

## REVISIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MONITOREO Y DE ESTUDIOS ICTIOPLANCTÓNICOS ENFOCADOS A LA INVESTIGACIÓN PESQUERA EN EL PACÍFICO MEXICANO

Funes Rodríguez, René<sup>a</sup> & Alfonso Esquivel Herrera<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México, <sup>b</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco C.P. 04960, CDMX, México.

**RESUMEN.** Se presentan los avances en la investigación del ictioplancton en la región del Pacífico Mexicano. La revisión incluye aspectos históricos relacionados con el problema del reclutamiento pesquero que motivó la participación de grupos de investigación conformados por investigadores nacionales y extranjeros. La revisión cita argumentos e hipótesis para explicar la variabilidad del reclutamiento, relacionadas con complejos procesos trofodinámicos y físicos que actúan en diferentes escalas espaciales y temporales. Asimismo se incluye una narrativa sobre el desarrollo de la investigación en torno a las hipótesis planteadas; de la diversidad de las especies; consolidación de grupos de trabajo; y monitoreo del Pacífico Mexicano. El avance ha permitido integrar bases de datos de ictioplancton que dan cuenta de la gran diversidad (costa occidental de la Península de Baja California, 265 taxa; Golfo de California, 283 taxa; y la suma entre el Golfo de California a Colima, 579 taxa), así como de la influencia de las diferentes masas de agua en la región y su biota asociada (Subártica, Subtropical y Ecuatorial). En los estudios se destaca la interpretación de los cambios en la estructura y abundancia de los organismos asociados con los componentes abióticos de mesoescala y escalas temporales de largo plazo, además del papel de la oceanografía en la delimitación del hábitat y requerimientos necesarios para el crecimiento y supervivencia de las larvas de peces. Sin embargo, otros tipos de procesos fisiológicos y trofodinámica aún son poco conocidos y deben ser abordados en el futuro y para ello, se requerirá de un análisis integral de las relaciones en combinación con la productividad de los océanos, para lograr un mejor manejo pesquero de los recursos.

**Palabras clave:** huevos y larvas de peces, avances investigación, supervivencia larval, reclutamiento, stocks, monitoreo del Pacífico Mexicano.

### Review of the monitoring programs and ichthyoplankton studies focused on fisheries research in the Mexican Pacific

**ABSTRACT.** Community advances in fish early life dynamics in the Mexican Pacific region are presented. The review includes historical aspects related to marine fish recruitment variability, with national and foreign researcher groups' participation. The review cites arguments and hypotheses to explain the recruitment variability related to complex trophodynamic and physical processes that act at different temporal-space scales. It also includes a narrative about studies around the hypotheses raised; species diversity; work team consolidation; and oceanographic monitoring of the Mexican Pacific. The advance has made it possible to integrate ichthyoplankton databases that account for the great diversity (western coast of the Baja California Peninsula, 265 taxa; the Gulf of California, 283 taxa; and the sum between the Gulf of California to Colima, 579 taxa), as well as the influence of the different bodies of water in the region and their associated biota (Subarctic, Subtropical and Equatorial). The studies highlight the interpretation of the changes in the structure and abundance of the organisms associated with the abiotic components of mesoscale and the long term and oceanography's role in the delimitation of the habitat requirements necessary for the growth and fish larval survival. However, other types of physiological and trophodynamic processes are still poorly understood. They must be addressed in the future, and for this, a comprehensive analysis of the relationships and changes in combination with the productivity of the oceans will be required to achieve better fishery resources management.

Funes Rodríguez, R. & A. Esquivel Herrera 2020. Revisión de los programas de monitoreo y de estudios ictioplanctónicos enfocados a la investigación pesquera en el Pacífico Mexicano. *CICIMAR Océánides*, 35(1-2): 31-58.

### INTRODUCCIÓN

Las investigaciones derivadas del programa California Cooperative Fisheries Investigations (CalCOFI), han inferido que los cambios en la distribución y variabilidad de las larvas de la mayoría de las especies de peces pelágicos muestran una estrecha relación con la variación espacio-temporal del clima. Sus variaciones en extensión geográfica y duración del periodo reproductivo son relacionadas con la distribución de las masas de agua a lo largo del litoral de Pacífico Mexicano (Moser & Smith, 1993; Smith & Moser, 2003; Emmett *et al.*, 2005); en estrecho acoplamiento con procesos climáticos de largo plazo, de acuerdo a la disponibilidad de los recursos pesqueros (Baumgartner *et al.*, 1992; Lluch-Belda

*et al.*, 1992; Deriso *et al.*, 1996; Félix-Uraga *et al.*, 1996; Schwartzlose *et al.*, 1999; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2001; Chavez *et al.*, 2003). Donde el éxito de la clase anual suele variar interanualmente en función del tamaño poblacional y de las condiciones oceanográficas imperantes, siendo el principal reto para el manejo pesquero de los recursos.

Los estudios ictioplanctónicos son útiles en la detección y evaluación de los recursos pesqueros, estudios biológicos y taxonómicos, y que son reconocidos como métodos independientes de las pesquerías para estimar el tamaño del stock y dinámica poblacional (Smith & Richardson, 1977). Los primeros estadios de desarrollo de los peces son una etapa ontogénica crítica en la dinámica de poblacio-

nes, si se considera que sólo una pequeña fracción de los productos del desove (huevos y larvas) sobrevive hasta alcanzar la talla de reclutamiento pesquero (Houde 1989). Esto se debe a que huevos y larvas de peces son expuestos a una gran variedad de causas de mortalidad, impuestos por requerimientos propios de cada especie (fisiológicos y ecológicos), y de las características físicas, químicas y biológicas del hábitat que condicionan el desarrollo y supervivencia de las larvas (Butler, 1991; Houde 1989, Chambers & Trippel, 1997, Fuiman & Werner, 2002).

La mortalidad se incrementa si los requerimientos de la larva y disponibilidad de alimento no coinciden en tiempo y espacio (Cushing, 1995). Sin embargo, un hábitat con abundantes depredadores o inestabilidad ambiental también puede determinar la abundancia larval, debido a su gran vulnerabilidad (Lasker, 1981; Chambers & Trippel, 1997; Fuiman & Werner, 2002; Houde, 2008). En esencia, este fenómeno se define como una compleja combinación de efectos y factores de interacción, que pueden generar variabilidad en el reclutamiento de órdenes de magnitud, y esto debido a pequeños efectos sobre la mortalidad y las tasas de crecimiento durante los estadios de huevos y larvas, o mediante efectos acumulativos previos al reclutamiento (Houde, 2008).

La hipótesis del Período Crítico radica en las consecuencias que tiene el desacoplamiento entre la presencia de alimento y el desarrollo inicial de las larvas, aunado al efecto de la deriva de los organismos fuera del área apropiada de distribución, que influye sobre la supervivencia larval (Hjort, 1914). Esta hipótesis dio paso al razonamiento en torno al acoplamiento de las larvas con el alimento (Match-Mismatch, Cushing, 1990, 1995; Ventana Optima, Cury & Roy 1989; Océano Estable, Lasker, (1975, 1978, 1981)), aunque actualmente se reconoce que la variabilidad del reclutamiento depende de complejos procesos trofodinámicos y físicos, que actúan en muchas escalas temporales y espaciales (Houde, 2008).

El problema del éxito en el reclutamiento ha sido el tema central en la dinámica de poblaciones sujetas a diferentes fuentes de presión pesquera y en aquellas especies susceptibles a cambios ambientales. El origen de estas investigaciones inicia a finales de los 1940's para explicar los cambios en las poblaciones del arenque del Mar del Norte (*Clupea harengus*), y el bacalao noruego (*Gadus morhua*) durante la posguerra (Segunda Guerra Mundial). En el Pacífico Nororiental, el colapso de la pesquería de la sardina (*Sardinops sagax*) en California fue decisivo para emprender investigaciones coordinadas sobre el comportamiento y distribución del recurso (Clark & Marr, 1955; Radovich, 1982; Lasker, 1987; Smith & Moser, 1988). De esta forma, el Marine Research Committee (MRC) en 1949 inicia las investigaciones de las poblaciones de sardinas en relación a su

ambiente físico y químico, su disponibilidad de alimento, depredadores y competidores. Su propósito era asociar sus descubrimientos en términos de la supervivencia de juveniles, distribución y disponibilidad de sardinas para explicar el colapso pesquero ocurrido en la década de 1940, o predecir el futuro de la pesquería de sardina en el sistema de la Corriente de California.

El programa MRC sugirió que la causa del decrecimiento del desove de la sardina se debió a cambios en el patrón estacional del desove, en estrecha relación con la temperatura del agua, como respuesta a la influencia de los cambios en las condiciones oceanográficas. Además de sugerir la existencia de dos importantes centros de desove de la sardina: uno cerca de la Isla Cedros; y el otro entre el sur de California y norte de Baja California. Desde entonces, debido a que la abundancia de la sardina y la macarela (*Scomber japonicus*) continuó disminuyendo entre 1949 y 1953, la industria pesquera se enfocó en la captura de la anchoveta (*Engraulis mordax*) y el charrito (*Trachurus symmetricus*).

La prospección mediante cruceros oceanográficos del programa comenzó en 1949, pero debido a la expansión de las investigaciones sobre otros recursos pesqueros, su nombre cambió a California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations en 1953 (CalCOFI) y continuó hasta 1985 en una amplia zona geográfica a lo largo del área de influencia de la Corriente de California. En México, ante la creciente importancia del recurso sardina, a principios de la década de 1970 se creó el Programa de Investigación y Fomento para el Golfo de California del Instituto Nacional de la Pesca (INP), con estudios dirigidos para estimar la biomasa reproductora de los peces pelágicos menores (sardinas y anchovetas) y la merluza (*Merluccius productus*) del Noroeste de México (e. g. De La Campa, 1974; Padilla, 1981) (Fig. 1).

A partir de 1985 el programa CalCOFI dejó de incluir aguas mexicanas, quedando reducido el muestreo en su parte meridional al sur de California. No obstante, el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional, realizó prospecciones de huevos y larvas de peces (1982-1995) en la costa occidental de Baja California Sur y el Golfo de California (Hinojosa-Medina *et al.*, 2007) y el INP realizó el monitoreo para evaluar la biodiversidad y el potencial pesquero en el Golfo de California. Posteriormente, dio inicio el programa de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) con la intención de realizar un esfuerzo complementario al de CalCOFI en la región sur de la Corriente de California, mediante un extensivo monitoreo en la costa occidental de la Península de Baja California (Castro-Gaxiola & Durazo, 2010), operando desde 1997 hasta 2019. Otros programas de monitoreo dieron inicio a partir de 1996, en aguas del Pacífico

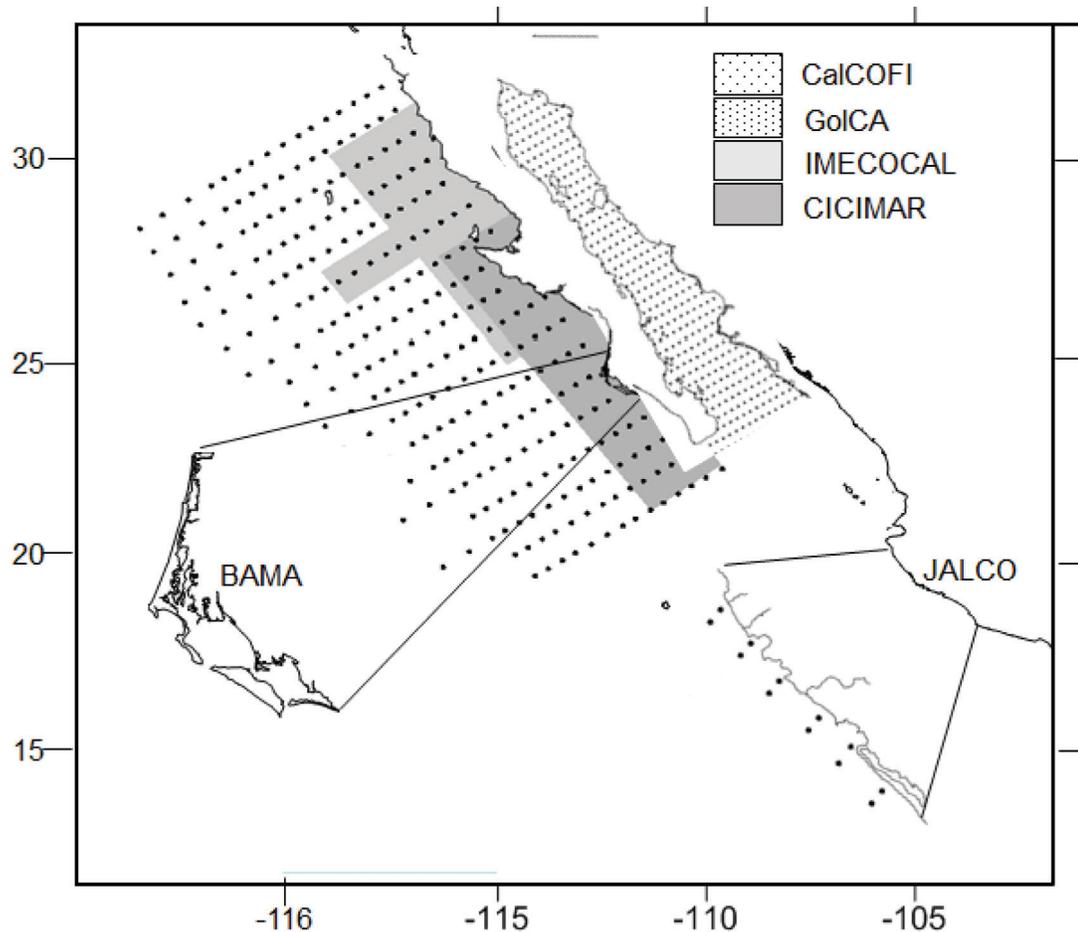


Figura 1. Plan de muestreos de la Costa Occidental de Baja California y mares adyacentes de los programas de mayor monitoreo, CalCOFI, CICIMAR, IMECOCAL, GoICA, BAMA y JALCO. El sombreado corresponde a cada programa de monitoreo y los puntos corresponden al plan de estaciones de muestreo.

central Mexicano (Jalisco-Colima) realizados por la Universidad de Guadalajara (UdeG) (e. g. Franco-Gordo *et al.*, 2002) (Fig.1).

El avance tecnológico de los instrumentos oceanográficos de medición (e. g. CTD, información satelital, muestreador sumergible continuo de huevos de peces (CUFES, Checkley *et al.* 2000) permitió realizar investigaciones interdisciplinarias, cuyos propósitos fueron identificar las interacciones entre los primeros estadios de vida y los componentes abióticos, que son clave en los procesos de reclutamiento y dinámica poblacional. Destacan las investigaciones dirigidas a la descripción de especies en etapa larval, estructura de la comunidad ictioplanctónica, biogeografía, hábitos alimentarios, así como de variabilidad espacio-temporal de corto, mediano y largo plazo en relación a los procesos oceánicos (e. g. Moser *et al.*, 1987, Checkley *et al.*, 2000; McClatchie, 2014). En otras palabras, la identificación de los mecanismos oceánicos y requerimientos de hábitat necesarios, mediante los cuales ocurre un mejor desarrollo y supervivencia (e. g. Love *et al.*, 2009;

Weber & McClatchie, 2010; Funes-Rodríguez *et al.*, 2012; Suntsov *et al.*, 2012; Asch & Checkley, 2013; Koslow *et al.*, 2013; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016).

Otros estudios abordaron aspectos de la dinámica de los stocks (McClatchie, 2014) y tasas vitales de los adultos (tasas de crecimiento, tasa de mortalidad y producción de huevos) que han permitido averiguar la variabilidad en el tamaño del stock de algunos recursos pesqueros (Butler 1991, Houde, 1989; Lo *et al.* 2005; 2010). Además de estudios de impacto ambiental y evaluación de abundancia y biomasa reproductora de peces de importancia comercial (principalmente sardinas) (Lasker, 1985; Wolf *et al.*, 1987).

La presente revisión describe y analiza la actividad y el conocimiento acumulados en la investigación ictioplanctónica en la región del Pacífico Mexicano, donde se dan a conocer sus alcances e impacto en el estado del arte, así como su relevancia desde una perspectiva interdisciplinaria, que en su conjunto han mejorado el nivel de certidumbre de las predicciones de variabilidad de algunos recursos;

y que podrá ser utilizado en propuestas de manejo en esta región del país.

### Hipótesis de reclutamiento

Debido a que los peces adultos con frecuencia desovan en áreas distantes de su área de crianza, la adecuada selección del hábitat es adaptativa para incrementar las oportunidades de supervivencia de los huevos y larvas. La hipótesis del periodo crítico, Hjort (1914), está basado en dos procesos importantes hace dos importantes predicciones: La disponibilidad diferencial del alimento en el desarrollo inicial de las larvas (*i. e.* sincronización entre el desove y el florecimiento del fitoplancton espacial y temporalmente variables); y la influencia de la deriva de huevos y larvas fuera del área apropiada de distribución (por ejemplo diferencias interanuales en la circulación). Derivado de ello, la hipótesis postula que el tamaño de la clase anual es determinado desde las etapas tempranas de vida (restando la mortalidad) y no en función de la producción de huevos. Juntas, las dos hipótesis de Hjort sentaron las bases para la teoría e hipótesis posteriores para explicar la variabilidad del reclutamiento (Houde, 2008) (Fig 2).

Desde entonces las mismas inquietudes poco han cambiado para contestar ¿en qué forma los factores ambientales influyen en el reclutamiento? Sin embargo, a más de 100 años del planteamiento de la hipótesis del Periodo Crítico, se reconoce que la variabilidad del reclutamiento es el resultado de complejos procesos trofodinámicos y físicos que actuaban en muchas escalas temporales y espaciales y durante toda la vida previa al reclutamiento (Houde, 2008).

Las etapas tempranas de vida de la sardina de California fueron objeto de estudio de 1929-1932 (Scofield & Lindner, 1930), para predecir y mostrar las causas de la presencia o ausencia de grupos de edad dominantes en la captura comercial de sardinias a lo largo de la costa de California. Debido a la magnitud del problema, las investigaciones se centraron en la determinación del área de máximo desove, y su consistencia en su localización año con año. En ese entonces, los resultados sugerían que el área de máximo de desove se determinó con precisión y su ubicación era bastante constante frente a la costa del sur de California (San Diego a Point Conception), y que el área desove se extendía desde cerca de Cabo San Lucas, B.C.S., hasta San Francisco, California, a una distancia de 250 millas o más. El descubrimiento más importante de esta investigación fue el hecho de que la gran mayoría de estas sardinias migra a un área con el fin de desovar.

Después del colapso de la pesquería de sardina en California a principios de la década de 1940, la captura disminuyó de un máximo de 700,000 t en 1936-37 a poco menos de 100,000 t en 1947-48. La hipótesis de la existencia de una sola población de sardina fue cuestionada, por la probable existen-

Hipótesis	
Periodo Critico, Hjort	1914
Match-Mismatch, Cushing	1960
Triangulo migratorio, Jones	1968
Alternancia sardina-anchoveta, Soutar e Issacs	1974
Océano estable, Lasker	1975
Modelo de Cuenca, MaCCall	1980
Ventana Optima, Cury & Roy	1989
Régimen, Lluch-Belda <i>et al.</i>	1989
Retención estable, Iles & Sinclair	1982
Miembros y Vagarocidad, Sinclair	1988
Mortalidad, Houde	1989
Triada, Bakun	1997
BAC's, Lluch-Belda	2000

Figura 2. Cronología de las hipótesis para explicar la variabilidad del reclutamiento pesquero.

cia de distintas poblaciones, bajo el antecedente de que el número de vértebras está relacionado con la temperatura en un gradiente entre organismos desde Alaska hasta Punta Eugenia (Clark, 1947), y recientemente se ha visto una coincidencia en la morfometría de otolitos o morfometría geométrica (Félix-Uraga *et al.* 2005; García-Rodríguez *et al.* 2011), aunque no ha sido posible distinguir un patrón filogeográfico claro (García-Rodríguez *et al.* 2011). Sin embargo, debido a que no había suficiente información para explicar el colapso pesquero o predecir el futuro de la pesquería, era necesario recopilar información del comportamiento y distribución del recurso y de su relación con las condiciones oceánicas de manera sistemática. Así nace el programa de monitoreo CalCOFI (1951-1960), confirmando la existencia de dos grandes centros de desove, uno al sur de California y otro en el área de Isla Cedros (Hewitt, 1988).

Alrededor de 1960, se desarrollaron investigaciones vinculadas a la hipótesis del Periodo Crítico de Hjort. Una de ellas, con amplia aceptación, es la hipótesis de Ajuste / Desajuste (Match/Mismatch en Inglés) (Cushing, 1990, 1995), que combina aspectos de la mortalidad denso-dependiente siendo la base de la hipótesis del reclutamiento generacional, que es modificada por la disponibilidad de alimento (e. g. arenque del Atlántico, *C. harengus* vs ciclos de producción de alimento) y su importancia conceptual radica en predecir cómo responden los stocks a la variación y tendencia del clima. De acuerdo con Sinclair (1988) la hipótesis de Match-Mismatch de-

biera interpretarse como un control del número poblacional, en vez de la "sincronización entre el desove y el florecimiento de fitoplancton". Sin embargo, su interpretación más aceptada es el acoplamiento entre larvas y alimento (Jones, 1968; Lasker, 1975, 1981).

La hipótesis de océano-estable (Lasker, 1981) postula que la supervivencia larval impacta sobre el crecimiento y sugiere el establecimiento de una concentración de dinoflagelados resultado de un "periodo de calma del mar" (sin turbulencia) ahora conocidos como Eventos Lasker (Pauly, 1989). Esta condición de calma es vital en la supervivencia de larvas recién eclosionadas. Lo contrario sería la turbulencia que rompe la formación de parches (alimento y disponibilidad de presas), relacionada con la hipótesis de la ventana óptima propuesta por Cury & Roy (1989). Estos últimos proponen que la relación entre el reclutamiento anual y la intensidad de surgencias tipo Ekman, tiene una forma funcional de domo con incremento del reclutamiento hasta que la velocidad del viento alcanza un valor de aproximadamente  $5$  a  $6 \text{ m s}^{-1}$ , pero disminuye el reclutamiento para mayores velocidades del viento.

Una hipótesis que tiene sus raíces en la Deriva propuesta por Hjort, se relaciona con las características hidrográficas que modifican los patrones de retención y supervivencia (remolinos, surgencias costeras y convergencia), y por tanto la distribución espacial y localización del desove puede ser crítica para los huevos y larvas, como resultado de cambios en la estructura poblacional y variación geográfica del ambiente (Iles & Sinclair 1982; Sinclair, 1988). Los autores plantearon la hipótesis en que la retención física, es decir "Retención larval / Miembros" de las etapas tempranas de la vida, es crítica en el proceso de reclutamiento y depende del adulto (no de los niveles de presas disponibles). El número de los stocks de arenques del Mar del Norte (*C. harengus*) y la localización geográfica de los sitios del desove están determinados por el número, localidad y extensión de áreas de retención de larvas, hidrodinámicamente estables (Iles & Sinclair, 1982). Entonces, el control del nivel de abundancia de las diferentes poblaciones, sería determinado por las características oceanográficas (columna de agua vs desove) y el tamaño del sistema donde se efectúa la retención. En este mismo sentido, la hipótesis de Retención (Iles & Sinclair, 1982) postula que las poblaciones mantienen densidades auto-sustentables sólo si los huevos y larvas son retenidas en las áreas de desove y crianza (con una dispersión larval despreciable).

La hipótesis del Miembro / Vágil (Member-Vagrant en Inglés) (Sinclair, 1988) involucra los vínculos entre la hidrodinámica y la dinámica de poblaciones, pero enfatiza que la reproducción sexual es el principal mecanismo de persistencia de una población. Sobre todo, al hecho que sólo una par-

te de la descendencia sobreviviente (Miembros) es importante en la variación poblacional interanual. Los Miembros de una población requieren estar en el lugar y tiempos precisos durante su ciclo de vida, y lo contrario implica la pérdida de individuos de una población por "Vagilidad". El ensayo menciona que las conexiones exitosas (e. g. aseguran pareja, hábitat apropiado) son necesarias para completar el ciclo de vida y con esto lograr producir generaciones exitosas y adicionalmente para mantener la integridad del stock.

Por otra parte, así como algunas especies desovan en la misma área donde los huevos y larvas crecen y se desarrollan (Sinclair, 1988), otras desovan a distancias considerables de la costa y de las zonas de crianza (Checkley *et al.*, 1988). Diferentes especies utilizan ubicaciones segregadas en espacio (desove, desarrollo, crianza, y la alimentación de adultos) (Cury & Roy, 1989). De igual forma que la presión de la pesca y/o el clima, las alteraciones en los patrones de las corrientes que transportan a los huevos hacia las zonas de desarrollo y crianza podrían afectar a cualquiera de estos vínculos críticos. La hipótesis del Retención (Iles & Sinclair, 1982) es contraria al concepto de deriva pasiva de la hipótesis del Triángulo Migratorio (Jones, 1968), que propone la separación entre el área de desove, crianza y del stock de adultos mediante la migración activa del adulto hacia el área del desove, donde el efecto de la hidrodinámica es necesario para el transporte de los estadios tempranos hacia las zonas de crianza.

Así, los factores físicos influyen en el crecimiento, desarrollo y maduración de los peces, donde gran parte de la población coincide en tiempo y espacio (en sus diferentes etapas ontogénicas). No obstante, en la realidad es difícil acoplar los patrones poblacionales y de distribución durante la historia de vida de las especies, en relación con la deriva pasiva de las corrientes marinas residuales. Los modelos biofísicos que predicen la circulación tridimensional de las corrientes marinas, son de gran utilidad para comprender las rutas de conectividad entre las poblaciones, e incluso establecer acoplamientos entre los procesos de transporte y el reabastecimiento de larvas al final de su fase planctónica. Numerosos estudios valoran las habilidades sensoriales y de natación de las larvas, a diferencia de la idea de que las larvas tardías son simplemente distribuidas pasivamente por las corrientes marinas (Leis *et al.*, 1996; Leis & Carson-Ewart, 1997; 1999; Stobutzki & Bellwood, 1998; Kingsford & Finn, 1997). La Triada (Bakun, 1997) es una hipótesis incluyente que resume las características que otorgan "habitabilidad" a través de procesos físicos que condicionan el hábitat, e influyen en el crecimiento y supervivencia de los organismos. En primera instancia, incluye los mecanismos que generan el enriquecimiento del área (surgencia y mezcla), seguido de los frentes

oceánicos que promueven procesos de convergencia, formación frontal y estabilidad y, finalmente, los procesos de retención (o deriva hacia el hábitat apropiado).

El Modelo de Cuenca, selección de hábitat denso-dependiente (MacCall, 1980; Lasker & MacCall, 1983) surge para entender las fluctuaciones poblacionales. El modelo sugiere que la población de peces prospera en una región y temporada con alta biomasa, que representan las condiciones más favorables de hábitat y por ende con mayor densidad poblacional pero, dado que el nivel de la población es suficientemente alto, ésta se desborda hasta llegar a una “cuenca secundaria”. Esto significa una ampliación del hábitat durante las fases de alta biomasa de los peces pelágicos menores. De acuerdo con ello, la hipótesis propone que la distribución de la población seguirá el mismo patrón de expansión y contracción geográfica, mientras el ambiente se mantenga estable; esta característica poblacional puede ser medida en términos de procesos de denso-dependencia. Sin embargo, si el cambio climático altera las condiciones ambientales de la “cuenca”, entonces la población podría cambiar su ubicación en una fase de baja biomasa y concentrarse en alguna “sub-cuenca”; tal como la sardina recientemente se colapsó y redujo su extensión a una área de refugio ubicada en Punta Eugenia, Baja California Sur. Igualmente propone que un reclutamiento poblacional exitoso tiene una relación positiva con la buena calidad del hábitat, por sus efectos sobre la fecundidad, reproducción y crecimiento individual (Cushing, 1995; Fuiman & Werner, 2002).

Por otro lado, la hipótesis relacionada por una competencia inter-específica por el alimento, denominado exclusión competitiva, entre la sardina y la anchoveta como explicación del colapso de la pesquería de sardina (Murphy, 1966; Ahlstrom, 1967; Isaacs, 1965) fue posteriormente replanteada, a raíz de que tanto la población de anchoveta como de sardina declinaron entre 1941 y 1951, pero sólo la anchoveta se incrementó entre 1962 y 1966 (Smith, 1972). Por tanto, la supuesta competencia interespecífica por el alimento parece poco razonable, puesto que las anchovetas son capaces de retener partículas relativamente grandes, mientras que la sardina partículas más pequeñas (Rykaczewski & Checkley, 2008). Afirmación que fue respaldada por observaciones de Soutar & Issacs (1969), basadas en la alternancia de escamas de sardina y anchoveta, en los sedimentos de la cuenca anóxica en Santa Barbara, California, con ciclos de variación de aproximadamente 60 años en ambas especies (Baumgartner *et al.*, 1992).

Los desembarques de sardinias muestran variaciones sincrónicas en Japón, California, Perú y Chile, sus poblaciones florecieron durante 20 a 30 años y luego prácticamente desaparecieron por períodos similares (Kawasaki, 1983). Notablemente,

los períodos de baja abundancia de sardina han estado marcados por aumentos en las poblaciones de anchoa. El llamado cambio de régimen biológico (Lluch *et al.*, 1989) parece tener ciclos promedio dominantes de alrededor de 60 años en depósitos sedimentarios de escamas (Baumgartner *et al.*, 1992). Las fluctuaciones de la sardina y la anchoa están asociadas con cambios a gran escala en las temperaturas del océano; durante 25 años, el Pacífico es más cálido que el promedio (el régimen cálido de sardina) y luego cambia a más frío que el promedio durante los próximos 25 años (el régimen frío de anchoveta) (Chavez *et al.*, 2003). No obstante, la sardina y anchoveta de California muestran una fuerte variabilidad multidecadal, que no puede ser considerada en fase con otros sistemas, de modo que los pelágicos menores tienden a exhibir grandes fluctuaciones independientemente de la región, pero no hay un solo modo de variabilidad mundial que las conecte, siendo al parecer más importante la dinámica de escala regional o de cuenca (Izquierdo-Peña *et al.*, 2019).

En la actualidad, como es sugerido por Houde (2008), se reconoce que no hay un mecanismo o proceso único, como responsable de la variabilidad del reclutamiento, sino complejos procesos trofodinámicos y físicos, que pueden actuar juntos durante todo el periodo desde huevo hasta juvenil y en diferentes escalas temporales y espaciales. Houde propone que las etapas tempranas de la vida de los peces viven en el dominio de la trofodinámica, definida por la física y las características hidrográficas, siendo la depredación generalmente el agente de la mortalidad. Sin embargo, su efecto se modula no solo por la abundancia de depredadores, sino también por la temperatura y el estado nutricional y las tasas de crecimiento de las larvas, que se rigen por la disponibilidad de presas, la diversidad y el tamaño de los depredadores y las larvas, y de otros factores ambientales.

### Desarrollo de la investigación

El intenso monitoreo de los mares del Pacífico Mexicano permitió la conformación de series de tiempo utilizadas para observar los cambios en la estructura de las comunidades de larvas de peces, así como de su variabilidad espacial y temporal en relación con el ambiente. De acuerdo con Moser *et al.* (1987), el análisis multi-específico de la variación interanual de la ocurrencia y abundancia del ictioplancton, proporciona información del reclutamiento de sardina y anchoveta, puesto que ambas especies co-ocurren e interactúan con una amplia diversidad de especies en el área de la Corriente de California. Las primeras publicaciones sobre la estructura de la comunidad del ictioplancton, resultado del monitoreo realizado por CalCOFI en aguas mexicanas, corresponden a Loeb *et al.* (1983a,b,c) y Moser *et al.* (1987).

La influencia directa de la temperatura en el desarrollo ontogenético y la distribución de la sardina del Pacífico, mostró la evidencia de una reproducción extendida a lo largo del año (California-Baja California), con incrementos en invierno y primavera, y principalmente en el área de Sebastián Vizcaíno en verano (Ahlstrom, 1943; 1948; 1954a; 1959a; 1959b; 1960; 1965a; 1966; 1967; Moser *et al.*, 1993; Hernández-Vázquez, 1994; Lluch *et al.*, 2003). Adicionalmente, fueron publicados los patrones de distribución y abundancia de larvas de las principales especies de peces de la Corriente de California y mares adyacentes (Ahlstrom, 1965b; 1969b; 1971; 1972b; Ahlstrom & Moser, 1975; Ahlstrom *et al.*, 1978; Kramer, 1970; Kramer & Ahlstrom, 1968; Ahlstrom & Stevens, 1977; Hewitt, 1980; Moser *et al.*, 1993; 1994).

La caracterización de la estructura de la comunidad en relación con eventos de micro y mesoescala ha servido para explicar las preferencias de hábitat de los organismos, ya sea como reproductores, o dónde es que se distribuyen y son retenidas las larvas y si es que conforman tendencias comunes de comunidad o especie-específicas. La estructura de la comunidad del ictioplancton en relación con estos eventos de micro y macroescala, ha sido analizada con base en las fuerzas de advección, procesos locales de circulación y masas de agua. Entre los trabajos realizados, podemos citar algunos dirigidos para explicar los procesos físicos que intervienen para proveer los requerimientos de hábitat necesarios para el crecimiento y supervivencia de larvas de peces en el área de influencia de la Corriente de California (Arthur, 1976; Lasker 1978; Parrish *et al.*, 1981; Fiedler, 1983; McGowen, 1993; Moser & Smith, 1993; Bakun, 1996; Sakuma & Ralston, 1997; Logerwell & Smith, 2001; Bjorkstedt *et al.*, 2002; Lynn, 2003; Hsieh *et al.*, 2005; Doyle *et al.*, 2009; Love *et al.*, 2009; Weber & McClatchie, 2010; Funes-Rodríguez *et al.*, 2012; Sunstov *et al.*, 2012; Asch & Checkley, 2013; Koslow *et al.*, 2013; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016; Aceves-Medina *et al.*, 2018; Bautista-Romero *et al.*, 2018)

En México se realizaron estimaciones de biomasa reproductora a través de censos larvales, así como la distribución y abundancia de huevos y larvas de las sardinias monterrey, crinuda y japonesa (De la Campa & Gutiérrez, 1974; Gutiérrez & Padilla, 1974; De la Campa & Ortíz, 1975; De la Campa *et al.*, 1976; Olvera, 1981; Padilla, 1981; Olvera & Padilla, 1986; Green-Ruiz & Aguirre-Medina, 1992). No obstante, un cambio en el diseño de los muestreos CalCOFI estuvo determinado por el método de producción de huevos para la obtención de estimaciones directas de la biomasa desovante de la sardina y anchoveta (Lasker, 1985; Wolf *et al.*, 1987; Coterio-Altamirano & Green-Ruiz, 1997). Sin embargo, este método requiere de un gran número de muestras dentro del área entera de la reproducción

para mejorar la precisión de la estimación, debido a que los huevos están agregados en parches por un corto tiempo, por lo que se realiza un muestreo estratificado en el que el mayor número de muestras se sitúan en las áreas de desove. El programa CalCOFI generó índices de la biomasa desovante de la sardina, anchoveta y macarela en los que se documenta la declinación poblacional de la sardina y el incremento concomitante de la anchoveta (Ahlstrom, 1966; Smith, 1972; Parrish & MacCall, 1978; MacCall & Stauffer, 1983; Lo *et al.* 2005). Recientemente, los estudios de evaluación de recursos para estimar el índice de producción diaria en México se realizaron con base en tres series de tiempo de larvas de la macarela *Scomber japonicus* (1951-2008) entre California y Baja California (Lo *et al.*, 2010). Los resultados indicaron una disminución de larvas de macarela desde 1997 y fueron particularmente bajas durante 2003 a 2008. Sus densidades actuales en México son mayores que las observadas en California; aunque éstas fueron altas a mediados de la década de 1960 y bajas a principios de los 1980 (Lo *et al.*, 2010).

Otras investigaciones vinculadas han sido dirigidas para conocer los mecanismos o procesos responsables de la variabilidad del reclutamiento. Entre ellos se encuentra el análisis de las tasas vitales de juveniles y adultos de *Sardinops sagax* y *Opisthonema libertate*, y el desarrollo de huevos de *Opisthonema* spp. y estimación de edad en larvas (Saldierna-Martínez *et al.*, 1992). Se han estudiado aspectos relacionados con la madurez sexual, peso promedio, y frecuencia de desovantes de sardinias (Torres-Villegas *et al.*, 1985b; Torres-Villegas *et al.*, 1985c). Se realizaron estudios sobre hábitos de alimentación en especies de atunes (Sánchez-Velasco *et al.*, 1999), *S. japonicus* (Sánchez-Velasco & Shirasago-German, 2000) y de la dieta de larvas de *Bregmaceros bathymaster* (Siordia-Cermeño *et al.*, 2005; 2006). También se han efectuado análisis de la mortalidad en larvas de peces pelágicos menores (Haro-Garay & Esqueda-Éscárcega, 1989) e interacciones entre larvas de pelágicos menores y sus depredadores planctónicos (Funes-Rodríguez, 1985; Hernández-Trujillo, 1985; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1995), y depredación de copépodos (*Corycaeus*) sobre larvas de sardina (Palomares-García & Vera-Alejandro, 1995).

El valor socio-económico de los peces pelágicos menores en la industria pesquera mexicana motivó estudios para detectar las áreas de desove y generar información más detallada de su distribución. Al comienzo de estas investigaciones, se publicaron dos atlas de distribución y abundancia de huevos y larvas de clupeidos y engráulidos de la costa occidental de Baja California y Bahía Magdalena (Esqueda-Éscárcega *et al.*, 1984a,b); y el trabajo pionero de la composición y distribución de larvas en Bahía Magdalena, B. C. S. (Castro-Barrera, 1975).

Estos estudios, entre otros, han permitido conocer la variabilidad espacio-temporal de larvas de especies de peces pelágicos menores y de otras especies cuyos adultos son potencialmente explotables a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California (Funes-Rodríguez & Hernández-Trujillo, 1988; Funes-Rodríguez, 1988; Funes-Rodríguez *et al.*, 1991; Juárez-Olvera, 1991; Funes-Rodríguez *et al.*, 1992, 2007; Aceves-Medina *et al.*, 1992; Cota-Meza & Muñetón-Gómez, 1995; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2009).

Estas investigaciones se extendieron a la costa oriental de la península, particularmente a Bahía de La Paz (Sánchez-Velasco *et al.*, 2004) y Bahía Concepción (Peguero-Icaza & Sánchez-Velasco, 2004). Otros estudios estuvieron dirigidos para conocer la distribución espacio-temporal de especies de interés en la pesquería artesanal y de sus ciclos de reproducción en relación a la variabilidad ambiental en el Pacífico Central Mexicano (Jalisco-Colima y Golfo de Tehuantepec) (Navarro-Rodríguez *et al.*, 2001; Franco-Gordo *et al.*, 2002; Flores-Vargas *et al.*, 2004; Silva-Segundo *et al.*, 2006; 2008; López-Chávez *et al.*, 2012).

Simultáneamente, la costa del Pacífico Mexicano fue evaluada a través del concepto de Centros de Actividad Biológica (CAB's, Biological Active Centers, BAC en inglés); idea concebida por Daniel Lluch-Belda y colaboradores. Los CAB's son frecuentemente hábitats de desove de los peces pelágicos menores y de otras especies comercialmente explotadas (Lluch-Belda *et al.*, 2000; Hernández-Rivas *et al.*, 2000; Funes-Rodríguez *et al.*, 2000; 2012), y que constituyen regiones generalmente productivas, que tienden a mostrar poca variación estacional en su nivel de productividad (e. g., Punta Eugenia, Bahía Magdalena, Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec).

En este periodo fue reconocida la importancia de la topografía (orientación de la línea de costa) y las masas de agua en la conformación de los grupos y asociaciones de especies de la costa occidental de Baja California Sur. Por ejemplo, Punta Eugenia, B. C. S. (28° N) fue identificada como una región de transición entre las faunas de la provincia San Dieguina hacia el norte, de aquellas de la provincia Mexicana hacia el sur. Lo cual fue confirmado por la estructura de las comunidades ícticas (pelágicas, demersales, mesopelágicas) asociadas a masas de agua de diferentes orígenes (Templada y Subtropical-Tropical) y por el predominio de las corrientes en el Pacífico Mexicano, aunado a un gradiente que disminuye en ambos sentidos de acuerdo a la afinidad biogeográfica de las especies (Funes-Rodríguez, 1993a; Esqueda-Escárcega, 1995; Esqueda-Escárcega & Hernández-Trujillo, 1995; Funes-Rodríguez *et al.*, 2002; Funes-Rodríguez *et al.*, 2011; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016; Aceves-Medina *et al.*, 2018; 2019).

La determinación de la calidad del hábitat de reproducción de los peces es útil para comprender las causas que determinan la supervivencia y podría ser utilizada para evaluar la estabilidad de la población. La identificación de intervalos preferenciales de variables ambientales, mismas que se utilizan para caracterizar la calidad de hábitat de distribución, fueron determinados para diferentes especies de peces pelágicos menores, demersales y mesopelágicos en la costa occidental del Pacífico Mexicano (Anaya-Godínez *et al.*, 2017; Peiro-Alcantar *et al.*, 2016; Bautista-Romero *et al.*, 2018; Koslow *et al.*, 2019; Peiro-Alcantar *et al.*, 2019).

En el Golfo de California los primeros trabajos para caracterizar el hábitat de reproducción en función de la hidrografía, incluida la hipótesis sobre posibles rutas migratorias durante el ciclo de vida de la sardina, fue sugerida por Sokolov (1974). La idea sugiere el transporte de los productos del desove hacia el lado oriental del Golfo, a través de penachos de agua fría. Aunque, tiempo después, se interpretó que estos penachos facilitan la retención más que el transporte, proveyendo de un hábitat del desove para la sardina (Nevárez, 1990; Hammann, 1991; Hammann *et al.*, 1998). Simultáneamente, estos autores delimitaron la época e intervalos de temperatura del desove de la sardina (Hammann *et al.*, 1998), en tanto que otros estudios relacionan la distribución del desove con la temperatura (Torres-Villegas *et al.*, 1985a; Green-Ruiz & Hinojosa-Corona, 1997; Muñetón *et al.*, 1994; Esqueda-Escárcega, 1995), estableciéndose posteriormente una función de probabilidad del desove con base en un índice de surgencia (Lluch-Cota *et al.*, 1999).

Entre los estudios que hicieron historia en el estudio de la sardina destaca el reconocimiento de la existencia de diferentes poblaciones de sardina en el Pacífico nororiental: la sardina del Golfo de California y de la porción sur de Baja California, que eran distintas de la población nortea (Clark, 1947; Clark, 1982). Un ejemplo para validar el reconocimiento de estas poblaciones de sardina en la costa del Pacífico Mexicano fue el uso de la discriminación entre stocks mediante la morfometría de otolitos (Félix-Uraga *et al.*, 2005) y, recientemente, la morfometría basada en hitos (o Landmarks) y de secuencias de ADNmt, mismas que mostraron diferencias entre tres grupos en relación a la temperatura del mar, lo que sugiere la existencia de diferentes morfotipos, aunque la distribución de los haplotipos en los grupos no mostró un patrón filogeográfico claro (García-Rodríguez *et al.* 2011). A partir de ello, se identifica que las condiciones ambientales pueden ocasionar la segregación de una población en varios grupos poblacionales (Félix-Uraga *et al.*, 2005; García-Rodríguez *et al.*, 2011), los cuales pueden evidenciarse en la variación morfométrica de algunas estructuras como los otolitos (Félix-Uraga *et al.*, 2005).

Un hecho importante que atrajo la atención fue el cambio notable en la distribución de los peces pelágicos en 1957, revelando una relación entre los movimientos migratorios, el éxito pesquero y la abundancia local de diferentes especies relacionados con el incremento de la temperatura del evento El Niño 1957-1958. En relación con ello, en 1959, el efecto de la pesquería de sardina sobre su colapso poblacional fue puesto a debate. Unos atribuían el colapso del tamaño poblacional de la sardina a los efectos del ambiente (clima y oceanografía) y otros al impacto de las actividades pesqueras (Clark & Marr, 1955; Murphy, 1966).

El evento El Niño fue cuantificado por primera vez en las costas del Pacífico Mexicano, durante eventos posteriores (e. g. 1982-1983; 1997-1998) (Funes-Rodríguez, 1993b; Funes-Rodríguez *et al.*, 1995; 1998; Funes-Rodríguez *et al.*, 2001; Palomares-García *et al.*, 2001; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004). En estos trabajos se encuentran modificaciones sustanciales en la estructura de la comunidad de larvas de peces aunado a otros efectos como: la expansión e incremento de la abundancia de las especies de origen tropical y lo contrario en las templadas, un incremento en la diversidad de especies, pero también modificaciones en los periodos reproductivos. Por ejemplo, la distribución de recursos potenciales pertenecientes a especies mesopelágicas (Phosichthyidae y Myctophidae) y demersales (*Merluccius productus*) fue modificada por los eventos El Niño (Funes-Rodríguez *et al.*, 2006; 2007a; 2009; 2010; 2011). Además de los cambios en el ambiente del desove de los peces pelágicos menores (Sánchez-Velasco *et al.*, 2000; 2002) en el Golfo de California durante El Niño 1997-1998, se detectaron cambios en la distribución vertical de especies que se distribuyen comúnmente en aguas hipóxicas, hacia aguas más someras, posiblemente como consecuencia de la elevación de la capa subbóxica (Sánchez-Velasco *et al.*, 2017). Asimismo, se destacan variaciones interanuales de la merluza del Pacífico que coinciden con el cambio de régimen del Pacífico Norte en la porción sur de la Corriente de California (Funes-Rodríguez *et al.*, 2009) y la existencia de dos stocks reproductivos de la sardina monterrey relacionados con los cambios de régimen e intervalos de temperatura preferenciales en la distribución de huevos y larvas en Bahía Magdalena (Funes-Rodríguez *et al.*, 2012).

En el Pacífico mexicano el número de publicaciones sobre ictioplancton incrementó año con año (Fig. 3), pero también la diversidad temática de éstas, comprendiendo aspectos oceanográfico-zoogeográficos, por ejemplo la estructura de la comunidad en relación a estos eventos de micro y macroescala, analizada con base en las fuerzas de advección, procesos locales de circulación y masas de agua. En relación a la hipótesis de retención se generaron diferentes investigaciones en torno a la influencia de los

frentes y remolinos oceánicos (Peguero-Icaza *et al.*, 2008; González-Armas *et al.*, 2008; Danell-Jiménez *et al.*, 2009; Sánchez-Velasco *et al.*, 2006; 2008; 2009; 2012; 2013; 2014; Inda-Díaz *et al.*, 2010; 2014; Peiro-Alcantar *et al.*, 2013; Apango-Figueroa *et al.*, 2015; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2015; Davis *et al.*, 2015; Sánchez-Velasco *et al.*, 2015; Garcés-Rodríguez *et al.*, 2018). Otras investigaciones se enfocaron en el efecto de la delimitación vertical y cambios nictemerales de la distribución de larvas de peces, que favorecen la separación o retención de comunidades, con respecto a la estratificación de la columna de agua o a través de la capa de mínimo oxígeno (Sánchez-Velasco *et al.*, 2007; 2012; Aceves-Medina *et al.*, 2007; 2009a; 2009b; Contreras-Catala *et al.*, 2012; 2015; 2016; Inda-Díaz *et al.*, 2010; 2014).

Contrario a lo que pudiera sugerir la retención de organismos, se han realizado estudios del efecto de las corrientes que pudieran facilitar la conectividad en función de la dirección del flujo de las corrientes en el Golfo de California (Brogan, 1994a; 1994b; Sánchez-Velasco *et al.*, 2019; Peguero-Icaza *et al.*, 2011; 2012; Garcés-Rodríguez *et al.*, 2018). Otros trabajos caracterizaron el hábitat de reproducción en función de la hidrografía, corrientes y masas de agua (Aceves-Medina *et al.*, 2003b; 2004; Ávalos-García *et al.*, 2003), incluida una intensa conectividad por procesos de mesoescala (plumas de ríos y remolinos generados por surgencia) que sugieren la presencia multiespecífica de zooplancton, en las asociaciones del Archipiélago de Islas Marias y la costa del Cabo Corrientes (Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2014). Además se han distinguido distintas escalas de circulación oceánica en la conformación de comunidades al sur del Golfo de California (León-Chávez *et al.*, 2010; 2015). Adicionalmente, se encuentra publicada una extensa revisión de la oceanografía y zooplancton del Pacífico Tropical Oriental (Fernández-Álamo & Färber-Lorda, 2006).

En síntesis, el desarrollo y avances de la investigación surgieron de la necesidad de entender la variabilidad espacial y temporal del recurso sardina. En un inicio las investigaciones dieron a conocer la variabilidad en la distribución de las especies de pelágicos menores y, de forma paralela, el de otras especies de interés comercial y potencial. Posteriormente, las investigaciones fueron dirigidas para estimar la biomasa reproductora a través de censos larvales, al mismo tiempo de conocer los mecanismos o procesos oceanográficos responsables de la variabilidad del reclutamiento, haciendo énfasis en las características de micro y macroescala, donde se identifican las preferencias en la calidad del hábitat en la distribución de los productos de desove y en menor grado sobre aspectos biológicos de las especies.

### Diversidad de especies

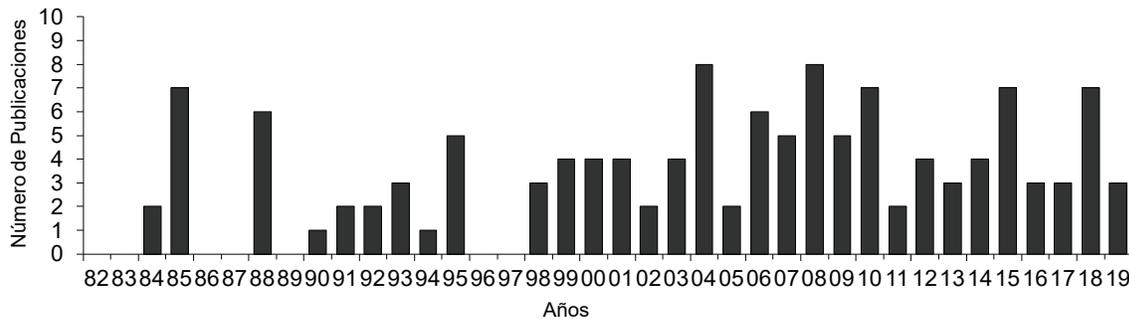


Figura 3. Número de publicaciones de ictioplancton del Pacífico Mexicano entre 1982 y 2019.

Toda la actividad anterior no hubiera sido posible de lograr sin las guías taxonómicas para determinar las especies, haciendo posible elaborar los más completos listados taxonómicos de especies de peces, además del número creciente de colecciones de plancton del Pacífico Mexicano. El Atlas 33 (Moser, 1996) es una obra monumental que incluye la descripción de 467 especies pertenecientes a 340 géneros, 141 familias y 25 órdenes, distribuidos en el área de la Corriente de California y mares adyacentes. De los cuales, 127 taxa (27%) fueron, al momento de la publicación del atlas, nuevos para la ciencia. A este gran esfuerzo se suma la descripción y distribución de individuos larvales de diferentes especies pelágicas, demersales y mesopelágicas (Ahlstrom & Ball, 1954b; Ahlstrom & Counts, 1955; 1958; Kramer, 1960(1970?); Ahlstrom, 1961; Moser & Ahlstrom, 1970; 1977; Sumida *et al.*, 1979; D'Vincent *et al.*, 1980; Bailey, 1980; 1981; 1985; Stevens & Moser, 1982; Ambrose *et al.*, 1983; Moser *et al.*, 1986; Moser, 1996). Gracias al profundo interés de E. H. Ahlstrom en la sistemática y la ontogenia, se originó la línea de investigación que identificó la mayoría de los huevos y larvas que ocurren en las redes de plancton en el área de influencia de la Corriente de California. Su contribución a la ontogenia y sistemática de peces culminó en un Simposio internacional y un libro que integra dicha información editado por Geoffrey Moser (Moser *et al.*, 1984).

Otras contribuciones son la identificación de larvas de Blennioidei (Brogan, 1992), la descripción de larvas del género *Opisthonema*, que en su momento permitió diferenciarlas de las larvas de *S. sagax* (Funes-Rodríguez & Esquivel-Herrera, 1985; 1988; Matus-Nivón *et al.*, 1989; Watson & Sandknop, 1996) y de taxonomía y distribución de larvas de peces pelágicos menores en aguas del Pacífico Mexicano (Funes-Rodríguez *et al.*, 2004). Otras descripciones fueron el desarrollo larvario de *Symphurus williamsi* y *Syacium ovale* (Aceves-Medina *et al.*, 1999; 2003a,b; 2006), *Symphurus oligomerus* (Saldierna-Martínez *et al.*, 2010), larvas de Epinephelidae (Feeney *et al.*, 2010), y desarrollo de *Diapterus peruvianus* (Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2003). Aunado este esfuerzo, otra notable con-

tribución es la guía taxonómica de larvas de peces tropicales, que ocurren en aguas adyacentes a la Corriente de California, que consiste en la identificación e ilustración de larvas y post-larvas de peces pertenecientes a 21 órdenes, 89, familias, 180 géneros y 236 especies registradas en aguas costeras del Pacífico Colombino (Beltrán-León & Ríos-Herrera, 2000). Recientemente, las técnicas de extracción y secuenciación de ADN son utilizadas para describir taxonómicamente, validar la presencia o proponer sinonimias de diferentes familias (Leptocephala, Engraulidae, Carangidae, Sciaenidae, Scombridae) (Batta-Lona *et al.*, 2019; Díaz-Viloria *et al.*, 2015; 2016; Camacho-Gastelum *et al.*, 2017; Ochoa-Muñoz *et al.*, 2018; Sánchez-Pinedo *et al.*, 2018). Otros listados de la ictiofauna, determinados por técnicas moleculares a partir de muestreos de huevos de peces, han dado cuenta de la actividad reproductiva cercana del adulto (Ahern *et al.*, 2018).

Como resultado de esta gran diversidad (Tabla 1), se ubican un total de 265 taxa recolectados en las aguas costeras y oceánicas de la región comprendida entre Ensenada y el sur de Laguna de San Ignacio (Jiménez-Rosenberg *et al.*, 2007; 2010). En Bahía Magdalena con una riqueza de 105 taxa (Funes-Rodríguez *et al.*, 1998; 2007b; Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004), en el Golfo de California con alrededor de 283 taxa (Aceves-Medina *et al.*, 2003a,b); y a partir de un listado que incluye las dos provincias biogeográficas entre el Golfo de California hasta Colima con un total de 579 taxa (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2019). Se destaca la alta diversidad en regiones, como el Parque Nacional Cabo Pulmo (157 taxa, Ahern *et al.*, 2018) y el Bajo Espíritu Santo con ~30% de las especies de peces óseos del golfo (González-Armas *et al.*, 2008). Entre esos estudios estuvo el primer registro del área de reproducción del marlín rayado y de la distribución de larvas de atunes y pez vela en la zona del triángulo que conforman las Islas Marias, Cabo San Lucas y el Archipiélago de las Revillagigedo (González-Armas *et al.*, 1993; 1999). Así como de registros en colecciones que se encuentran disponibles en la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB-CONABIO) de Bahía Sebastián Vizcaíno, Bahía Magdalena y el Golfo de

Tabla 1. Relación de listados taxonómicos del ictioplancton del Pacífico Mexicano

Autor	Localidad	total taxa	familias	géneros	especies
Moser (1996)	Corriente de California y mares adyacentes				586
Moser <i>et al.</i> (1993)	Corriente de California				245
Jiménez-Rosemberg <i>et al.</i> (2010)	Costa occidental Baja California	265	91		265
Aceves-Medina <i>et al.</i> (2003)	Golfo California	283	95	57	173
Avendaño-Ibarra <i>et al.</i> (2014)	Golfo California-Colima	579	119	256	423
Franco-Gordo <i>et al.</i> (1999)	Punta Farallón, Jal.-Cuyutlán, Col.	102	50	80	76
Silva-Segundo <i>et al.</i> (2006)	Punta Soledad, Jal.-Manzanillo, Col.	97	43	24	45

California.

### Consolidación histórica de grupos y monitoreo oceanográfico

Norman Bishop Scofield inició en 1914 los estudios de la pesquería comercial en California (Clark, 1982). En 1924, se firmó el Tratado de Pesca del Pacífico Norte con Japón. Luego, en 1926, Estados Unidos y México formaron una Comisión Internacional de Pesca; sin embargo la comisión con México no tuvo éxito y se desvaneció en 1929 (Clark, 1982) (Fig. 4)

El estudio sobre las etapas tempranas de vida de la sardina fue objeto de estudio de 1929 a 1932 mediante cruceros oceanográficos entre San Francisco, California hasta cerca de Cabo San Lucas (Scofield & Lindner, 1930; Clark, 1982); éstos se realizaron a través del Hydrobiological Survey of the Hopkins Marine Station, emprendido por el Bureau of Commercial Fisheries of the California Division of Fish and Game y la Leland Stanford Junior University (Scofield, 1934).

Posterior al colapso de la pesquería, ocurrida a principios de la década de 1940, en 1949 diferentes organizaciones de investigación dentro del Marine Research Committee, investigaron las causas de lo ocurrido, dando inicio al programa CalCOFI, que en ese entonces aún se llamaba California Cooperative Sardine Program. Sin embargo, debido a que no había suficiente información para explicar el colapso pesquero o predecir el futuro de la pesquería, era necesario recopilar información del comportamiento y distribución del recurso y de su relación con las condiciones oceánicas de manera sistemática. De esta necesidad, surgen los planes de trabajo conjunto de investigación oceanográfico-pesquera. A pesar de que la serie de cruceros inició en una primera etapa de 1937 a 1941, los cruceros oceanográfico-pesqueros de gran escala iniciaron en 1949 y de los de ictioplancton fueron completamente implementados hasta 1951.

Entre 1937-1941 se realizaron diferentes cruces de la serie de ictioplancton al sur de California y sólo dos incluyeron aguas mexicanas, el primero en el Golfo de California (marzo 1939) y el segundo de amplia cobertura hasta Punta Eugenia (junio 1939). Los primeros cruceros (1940 y 1941) realizados durante la temporada de reproducción de la sardina, sólo cubrieron el 20% del área del Programa Cal-

COFI (sur de California). De 1942 a 1948 no hubo cruceros oceanográficos, debido a la anexión de Estados Unidos a la II Guerra Mundial (1941-1945).

Los pioneros de la investigación ictioplanctónica en California, fueron Elbert H. Ahlstrom y Oscar Elton Sette (Lasker, 1987). Ruben Lasker, refiriéndose de forma anecdótica, comenta que el pensamiento de Sette, biólogo pesquero, era que para tener un conocimiento de las causas que afectan los huevos y larvas de peces se necesitaba tener habilidades para predecir el tamaño de la siguiente clase anual. Ahlstrom, frecuente colaborador de Sette, era el responsable de llevar a cabo los muestreos sistemáticos del ictioplancton y éste fue el origen de la impresionante serie de tiempo de larvas de peces de California y Baja California que inició en 1939. Ahlstrom pensaba que al menos dos preguntas pudieran ser contestadas a partir del monitoreo y eran: ¿Cómo era la distribución de la sardina?; y ¿Cómo es que la abundancia y distribución de la población cambia en el tiempo?

Durante la década de los 50s, los cruceros CalCOFI tuvieron una periodicidad mensual y abarcaron desde el norte de California hasta Cabo San Lucas (1951-1960), posteriormente tuvieron una periodicidad estacional (1961-1968); y nuevamente fueron mensuales en 1969, pero con una notable reducción de su cobertura geográfica. El plan de muestreo fue completamente cubierto, pero cambió a muestreos trienales de 1970 a 1984. A partir de 1985 los muestreos fueron estacionales, pero el plan CalCOFI dejó de incluir muestreos en aguas mexicanas, quedando reducido desde entonces al sur de California. La serie de tiempo de CalCOFI es la más larga (1951 al presente) y más completa de datos oceanográficos y de ictioplancton (>50,000 estaciones) a nivel mundial, comparada con la realizada en el Mar del Norte por el Reino Unido (Reid *et al.*, 2008). En este programa el R/V David Starr Jordan estuvo en activo por más de 40 años. De forma paralela, barcos y personal del National Marine Fisheries Service (NMFS) y Scripps Institution of Oceanography (SIO) realizaron siete cruceros oceanográficos en el Golfo de California entre 1956 y 1957 y uno más en 1959, a bordo de diferentes embarcaciones ("Black Douglas", "Horizon", "Spencer F. Baird" y "Stranger") (Brinton *et al.*, 1986).

En 1957 es cuando oficialmente se reconoce la creación del programa California Cooperative Oce-

Cruceros		Sucesos importantes
	1914	Inicia estudio Pesquería California, Scofield
	1926	Comisión Internacional-Pesca MEX-USA
Inicio cruceros prospección	1929-32	San Francisco-Cabo San Lucas
Máximas capturas sardina	30's	
1er etapa cruceros	1937-41, 1949	
1er crucero GC, Pacífico	1939	Origen serie de tiempo de ictioplancton, CalCOFI
	1939-45	2ª. Guerra Mundial
	40's	Colapso pesquería sardina
	1947	Crucero hasta P. Eugenia
Reinicio cruceros	1949	Identifican 3 stocks sardina
Cruceros CalCOFI	1951-60	California Cooperative Sardine Program
	1960	2 centros de desove (California e Isla Cedros)
	1949	Se integra la investigación a otras especies
Cruceros SIO	1952,56,58	
	1957	Oficialmente se nombra CalCOFI
Golfo California-SIO-	1955	
Golfo California	1956-57	
	60's	Pesquería anchoveta cobra importancia
Cruceros CIAT	1966-67	
Cruceros EASTROPAC	1967	
Golfo y Pacífico-INP	1974	Evaluación sardina y merluza
	1976	Fundación del CICIMAR
	1977	Técnicas estándar para invest. ictioplancton
	1978	Curso, Taxonomía, Ecol. y Producción-SWFSC
	1979-85	Curso Plancton-UNESCO-SWFSC, A. Alvaríño
Muestreos B. Magdalena	1980-89	Continuaron:1997-98; 2000-2019
Cruceros-CICIMAR	1982-94	
	1981-84	Convenio IPN-INP; Nace Lab. Plancton
	1985	Método de producción de huevos
	1983	Libro Ontogenia y sistemática peces
	1983	1er.Curso Taxonomía Ictioplancton,SWFSC, Moser
Cruceros Golfo California	1984-88	
Cruceros CalCOFI	1985	Se reduce el área de muestreo al Sur de California
SWFSC, aguas Tropicales	1986-90	Continuaron: 1992-93
NOAA, aguas Tropicales	1987-90,1992	Continuaron: 1998-2000
Jalisco-Colima, Marina-INP	1990-1993	
	1996	Atlas 33-SWFSC, E. H. Moser (ed.)
UDG-Jalisco-Colima	1996-98	
	1997	2º.Curso taxonomía Ictioplancton,SWFSC, Moser
Cruceros SIMPSUP	1997-99,2004	
IMECOCAL	1997-2019	
G. California y Alto Golfo		
INP-CICIMAR-CONACYT	1998-2015	
	2000	Guía Tax. larvas peces Tropicales, Beltrán & Ríos
Muestreo Cabo Pulmo	2014-17	

Figura 4. Cronología histórica del monitoreo oceanográfico y sucesos importantes dentro de las actividades de investigación en la Corriente de California y mares adyacentes.

anic Fisheries Investigations (CalCOFI), encabezado por tres organizaciones (Scripps Institution of Oceanography, U.S. Bureau of Fisheries y California Department of Fish and Game) (Radovich, 1982; Hewitt, 1988). El objetivo inicial del programa CalCOFI fue determinar los factores ambientales y bióticos que afectan la producción, reclutamiento y fluctuaciones poblacionales de la sardina (Smith & Moser, 1988).

Asimismo, el programa CalCOFI realizó muestreos en el Golfo de California entre 1956 y 1957 (Moser *et al.*, 1974). Este trabajo pionero mostró la presencia de huevos y larvas de sardina monterrey en la parte central del Golfo de California de invierno a primavera, siendo reemplazada por la sardina crinuda en verano, mientras que las larvas de macarela ocurrieron consistentemente en todos los cruces, aunque en baja abundancia.

En el área del Pacífico Tropical diferentes instituciones han realizado expediciones oceanográficas a través de programas y proyectos específicos, que han sido la fuente de datos para el estudio del ictioplancton de la zona económica exclusiva de México. Entre ellos se encuentran dos cruces de amplia cobertura en el Pacífico Tropical Oriental liderados por A. R. Longhurst, como parte del proyecto Eastern Tropical Pacific (EASTROPAC I, febrero-marzo 1967; EASTROPAC II, agosto-septiembre 1967) en el Pacífico Tropical Oriental. Los cruces realizados por la NOAA en la región cálida del Pacífico Oriental Tropical mostraron un gradiente longitudinal en la composición taxonómica y estructura de la comunidad del ictioplancton, además de agregaciones relacionadas con hábitats (Ahlstrom, 1971; 1972a; Loeb & Nichols, 1984). A su vez, ocho cruces realizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical, proyecto Mazatlán (1966-1967); cinco cruces realizados por el programa de la Marine Mammal Division-SWFSC denominados MOPS (1986-1990), además PODS 92 y PODS 93 (julio-diciembre 1992 y julio-noviembre 1993, respectivamente) incluido el Golfo de California; en esta última área se realizaron: dos cruces en el proyecto denominado SIO EASTROPAC (octubre a diciembre 1955); y tres más realizados por Scripps Institution of Oceanography en el Pacífico Tropical Oriental (Shellback, Scope, TO 58-1,) en 1952, 1956 y 1958, respectivamente. La NOAA realizó ocho cruces oceanográficos en el Pacífico Tropical Oriental durante el otoño boreal, recolectando un total de 852 muestras con una red Manta de 1987-1990, en 1992 y de 1998-2000 a bordo de los buques David Starr Jordan y McArthur.

El monitoreo del Pacífico Central Mexicano incluye además algunos muestreos de oportunidad a partir de convenios de colaboración con el Instituto Oceanológico de Manzanillo a bordo del R/V Altair durante siete cruces realizados en las costas de Jalisco y Colima de 1990 a 1993 (cinco en verano y

2 en otoño), con incursiones al Golfo de California en junio de 1992 y en la costa occidental de Baja California Sur en agosto de 1993. A partir de convenios de colaboración con el Instituto Oceanológico de Manzanillo (1990 a 1993) y la Universidad de Guadalajara (1996-1998), fue como se incrementó geográficamente el área de estudio. Once cruces realizados de 1996 a 1998 en la zona costera entre Punta Farallón, Jalisco y Cuyutlán, Colima, en aguas del Pacífico Central Mexicano (Franco-Gordo *et al.* 2000, 2004). Otro monitoreo exhaustivo ha sido realizado en el Parque Nacional Cabo Pulmo mediante muestreos semanales entre 2014-2017 a través de un proyecto de colaboración entre CICIMAR-IPN y Scripps Institution of Oceanography (SIO). Además de muestreos en diferentes bahías del Pacífico Mexicano (Sebastián Vizcaíno, Magdalena, Concepción y La Paz Baja California Sur; Navachiste y Topolobampo, Sinaloa; Banderas, Chamela e Isla Isabel, Jalisco; Santiago, Manzanillo y Laguna de Cuyutlán, Colima; y Tehuantepec, Oaxaca; sin que estos últimos mantuvieran un monitoreo extensivo.

El programa de Investigación y Fomento pesquero México/PNUD/FAO realizó cruces en la costa occidental de Baja California y el Golfo de California a bordo del barco de investigación pesquera "Antonio Alzate" (e. g. De La Campa, 1974; Escudero & Olvera, 1976; Olvera-Limas *et al.*, 1983; Padilla & De la Campa, 1981). Sin embargo, este primer intento de hacer disponible la información de ictioplancton y de continuar los estudios en plancton, fue de poco interés para el Gobierno Mexicano por lo que hubo poco avance en el manejo adecuado y organizado de este recurso marino. El Instituto Nacional de Pesca, a través del proyecto de evaluación y aprovechamiento integral de las sardinas del Pacífico Centro-Sur, efectuó un cruce de prospección ictioplanctónica en abril de 1981 a bordo del B/I Alejandro de Humboldt en el litoral comprendido entre Acapulco, Guerrero y Mazatlán, Sinaloa (Acal, 1991).

La creación del CICIMAR-IPN en 1976, atrajo la incorporación de diferentes profesores e investigadores quienes integraron grupos de trabajo, con el objeto de explicar aspectos de la dinámica y el reclutamiento pesquero de los peces pelágicos menores. En 1978, fue impartido el curso de "Taxonomía, Ecología y Producción", por Elberth H. Ahlstrom, H. Geoffrey Moser, Angeles Alvaríño, Edward Brinton, Edward D. Houde y Paul E. Smith en las instalaciones del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). En 1979, se efectuó el primer "Curso Intensivo y Avanzado de Plancton y temas afines" (UNESCO-SWFSC), dictado por Angeles Alvaríño en el curso, con duración de un mes, se ofreció anualmente desde 1979 hasta 1985, en respuesta de una numerosa asistencia de instituciones nacionales y del extranjero que demostraba el

creciente interés por los estudios del plancton.

El CICIMAR-IPN inició formalmente los cruces oceanográficos el 6 de abril de 1982, a bordo del barco pesquero *Stella Maris* del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar de la Cruz de Huanacastle, Nayarit. El monitoreo inició a través del convenio específico entre la Secretaría de Pesca y el Instituto Politécnico Nacional, al que se sumaron convenios de colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que otorgaba su tiempo de barco en el recientemente abanderado B/O “El Puma”, embarcaciones de la Secretaría de Marina, a través de la Dirección de Oceanografía y el Instituto Oceanográfico con embarcaciones como el B/O Mariano Matamoros, el B/O Altair y otras embarcaciones como guardacostas (e. g., Justo Sierra, Ignacio de la Llave, Guillermo Prieto, Zamora).

El monitoreo realizado por el CICIMAR-IPN en aguas del Pacífico frente a la península de Baja California incluyó 27 cruces oceanográficos (denominados cruces CICIMAR) realizados con mayor frecuencia en primavera y verano 1982 a 1994 (3 invierno, 8 primavera, 8 verano, 3 otoño). Posteriormente, las actividades de monitoreo del programa CICIMAR continuaron, pero no con la misma frecuencia (Hinojosa-Medina *et al.*, 2007). Por ejemplo, el monitoreo en la costa occidental de Baja California continuó en barcos de oportunidad entre 1997 a 1999 (2 invierno, 3 verano) y 2004 (cruces de la UNAM denominados SIMPSUP). El Programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL), dio pauta al monitoreo más extensivo ( $\pm$  51 cruces con periodicidad trimestral) en un plan de estaciones ( $\geq$  90) que abarca desde la frontera con los Estados Unidos hasta el norte de Bahía Magdalena operando de manera regular desde 1997 a 2019, con el apoyo principalmente del CONACYT. Este programa fue coordinado por personal del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) y la Universidad Autónoma de Baja California (Timothy Baumgartner, Gilberto Gaxiola, Bertha Lavaniegos, José Gómez y Reginaldo Durazo, entre otros).

En el Golfo de California (cruces GOLCA) se realizaron un total de 10 cruces oceanográficos con periodicidad casi estacional entre 1984 y 1988 (uno en invierno y tres en cada primavera, verano y otoño), donde se recolectaron aproximadamente 464 muestras de zooplancton (Aceves-Medina *et al.*, 2003a,b, 2004). Entre 1998 a la fecha se han realizado diferentes cruces oceanográficos en la parte norte, central y sur del Golfo de California, de los que no se tiene conocimiento de número de estaciones ni de su periodicidad, pero al menos uno por año en combinación con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, el Instituto Nacional de la Pesca y CICIMAR.

Previo al inicio de los cruces oceanográficos,

el grupo de CICIMAR-IPN inició sus actividades de monitoreo sistemático mensual del complejo lagunar de Bahía Magdalena a partir de septiembre de 1980, continuando hasta 1989 (muestreros BAMA; Hinojosa-Medina *et al.* 2007). El plan de muestreo incluyó 28 estaciones distribuidas a lo largo del complejo lagunar (zona de canales, Bahía Magdalena, Bahía Almejas) donde se realizaron 85 campañas de muestreo durante 1980-1989. En un principio, se contaba con embarcaciones tipo “panga” para realizar los muestreos en el complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, además de una embarcación de ferro-cemento, “Juan de Dios Bádiz”, que fue donada al CICIMAR-IPN en 1976, la cual, por sus características y condiciones, presentaba autonomía limitada a cuerpos lagunares. El monitoreo del complejo lagunar se vio interrumpido por seis años y fue hasta 1997-1998, cuando se muestreó nuevamente de forma mensual, pero a partir de 1999-2019 el monitoreo se realizó únicamente a Bahía Magdalena en invierno y principios de primavera, bajo conocimiento de que es la principal área y época de reproducción de la sardina monterrey *S. sagax* (Fig. 4).

Dos eventos ocurridos entre 1981 y 1983 fueron claves en la conformación de los equipos de trabajo para abordar las investigaciones del recurso sardina: 1) El inicio del programa de monitoreo de huevos y larvas de la costa occidental de Baja California Sur y Bahía Magdalena, y 2) la firma de un convenio de colaboración específico entre la Secretaría de Pesca y el Instituto Politécnico Nacional (“Investigaciones Ictioplanctónicas de la costa occidental de Baja California y Bahía Magdalena para evaluar la biomasa reproductora del recurso sardina”). Este convenio permitió la incorporación del primer personal a través de interinatos para hacer frente a los compromisos institucionales y de forma consecutiva fueron incorporados profesores con cambio de adscripción del IPN, y egresados del IPN, UNAM, UABCS, UAM. El grupo de ictioplancton adquirió el nombre oficial de Laboratorio de Plancton (1981-1984) inicialmente adscrito al Departamento de Pesquerías y después, al Departamento de Biología Marina. En 1983, Geoffrey Moser, jefe del Laboratorio de Larvas de Peces del South West Fishery Science Center, visitó por primera vez el CICIMAR-IPN, quien al igual que Angeles Alvariano y Paul E. Smith fueron grandes impulsores del desarrollo de los grupos de Plancton y Pesquerías del CICIMAR.

En una segunda visita de H. Geoffrey Moser en 1997, ofreció el curso “Taxonomía del Ictioplancton”. En esta ocasión viajó acompañado de su equipo de especialistas en ecología marina y sistemática de peces, integrado por William Watson, Elaine Acuña-Sandknop, David Ambrose y Sherry Charter. El evento, organizado por el CICIMAR-IPN, tuvo como principal objetivo lograr la normatividad de criterios del muestreo y taxonomía de larvas de pe-

ces de la Corriente de California. A este evento asistieron estudiantes e investigadores de la Universidad de Guadalajara, Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Baja California Sur, quienes realizan o han realizado en años posteriores investigaciones sobre la estructura de la comunidad del ictioplancton y su relación con el ambiente en aguas del Pacífico central Mexicano. En esa ocasión fue presentada la publicación del Atlas 33 (Moser, 1996) "The early stages of fishes in the California Current Region", una obra trascendental para el avance de las investigaciones del ictioplancton en México.

El monitoreo realizado en la costa occidental de la Península de Baja California realizado por diferentes instituciones (CalCOFI, INP, CICIMAR-IPN, IMECOCAL, UdeG) durante las últimas 7 décadas (1950-2019) se ve reflejado en las colecciones de zooplancton de ejemplares obtenidos en prácticamente todo el Pacífico Mexicano (Ensenada Baja California-Bahía de Tehuantepec, Oaxaca) y en el Golfo de California.

#### Perspectivas a futuro

El problema del reclutamiento ha sido el tema central en la dinámica de poblaciones y de los efectos de este proceso en la pesquería. El grado de avance actual permite reconocer la existencia de distintas poblaciones en el área de distribución de algunas especies de interés comercial como la sardina, así como la función del clima en la variabilidad de la abundancia estacional y de largo plazo. Sin embargo, debido a que el grado del éxito de la clase anual varía interanualmente de manera no lineal, sigue siendo un reto para el manejo pesquero y un problema aún sin resolver.

La variabilidad climática es reconocida como el principal precursor del cambio de los ecosistemas oceánicos y de sus recursos biológicos asociados particularmente en estadios larvarios de poca duración y que están en su periodo crítico (Houde, 2008). Las fluctuaciones relacionadas con la supervivencia, cambios del hábitat en el tiempo (migraciones) y del periodo de desove, sólo podrán ser detectadas al examinar las tendencias de largo plazo, relacionadas con diferencias entre regímenes climáticos. Este el caso en la estructura de la comunidad del ictioplancton relacionada con cambios en las condiciones oceánicas y variaciones de abundancia y localidades del desove de sardinas, macarela, merluza y de otras especies.

Aunque, se ha logrado asociar empírica y teóricamente que la variabilidad de las comunidades se relaciona estrechamente con factores ambientales, otras fuentes de variación podrían resultar de eventos poco estudiados como la competencia, depredación, enfermedades, parasitismo (i.e. *Ichthyodinium chabbelardi*) y la presión de pesca en algunas especies. Esto requerirá de un análisis integral de las

relaciones y cambios dinámicos de la distribución y abundancia de larvas hasta que llegan a ser pre-reclutas y adultos, en combinación con información de la productividad de los océanos.

El análisis espectral de las series de tiempo de los estadios tempranos de la vida de los peces será de utilidad para elaborar modelos predictivos, por ser un indicador indirecto de fluctuaciones poblacionales y a través de ello para estimar la producción diaria de larvas para evaluar los stocks. Esto se ha hecho, por ejemplo, con ensambles de ictioplancton de la zona de afloramientos de Oregon (Brodeur *et al.*, 2008) y con larvas del arenque del Mar del Norte (Fässler *et al.*, 2011). Sin embargo, sería deseable que, para obtener un índice más confiable y una mejor comprensión de la dinámica poblacional, los muestreos requieran de ser realizados en la época de desove de la especie en estudio, cubriendo toda su área de distribución geográfica, aunque esto requerirá de apoyos económicos complementarios debido a los altos costos de operación de embarcaciones y personal especializado.

El análisis de la variabilidad genética y fenotípica, con fines de evaluación y diferenciación entre stocks pesqueros que se sobrepone en su distribución, son una herramienta indispensable para comprender la dinámica poblacional de los recursos (García-Rodríguez *et al.*, 2011). Otra utilidad de las técnicas moleculares es en la determinación específica de los productos del desove, sobre todo en las especies, cuyos huevos y larvas son poco conocidas, especialmente aquellas especies de afinidad Tropical (Engraulidae, Gobiidae, Haemulidae, Sciaenidae, Chaenopsidae, etc.) (Ahern *et al.*, 2018).

Otros temas de investigación que requieren de ser abordados o profundizados son los relacionados con la fisiología y ecología larvales, como son: capacidad de natación y orientación de las larvas, costo metabólico de la actividad, dependencia de la temperatura en el crecimiento; impacto de los procesos ambientales (e. g., turbulencia, tormentas); transporte y conectividad entre el desove y las áreas de crianza; tasa de depredación e identificación de los principales depredadores, presas, tasas de búsqueda; cantidad de hábitats y calidad de áreas de crianza y su impacto en la tasa de mortalidad en etapa de huevo o larvas.

#### CONCLUSIONES

En México, el esfuerzo intensivo a partir de la década de 1980 en la investigación ictioplanctónica ha permitido integrar colecciones y bases de datos de los organismos del plancton del noroeste del país en diferentes series de tiempo y regiones del Pacífico mexicano sobresaliendo la serie CICIMAR, IMECOCAL (CICESE) y la serie de tiempo de Jalisco (UdeG). La integración de listados taxonómicos del ictioplancton ofrece indicaciones de la alta diversidad de individuos y especies recolectados en

la zona costera y oceánica entre Ensenada y el sur de Laguna de San Ignacio, Bahía Magdalena y del Golfo de California, con considerable desconocimiento en latitudes menores del Pacífico.

Las contribuciones de los estudios oceanográficos y biológicos en el Pacífico nororiental han sido las siguientes: La aplicación de análisis morfométricos, merísticos, de la temporalidad y áreas del desove por los adultos, incubación de huevos y seguimiento del desarrollo, mismos que han permitido la identificación de los huevos y larvas de especies, algunas de ellas verificadas mediante técnicas de biología molecular, que comprenden representantes de aguas templadas, tropicales, costeros y oceánicos. Un componente importante de estas investigaciones han sido los estudios sobre descripciones de las formas larvales de peces asociados a información molecular.

En la actualidad se cuenta con una mejor descripción del hábitat de reproducción de las especies en relación al ambiente y dinámica oceánica que originan su variabilidad espacio-temporal (Félix-Uraga et al. 2004), derivado del extenso monitoreo del Pacífico Mexicano. Los equipos de medición de parámetros ambientales, incluyendo la telemetría satelital han mejorado la interpretación del ecosistema. Sin embargo, la variabilidad climática como precursora del cambio de los ecosistemas oceánicos y de sus recursos biológicos asociados, indican que los cambios en el periodo de desove y desplazamiento del hábitat de las especies a diferentes latitudes, sólo podrán ser observados a través de examinar las tendencias de largo plazo, relacionadas con diferencia de regímenes climáticos (Lluch-Cota et al., 2007; Lluch-Belda et al., 2009).

El análisis conjunto con las variables oceanográficas y meteorológicas ha resultado en la caracterización de ensamblajes (estructura de la comunidad), de las formas ictiopláncticas de especies relacionadas con diferentes masas de agua y de su variabilidad ambiental de corto, mediano y largo plazo. Su monitoreo ha posibilitado estudiar su expansión o contracción y su desplazamiento latitudinal, en relación con eventos ENSO, un eventual calentamiento global o con procesos decadales o de mayor escala relacionados con distintos regímenes (Lluch-Cota et al., 2007; Lluch-Belda et al., 2009), los cuales determinan los ciclos relacionados con la abundancia de la sardina monterrey, sardina crinuda y anchoveta.

Se identificaron las principales áreas y temporadas del desove de los pelágicos menores y algunos otros peces, reconociendo diferentes stocks reproductivos para algunos de ellos. Esto fue la base para la aplicación de métodos de evaluación de la población reproductora de estas especies, independientes de la pesquería, empleando modelos correlativos como el índice de abundancia de larvas, o métodos más refinados basados en la biología reproductiva de

los peces, como el método de producción de huevos.

Se estudiaron aspectos de la biología y fisiología de huevos y larvas, como las tasas de desarrollo; respiración; excreción; aspectos relacionados con la alimentación, como el tamaño, características de las posibles presas, su abundancia y dispersión en función de la turbulencia; la deriva de huevos y larvas hacia o alejándose de las áreas propicias para su desarrollo; la depredación por otros zoopláncteres y el parasitismo.

Todos estos aspectos se han empleado para determinar la magnitud de la mortalidad de huevos y larvas y su posible impacto sobre el reclutamiento. Estos estudios han explicado por qué es que la biomasa de reproductores da una baja predictibilidad sobre la fuerza de una clase anual. Se han propuesto diversas hipótesis alternativas sobre la relación de los fenómenos que ocurren a nivel de huevos y larvas con el reclutamiento, que parecen aplicarse a situaciones particulares sin que alguna sea la definitiva. Sin embargo, el valor de ellas radica en que han sentado las bases para la propuesta de experimentos o de esquemas de muestreo para su comprobación y, sobre todo, porque han incentivado la interdisciplina entre oceanólogos, meteorólogos, ecólogos, fisiólogos, taxónomos, matemáticos y otros. Todo esto ha mejorado el nivel de certidumbre de las predicciones; el trabajo pendiente es traducir todo este conocimiento en propuestas para la correcta administración de los recursos pesqueros.

#### AGRADECIMIENTOS

La presente revisión fue lograda gracias al esfuerzo y dedicación de todos y cada uno de los tesisas e investigadores del Departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR-IPN quienes hicieron posible el avance en la investigación ictioplánctica del noroeste de México. Igualmente deseamos agradecer los investigadores de instituciones Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California (SWFSC), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Instituto Nacional de la Pesca (INP) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) quienes colaboraron en las investigaciones ictiopláncticas en el Pacífico Mexicano. Este trabajo se realizó con el apoyo de proyectos de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN.

#### REFERENCIAS

- Acal, E.D. 1991. Abundancia y diversidad del ictioplancton en el Pacífico centro de México, Abril 1981. *Cienc. Mar.*,17(1): 25-50. DOI: <https://doi.org/10.7773/cm.v17i1.784>
- Aceves-Medina, G., R.J. Saldierna-Martínez & M.E. Hernández-Rivas. 1992. Variación diurna

- na de las larvas de peces en la boca de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Rev. Invest. Cient. Univ. Auton. Baja Calif. Sur (Ser. Cienc. Mar)*, 3(3): 61-70.
- Acéves-Medina, G., E. González-Navarro & R. Saldierna-Martínez. 1999. Larval development of *Symphurus williamsi* (Cynoglossidae: Pleuronectiformes) from the Gulf of California. *Fish. Bull.*, 97: 738-745.
- Acéves-Medina, G., R.J. Saldierna-Martínez & E.A. González-Navarro. 2003. Distribution and abundance of *Syacium ovale* larvae (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) in the Gulf of California. *Rev. Biol. Trop.*, 51(2): 561-570.
- Acéves-Medina, G., S.P.A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R.J. Saldierna-Martínez, P.E. Smith & W. Watson. 2003. Fish Larvae from the Gulf of California. *Sci. Mar.*, 67(1): 1-11. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n11>
- Acéves-Medina, G., A. Hinojosa-Medina, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & R. Saldierna Martínez. 2004. Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *J. Fish Biol.*, 65: 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00490.x>
- Acéves-Medina, G., R. J. Saldierna-Martínez & E. González-Navarro. 2006. Distribution and abundance by larval developmental of *Symphurus williamsi* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) in the Gulf of California. *Sci. Mar.*, 70(2): 291-302. <https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n2291>
- Acéves-Medina G., R.J. Saldierna-Martínez, A. Hinojosa-Medina, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, M. E. Hernández-Rivas & R. Morales-Avila. 2007. Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern part of Bahía de La Paz, Mexico. *Est. Coast. Shelf Science*, 76: 889-901. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.016>
- Acéves-Medina, G., R. Palomares-García, J. Gómez-Gutiérrez, C. J. Robinson & R.J. Saldierna-Martínez. 2009. Multivariate characterization of spawning and larval environments of small pelagic fishes in the Gulf of California. *J. Plankton Res*, 31(10): 1283-1297. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbp056>
- Acéves-Medina, G., C.J. Robinson, R. Palomares-García & J. Gómez-Gutiérrez. 2009. Analysis of the vertical distribution of the abundance of small pelagic fish larvae in the Gulf of California using submarine videocameras. *CICIMAR Oceanides*, 24(2): 153-159. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v24i2.62>
- Aceves Medina, G., S.P.A. Jiménez-Rosenberg, R.J. Saldierna-Martínez, R. Durazo, A. Hinojosa-Medina, M. Hernández-Rivas, E. González-Rodríguez & G. Gaxiola-Castro (2018). Distribution and abundance of the ichthyoplankton assemblages and its relationships with the geostrophic flow along the southern region of the California Current. *Lat. Amer. J. Aquat. Res.*, 46(1): 104-119. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-12>
- Ahern, A.L.M., J. Gómez-Gutiérrez, O. Aburto-Oropeza, R. Saldierna-Martínez, A.F. Johnson, A.E. Harada, A.R. Sanchez-Uvera, B. Erusman, D.I. Castro-Arvizu & R.S. Burton. 2018. DNA sequencing 239 of fish eggs and larvae reveals high species diversity and seasonal changes in spawning activity in the southeastern Gulf of California. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 592: 159-179. <https://doi.org/10.3354/meps12446>
- Ahlstrom, E.H. 1943. Studies on the Pacific pilchard or Sardine (*Sardinops sagax*). Influence of the Temperature on the Rate of Development of Pilchard Eggs. *Nature. Spec. Sci. Rep., U. S. F. W. S.*, 23:1-26.
- Ahlstrom, E.H. 1948. A record of Pilchard Eggs and larvae collected during surveys made in 1939 to 1941. *Nature Spec. Sci. Rep., U. S. F. W. S.*, 54:1-82.
- Ahlstrom, E.H. 1954. Distribution and abundance of egg and larval population of the Pacific sardine. *Fish. Bull.*, 56: 83-140.
- Ahlstrom, E.H. & O.P. Ball. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fish. Bull.* 56: 285-402.
- Ahlstrom, E.H. & R.C. Counts. 1955. Eggs and larvae of the Pacific hake *Merluccius productus*. *Fish. Bull.*, 56: 295-329.
- Ahlstrom, E.H. 1959a. Vertical distribution of pelagic fish eggs and larvae off California and Baja California. *Fish. Bull.* 60(165): 185-213
- Ahlstrom, E. H. 1959b. Distribution and abundance of eggs of the Pacific Sardine, 1952-1956. *Fish. Bull.*, 60(161): 107-146.
- Ahlstrom, E.H. 1960. Synopsis on the Biology of the Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). *FAO Fish. Biol. Synops.*, 17:415-451.
- Ahlstrom, E.H. 1961. Distribution and relative abundance of rockfish (*Sebastes* spp.) larvae off California and Baja California. *Rapp. P.-v. Reun. Commn int. Explor. Scient. Mer Mediterr.*, 150:169-176.
- Ahlstrom, E. H. 1965a. A review of the effects of the

- environment of the Pacific sardine. *ICNAF. Spec. Pub.*, 6: 53-76.
- Ahlstrom, E.H. 1965b. Kinds and abundance of fishes in the California current region based on eggs and larvae surveys. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 10: 31-52.
- Ahlstrom, E.H. 1966. Distribution and abundance of sardine and anchovy larvae in the California Current region off California and Baja California, 1951-64: A summary. *U.S. Fish and Wild. Serv., Sci. Rep. Fish.*, 534:1-71.
- Ahlstrom, E.H. 1967. Co-ocurrence of sardine and anchovy larvae in the California Current Region off California and Baja California. *Cal. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.*, 11:117-135.
- Ahlstrom, E.H. 1969a. Mesopelagic and bathypelagic fishes in the California Current Region. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 13: 39-44
- Ahlstrom, E. H. 1969b. Distribution atlas of fish larvae in the California Current region: jack mackerel, [*Trachurus symmetricus*], and Pacific hake, *Merluccius productus*, 1951 through 1966. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 11: 187 p.
- Ahlstrom, E.H. 1971. Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific, based on collections made on Eastropac I. *Fish. Bull.*, 69(1): 3-77.
- Ahlstrom, E.H. 1972a. Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific on the second multivessel EASTROPAC survey and observations on the annual cycle of larval abundance. *Fish. Bull.*, 70: 1153-1242.
- Ahlstrom, E.H. 1972b. Distributional atlas of fish larvae in the California Current region: six common mesopelagic species *Vinciguerria lucetia*, *Triphoturus mexicanus*, *Stenobrachius leucopsarus*, *Leuroglossus stilbius*, *Bathylagus wesethi*, and *Bathylagus ochotensis*, 1955-1960. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 17. 306 p.
- Ahlstrom, E.H. & H. G. Moser. 1975. Distribution of fish larvae in the California region: flatfishes 1955-60. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 23: 187 p.
- Ahlstrom, E.H. & H.G. Moser. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigation and in fisheries. *Rev. Trav. Ins. De Pech. Mar.*, 40: 379-398.
- Ahlstrom, E.H. & E.G. Stevens. 1977. Report of neuston (surface) collections made on an extended CALCOFI cruise during May 1972. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 18: 167-180.
- Ahlstrom, E.H., H.G. Moser & E. Sandknop. 1978. Distribution of fish larvae in the California Current region: rockfishes *Sebastes* spp. 1950-1975. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 26. 178 p.
- Anaya-Godínez, E., R. Funes Rodríguez, A.T. Hinojosa Medina, A.F. González Acosta, J.L. Ortiz Galindo & E. González-Rodríguez (2017). Identificación de zonas propicias para el desarrollo larval de la macarela del Pacífico (*Scomber japonicus*) en la porción sur de la Corriente de California. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 52(1): 143-157. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000100012>
- Apango-Figueroa, E., L. Sánchez Velasco, M. Lavín & E. Barton. 2015. Larval fish habitats in a mesoscale dipole eddy in the Gulf of California. *Deep Sea Res. Part I: Ocean. Res. Pap.*, 103(1): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.05.005>
- Arthur, D.K. 1976. Food and feeding of larvae of three fishes occurring the California current, *Sardinops sagax*, *Engraulis mordax* and *Trachurus symmetricus*. *Fish. Bull.* 74: 517-530.
- Asch R.G & Jr.D.M. Checkley. 2013. Dynamic height: A key variable for identifying the spawning habitat of small pelagic fishes. *Deep Sea Res. Part I: Ocean. Res. Pap.* 71: 79-91. doi:10.1016/j.dsr.2012.08.006 <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2012.08.006>
- Ávalos-García, C., L. Sánchez-Velasco & B. Shirasago-German. 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (Autumn 1997-Summer 1998). *Bull. Mar. Sci.*, 72(1): 63-76.
- Avendaño-Ibarra, R., R. Funes-Rodríguez, A. Hinojosa-Medina, R. González-Armas & G. Aceves-Medina, G. 2004. Seasonal abundance of fish larvae in a subtropical lagoon in the west coast of the Baja California Peninsula. *Est. Coast. Shelf Science*, 61: 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.03.017>
- Avendaño-Ibarra, R., R. De Silva-Dávila & M.E. Hernández Rivas. 2009. Reproductive strategies of sea basses based on larval abundance in Magdalena Bay, Mexico, 1982-1986. *North Am. J. Fish. Manage.*, 29: 205-215.
- Avendaño Ibarra, R., G. Aceves Medina, E. Godínez-Domínguez, R. De Silva-Dávila, S. P. A. Jiménez Rosenberg, H. Urías-Leyva & C. J. Robinson. 2014. Fish larvae from the Gulf of California to Colima, Mexico: An update. *Check List*, 10(1): 106-121. <https://doi.org/10.15560/10.1.106>
- Avendaño Ibarra, R., E. Godínez-Domínguez, G. Aceves Medina, E. González-Rodríguez & A. Trasviña. 2013. Fish larvae response to biophy-

- sical changes in the Gulf of California, Mexico (Winter-Summer). *J. Mar. Biol.*, (ID176760): 1-17. doi: 10.1155/2013/176760 <https://doi.org/10.1155/2013/176760>
- Badan-Dangon, A., C.J. Koblinsky & T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California—Observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*, 8(1): 13-22.
- Bailey, K.M. 1980. Recent changes in the distribution of hake larvae: causes and consequences. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 21: 167-171.
- Bailey, K.M. 1981. Larval transport and recruitment of Pacific hake *Merluccius productus*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 6: 1-9. <https://doi.org/10.3354/meps006001>
- Bailey, K.M., R.C. Francis & P.R. Stevens. 1982. The life history and fishery of Pacific hake, *Merluccius productus*. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 23: 81-98.
- Bailey, K.M. & L.S. Incze. 1985. El Niño and the early life history and recruitment of fishes in temperate marine waters, 143-165. *En: Wooster W. & D.L. Fluharty (Eds.) El Niño North: Niño effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean*. W.S. Seattle, WA: Washington Sea Grant.
- Batta-Lona, P.G. C.E. Galindo-Sánchez, M.C. Arteaga-Urbe, J. Robles-Flores & S.P.A. Jiménez-Rosenberg. 2019. DNA barcoding and morphological taxonomy: identification of lanternfish (Myctophidae) larvae in the Gulf of Mexico. *Mitochondrial DNA, Part A: DNA Mapp. Seq. Anal.*, 30(2): 375-383. <https://doi.org/10.1080/24701394.2018.1538364>
- Bautista-Romero, J., R. Funes-Rodríguez, S.P.A. Jiménez-Rosenberg & D.B. Lluch-Cota. 2018. Preferential distribution of fish larvae in the California Current System: Time, space, and temperature. *Fish. Ocean.*, 27: 259-273. <https://doi.org/10.1111/fog.12250>
- Beltrán-León, B.S. & R. Ríos-Herrera. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano. *Inst. Nal. Pesca Acuic. Buenaventura-Colombia*. I y II. 727 p.
- Bjorkstedt, E.P, L.K. Rosenfeld, B.A. Grantham, Y. Shkedy & J. Roughgarden. 2002. Distributions of larval rockfishes *Sebastes* spp. across near-shore fronts in a coastal upwelling region. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 242: 215-228. <https://doi.org/10.3354/meps242215>
- Briggs, J.C. 1995. *Global Biogeography*. Amsterdam: Elsevier. 452 p.
- Brogan, M.W. 1994a. Two methods of sampling fish larvae over reefs: a comparison from the Gulf of California. *Mar. Biol.*, 118: 33-44. <https://doi.org/10.1007/BF00699217>
- Brogan, M.W. 1994b. Distribution and retention of larval fishes near reefs in the Gulf of California. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 115: 1-13. <https://doi.org/10.3354/meps115001>
- Brogan, M.W. 1992. Ecology of larval fishes around reefs in the Gulf of California, México. Univ. Arizona (tesis doctoral). 161 p.
- Butler, J.L. 1991. Mortality and recruitment of Pacific sardine, *Sardinops sagax caerulea*, larvae in the California Current. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 1713-1723. <https://doi.org/10.1139/f91-203>
- Camacho-Gastélum, R., N. Diaz-Viloria, L. Sánchez-Velasco, S.P.A. Jiménez-Rosenberg & R. Pérez-Enríquez. 2017. Molecular identification and morphological description of *Micropogonias megalops*, *Cynoscion othonopterus*, *C. reticulatus* and *Menticirrhus nasus* larvae, collected in the upper Gulf of California during Summer 2012. *Mitochondrial DNA, Part A: DNA Mapp. Seq. Anal.*, 28(3): 416-423. <https://doi.org/10.3109/19401736.2015.1136302>
- Castro-Aguirre, J.L. & E.F. Balart. 1996. Contribución al conocimiento del origen y relaciones de la ictiofauna de aguas profundas del Golfo de California. *Hidrobiológica* 6(1-2): 67-76.
- Castro-Barrera, T. 1975. Ictioplancton de Bahía Magdalena, Baja California Sur. *Cienc. Mar.*, 2: 10-36 <https://doi.org/10.7773/cm.v2i2.291>
- Contreras-Catala, F. L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavin & V.M. Godínez. 2012. Three-dimensional distribution of larval fish assemblages in an anticyclonic eddy in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *J. Plank. Res.*, 34(6): 548-562. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs024>
- Contreras-Catala, F., L. Sánchez-Velasco, E. Beier & V.M. Godínez. 2015. Efectos de un remolino de mesoescala sobre la distribución de larvas de peces mesopelágicas en el Golfo de California. *Rev. Biol. Mar. y Oceanogr.*, 50(3): 575-582. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572015000400014>
- Contreras Catala, F., L., Sánchez Velasco, E., Beier, V. M., Godínez, E. D., Barton, E. & Santamaría-del-Ángel (2016). Effects of Geostrophic Kinetic Energy on the Distribution of Mesopelagic Fish Larvae in the Southern Gulf of California in Summer/Fall Stratified Seasons. *PLoS ONE*, 11(10): e0164900. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164900>

- Cota-Meza, M.S. & M.D.S. Muñeton-Gómez. 1995. Presence of early life of the *Opisthonema libertate* (Gunther, 1866) in Bahía Magdalena, B.C.S., Mexico. *Sci. Mar.* 59(3-4): 493-497.
- Chambers, R.C. & E.A. Trippel. 1997. *Early life history and recruitment in fish populations*. Chapman & Hall, New York. 596 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1439-1>
- Cushing, D.H. 1995. *Population production and regulation in the sea: a fisheries perspective*. Cambridge Univ. Press, New York. 354 p.
- Danell-Jiménez, A., L. Sánchez-Velásco, M.F. Lavín & S.G. Marinone. 2009. Three-dimensional distribution of larval fish assemblages across a surface thermal/chlorophyll front in a semienclosed sea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 85: 487-496. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.09.010>
- Davies, S.M. L., Sánchez Velasco, E. Beier, V.M. Godínez & E.D. Barton, A., Tamayo. 2015. Three-dimensional distribution of larval fish habitats in the shallow oxygen minimum zone in the Eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep Sea Res. Part I: Oceanogr. Res. Pap.*, 101: 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.04.003>
- De La Campa, S. 1974. Larvas de peces colectadas en la costa suroeste de Baja California durante mayo-junio de 1973. *Ser. Cient. INP/Méx.*, 4: 1-17.
- De la Campa, S. & C. Gutiérrez. 1974. Distribución horizontal de huevos y larvas de sardina monterrey y larvas de sardina crinuda y bocona en el Golfo de California, en Abril de 1972. *Ser. Cient. INP/Méx.*, 2: 11 p.
- De La Campa, S. y J. M. Ortiz J. 1975. Distribución y abundancia de larvas de peces en el Golfo de California durante abril-mayo d 1973, con especial referencia a sardina monterrey y japonesa. *Ser. Cient. INP/Méx.*, 11: 25 p.
- De la Campa, S. M.A. Padilla & P.E. Smith. 1976. Estimaciones de biomasa de reproductores de sardina monterrey (*Sardinops sagax*), a través de censos larvales, Golfo de California, 1975. *Mem. Simp. Rec. Pesq. Masivos. México*. 1: 1-13.
- Díaz-Viloria, N. L. Sánchez Velasco, M.F. Lavín, R. Pérez-Enríquez, S.P. Jiménez-Rosenberg & V.M. Godínez. 2015. Genetic corroboration of *Engraulis mordax* larvae in the upper Gulf of California, a previously undescribed spawning habitat. *Ichthyol. Res.*, 62(2): 230-235. <https://doi.org/10.1007/s10228-014-0423-x>
- Díaz-Viloria, N. L. Sánchez-Velásco, R. Pérez-Enríquez, A. Zárate-Villafranco, M.J. Miller & S.P.A. Jiménez-Rosenberg. 2016. Morphological description of genetically identified Cortez bonefish (*Albula gilberti*, Pfeiler and van der Heiden 2011) leptocephali from the southern Gulf of California. *Mitochondrial DNA Part A*, 28(5): 717-724. doi: 10.3109/24701394.2016.1174226 <https://doi.org/10.3109/24701394.2016.1174226>
- Doyle, M.J., S.J. Picquelle, K.L. Mier, M.C. Spillane & N.A. Bond. 2009. Larval fish abundance and physical forcing in the Gulf of Alaska, 1981-2003. *Progr. Ocean.*, 80: 163-187. doi:10.1016/j.pcean.2009.03.002
- Durazo, R. 2015. Seasonality of the transitional region of the California Current System off Baja California. *J. Geophys. Res. Oceans*, 120: 1173-1196. doi:10.1002/2014JC010405.
- Escudero, M.A. & R.M. Olvera. 1976. Estimación de la Biomasa Reproductora de Anchoqueta, *Engraulis mordax* Girard, a partir del censo larval en la costa occidental de Baja California, México. (Nov.1974-Dic. 1975) *Mem. Simp. Rec. Pesq. Masivos de México*, 1: 295-313.
- Esqueda-Escárcega, G.M., A. Esquivel-Herrera, R. Funes-Rodríguez, Y.A. Green-Ruiz, R. González-Armas, M.J. Haro-Garay, M.E. Hernández-Rivas, S. Hernández-Trujillo, R.J. Saldierna-Martínez, M. SánchezHidalgo-Anda, C.A. Sánchez-Ortíz & G.R. Vera-Alejandre. 1984a. *Atlas de distribución y densidad de huevos y larvas de clupeidos y engráulidos en la Costa Pacífica de Baja California Sur. 1981-1984*, Atlas CICIMAR, 1: 56 p.
- Esqueda-Escárcega, G.M., A. Esquivel-Herrera, R. Funes-Rodríguez, Y.A. Green-Ruiz, R. González-Armas, M.J. Haro-Garay, M.E. Hernández-Rivas, S. Hernández-Trujillo, R. J.R. Saldierna-Martínez, M. SánchezHidalgo-Anda, C.A. Sánchez-Ortíz & G.R. Vera-Alejandre. 1984b. *Atlas de distribución y densidad de huevos y larvas de clupeidos y engráulidos en el complejo Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur. 1981-1983*, Atlas CICIMAR., 2: 121 p.
- Esqueda-Escárcega, G. M. 1995. Spatial and temporal distribution of *Scomber japonicus* larvae in the Sea of Cortez (1984-1988). *Sci. Mar.*, 59(3-4): 391-397.
- Esqueda-Escárcega, G.M. & S. Hernández-Trujillo. 1995. Características del hábitat de desarrollo larval de tres especies de peces batilágidos (Pisces: Salmoniformes). *Cienc. Mar.*, 21(4): 427-438. <https://doi.org/10.7773/cm.v21i4.1001>
- Espinosa, P.H., L. Huidobro, C. Flores-Coto, P. Fuentes-Mata & R. Funes-Rodríguez. 2008. Peces. En: Ocegueda, S & J. Llorente-Bousquets (Eds.) *Catálogo taxonómico de especies de México, en capital natural de México, I: Conocimiento ac-*

- tual de la biodiversidad. CONABIO. México, CD1.
- Fernández-Alamo M.A. & J. Farber-Lorda. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Ocean.*, 69: 318-359. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.003>
- Feeney, R.F.; R.J. Lavenberg & R.L Pitman. 2010. Description of a complete *Liopropoma* larva from the Gulf of California (Mexico) and its comparison with *L. fasciatum* and *L. longilepis* (Actinopterygii: Epinephelidae). *Cien. Mar.*, 6(1): 83-89. <https://doi.org/10.7773/cm.v36i1.1674>
- Fiedler, P.C. 1983. Satellite remote sensing of the habitat of spawning anchovy in the Southern California Bight. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 24: 202-209.
- Flores-Vargas, R., M.C. Navarro-Rodríguez, S. Hernández-Vázquez, R. Saldierna-Martínez & R. Funes-Rodríguez. 2004. Distribución y abundancia de larvas de pleuronectiformes en la costa de Jalisco y Colima, México. *Bol. Centro Invest. Biol.*, 38 (2): 65-80.
- Franco-Gordo, C., R. Ramírez-Flores, C. Navarro-Rodríguez, R. Funes-Rodríguez & R.J. Saldierna-Martínez. 1999. Ictioplancton de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Cienc. Mar.*, 25(1): 107-118. <https://doi.org/10.7773/cm.v25i1.645>
- Franco-Gordo, C., E. Suárez-Morales, E. Godínez & R. Flores-Vargas. 2000. A seasonal survey of the fish larvae community of the central Pacific coast of México. *Bull. Mar. Sci.*, 67: 1-14.
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez & E. Suárez-Morales. 2002. Larval fish assemblages in waters off the central Pacific coast México. *J. Plank. Res.*, 24(8): 775-784. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.8.775>
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez, E. Suárez-Morales & L. Vásquez-Yeomans. 2003. Diversity of ichthyoplankton in the central Mexican Pacific: a seasonal survey. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 57: 111-121. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00335-9](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00335-9)
- Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez, A.E. Filonov, I.E. Tereshchenko & J. Freire. 2004. Plankton biomass and larval fish abundance prior to and during the El Niño period of 1997-1998 along the central Pacific coast of México. *Progr. Ocean.*, 63(3): 99-123. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2004.10.001>
- Fuiman, I.A. & R.G. Werner. 2002. *Fishery science. The unique contributions of early life stages.* Blackwell Science, Oxford. 324 p.
- Funes-Rodríguez, R. 1985. Abundancia de Sifonóforos y larvas de *Sardinops sagax caerulea* en el invierno (1981-1982), en Bahía Magdalena B. C. S. México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 2: 70-76.
- Funes-Rodríguez, R. & A. Esquivel-Herrera. 1985. Determinación de las principales características que permiten la identificación de las larvas de *Opisthonema* spp. en la costa occidental de Pacífico de Baja California Sur. *Inv. Mar. CICIMAR*, 1985, 2(2): 77-85.
- Funes-Rodríguez, R. & S. Hernández-Trujillo. 1985. Larvas de mictófididos, distribución y abundancia en seis cruceros en la Costa Occidental de Baja California Sur; Período: abril de 1982-mayo de 1983. Décima reunión, La Jolla, California agosto de 1985. *CIBCASIO Transactions*, 10: 75-86.
- Funes-Rodríguez, R. & A. Esquivel-Herrera. 1988. Comparación de los caracteres merísticos, morfométricos y de pigmentación en las larvas del género *Opisthonema* Gill, 1861, en el Noroeste de México. *Cienc. Mar.*, 14(3): 51-68. <https://doi.org/10.7773/cm.v14i3.603>
- Funes-Rodríguez, R. & S. Hernández-Trujillo. 1988. Larvas de Mictófididos y copépodos mesopelágicos: Distribución y Abundancia en la Costa Occidental de Baja California Sur. *Cienc. Mar.*, 14(2): 69-84. <https://doi.org/10.7773/cm.v14i2.587>
- Funes-Rodríguez, R., M. J. Haro-Garay & G.M. Esqueda-Escárcega. 1991. *Atlas de distribución y abundancia de larvas de peces mesopelágicos en la Costa Occidental de Baja California Sur, México.* 1982-1984. Atlas CICIMAR, 11. 55 p.
- Funes-Rodríguez, R. 1993. Abundancia de larvas de Myctophidae durante EL NIÑO (1982-1984) en la costa occidental de Baja California Sur. *Cienc. Pesq.*, 10: 79-87.
- Funes-Rodríguez, R. 1993. Fluctuaciones del ictioplancton en el pacífico Oriental de Baja California Sur, México: abril 1982-enero 1984. *Soc. Cienc. Nat. La Salle*, tomo XLVIII(3): 63-72.
- Funes Rodríguez, R., R. González-Armas & A. Esquivel-Herrera. 1995. *Abundancia y composición específica del ictioplancton en la costa del Pacífico frente a Baja California Sur (1983-1985).* Hidrobiológica, 5(1-2): 125-131.
- Funes-Rodríguez, R., M.A. Fernández & R. González-Armas. 1998. Larvas de peces recolectadas durante dos eventos El NIÑO en la costa occidental de Baja California Sur, México 1958-1959 y 1983-1984. *Oceánides*, 13(1): 67-75.

- Funes-Rodríguez, R., R. González-Armas & R. Avendaño-Ibarra. 1998. Distribución y abundancia de larvas de peces en el sistema lagunar Bahía Magdalena Almejas Baja California Sur, México. *Hydrobiológica*, 8(2): 55-66.
- Funes-Rodríguez, R., M.E. Hernández-Rivas, R.J. Saldierna-Martínez, A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra & S.P.A. Jiménez-Rosenberg. 2000. Composición y abundancia del ictioplankton del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, un centro de actividad biológica. *En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.) Centros de actividad biológica del noroeste mexicano*. CIBNOR-CICIMAR. MEX. 367 p.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, R. Avendaño-Ibarra, M. E. Hernández-Rivas, R. J. Saldierna-Martínez & W. Watson. 2001. Spawning of small pelagic fish in Magdalena, Baja California Sur, México, at the beginning of the 1997-1998 El Niño event. *Est. Coast. Shelf Science*, 53(5): 653-664. <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0804>
- Funes-Rodríguez, R., C. Flores-Coto, A. Esquivel-Herrera, M.A. Fernández-Alamo & A. Gracia-Gasca. 2002. Larval fish community structure along the west coast of Baja California during and after El Niño event (1982-1983). *Bull. Mar. Sci.*, 70(1): 41-54. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782002030100025>
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, M. E. Hernández-Rivas & R. Saldierna-Martínez. 2002. *Shelf Fish larval abundance along the west coast of Baja California during a period with two El Niño events (1983-1987)*. Invest. Mar., Valparaíso, 30 (1):111-112. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782002030100025>
- Funes-Rodríguez, R. A. Hinojosa-Medina, G. Aceves-Medina, R. Saldierna-Martínez & M. Hernández-Rivas. 2004. Diagnóstico Taxonómico y Distribución de la Abundancia de los Primeros Estadios de Vida de los Peces Pelágicos Menores. *En: Quiñónez-Velázquez, C. & J.F. Elorduy-Garay (Eds.) Ambiente y pesquería de pelágicos menores en el noroeste de México*. La Paz. BCS. Méx. CICIMAR-IPN. 186 p.
- Funes-Rodríguez, R., A. Hinojosa-Medina, G. Acéves-Medina, S.P.A. Jiménez-Rosenberg & J.J. Bautista-Romero. 2006. Influences of El Niño on assemblages of mesopelagic fish larvae along the Pacific coast of Baja California Sur. *Fish. Oceanogr.*, 15(3): 244-255. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00388.x>
- Funes-Rodríguez, R., J. Cruz-Hernández, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Saldierna-Martínez, G. Acéves-Medina, R. González-Armas & C.A. Silva-Segundo. 2007. Atlas de distribución y abundancia de larvas de la merluza del Pacífico, *Merluccius productus* (Ayrès), en la costa occidental de la península de Baja California, 1951-2001. *CICIMAR Atlas*, 15. 98 p.
- Funes-Rodríguez, R., J.D. Leal-Espinoza, A. Hinojosa-Medina, M.E. Hernández-Rivas & C. Flores-Coto. 2007. Composición, distribución y abundancia de larvas de peces en Bahía Magdalena. *En: Funes-Rodríguez, R., J. Gómez-Gutiérrez & J.R. Palomares-García (Eds.) Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 311 p.
- Funes-Rodríguez, R., J.F. Elorduy-Garay, A. Hinojosa-Medina & A. Zárate-Villafranco. 2009. Interannual distribution of Pacific hake larvae in the southern part of the California Current, *J. Fish. Biol.*, 75: 630-646. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02327.x>
- Funes-Rodríguez, R., A. Zárate-Villafranco, A. Hinojosa-Medina & S.P.A. Jiménez-Rosenberg. 2010. Abundancia y diversidad de larvas de peces frente a la costa occidental de la Península de Baja California durante El Niño y La Niña 1997-2007. *En: Gaxiola-Castro, G. & R. Durazo-Arvizu (Eds.) Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2000*. INE-SEMARNAT, México. 499 p.
- Funes-Rodríguez, R., Zárate-Villafranco A., Hinojosa-Medina A. & González-Armas R. 2011. Mesopelagic fish larval assemblages during El Niño-Southern Oscillation (1997-2001) in the southern part of the California Current, *Fish. Oceanogr.*, 15(3): 244-255. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2011.00587.x>
- Funes Rodríguez, R., R. Cervantes-Duarte, S. López-López, A.T. Hinojosa-Medina, A. Zárate-Villafranco & G.M. Esqueda-Escárcega. 2012. Abundance patterns of early stages of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during a cooling period in a coastal lagoon south of the California Current. *Scientia Marina*, 76(2): 247-257. doi: 10.3989/scimar.03442.20C. <https://doi.org/10.3989/scimar.03442.20C>
- Garcés-Rodríguez, Y., L. Sánchez-Velasco, N. Díaz-Viloria, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, V. Godínez, J. Montes-Arechiga & A. Munguía-Vega. 2018. Larval distribution and connectivity of the endemic Sciaenidae species in the Upper Gulf of California. *J. Plank. Res.*, 40(5): 606-618. <https://doi.org/10.1093/plankt/fby033>
- Gómez Gutiérrez, J. R. Funes Rodríguez, K. Arroyo-Ramírez, C. Sánchez-Ortiz, R. Beltrán-Castro, S. Hernández Trujillo, J.R. Palomares-García

- cía, O. Aburto-Oropea & E. Ezcurra. 2014. Oceanographic mechanisms that possibly explain dominance of neritic-tropical zooplankton species assemblages around the Islas Marias Archipelago, Mexico. *Latin Amer. J. Aquatic Res.*, 42(5): 1009-1034. doi: 10.3856/vol42-issue5-fulltext-7.
- González-Armas, R., R. Funes-Rodríguez & V.A. Levy-Pérez. 1993. Primer registro de larvas de marlin rayado (*Tetrapturus audax*), (Scombroidei: Istiophoridae) en las costas de Jalisco, Pacífico Oriental de México. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3): 919-920.
- González-Armas, R., O. Sosa-Nishizaki, R. Funes-Rodríguez & A. Levy-Pérez. 1999. Confirmation of the spawning area of the striped marlin *Tetrapturus audax* in the so-called core area of the eastern tropical Pacific. *Fish. Oceanogr.*, 8(3): 238-242. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00102.x>
- González-Armas, R., R. Funes-Rodríguez & Alberto Amador-Buenrostro. 2008. Larval fish community structure in a seamount of the Gulf of California. *Hidrobiológica*, 18(1):77-88.
- Green-Ruiz, Y.A., & A. Hinojosa-Corona. 1997. Study of the area of the Northern anchovy in the Golfo of California from 1990 to 1994, using satellite images of sea surface temperatures. *J. Plank. Res.* 19 (8): 957-968. <https://doi.org/10.1093/plankt/19.8.957>
- Gutiérrez, H.C. & M.A. Padilla. 1974. Distribución de huevos y larvas de sardina crinuda en el Golfo de California, 1973. *Ser. Cient. INP/Méx.*, 5: 1-24.
- Hammann, M.G. 1991. Spawning habitat and egg and larval transport, and their importance to recruitment of pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus*, in the Gulf of California. 271-278. *En: T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (Eds.). Long-term variability of pelagic fish population and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai, Japan, 1989. Oxford: Pergamon Press.*
- Hammann, M.G., M.O. Nevárez-Martínez & Y. Green-Ruiz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: egg and larval distribution 1956-57 and 1971-1991. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 39: 169-179.
- Haro-Garay, M.J. & G.M. Esqueda-Escárcega. 1989. Comparación de la mortalidad en larvas de *Vinciguerria lucetia*, *Sardinops sagax caerulea* y *Opisthonema libertate* en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 4(1): 105-116.
- Hewitt, R. 1980. Distributional atlas of fish larvae in the California Current region: northern anchovy, *Engraulis mordax* (Girard), 1966-1979. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas*, 28: 101 p.
- Hewitt, R. 1988. Historical review of the oceanographic approach to fishery research. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 29: 27-41.
- Hernández-Vázquez, S. 1994. Distribution of eggs and larvae from sardine and anchovy off California and Baja California, 1951-1989. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 35: 94-107.
- Hernández-Rivas, M.E., S.P.A. Jiménez-Rosenberg & R. Funes-Rodríguez. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. *En: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de actividad biológica del noroeste mexicano. CIBNOR-CICIMAR. MEX. 367 p.*
- Hernández-Trujillo, S. 1985. Abundancia de larvas de sardina y anchoveta en relación a la presencia de copépodos depredadores en la Costa Pacífico de Baja California Sur. Décima reunión, La Jolla, California agosto de 1985. *CIBCASIO Transactions*, 10: 383-397.
- Hollowed, A. B. (1992). Spatial and temporal distributions of Pacific hake, *Merluccius productus*, larvae and estimates of survival during early life stages. *California Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 33:100-123.
- Hsieh, C.H., C. Reiss, W. Watson, M.J. Allen, J.R. Hunter, R.N. Lea, R.H. Rosenblatt, P.E. Smith & G. Sugihara. 2005. A comparison of long-term trends and variability in populations of larvae of exploited and unexploited fishes in the Southern California region: A community approach. *Progr. Oceanogr.*, 67:160-185. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2005.05.002>
- Inda-Díaz E.A., L. Sánchez-Velasco & M.F. Lavín. 2010. Three-dimensional distribution of small pelagic fish larvae (*Sardinops sagax* and *Engraulis mordax*) in a tidal-mixing front and surrounding waters (Gulf of California) *J. Plank Res.*, 32(9): 1241-1254. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq051>
- Inda-Díaz, E.A., L. Sánchez Velasco & M.F. Lavín. 2014. The effects of a tidal-mixing front on the distribution of larval fish habitats in a semi-enclosed sea during winter. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, 94(7): 1517-1530. <https://doi.org/10.1017/S002531541400023X>

- Koslow J.A., R. Goericke & W. Watson. 2013. Fish assemblages in the Southern California Current: relationships with climate, 1951–2008. *Fish. Ocean.*, 22: 207–219. <https://doi.org/10.1111/fog.12018>
- Koslow, J.A., P. Davison, E. Ferrer, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, G. Aceves-Medina & W. Watson. 2018. The evolving response of mesopelagic fishes to declining midwater oxygen concentrations in the southern and central California Current. *ICES J. Mar. Sci.*, 76(3): 626–638. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy154>
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., E.A. González-Navarro & R.J. Saldierna-Martínez. 2003. Larval, pre-juvenile and juvenile development of *Diapterus peruvianus* (Perciformes: Gerreidae). *Rev. Biol. Trop.*, 51(2): 479–488.
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., E.A. González-Navarro & R.J. Saldierna-Martínez. 2006. Larval, pre-juvenile and juvenile development of *Eucinostomus currani*. *J. Fish Biol.*, 69: 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.01029.x>
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., R.J. Saldierna-Martínez, G. Acéves-Medina & V.M. Cota-Gómez. 2007. Fish larvae in Bahía Sebastián Vizcaíno and the adjacent oceanic region, Baja California, México. *Check List*, 3: 204–223. <https://doi.org/10.15560/3.3.204>
- Jiménez-Rosenberg, S.P.A., R. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, M. Hernández-Rivas & R. Avedaño-Ibarra. 2010. Fish larvae off the northwestern coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Check List*, 6(2): 334–349. <https://doi.org/10.15560/6.2.334>
- Jiménez-Rosenberg S.P.A., R. Saldierna-Martínez, G. Aceves-Medina, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, M. Hernández-Rivas & R. Avedaño-Ibarra. 2010. Caracterización de la comunidad de larvas de peces de la costa nor-occidental de la Península de Baja California: 1997–2007. *En: G. Gaxiola-Castro & R. Durazo-Arvizu (Eds.). Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2000*. INE-SEMAR-NAT, México. 499 p.
- Juárez-Olvera, C.C. 1991. Distribución y abundancia de larvas de Myctophidae en el Golfo de California, Primavera 1985. *Soc. Cienc. Nat. La Salle, tomo XLVIII*, (3): 135–136.
- Kramer, D. & Ahlstrom E. H. 1968. Distributional atlas of fish larvae in the California Current region: northern anchovy, *Engraulis mordax* (Girard), 1951–1965. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas*, 9. 269 p.
- Kramer, D. 1970. Distributional atlas of fish eggs and larvae in the California Current region: Pacific sardine, *Sardinops caerulea* (Girard), 1951–1966. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas*, 12. 277 p.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic condition and larval anchovy food in the California Current: Identification of factor contributing to recruitment failure. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 173: 212–230.
- Lasker, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. 80–87. *En: Lasker, R. (Ed.). Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries*. Wash. Sea Grant Progr. Seattle and London.
- Lasker, R. 1987. Use of Fish Eggs and Larvae in Probing Some Major Problems in Fisheries and Aquaculture. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 2: 1–16.
- Lasker, R. & A. MacCall. 1983. New ideas on the fluctuations of clupeoid stock off California. *Proc. Joint Oceanogr. Assembly*. 1982. General symposia: 110–120.
- Leis, J.M. & B.M Carson-Ewart. 2003. Orientation of pelagic larvae of coral-reef fishes in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 252: 239–253. <https://doi.org/10.3354/meps252239>
- León-Chávez, C., L. Sánchez-Velasco, E. Beier, M.F. Lavín, V.M. Godínez & J. Farber-Lorda. 2010. Larval fish assemblages and circulation in the Eastern Tropical Pacific in autumn and winter. *J. Plank. Res.*, 32: 397–410. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbp138>
- León-Chávez, C., E., Beier, L., Sánchez Velasco, R.D. Barton & V. Godínez. 2015. Role of circulation scales and water mass distributions on larval fish habitats in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. *J. Geophys. Res.*, 120(6): 3987–3402. <https://doi.org/10.1002/2014JC010289>
- Lluch-Belda, D., D.B. Lluch-Cota. & S. Hernández-Vázquez, C.A. Salinas-Zavala & R.A. Schwartzlose. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current system. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 32: 105–111.
- Lluch-Belda, D., R.A. Schwartzlose, R. Serra, R. Parrish, T. Kawasaki, D. Hedgcock & R.J.M. Crawford. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. *Fish. Oceanogr.*, 114: 339–347. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.1992.tb00006.x>
- Loeb, V.J. & A. Nichols. 1984. Vertical distribution and composition of ichthyoplankton and inver-

- tebrate zooplankton assemblages in the eastern tropical Pacific. *Biol. Pesq.*, 13: 39-66.
- Loeb, V.J., P.E. Smith & H.G. Moser. 1983a. Geographical and seasonal patterns of larval fish species structure in the California current area, 1975. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 24: 132-151.
- Loeb, V.J., P.E. Smith & H. G. Moser. 1983b. Ichthyoplankton and zooplankton abundance patterns in the California current area, 1975. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 24: 109-131.
- Lo N.C.H., E. Dorval, R. Funes-Rodríguez, M.E. Hernández-Rivas, Y. Huang & Z. Fan. 2010. Utilities of larval densities of Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) off California, USA, and west coast of Mexico from 1951 to 2008, as spawning biomass indices. *Cienc. Pesq.*, 18 (12): 59-75.
- López-Chávez, O., G. Aceves-Medina, R.J. Saldierna-Martínez, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, J.P. Murad-Serrano, A. Marín-Gutiérrez & O. Hernández-Hernández. 2012. Changes in species composition and abundance of fish larvae from the Gulf of Tehuantepec, México. *CICIMAR Oceanides*, 27(2): 1-11. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v27i2.112>
- Love M.S, M. Yoklavich & D.M. Schroeder. 2009. Demersal fish assemblages in the Southern California Bight based on visual surveys in deep water. *Environ. Biol. Fish.*, 84: 55-68. <https://doi.org/10.1007/s10641-008-9389-8>
- Martínez-Pecero, R.E., E. Matus-Nivón, R. Ramírez-Sevilla, P.I. Hernández-Ceballos & M. Contreras-Olguín. 1990. Huevo, larva y juvenil del peluquero *Chaetodipterus zonatus* (Girard) (Pisces: Ephippidae). *Rev. Biol. Trop.*, 38(1): 71-78.
- Matus-Nivón, E, R., Ramírez-Sevilla, R. Martínez-Pecero, J.L. Ortiz-Galindo. 1989. Descripción de la larva y juvenil del mojarrón *Calamus brachysomus* (Lockington) (Pisces: Saparidae). *Invest. Mar. CICIMAR*, 4:141-150.
- Matus-Nivón, E., R. Ramírez-Sevilla, J.L. Ortiz-Galindo, R. Martínez-Pecero & B. González-Acosta. 1989. El huevo y la larva de la sardina crinuda del Pacífico *Opisthonema libertate* (Gunther). *Rev. Biol. Trop.*, 37(2): 115-125.
- Moser, H.G. 1996. *The early stages of fishes in the California Current region*. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas, 33. Kansas: Allen Press Incorporation. 1505 p.
- Moser, H.G. & E.H. Ahlstrom. 1970. *Development of lanternfishes (Family Myctophidae) in the California Current –Part I*. Nat. Hist. Mus. Los Angeles City Sci. Bull. 7: 145 p. <https://doi.org/10.2307/1442344>
- Moser, H.G., E.H. Ahlstrom, D. Kramer & E.D. Stevens. 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 17: 112-130.
- Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, Jr. and S.L. Richardson. 1984. *Ontogeny and Systematics of fishes*. La Jolla: American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 1. 760 p.
- Moser, H.G., P.E. Smith & L.E. Eber. 1987. Larval Fish assemblages in the California Current Region, 1954-1960, a period of dynamic environmental change. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 28: 97-127.
- Moser, H.G. & P.E. Smith. 1993. Larval fish assemblages of the California Current region and their horizontal and vertical distributions across a front. 283-289. *En: H.G. Moser, P.E. Smith & L.A. Fuiman (Eds.). Advances in the Early Life History of Fishes, Part 1. Larval Fish Assemblages and Oceanic Boundaries*. Bull. Mar. Sci., 53.
- Moser, H.G., L.R. Charter, P.E. Smith, D.A. Ambrose, S.R. Charter, C.A. Meyer, E.M. Sandknop & W. Watson. 1993. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current region: taxa with 1000 or more total larvae, 1951 through 1984. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 31. 233 p.
- Moser, H.G., L.R. Charter, P.E. Smith, D.A. Ambrose, S.R. Charter, C.A. Meyer, E.M. Sandknop & W. Watson. 1994. Distributional atlas of fish larvae and eggs in the California Current region: taxa with less than 1000 total larvae, 1951 through 1984. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Atlas*, 32. 181 p.
- Muñeton-Gómez, M.S., M.S. Cota-Meza & G.R. Vera-Alejandre. 1994. Primeros registros de la presencia de huevos y larvas de *Sardinops caeruleus* (Girard, 1856) en Bahía de Concepción, Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR.*, 9(2): 119-123.
- Navarro-Rodríguez, C., S. Hernández-Vázquez, R. Funes-Rodríguez & R. Flores-Vargas. 2001. Distribución y abundancia de larvas de peces de las familias Haemulidae, Sciaenidae y carangidae de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Bol. Centro Invest. Biol.* 35(1): 1-24.
- Ochoa-Muñoz, M.J., N. Díaz-Viloria, L. Sánchez-Velasco, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, R. Pérez-Enríquez. 2018. Molecular identification of *Auxis* spp. larvae (Pisces: Scombridae) from the Gulf of California: Solving morphological identification

- limits. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 53(2): 157-169. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2018.53.2.1290>
- Olvera, L.R.M. 1975. Distribución de larvas de macarela (*Scomber japonicus* Houttuyn) en las áreas sur y central del Golfo de California, en abril de 1972. *Ser. Cient. INP/Méx.*, 12: 1-15.
- Olvera-Limas, R.M. 1981. Estimación de biomasa reproductora de *Sardinops sagax caeruleus*, en la costa oriental del Golfo de California. Enero de 1976. *Cienc. Pesq. INP/Méx.*, 1: 27-34.
- Olvera, L.R.M. & M.A. Padilla. 1986. Evaluación de la población de sardinias japonesa (*Etrumeus teres*) y monterrey (*Sardinops sagax caerulea*) en el Golfo de California. *Cienc. Pesq. INP/Méx.*, 5: 1-15.
- Ortíz-Galindo, J., E. Matus-Nivon, R. Ramírez-Sevilla & B. González-Acosta. 1990. Embrión, larva y prejuvenil del sol mexicano *Achirus mazatlanus* (Pisces: Soleidae). *Rev. Biol. Trop.*, 38: 195-204.
- Padilla-García, M.A. 1976. Huevos y larvas de sardina monterrey (*Sardinops sagax*) y bocona (*Cetengraulis mysticetus*) del Golfo de California, Diciembre de 1974. *Mem. Simp. Rec. Pesq. Mas. Méx.*, 1: 15-35.
- Padilla-García M.A. 1981. Biomasa de sardina (*Sardinops sagax*) y merluza (*Merluccius productus*). *Cienc. Pesq. INP/Méx.*, 1: 35-43.
- Parrish, R.H., C.S. Nelson & A. Bakun, A. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol. Oceanogr.*, 1: 175-203.
- Palomares-García, R. & R. Vera-Alejandre. 1995. Predation upon larvae of the pacific sardine *Sardinops sagax* by cyclopoid copepods. *J. Crustac. Biol.*, 15(1): 196-201. <https://doi.org/10.1163/193724095X00686>
- Palomares-García, R., R. De Silva-Dávila., A. Martínez-López., A. Hinojosa-Medina., R. Avendaño-Ibarra & R. Funes-Rodríguez. 2001. El evento El Niño y 1997-1998 y su impacto sobre el zooplancton en Bahía Magdalena BCS, 192-198. *En: Escobar E., M. Bonilla, A. Badan, M. Caballero & A. Winckell (Eds.) Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998*. CONACYT.
- Peguero-Icaza, M. & L. Sánchez-Velasco. 2004. Fish larvae abundance and distribution in a bay of the Gulf of California (June and November 1997). *Pac. Sci.* 58(4): 567-578. <https://doi.org/10.1353/psc.2004.0039>
- Peguero-Icaza M., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavín & S.G. Marinote. 2008. Larval fish assemblages, environment and circulation in a semienclosed sea (Gulf of California, Mexico). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 79: 277-288. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.04.008>
- Peguero-Icaza, M., L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavín, S.G. Marinone & E. Beier. 2011. Seasonal changes in connectivity routes among larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *J. Plank. Res.*, 33 (3): 517-533. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq107>
- Peiro-Alcantar, M.T., R. Funes Rodríguez, R. González-Armas, J.R. Palomares-García, M.O. Nevarez-Martínez & B. Shirasago-Germán. 2013. Influence of hydrographic conditions on larval fish assemblage structure in the northern Gulf of California. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 48(3): 535-551. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000300011>
- Peiro Alcantar, M., R., Funes Rodríguez, R. González Armas, R. Durazo & P. Del Monte Luna. 2016. Spatiotemporal variability of demersal fish larvae assemblages in the southern region of the California Current. *Mar. Biol. Res.*, 12(5): 524-540. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1164319>
- Peiro-Alcantar, M.T., R. Funes-Rodríguez, R. González-Armas, R. Durazo & S. Hernández-Trujillo. (prensa). Predictive Models of the Preferential Distribution of Demersal Fish Larvae in the Southern Part of the California Current. *Mar. Biol. Res.*
- Radovich, J. 1982. The collapse of the California sardine fishery. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 23. 56-78.
- Saldierna-Martínez, R.J., M.E. Hernández-Rivas, S. Hernández-Vazquez & E. González-Navarro. 1992. Determinación de edad y desarrollo de los huevos de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* en Bahía Magdalena, B. C. S., México. *Rev. Inv. Cient.*, 3(1): 71-80.
- Saldierna-Martínez, R.J., E.A. González-Navarro & G. Acéves-Medina. 2005. Larval development of *Symphurus atramentatus* (Cynoglossidae: Pleuronectiformes) from the Gulf of California. *Zootaxa* 1016: 1-14. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1016.1.1>
- Saldierna-Martínez, R., G. Acéves-Medina, E.A. González-Navarro. 2010. Larval development of the spotfin tonguefish (*Symphurus oligomerus* Mahadeva and Munroe, 1990) (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull.*, 108:45-55.
- Sánchez-Pinedo, G., N. Díaz-Viloria, J.L. Ortiz-Galindo, N. Ferreira-Fontoura, R. Pérez-Enríquez, L. Sánchez-Velasco & J. De La Cruz-Agüero.

2018. Proposed synonymy for *Micropogonias altipinnis* (Günther 1864), *Micropogonias ectenes* (Jordan & Gilbert 1882), and *Micropogonias megalops* (Gilbert 1890). *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis*. 29(1): 136-146. <https://doi.org/10.1080/24701394.2016.1258405>
- Sánchez-Velasco, L., I. Contreras-Arredondo & G. Esqueda-Escárcega. 1999. Diet composition of *Euthynnus lineatus* and *Auxis* sp. larvae (Pisces: Scombridae) in the Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.*, 65(3): 687-698.
- Sánchez-Velasco, L., B. Shirasago-German, M.A. Cisneros-Mata & C. Avalos-García. 2000. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to El Niño 1997-1998. *J. Plank. Res.* 22(8):1611-1618. <https://doi.org/10.1093/plankt/22.8.1611>
- Sánchez-Velasco, L. & B. Shirasago. 2000. Larval feeding of *Scomber japonicus* (Pisces: Scombridae) in the Gulf of California and Its relation to temperature and chlorophyll satellite data. *Pac. Sci.* 54(2): 127-136.
- Sánchez-Velasco, L., E. Valdez-Holguin, B. Shirasago-German & M.A. Cisneros-Mata. 2002. Changes in the spawning environment of *Sardinops caeruleus* in the Gulf of California during El Niño 1997-1998. *Est. Coast. Shelf Sci.* 54:207-217. <https://doi.org/10.1006/ecss.2001.0840>
- Sánchez-Velasco, L., C. Avalos-García, M. Rentería-Cano & B. Shirasago-German. 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). Part II: Tropical Studies in Oceanography. *Oceanography of the Eastern Pacific, III. Deep Sea Res.*, 51(6-9): 711-722. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.05.021>
- Sánchez-Velasco, L., S.P.A. Jiménez-Rosenberg, B. Shirasago-German & M. Obeso-Nieblas. 2004. Distribution and abundance of fish larvae in Bahía de La Paz, (Gulf of California) and their relation to hydrographic variability during summer (1997-1998). Part II: Tropical Studies in Oceanography. *Oceanography of the Eastern Pacific, III. Deep Sea Res.*, 51(6-9): 723-737. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.05.020>
- Sánchez-Velasco L., C. Avalos-García, E. Beier & M.F. Lavín, 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and surrounding SW region of the Gulf of California. *J. Plank. Res.*, 28(11): 1081-1098. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbl040>
- Sánchez-Velasco, L., S.P.A. Jiménez-Rosenberg & M.F. Lavín. 2007. Vertical distribution of fish larvae and its relation to water column structure in the southwestern Gulf of California. *Pac. Sci.*, 61(4): 533-548. [https://doi.org/10.2984/1534-6188\(2007\)61\[533:VDOFLA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2984/1534-6188(2007)61[533:VDOFLA]2.0.CO;2)
- Sánchez-Velasco, L., M.F. Lavín, M. Peguero-Icaza, C.A. León-Chávez, F. Contreras-Catala, S.G. Marinone, I.V. Gutiérrez-Palacios & V.M. Godínez. 2009. Seasonal changes of larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Cont. Shelf Res.*, 29: 1697-1710. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.06.001>
- Sánchez-Velasco, L., M.F. Lavín, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, J.M. Montes, P.J. Turk-Boyer. 2012. Larval fish habitats and hydrography in the biosphere reserve of the Upper Gulf of California (June 2008). *Continental Shelf Res.*, 33: 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.11.009>
- Sánchez Velasco, L. M.F. Lavín, S.P.A. Jiménez Rosenberg, V.M. Godínez, E. Santamaría-del-Ángel & D.U. Hernández-Becerril. 2013. Three-dimensional distribution of fish larvae in a cyclonic eddy in the Gulf of California during the summer. *Deep Sea Res. Part I: Oceanogr. Res. Pap.*, 75: 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2013.01.009>
- Sánchez Velasco, L., M.F. Lavín, S.P.A. Jiménez-Rosenberg & V.M. Godínez. 2014. Preferred larval fish habitat in a frontal zone of the northern Gulf of California during the early cyclonic phase of the seasonal circulation (June 2008). *J. Mar. Syst.*, 129: 368-380. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.08.004>
- Sánchez Velasco, L., E. Beier, V. Godínez, E. Barton, E. Santamaría del Angel, S.P.A. Jiménez-Rosenberg, S. Marinone. 2017. Hydrographic and fish larvae distribution during the “Godzilla El Niño 2015 in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.: Oceans*, 122(3): 2156-2170. <https://doi.org/10.1002/2016JC012622>
- Sakuma, K.M & S. Ralston. 1997. Vertical and horizontal distribution of juvenile Pacific hake (*Merluccius productus*) in relation to hydrography off California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 38: 137-146.
- Silva-Segundo, C., R. Funes-Rodríguez, E. Ríos-Jara, E.G. Robles-Jarero & A. Hinojosa-Medina. 2008. Larval fish associations related to environmental changes in Bahía Chamela, Jalisco and Santiago-Manzanillo, Colima (2001-2002). *Hidrobiológica*, 18(1): 89-103.

- Silva-Segundo, C., R. Funes-Rodríguez, E.G. Robles-Jarero & E. Rios-Jara. 2006. Ictioplancton en las Bahías de Chamela, Jalisco y Manzanillo, Colima (ciclo 2001-2002), 266-280. *En: Jiménez-Quiroz M.C. & E. Espino-Barr (Eds.). Los Recursos Pesqueros y Acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán.* CRIP-Manzanillo. SAGARPA, México.
- Siordia-Cermeño, P., L. Sánchez-Velasco, M. Sánchez-Ramírez & M.C. Franco-Gordo. 2006. Variación temporal de la dieta de larvas de *Bregmaceros bathymaster* (Pisces: Bregmacerotidae) en las costas de Jalisco y Colima durante un ciclo anual (1996). *Cienc. Mar.*, 32(1A): 13-21. <https://doi.org/10.7773/cm.v32i1.69>
- Sinclair, M. 1988. *Marine populations: An essay on population regulation and speciation.* Univ. Wash. Press. 280 p.
- Smith, P.E. & G.H. Moser. 1988. CALCOFI time series: an overview of fishes. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 29: 66-78.
- Smith, P.E. & G.H. Moser. 2003. Long-term trends and variability in the larvae of Pacific sardine and associated fish species of the California Current region. *Deep-Sea Res. Part II, Topical Studies in Oceanogr.*, 50: 2519-2536. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(03\)00133-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(03)00133-4)
- Sokolov, V.A. & M. Wong-Rios. 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinada y anchoveta) en 1971. *Inf. Cient., 2. Inst. Nal. Pesca, INP-SI:* 41 p.
- Sokolov, V.A. 1974. Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California (Sardina monterrey). *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 17: 92-96.
- Suntsov, A, J.A. Koslow & W. Watson. 2012. The spatial structure of coastal ichthyoplankton assemblages off Central and Southern California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 53: 153-170.
- Torres-Villegas, J.R. & L. Perezgomez. 1988. Variación de la fecundidad de *Opisthonema libertate* (Gunther, 1866) (Pisces: Clupeidae) de 1983 a 1985 en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Invest. Pesq.*, 52(2): 193-206.
- Torres-Villegas, J.R., C.G. García-Melgar, V.A. Levy-Pérez & R.I. Ochoa-Báez. 1985. Madurez sexual, peso promedio, proporción sexual y frecuencia de desovantes de *Sardinops sagax* en el Golfo de California para Noviembre de 1984. Décima reunión, La Jolla, California agosto de 1985. *CIBCASIO Transactions*, 10: 535-549.
- Torres-Villegas, J.R., C.G. García-Melgar, V.A. Levy-Pérez & R.I. Ochoa-Báez. 1985. Resultados del crucero 8412 sobre distribución de huevos de *Sardinops sagax* y 1984 temperaturas en la parte media del Golfo de California. Décima reunión, La Jolla, California agosto de 1985. *CIBCASIO Transactions*, 10: 241-248.
- Torres-Villegas, J.R., C.G. García-Melgar, R.I. Ochoa-Báez & V.A. Levy-Pérez. 1985. Parámetros reproductivos de las poblaciones de *Opisthonema libertate* (Günther) (Pisces: Clupeidae) y discusión sobre su evaluación por producción de huevos, en Bahía Magdalena, B.C.S. *Inv. Mar. CICIMAR*. 2(2): 45-58.
- Torres-Villegas, J.R. & L. Perezgomez. 1988. Variación de la fecundidad de *Opisthonema libertate* (Gunther, 1866) (Pisces: Clupeidae) de 1983 a 1985 en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Inv. Pesq.*, 52(2): 193-206.
- Torres-Villegas R.J., R.I. Ochoa-Baez & M. Muñtón-Gómez. 1995. Temperature effect on spawning and age structure of eggs of *Sardinops sagax*, Clupeidae, during five circadian cycles in Bahía Magdalena, BCS. *Sci. Mar.*, 59: 439-443
- Urias-Leyva, H., G. Aceves-Medina, R. Avendaño Ibarra, R.J. Saldierna-Martínez, J. Gómez-Gutiérrez & C.J. Robinson. 2018. Regionalization in the distribution of larval fish assemblages during winter and autumn in the Gulf of California. *Latin Amer. J. Aquatic Res.*, 46(1): 20-36. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-4>
- Vilchis, L.I., L.T. Balance & W. Watson. 2009. Temporal variability of neustonic ichthyoplankton assemblages of the Eastern Pacific warm pool: Can community structure be linked to climate variability? *Deep-Sea Res.*, 156: 15-140. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2008.08.004>
- Weber, E.D. & S. McClatchie. 2010. Predictive models of northern anchovy *Engraulis mordax* and Pacific sardine *Sardinops sagax* spawning habitat in the California Current. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 406: 251-263. <https://doi.org/10.3354/meps08544>
- Wong, M. 1974. Biología de la sardina del Golfo de California (*Sardinops sagax caerulea*) Calif. *Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 17: 97-100.

Copyright (c) 2020 Funes Rodríguez, René & Esquivel Herrera, Alfonso



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato- y Adaptar el documento- remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)