

Divergencia genética de jureles del género *Trachurus* desde el Pacífico noroeste y sureste

Genetic divergence of jack mackerel of genus *Trachurus* from northwestern and southeastern Pacific

Marcela Astorga y Ricardo Galleguillos

Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Casilla 2407 Ap. 10,
Concepción, Chile.
mastorga@udec.cl

RESUMEN

En este trabajo se estima la divergencia genética de dos especies de jureles del género *Trachurus*, que habitan el Pacífico noroeste y Pacífico sureste. Una de estas especies se encuentra en el Mar de Japón, identificada como *T. japonicus* y otra en la zona de Talcahuano (Chile) identificada como *T. symmetricus murphyi*. Mediante electroforesis en gel de almidón, se analizaron 15 isoenzimas, las que dan cuenta de un total de 24 loci. De éstos, 5 mostraron diferencias entre ambos grupos, los que son denominados loci diagnósticos, y corresponden a: EST-1, EST-3, EST-D, α -GPDH y GAPDH. En los 19 loci restantes se observa un mismo morfotipo genético entre grupos. Se estableció una identidad genética de 0,792 y una distancia de 0,234, lo que muestra diferencias a nivel de subespecie. Por lo tanto, se discute el estatus taxonómico de ambas especies.

Palabras clave: *Trachurus symmetricus murphyi*, *Trachurus japonicus*, isoenzimas, distancia genética.

ABSTRACT

In this paper a genetic divergence was estimated between two species of jack mackerel belonging to the genus *Trachurus*, inhabiting the northwestern and southeastern Pacific. One of the species is from the Japan Sea, identified as *T. japonicus* and the other one is from Talcahuano, (Chile) identified as *T. symmetricus murphyi*. Twenty four enzymatic loci were identified through the analysis of 15 isoenzymes, using starch gels electrophoresis. Samples showed genetic differences in 5 diagnostic loci: EST-1, EST-3, EST-D, α -GPDH and GAPDH. The value of the genetic identity was 0.792 and a genetic distance equal to 0.234, which indicates that there are differences at the subspecies level. These results are discussed in terms of the taxonomic status of the species.

Key words: *Trachurus symmetricus murphyi*, *Trachurus japonicus*, isoenzymes, genetic distance.

INTRODUCCION

La familia *Carangidae* incluye sobre 30 géneros y más de 140 especies de peces, considerándose la taxonomía del grupo bastante confusa, debido principalmente a su amplia distribución y a la gran similitud morfológica y métrica que existe entre grupos separados geográficamente (Bannikov 1986, Parrish 1989, Ben Salem 1995).

El género *Trachurus*, perteneciente a dicha familia, se encuentra presente en aguas templadas, tropicales y subtropicales, tanto en

las regiones neríticas como en las oceánicas (Berry & Cohen 1972, Parrish 1989) y en las costas de Eurasia, Africa, Australia y América (Nekrasov 1994). Nichols (1940) reconoce en este grupo 12 especies, pero sugiere que el género podría representarse a través de 3 especies, cada una teniendo razas aisladas geográficamente. Bajo esta premisa todas las especies descritas podrían ser razas de las especies *Trachurus trachurus*, *T. mediterraneus* y *T. picturatus*, lo que es denominado como grupos *trachurus*, *mediterraneus* y *picturatus* respectivamente (Nekrasov 1994).

Luego, Shabonev (1980) reconoce 14 especies, de las cuales 5 se encontrarían distribuidas en el océano Atlántico, 5 en el Índico y 4 en el Pacífico, donde las formas más primitivas del grupo *Trachurus* se encontrarían en la cuenca del océano Índico y del Pacífico oeste. Más recientemente, Ben Salem (1995) logra diferenciar 15 especies, de las cuales 5 se encontrarían en el Pacífico. En general, la posición sistemática y la taxonómica de las especies que viven en el océano Pacífico aún se encuentra en proceso de revisión y actualmente se pueden distinguir las especies *T. symmetricus symmetricus* (Ayres), *T. s. murphyi* (Nichols), *T. declivis* (Jenyns), *T. novaezelandiae* (Richardson) y *T. japonicus* (Temminck & Schlegel).

El jurel *T. symmetricus murphyi* (Nichols 1920) se encuentra en aguas pelágicas oceánicas a una distancia significativa de la costa de Sudamérica, y se distribuye desde isla Lobos Afuera en la región de las islas Galápagos (6°50'S) por el norte (Chirichigno 1974) hasta el Estrecho de Magallanes (52°30'S) por el sur y desde el límite de Chile en las 200 millas por el este hasta la costa de Nueva Zelanda por el oeste (Elizarov *et al.* 1993). La distribución de esta especie es frecuentemente confinada a las zonas neríticas de las costas de islas, aunque también ha sido reportada en la zona pelágica (Shabonev 1980). Por otro lado, la especie *T. japonicus* ha sido descrita en los mares de Japón y China (Berry & Cohen 1972).

Debido a la poca claridad de la posición sistemática de los grupos del género *Trachurus*, es una necesidad clarificar la composición taxonómica de los integrantes de este género. Y una forma de contribuir a dilucidar el estatus taxonómico al interior del grupo es mediante la utilización de marcadores genéticos isoenzimáticos, los que han sido utilizados para analizar relaciones entre categorías tales como subpoblaciones, poblacio-

nes, subespecies y especies estrechamente relacionadas (Ward & Galleguillos 1983, Kijima *et al.* 1986, Stepien & Rosenblatt 1996), considerando que existe una correlación entre la diversidad genética bioquímica estimada por genes de isoenzimas y la separación taxonómica como función del tiempo evolutivo.

El objetivo de este trabajo es estimar la divergencia genética mediante marcadores isoenzimáticos de dos muestras del género *Trachurus*, uno obtenido desde el Mar de Japón en el Pacífico noroeste, donde se distribuye la especie *Trachurus japonicus* y otro desde el Pacífico sureste, donde se distribuye *Trachurus symmetricus murphyi*.

MATERIALES Y METODOS

Se obtuvo una muestra de 8 individuos de jureles, recolectados por buques coreanos desde el Mar de Japón en el Pacífico noroeste y otros 30 ejemplares obtenidos en la zona de pesca de Talcahuano, Pacífico sureste, Chile (36°42'LS; 73°05'W).

A cada ejemplar se le extrajo un trozo de músculo, que fue congelado a -20° C, hasta el momento de realizar la electroforesis en gel de almidón horizontal, según lo propuesto por Allendorf & Utter (1979) y Ward & Beardmore (1977). Como locus diagnóstico fue considerado aquel en el cual un individuo puede ser asignado correctamente a uno de los grupos, ya sea especies o subespecies, con una probabilidad igual o superior al 99% (Ayala & Powell 1972).

Para determinar el grado de divergencia genética entre ambas muestras, se calculó la distancia e identidad genética según Nei (1972), utilizando para esto las frecuencias alélicas de cada loci. A partir de estos índices de identidad y distancia, se calculó el tiempo de separación de acuerdo a la hipótesis del reloj molecular, usando las

estimaciones de tiempo planteadas por Vawter *et al.* (1980) que considera una unidad de distancia genética equivalente a 18 millones de años y de Smith & Coss (1984), que la considera igual a 7 millones de años.

RESULTADOS

Para el total de individuos muestreados, se analizaron 15 isoenzimas, las que dan cuenta de un total de 24 loci (Tabla 1). El polimorfismo observado fue bajo en ambas muestras, ya que del total de loci analizados, sólo PGI-2

resultó polimórfico para ambos grupos de muestras, mientras que α -GPDH resultó polimórfica sólo para *T. symmetricus murphyi*. Se debe tomar en cuenta que el bajo número de ejemplares analizados son suficientes para estudios macroevolutivos, como el planteado en este trabajo, y similar al número utilizado por Stepien & Rosenblatt (1996) para separar especies de *Trachurus*, *Merluccius* y *Scomber*, en cambio, son limitados para conocer parámetros genéticos en estudios microevolutivos, como sería el polimorfismo.

Tabla 1. Cuadro resumen de los sistemas enzimáticos analizados para las muestras de jurel *Trachurus symmetricus murphyi* y *Trachurus japonicus*, donde se indica nombre de la enzima, número de loci, código internacional y buffer.

Table 1. The enzymes scored for jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* and *Trachurus japonicus* with their encoding loci, code number and buffer.

ENZIMA	LOCI	CODIGO	BUFFER
Lactato deshidrogenasa	LDH-1	1.1.1.27	1
	LDH-2		
Enzima málica	EM-1	1.1.1.38	1
Sorbitol deshidrogenasa	SDH-1	1.1.1.14	1
Aminopeptidasa	AP-1	33.4.11	2
Tetrazolio oxidasa	TO-1	1.12.1.1	2
	TO-2		
Glioxalasa	GLIO-1	4.4.1.5	2
Malato deshidrogenasa	MDH-1	1.1.1.37	3
	MDH-2		
Glutamato deshidrogenasa	GDH-1	1.1.1.47	3
Aspartato aminotransferasa	AAT-1	2.6.1.1	1
Esterasa	EST-1	3.1.1	4
	EST-2		
	EST-3		
	EST-4		
Esterasa-D	EST-D	3.1	1
Fosfoglucoisomerasa	PGI-1	5.3.1.9	4
	PGI-2		
Proteínas totales	PT-1	-----	1
	PT-2		1
Glicerol-3 Fosfato deshidrogenasa	α -GAPDH	1.1.1.8	3
Gliceraldehido-Fosfato deshidrogenasa	GAPDH-1	1.2.1.12	3
	GAPDH-2		

Buffers:

1: Histidina 2: Poulik pH 8,0

3: Tris cfrico pH8,0 4: Litio pH 8,0

Los individuos provenientes del Mar de Japón presentaron diferencias en sus patrones electroforéticos, con respecto a la muestra de *T. s. murphyi*. Estas diferencias están dadas por 5 loci diagnósticos, los cuales son discriminatorios entre *T. s. murphyi* y la muestra del Mar de Japón, los que corresponden a: EST-1, EST-3, EST-D, α -GPDH y GAPDH, mientras que los 18 loci restantes

presentaron patrones idénticos entre estas últimas muestras. En la Tabla 2 se observan las diferencias en frecuencias alélicas para los 5 loci diagnósticos. La comparación entre las muestras entregan un valor de identidad genética de 0,792, y de distancia genética de 0,234, lo que corresponde a diferencias a nivel de subespecie.

Tabla 2. Frecuencia alélica de los loci diagnósticos entre *Trachurus symmetricus murphyi* y *Trachurus japonicus* desde el Mar de Japón.

Table 2. Allele frequencies of diagnostic loci between *Trachurus symmetricus murphyi* and *Trachurus japonicus* of Japan sea.

LOCUS	ALELO	<i>T. s. Murphyi</i>	<i>Trachurus japonicus</i>
EST-1	100	0,00	1,00
EST-3	100	1,00	0,00
EST-D	110	0,00	1,00
	100	1,00	0,00
α -GPDH	125	0,07	0,00
	100	0,92	0,00
	80	0,00	1,00
	75	0,01	0,00
GAPDH-1	100	1,00	0,00
	90	0,00	1,00

A partir de este valor de distancia, se estimó el tiempo de divergencia entre ambas muestras, mediante el cálculo de reloj molecular, cuyos valores fluctuaron entre 4.200.000 y 1.600.000 años, entre la muestra de *T. s. murphyi* y la muestra del Mar de Japón, lo que ubicaría el tiempo de divergencia en la era Cenozoica, abarcando el límite entre el Pleistoceno del período Terciario y el Plioceno del período Cuaternario.

DISCUSION

Stepien & Rosenblatt (1996) establecen 9 loci diagnósticos para la diferenciación entre especímenes de *Trachurus symmetricus* provenientes del Pacífico noreste y sureste, con ejemplares de *Trachurus lathamii* del Atlán-

tico sur-oeste. Ellos entregan valores de distancia genética de 0,322 para separar las especies, y de 0,008 para poblaciones de *T. symmetricus*. Graves & Somero (1982), encuentran una distancia genética de 0,478 para separar especies de peces del género *Sphyræna*, y Ward & Galleguillos (1983) un valor de distancia genética promedio entre subespecies de 0,13 en la familia *Fleuronectidae*. El valor de 0,234 obtenido en el presente trabajo, sugiere que la separación entre estas muestras de *Trachurus* se encontraría al nivel de subespecies, en base a los loci analizados.

Los resultados obtenidos muestran una separación taxonómica menor a lo planteado por otros autores, los que señalan a

estos grupos como especies diferentes (Berry & Cohen 1972, Ben Salem 1995). Lo anterior puede deberse principalmente a la existencia de flujo génico entre estos grupos en un tiempo pasado no muy lejano, lo que puede ser facilitado por las conductas migratorias de esta especie, retardando así los mecanismos de aislamiento genético. En relación a las migraciones, Evseenko (1987) registra algunas larvas y juveniles de *T. s. murphyi* en la convergencia del Pacífico sur, y Bailey (1989) demuestra que esta especie desova a través del Pacífico sur desde Nueva Zelanda a Chile (Parrish 1989). A su vez, los individuos de *T. s. murphyi* maduros sexualmente migran generalmente en dirección oeste, adquiriendo el tamaño y edad máxima en el extremo oeste de su distribución (Elizarov *et al.* 1993). Esta migración hacia el oeste la realizan debido al calentamiento de las aguas entre los meses de diciembre y enero, lo cual coincide con la época de desove, favoreciendo la mezcla con otros grupos (Kashirin *et al.* 1994). Estas conductas que afectan la distribución del jurel *T. s. murphyi* se ven influenciada por ciertas condiciones oceanográficas como el fenómeno de El Niño (Elizarov *et al.* 1993) y la contracorriente subsuperficial Chileno-Peruana, donde esta última llega a gran distancia en el océano abierto, y estaría permitiendo la distribución de esta especie hasta Nueva Zelanda (Kryukov 1994).

Lo antes mencionado es apoyado con la gran cantidad de relaciones filogenéticas postuladas por algunos autores, entre diferentes especies del género *Trachurus*, como Shaboneyev (1980), quien menciona como sinónimos a *T. novaezelandiae* con *T. japonicus*, reconociendo que la primera espe-

cie es probablemente una subespecie de *T. trachurus* y que entonces es natural que *T. japonicus* pueda también ser identificado con *T. trachurus*. Este autor no encontró fundamentos para la distinción entre las especies *T. novaezelandiae* y *T. japonicus*, pero no unió formalmente estos grupos, aparentemente por el hecho de no existir en el presente flujo génico en la zona Indo Pacífica, similar a lo mencionado por Parrish (1989). Por lo tanto, la especie *T. japonicus* casi no se distinguiría de *T. novaezelandiae*, y por el hecho de que esta última se solapa en una parte de su distribución con la especie *T. symmetricus murphyi*, relacionaría de esta forma a *T. japonicus*, en algún grado, con *T. s. murphyi*.

Por otro lado, los registros paleontológicos más antiguos del género *Trachurus*, han permitido establecer la presencia de éste en el Mioceno (Bannikov 1986), donde su origen y evolución se encontraría ligada con el Mar de Tethys y con la evolución de éste en el Terciario superior. Shaboneyev (1980) concluye que el origen del género no es necesariamente en el Atlántico este, sino que en el Mar de Tethys hoy en día, región del Mediterráneo. Los tiempos de separación obtenidos entre los grupos analizados en este trabajo son mucho más actuales, ya que los valores fluctúan entre 1,6 a 4 millones de años, por lo que los procesos de deriva continental y desaparición de mares no son capaces de explicar el grado de diferenciación encontrado entre estas muestras, sino más bien, puede ser debido principalmente al aislamiento geográfico entre localidades distantes, y más aún, como ya fue discutido anteriormente, llama la atención el observar un tan alto grado de similitud genética entre estos grupos, a pesar de su separación geográfica.

LITERATURA CITADA

- Allendorf FW & FM Utter. 1979. Populations genetics. En: Hoar, WS, DJ Randal & JR Brett (eds), Fish Physiology 3: 407-454. Academic Press, Londres.
- Ayala FJ & JR Powell. 1972. Allozymes as diagnostic characters of sibling species of *Drosophila*. Proceedings of the National Academic of Science, U.S. 69: 1094-1096.
- Bailey K. 1989. Description and surface distribution of juvenile peruvian jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols from the subtropical convergence zone of the central South Pacific. Fishery Bulletin U.S. 87: 273-278.
- Bannikov AF. 1986. On the taxonomy, composition and origin of the family Carangidae. Voprosy Ikhtiologii 6: 833-889.
- Ben Salem M. 1995. Key to species of the genus *Trachurus* Rafinesque, 1810 (Teleostei, Carangidae). Journal of Ichthyology 35: 40-53.
- Berry FH & L Cohen. 1972. Synopsis of the species of *Trachurus* (Pisces, Carangidae). Quarterly Journal Florida Academic Science 34: 177-211.
- Chirichigno N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar Perú, Informe 44: 1-387.
- Elizarov AA, AS Grechina, BN Kotenev & AN Kuzetsov. 1993. Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the south Pacific. Journal of Ichthyology 33: 86-104.
- Evseenko SA. 1987. Reproduction of peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the southern Pacific. Journal of Ichthyology 27: 151-160.
- Graves JE & GN Somero. 1982. Electrophoretic and functional enzymatic evolution in four species of eastern Pacific barracudas from different thermal environments. Evolution 36:97-106.
- Kashirin KV, VV Nekrasov, AA Nesterov, NA Nazarov & DD Tormozov. 1994. Migraciones. En: Arcos, D & AS Grechina (eds), Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico sur, 175-177. Editora Anfbal Pinto S.A., Concepción, Chile.
- Kijima A, N Taniguchi & A Ochiai. 1986. Genetic relationships in the family Carangidae En: Uyeno, T, R Arai, T Tanjuchi & K Matsuura (eds), Indo-Pacific fish biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes, 840-848. Ichthyological Society of Japan, Tokyo.
- Kryukov VV. 1994. Sobre la hidrología de la región subantártica del océano Pacífico. En: Arcos, D & AS Grechina (eds), Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico sur, 75-83. Editora Anfbal Pinto S.A., Concepción, Chile.
- Nei M. 1972. Genetic distance between populations. American Naturalist 106: 283-292.
- Nekrasov VV. 1994. Posición sistemática del jurel peruano. En: Arcos, D & AS Grechina (eds), Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico sur, 21-24. Editora Anfbal Pinto S.A., Concepción, Chile.
- Nichols JT. 1940. Notes on carangid fishes. 5. Young *Trachurus* in the Gulf of Mexico. American Museum Novitates 1064: 1-4.
- Parrish RH 1989. The South Pacific oceanic horse mackerel (*Trachurus picturatus murphyi*) fishery. En: Pauly, D, P Muck, J Mendo & I Tsukayama (eds). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18: 321-331. Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines.
- Shaboneyev LY. 1980. Systematics, morpho-ecological characteristics and origin of Carangids of the genus *Trachurus*. Journal Ichthyology 20: 15-24.

- Smith DG & RG Coss. 1984. Calibrating the molecular clock: estimates of ground squirrel divergence made using fossil and geological time markers. *Molecular Biology and Evolution* 1: 249-259.
- Stepien CA & RH Rosenblatt. 1996. Genetic divergence in antitropical pelagic marine fishes (*Trachurus*, *Merluccius*, and *Scomber*) between North and South America. *Copeia* 3: 586-598.
- Vawter AT, R Rosenblatt & GC Gorman. 1980. Genetic divergence among fishes of the eastern Pacific and the Carribean: support for the molecular clock. *Evolution* 34:705-711.
- Ward RD & JA Beardmore. 1977. Protein variation in the plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Genetical Research* 30: 45-62.
- Ward R & R Galleguillos. 1983. Biochemical systematics and genetic variation in flatfish of the family Pleuronectidae. En: Oxford, GS & D Rollinson (eds), *Protein polymorphism: adaptative and taxonomic significance* 24: 165-178. Systematic Association by Academic Press. Londres & Nueva York.

Recibido en junio de 1997 y aceptado en marzo de 1998