

Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de Bahía Magdalena-Almejas, un sistema lagunar de la costa occidental de Baja California Sur, México*

JOSE LUIS CASTRO-AGUIRRE
División de Biología Marina
Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C.
Apartado Postal 128
La Paz, Baja California Sur
23000 México

ROBERTO TORRES-OROZCO
Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa
Apartado Postal 55-535
09340 México, D.F.

CASTRO-AGUIRRE, J.L. y R. TORRES-OROZCO, 1993. Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de Bahía Magdalena-Almejas, un sistema lagunar de la costa occidental de Baja California Sur, México, *An. Esc. nac. Cienc. biol.*, Méx., **38**: 67-73.

RESUMEN: Esta contribución ofrece algunas ideas en relación al origen de la ictiofauna del sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, localizado en la costa suroccidental de Baja California, México. Con base en varios estudios, en proceso de publicación, realizados por los autores, así como trabajo de campo que se hizo por medio de un grupo interdisciplinario, durante 1989 y 1990.

Se han generado varias ideas para tratar de explicar el origen de los tres conjuntos de especies de peces de fondos blandos, que ahí se localizan. Con la aplicación conjunta de los conceptos, tanto vicariantes como dispersalistas, se logra estructurar una hipótesis que tal vez podría ser útil para comprender la compleja situación que prevalece y que es patente cuando se analiza la composición específica de la ictiofauna.

Se detectan, por lo tanto, tres diferentes componentes: a) el templado-cálido, cuya estirpe o centro de origen se localiza en la provincia sandieguina, que contribuye con 20 a 25 por ciento de especies, algunas de ellas endémicas del Pacífico nororiental; b) el subtropical, derivado de un hipotético "paleocanal" de La Paz que, supuestamente, permitió el intercambio parcial de especies del Pacífico con las del Golfo de California y c) el subtropical-tropical, que muy probablemente se originó al momento de formación de la Península de Baja California, cuando se desprendió del macizo continental mexicano, es decir, entre el Mioceno y el Plioceno.

* Versión revisada de una contribución verbal presentada en el IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Coquimbo, Chile, octubre de 1991.

INTRODUCCIÓN

El sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, está situado en la parte suroccidental de la Península de Baja California, México; y se localiza entre los 24°21' y 24°46' latitud N y los 110°30' y 112°15' longitud oeste. Pertenecen, desde el punto de vista hidrológico, a tres zonas bien diferenciadas: la norecuatorial, la del Pacífico central y, mayormente, a la Corriente de California.

En su totalidad este complejo lagunar cubre una superficie de 114,600 hectáreas, protegido por una serie de islas paralelas a la costa, entre las que destacan: Magdalena, Margarita y Creciente. La zona noroeste del complejo, tiene una enorme cantidad de esteros, marismas y canales, cuya profundidad promedio es de 3.6 m. La zona central, que es propiamente Bahía Magdalena, con una profundidad promedio de 4 m, se conecta al mar por una boca ancha y profunda. La zona sureste, que se conforma con Bahía Almejas, incluye áreas muy someras, que quedan al descubierto durante las bajas mareas.

La hidrología del sistema ha sido descrita por varios autores, entre ellos Alvarez-Borrego *et al.* (1975), quienes mencionaron valores térmicos superficiales, que oscilan entre 18 y 23°C, salinidad entre 34.0 y 38.5 ‰ y oxígeno disuelto de .04 a 25.6 ml/l. Sin embargo, existen variaciones interanuales, que pueden dar valores algo diferentes a los mencionados. Es importante mencionar que el sistema, desde este punto de vista, se comporta como un antiestuario todo el año, es decir, que hay mayor salinidad en su interior, que en mar abierto. El tipo de mareas es mixto, con dominancia semidiurna. El aporte de aguas dulces es nulo o mínimo, a través de ciertos arroyos que desembocan en el sistema, durante la época lluviosa, que se extiende hacia finales del verano y principios del otoño, por la influencia de los ciclones tropicales, o bien, en el invierno.

Biogeográficamente, esta zona pertenece a la que algunos autores consideran como "de transición", ya que coexisten elementos tanto tropicales o subtropicales, y templados. En particular, las comunidades ícticas de la zona muestran cualidades interesantes, en cuanto a su composición y variación espacio-temporal, que han originado una serie de planteamientos y aun interrogantes acerca de su origen y evolución. Esta contribución intenta estructurar una hipótesis para tratar de explicar dicha fenomenología.

ANTECEDENTES

Los estudios ictiológicos en el área han sido hasta ahora escasos y de alcance limitado, entre ellos se citan los de Castro-Barrera *et al.* (1977) y Matthews y Espinoza (1975), Matthews y Druck (1975) y Matthews y Guardado (1975) mencionados por Leija-Tristán *et al.* (1991); sin embargo, en ninguno de ellos se ofrecen planteamientos teóricos en torno a esta cuestión, de ahí el interés de desarrollar este modelo conceptual.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente documento se originó a partir de varios estudios inéditos de los autores (algunos de ellos en proceso de publicación) y de un proyecto para evaluar las poblaciones de camarón y fauna asociada de esta zona, que fue ejecutado con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de junio de 1989 a diciembre de 1990 (Leija-Tristán, *et al.*, 1991). Dicho proyecto permitió, en forma paralela, obtener muestras mensuales

representativas de las comunidades ícticas, propias de fondos suaves, pudiéndose detectar cambios en su composición, estructura y funcionamiento.

Las colectas se realizaron siguiendo los lineamientos tradicionales de captura de peces en ambientes lagunares, cuya descripción, para esta área, ofrecen Torres-Orozco y Castro-Aguirre (en prensa). Dicho material se encuentra bajo estudio, en cuanto a sus parámetros poblacionales y a la estructura de la comunidad, por el segundo autor (T.O.) de esta contribución.

Los aspectos taxonómicos han concluido, dando lugar a los considerandos que, en las líneas siguientes, se ofrecen como planteamientos hipotéticos razonables. La terminología geológica sigue a Hausback (1984) y el análisis zoogeográfico se sustenta en las hipótesis de Briggs (1974), aunque algunas conclusiones preliminares incluyen planteamientos vicariantes (Croizat, *et al.*, 1974; Pielou, 1979; Rosen, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis taxonómico demostró la existencia de 83 especies de peces, incluidas en 58 géneros, 40 familias y 14 órdenes; todas ellas, características de fondos suaves. No es muy factible que un mayor esfuerzo de colecta hubiese podido rendir mayor número de ellas, sin embargo, al consultar otras colecciones ictiológicas (la del CICIMAR e IB-UNAM), se constató la existencia de 14 especies adicionales, no detectadas durante la ejecución del proyecto. Es decir, que el componente íctico de estas bahías es alrededor de 100 especies. Existe un estimado del porcentaje de formas de origen tropical, que fluctúa entre el 65 y 75 por ciento del total. Esta variación toma en consideración las invasiones periódicas de elementos de aguas tropicales, sobre todo en verano. El resto de la ictiofauna está conformado por especies de origen templado y aun boreal.

La dificultad principal surge cuando se trata de explicar el origen de dicho conjunto íctico. En el caso de las formas templadas, la problemática es menor debido a que su área de distribución geográfica es más o menos continua a lo largo de la costa occidental de América del norte. Probablemente esto se debe a las propiedades mismas de la Corriente de California ya que, además de sus características físico-químicas, la capacidad de transporte que posee, contribuye a la dispersión de los peces mientras forman parte del mero-plancton.

Las investigaciones realizadas confirman estos hechos, pues es muy común encontrar especies templadas dentro y fuera de la Bahía, particularmente en invierno y primavera. Entre ellas, *Heterodontus francisci*, *Torpedo californica*, *Sardinops sagax*, *Engraulis mordax*, *Scomber japonicus*, *Pleuronichthys ritteri* y *P. ocellatus*, *Hypsopsetta guttulada*, *Paralichthys californicus*, *Scorpaena guttata*, *Porichthys notatus*, *Seriphus politus*, *Roncador stearnsi* y *Atractoscion nobilis*.

Sin embargo, durante el verano y gran parte del otoño, éstas no se presentan o son ocasionales, aunque son reemplazadas por otras que pertenecen al componente íctico tropical-subtropical euritérmico y que son dominantes en la comunidad durante esas épocas del año. Todas ellas parecen ser relativamente comunes dentro del Golfo de California y en la costa del Pacífico mexicano, donde forman parte importante de los fondos blandos de la plataforma continental, llegando incluso a penetrar a los estuarios y lagunas costeras de esa zona (Castro-Aguirre, 1978).

Este conjunto de especies tropicales forma parte de la comunidad del sistema Magdalena-

Almejas que, como ya se mencionó anteriormente, conforman la mayor parte de los peces de esa región. Este complejo específico es, precisamente, el que presenta mayor dificultad para tratar de determinar su origen y evolución.

En términos puntuales, como se estipuló en líneas anteriores, la temperatura superficial en dichos cuerpos de agua, sin ser tropical, permitiría el establecimiento y desarrollo de formas euritérmicas, como algunos representantes de las familias: Ariidae (*Ariopsis platypogon*), Serranidae (*Diplectrum* spp.), Carangidae (*Selene peruviana*, *Caranx vinctus*), Gerreidae (*Eucinostomus* spp., *Diapterus* spp.), Haemulidae (*Haemulon* spp., *Haemulopsis* spp. y *Pomadasis* spp.) Sciaenidae (*Elattarchus archidium*, *Larimus pacificus* y *Menticirrhus panamensis*), Ephippidae (*Chaetodipterus zonatus*), Chaetodontidae (*Chaetodon humeralis*), Centropomidae (*Centropomus nigrescens*), Mugilidae (*Mugil* spp.), etcétera.

La presencia de estas especies dentro de las bahías, no puede explicarse satisfactoriamente mediante supuestos movimientos de dispersión hacia el norte de las poblaciones, que no están genéticamente adaptadas; por una parte, a resistir cambios térmicos estacionales, en ocasiones de gran magnitud, que se dan dentro de estos cuerpos de agua y; por otra, a entrar en competencia con poblaciones de otras formas mejor adaptadas a dichos cambios medioambientales, como son las templadas.

Aun aceptando la hipótesis de los centros de origen y dispersión de Briggs (1974), no es fácil comprender cómo dichas especies tropicales pudieron haber alcanzado la costa suroccidental de la Península, debido además a la presencia de las siguientes barreras: batimétricas [la gran profundidad existente entre tierra firme mexicana y la Península, que haría difícil el paso a especies eminentemente bentónicas como los bagres (Ariidae), anchoas tropicales (Engraulidae), gurrubatas (Sciaenidae), etc.]; térmicas (debido a la intensa mezcla de aguas de origen ecuatorial y boreal); topográficas [la diferente morfología costera de la Península y tierra firme mexicana, es decir, presencia en ésta de manglares, marismas, estuarios y por ende fondos fangosos o de sedimentos finos y en aquella, la falta de estas características, a lo largo de la región comprendida entre Cabo Tosco hasta Los Cabos y de ahí, hasta la Bahía de La Paz (provincia mexicana de Briggs, 1974)].

No es factible utilizar el concepto dispersalista de este autor para explicar el origen de la ictiofauna de tipo tropical-subtropical existente en estas bahías y, por lo mismo, quedaría descartada la hipótesis que pretende establecer flujo genético y por ende intercambio entre el Golfo de California y esas bahías, por lo menos a nivel temporal actual.

Probablemente, el mejor argumento para explicar el origen de esta ictiofauna, se encuentre haciendo uso del modelo vicariante, que algunos autores hacen equivalente al de especiación alopatrica (Croizat *et al.*, 1974 y Rosen, 1975). Así aun cuando todavía no se presentan fuertes signos de microevolución en la ictiofauna de esta zona, son ya evidentes algunos detalles poblacionales que hacen pensar en la existencia actual de fenómenos de especiación. En efecto, hay indicios de que en la población de *Lile stolifera*, presente en la zona, se están desarrollando ciertas características fenotípicas que podrían apoyar estas hipótesis. Aunado a ello, Whitehead *et al.* (1988) han demostrado la validez plena de un engráulido endémico de estas bahías (*Anchovia magdalenae*). Es probable que un análisis más fino de otras poblaciones ícticas pudiera demostrar fenómenos semejantes.

Quizá la explicación más probable, en cuanto al origen de la ictiofauna tropical-subtropical de estas bahías, encuentre su base en el "paradigma de la vicariancia", en el sentido de Croizat *et al.* (1974), ampliamente explicado por Pielou (1979). Es decir, que los peces tropicales existentes en la zona de estudio, se originaron a partir de la separación de las

poblaciones, que tuvo lugar después del desprendimiento de la Península de Baja California del macizo continental mexicano, aproximadamente entre seis y siete millones de años, según Hausback (1984), es decir entre el Mioceno y el Plioceno. Una posible prueba de ello es la presencia actual de varias especies de *Haemulopsis*, *Pomadasis*, *Menticirrhus*, *Larimus*, etc., como ya se mencionó, cuya distribución aparentemente es discontinua a lo largo del litoral occidental, sólo presentándose en Magdalena-Almejas y desde Mazatlán hasta Panamá. Este es un patrón típico de varias especies de peces de aguas costeras, con fondos suaves (Hubbs y Roden, 1964; Rosenblatt, 1963 y 1967).

La diversidad y abundancia de los peces de la familia Ariidae, en esta localidad, que por sus características hidrológicas y sedimentarias, pudieran ser consideradas como elevadas, resultan ser muy bajas. Una explicación a ello, podría ser la falta de ríos permanentes o alguna otra fuente de agua dulce, que es necesaria dentro del ciclo de vida de varias de las especies de *Ariopsis*, que son frecuentes y abundantes en la costa del Pacífico mexicano. Probablemente, aquellas formas dependientes del agua dulce, se eliminaron paulatinamente, dejando a dos de ellas que no la requieren (*A. platypogon* y *A. planiceps*) pero aun éstas no son abundantes.

Es muy factible que otras especies de peces presentes en la zona hayan penetrado durante fines del Pleistoceno, a través de un supuesto paleocanal terciario que comunicó la región de La Paz, con el Pacífico (Walker, 1960). Esta situación pudo haber producido un intercambio faunístico importante entre las dos áreas, que involucró colonización subsecuente de los dos tipos de faunas, tal y como ahora se presentan. Ejemplos de ellas: *Paralichthys woolmani*, *Citharichthys gilberti*, *Etropus crossotus* y *Achirus mazatlanus*.

A pesar de todo, no se encuentra plenamente demostrada la existencia de ese paleocanal, sin embargo la presencia de tales elementos ícticos es digna de consideración.

Otra porción de la ictiofauna de esta zona se originó, muy probablemente, de la correspondiente a la región Californiana, en particular de la provincia sandieguina (Briggs, 1974). La dispersión de las poblaciones propias de tal región, pudo haberse iniciado desde finales del Pleistoceno, cuando predominaron temperaturas superficiales del mar de tres a cuatro grados centígrados menores que la actual y por el pleno establecimiento de la Corriente de California, como actualmente se observa. La colonización de las especies y su ulterior desarrollo, se ha visto favorecida por la presencia de surgencias, muy cercanas a las bahías, que traen como consecuencia temperaturas superficiales que pueden ser de tres a nueve grados centígrados menores que las aguas adyacentes, como lo observó Hubbs (1960). Son ejemplos de ellas: *Squatina californica*, *Etrumeus teres*, *Atherinopsis californiensis*, *Fundulus parvipinnis brevipinna*, *Paralabrax nebulifer* y *P. clathratus*, *Cheilotrema saturnum*, *Genyonemus lineatus*, etcétera.

De acuerdo con lo anterior, la ictiofauna actual de este sistema podría ser considerada como el resultado de la interacción de procesos geológicos en su inicio y posteriormente, de naturaleza hidrológica, como se mencionó en párrafos anteriores. La conjunción de tales fenómenos ha producido una asociación faunística muy compleja, en cuanto a su estructura y funcionamiento.

CONSIDERACIONES FINALES

En síntesis, la ictiofauna de la Bahía Magdalena-Almejas, parece tener tres orígenes diferentes:

a) La tropical-subtropical, cuya ancestría se remonta hasta antes de la formación de la Península de Baja California y que fue "transportada" junto con ella. Los procesos selectivos manifestaron su acción al eliminar a varios grupos cuya dependencia de aguas oligohalinas o dulces era imprescindible. Algunas poblaciones lograron adaptarse al nuevo ambiente y ahora se restringen hacia la zona de canales y esteros, donde cumplen su ciclo de vida.

Además de los ejemplos referidos anteriormente, existe la evidencia que proporcionan algunos géneros de peces de agua dulce que se han localizado recientemente en oasis y arroyos permanentes de la parte sur de la Sierra de la Giganta, quienes muestran cierta afinidad con la correspondiente del sur de Jalisco y Michoacán (entre ellas: *Awaous* sp., *Eleotris* sp., *Agonostomus* sp., y *Gobiesox* sp.). Como Hausback (1984) ha demostrado, esta zona se corresponde geológicamente con la parte sur de Baja California.

b) La subtropical, que se originó a partir de un supuesto paleocanal de La Paz, que pudo haber permitido el intercambio parcial de especies del Pacífico y del Golfo de California. Este evento sería históricamente, más reciente que el anterior y es probable que sea el responsable de parte de la riqueza específica subtropical que se observa actualmente en el sistema de bahías y esteros circundantes.

c) La templado-cálida, cuya stirpe se localiza en la región californiana y particularmente en la provincia sandieguina, que contribuye con un alto porcentaje de especies, muchas de ellas endémicas del Pacífico nor-oriental. Esta ictiofauna contiene una relativa alta diversidad y abundancia, gracias a la influencia de las surgencias aledañas que confieren gradientes térmicos favorables para su desarrollo.

Aunado a ello también se debe mencionar la vagilidad propia de muchas de las formas presentes, así como aquéllas que mantienen un constante flujo genético a pesar del gradiente latitudinal que existe en toda esta gran área (de 24 a 35 grados de latitud norte), gracias a la acción de la Corriente de California, aun cuando se presentan variaciones de índole interanual, que pueden dar lugar a temperaturas "anómalas" o desviaciones de la media considerada como normal. Dicho aporte genético es más o menos constante, manteniendo el patrón de la diversidad íctica tal como se le ha descrito.

De acuerdo a lo anterior, no es fácil establecer si esta zona pertenece a determinada provincia zoogeográfica, o si es un área de "transición" por la influencia de dos corrientes oceánicas. Quizá lo más adecuado sería considerarla como una región muy singular, donde confluyen tres diferentes tipos de comunidades ícticas de distinto origen a nivel espacio-temporal y con una estructura muy compleja.

SUMMARY

This contribution offers some ideas in regard to the origin of the soft bottom ichthyofauna of the Bahía Magdalena-Almejas, which is a coastal lagoon system, located in the southwestern coast of the Península de Baja California, México. On the basis of several still unpublished studies made by the authors, field work conducted by a multidisciplinary team during 1989 through 1990, and with the dispersalist and vicariant models, some ideas have been generated in order to explain the origin of three different kind of soft bottom fish species, which are commonly found in this area. They are: a) a warm-temperature component that belongs to the California region (sandiegan province), which represent about the 20 to 25% of the total. Some of them are northeastern Pacific endemics; b) a subtropi-

cal component assumed to be derived from an hypothetical Tertiary La Paz palaeochannel, which could made possible the free passage way of some fish species from the southern Golfo de California to the southwestern coast of the Peninsula, and viceversa, and c) a tropical-subtropical component probably originated at the same time the Baja California Peninsula was formed from the southwestern Mexican coast, that is between Miocene and Pliocene.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ-BORREGO, S.; L.A. GALINDO-BECT y A. CHEE-BARRAGÁN, 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. *Ciencias Marinas*, U.A.B.C., 12(2): 94-110.
- BRIGGS, J.C., 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill Book, New York.
- CASTRO-AGUIRRE, J.L., 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México, con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Depto. de Pesca, México, *Serie Científica* 19:ix + 298.
- CASTRO-BARRERA, T.; F. MORENO-GARIBAY y C. MORENO-GREEN, 1977. Abundancia y distribución estacional de larvas de peces en Bahía Magdalena, Baja California Sur. *Memorias del V. Congreso Nacional de Oceanografía*, Guaymas, Sonora, México, pp. 162-181.
- CROIZAT, L.; G.J. NELSON and D.E. ROSEN, 1974. Centers of origin and related concepts. *Systematic Zoology* 23:265-287.
- HAUSBACK, B.P., 1984. Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico. In: Frizell, V.A. (ed) *Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section*, pp. 219-236.
- HUBBS, C.L. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. Symposium on the biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology* 9(3-4): 134-147.
- HUBBS, C.L. and G.I. RODEN. 1964. Oceanography and marine life along the Pacific coast of Middle America. In: Wauchope, R. and R.C. West (eds) *Handbook of Middle America Indians*. Univ. of Texas Press: 143-186.
- LEUA-TRISTAN, A., 1991. Informe técnico final del Proyecto Estudio Biológico-Pesquero del Camarón de la Costa Occidental de Baja California Sur (zonas protegidas: complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas). CIB/CONACYT: P020CCOR892696 México [inédito].
- PIELOU, E.C., 1979. *Biogeography*. John Wiley & Sons, New York.
- ROSEN, D.E., 1975. The vicariance model of Caribbean biogeography. *Systematic Zoology* 24:431-464.
- ROSENBLATT, R.H., 1963. Some aspects of speciation in marine shore fishes. In: Harding J.P. & N. Tebble (eds) *Speciation in the Sea, A Symposium*, pp. 171-180.
- ROSENBLATT, R.H., 1967. The zoogeographical relationships of the marine shore fishes in tropical America. *Stud. Trop. Oceanogr., Miami* 5:579-592.
- WALKER, B.W., 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematic Zoology* 9(3-4): 123-133.
- WHITEHEAD P.J.P.; G.J. NELSON and T. WONGRATANA, 1988. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). Pt. 2 Engraulidae. *FAO Fish. Synopsis* 125(2): 305-579.