura 8 se muestra el origen de los distintos proveedores de astaxantina, de fuente natural y a partir de algas y levaduras, mostrándose de esta forma la participación de cada país en el mercado. Siendo algunos de los productores principales de astaxantina los que se indican en la tabla 4.

2.2.2. Demanda

La astaxantina tiene dos mercados posibles: para uso nutracéutico y como suplemento dietario para animales (más precisamente especies salmónidos).

Para uso nutracéutico la demanda está en continuo crecimiento en el mercado mundial. Pero, en este caso, se exige un producto muy refinado y de gran pureza, lo que encarecería la producción, esto se considera un factor determinante ya que se trata de bajos volúmenes de producción.

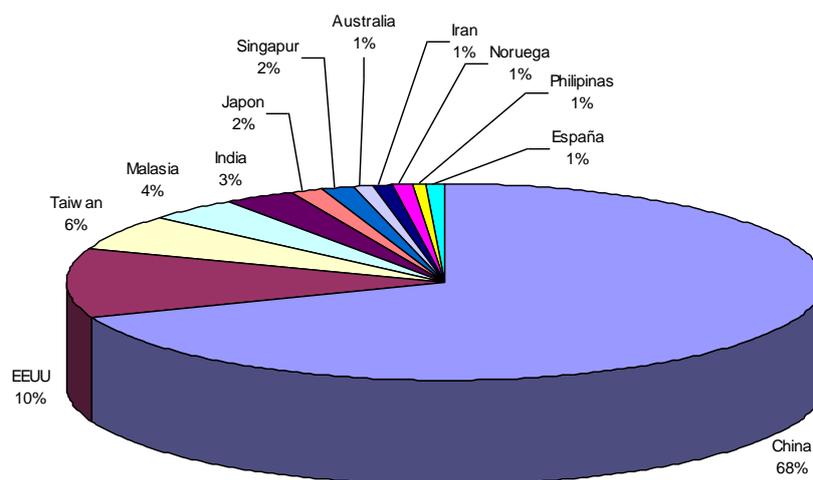


Figura 8. Proveedores de Astaxantina

Tabla 4. Productores principales de astaxantina a nivel mundial.

Nombre del producto	Productor	Ubicación Geográfica	Fuente
AstaREAL	BioReal AB sub de Fuji Chemical Industry	Suecia	Haematococcuspluvialis
AstaREAL	Fuji Health Science Inc	EEUU	Haematococcuspluvialis
ECOTONE	Acher Daniel Midland	EEUU	PhaffiaRhodozyma
SeeksFunding	AlgaTech	Israel	Haematococcuspluvialis
BioPrawns	BioPrawns	Noruega	PandalusBorealis
BioAstin	Cyanotech	EEUU	Haematococcuspluvialis
Astaxanthin and Astafactor	Mera Pharmaceuticals	EEUU	Haematococcuspluvialis
Parry's Natural Astaxanthin	Parry Nutraceuticals	India	Haematococcuspluvialis
Red-A Natural Astaxanthin	Yunnan Green A Biological Project Co., LTD	China	Haematococcuspluvialis
AQUASTA	Tate and Lyle	Reino Unido	Fermentación de Carbohidratos

2.3. Alimento para peces

En los salmónidos salvajes el color rosado es originado principalmente por la astaxantina; sin embargo, el organismo de estos peces no puede producir el pigmento, sino que lo incorpora cuando se ingieren crustáceos que lo poseen naturalmente. Este pigmento puede obtenerse bajo distintos nombres comerciales y también existen alimentos balanceados a los cuales se les agrega en concentraciones que van normalmente desde un 3 a un 8 % [8].

El tiempo de suministro de alimento con pigmento es muy variable pero suele ser entre 30 y 45 días antes que los peces alcancen el tamaño comercial; también se puede variar las

concentraciones para buscar el mejor resultado posible. Con este procedimiento, la carne de los peces adquiere un color rosado particular similar al de los silvestres [9].

El pigmento es uno de los insumos que más incide sobre los costos de producción en la industria salmonera, representando alrededor de un 35% del precio del alimento y entre un 15 y 18% del valor de venta del salmón como producto final [10]. Por lo tanto, se deben diseñar estrategias de pigmentación al menor costo posible y, además, satisfacer las exigencias de coloración que imponen a los productos los mercados de destino.

Los países de la Unión Europea, Estados Unidos y Noruega, son los de mayor envergadura en cultivo de peces y compiten fuertemente con otros como Chile por el mercado mundial. Aunque cuentan con excelente producción en calidad, cantidad y continuidad, puede encontrarse nichos para comercialización de la especie, especialmente en temporadas de contra-estación.

La figura 9 a continuación muestra un cuadro que expresa las millones de toneladas anuales de salmón cultivado en los principales países.

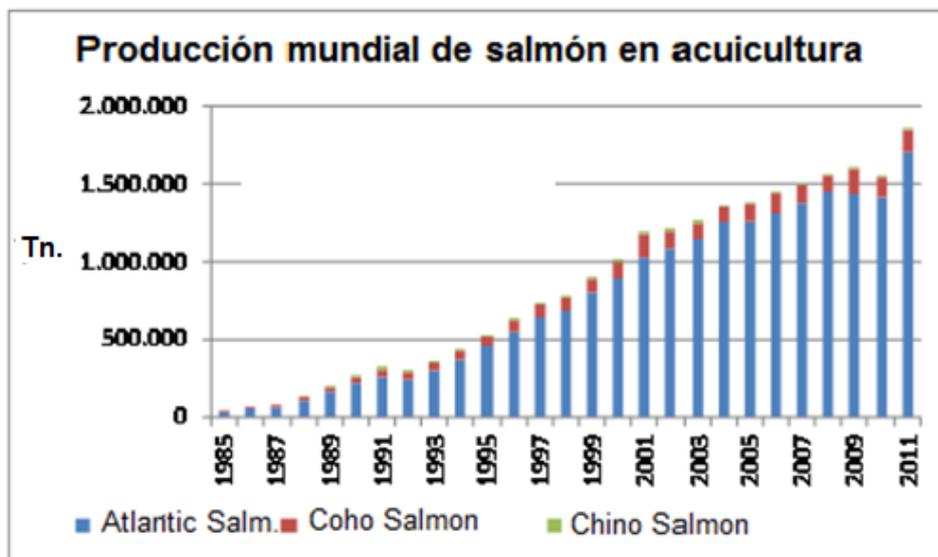


Figura 9. Producción mundial de Salmon en criaderos.

Con el peso de los salmones y una tasa de conversión alimenticia 1.15:1 según la Organización Mundial de la Alimentación y la Agricultura FAO, se puede calcular la cantidad de alimento balanceado utilizado en esos años (diagrama de la figura 10).

Y finalmente se puede determinar la cantidad de astaxantina consumida en esos años (figura 11), utilizando la relación 72 g por cada tonelada de alimento balanceado según Norma Food and Drug Administration N^o 73.35. Se toma como referencia de la proyección a futuro de la demanda la regresión polinómica, dado que se ajusta con menor error al comportamiento de la misma.

3. Conclusiones

- La cuota de salmón y trucha en el comercio mundial ha aumentado considerablemente en los últimos decenios. A comienzos de 2012, los precios se recuperaron de los bajos niveles alcanzados a finales de 2011. El crecimiento de la demanda sigue siendo constante en la mayoría de los mercados y está aumentando geográficamente, en particular para el salmón del Atlántico, también a través de nuevas variedades de productos elaborados. Noruega sigue siendo el principal productor y exportador de salmón del Atlántico, pero Chile está incrementando rápidamente su producción hacia los niveles previos a la crisis registrados en 2010. Esto asegura la demanda de alimento balanceado y por ende, de los pigmentos como astaxantina.

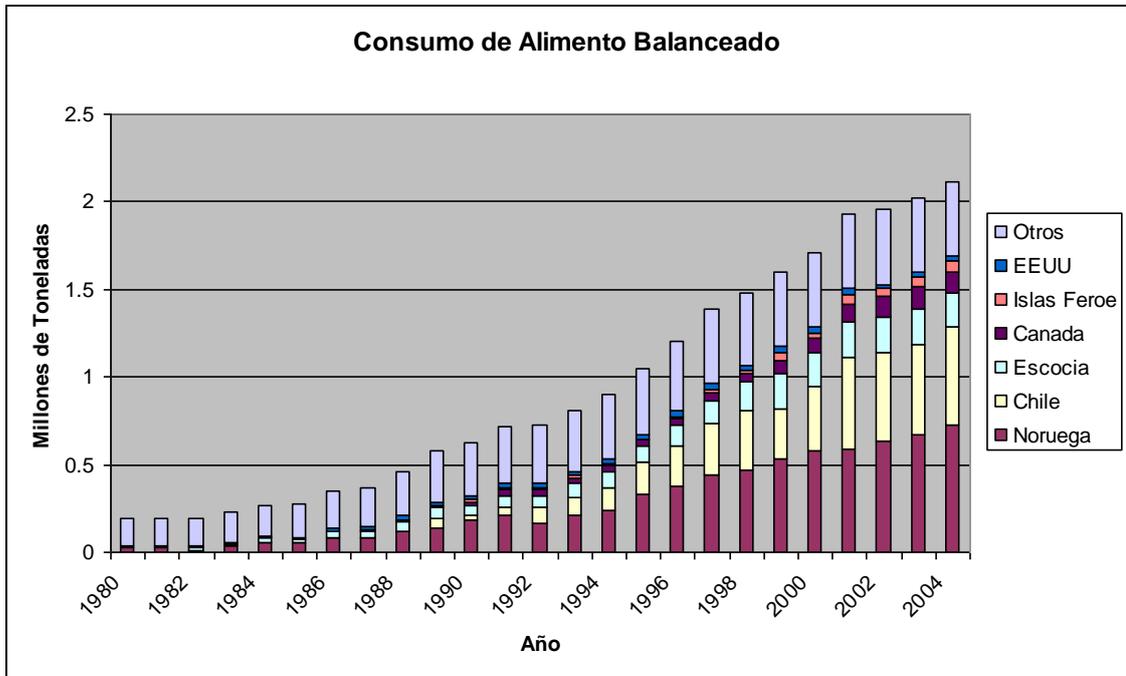


Figura10. Consumo de alimento balanceado mundial

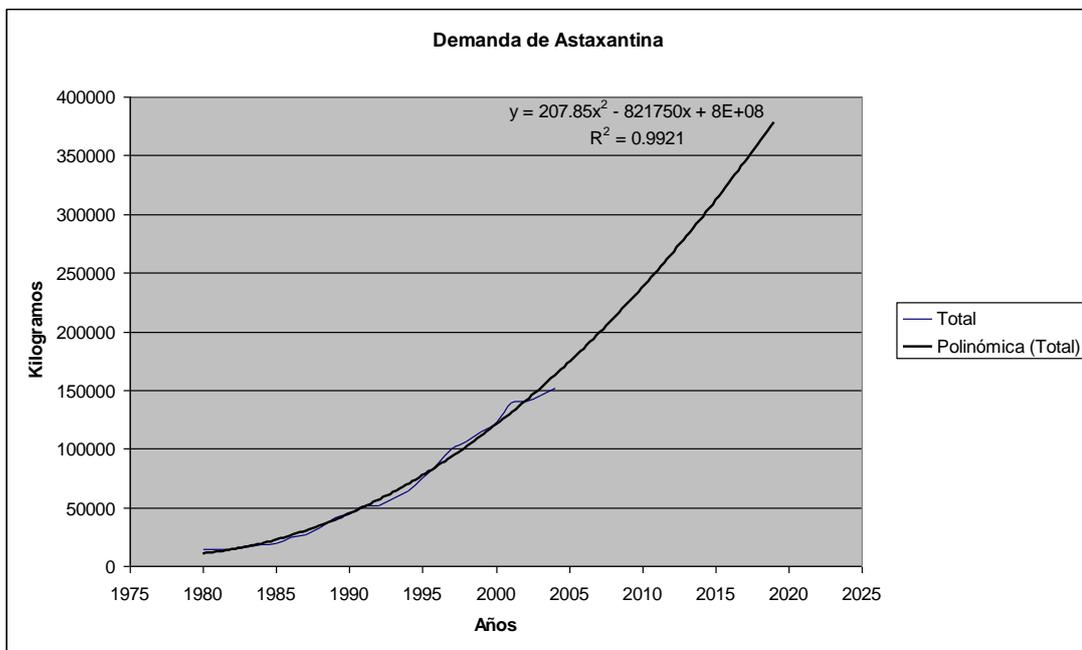


Figura 11. Proyección de la Demanda mundial de Astaxantina hasta 2019.

- Con respecto a la disponibilidad de cáscaras (que surgen del procesamiento del langostino), si se observan los valores de los últimos años, resulta imperioso encontrar una solución a su destino final. Al considerar el rendimiento del pigmento astaxantina (14 mg/100 g de residuo seco) para 2013, manteniendo las consideraciones planteadas en el ítem 2.1., resultan 1.721 Ton de cáscara y, por lo tanto, 240,94 kg de astaxantina en el año. Con estos datos se puede calcular el Ingreso por ventas aproximado, pero solo representaría un dato aislado ya que se debe realizar el cálculo de la inversión total y determinar la rentabilidad del proyecto .
 - Por todo lo expuesto, tal como se planteó en un principio , queda el camino iniciado para analizar la viabilidad de un proyecto de aprovechamiento más integral de las cascarras de langostino, es decir, un estudio en el que se consideren también (además de la astaxantina) la obtención de la quitina y otros nutrientes, e incluso el aprovechamiento de las cascarras de la centolla que constituyen, de igual modo, residuos cuyo destino final debe solucionarse. Al respecto , dado el alcance de la ing. Industrial , se considera que tal estudio puede ser muy promisorio.

.4. REFERENCIAS

- [1] Yorio, Pablo; Caille, Guillermo. (2004). *Fish waste as an alternative resource for gulls along the Patagonian coast: availability, use, and potential consequences*. Marine Pollution Bulletin. 48 778–783. UK.
- [2] Zabaleta, Franco. (2010). Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. México
- [3] Fischbach Karina, De la Garza, Juan (2011). Boletín N°14. INIDEP. Argentina.
- [4] Russo, Javier y Saavedra, Gabriel (2011). Recuperación de desechos pesqueros, Proyecto de Carrera de Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería, UNPSJB.
- [5] Fischbach Karina (2013) Informe Técnico N°13/11.
- [6] Lorenz RT, Cysewski GR (2000) Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin Tibtech 18:160-167.
- [7] Forst and Sullivan (2008), disponible en: http://www.astaxanthin.com/portal/market/astaxanthin_market.html
- [8] Nuñez P, Somoza G (2010) Guía de Buenas Prácticas de Producción Acuícola para trucha Arco-iris, SENASA pp 30. Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File3387-guia-debuenas-practicas-acuicolas.pdf>
- [9] Gobantes y col. (1998) Serum Carotenoid Concentration Changes during Sexual Maturation in Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*).
- [10] Bjerkgeng B(2000) Carotenoid pigmentation of salmonid fishes - recent progress in In: Cruz Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.