

1.- INTRODUCCION

La anchoveta es una especie epipelágica dominante de las costas del Pacífico Sur-Oriental. Su distribución se extiende desde Punta Aguja ocasionalmente Zorritos Perú ($4^{\circ} 30'S$) hasta las costas de Chiloé-Chile ($42^{\circ}30'S$) (Cubillos y Arancibia, 1993). Su área de desove es coincidente con su distribución. Sin embargo, al parecer tres áreas son importantes como sitios de desove por la intensidad y frecuencia del mismo. Estas áreas son las comprendidas entre los $6^{\circ}00'$ y $14^{\circ}00'$ Sur (Santander y Flores, 1983), una segunda entre los $20^{\circ}30'$ y 22° Sur (Cañón 1986, Palma *et al.*, 1992) y una tercera entre los 36° y 37° S frente a las costas de Talcahuano (Arcos y Navarro, 1986; Bernal *et al.*, 1983; Castro *et al.*, 1997). En estos centros de desove los promedios de abundancia están alrededor de 1000 huevos/10 m^2 (Bernal *et al.*, 1983). Junto con lo anterior, se puede observar que estos centros están localizados cerca de la costa, reuniendo características particulares. Para el caso del Perú, la plataforma es angosta, con la línea de costa orientada SSE 150 grados que resulta casi paralela a la dirección predominante de los vientos alisios del Sur Este, los vientos son más fuertes en invierno y más débiles en verano, los centros de surgencias se ubican entre los 7 grados y 12 grados Sur donde los procesos son sostenidos y de no gran intensidad, la surgencia proviene de una extensión de la corriente de Cronwell durante la mayor parte del año principalmente Otoño e Invierno y se caracteriza por ser aguas con mayor contenido de oxígeno (Guillén y Calienes, 1981). Para el Norte de Chile la plataforma también es angosta con orientación de la línea de costa SSE 170 grados con vientos predominantes del Sur Oeste (SW), durante todo el año (Fuenzalida, 1990). Para el tercer centro la costa tiene orientación SSE 170 grados y vientos estacionalmente predominantes del Sur y Sur Oeste, existe aquí una diferencia con los dos centros anteriores (Ahumada, 1989; Ahumada y Chuecas, 1979; Arcos y Navarro, 1986; Arcos y Salamanca 1984; Arcos y Wilson, 1984). Esta condición provocaría surgencia permanente en las regiones del Norte y estacional en la del Sur.

Estudiando los desembarques que aportan los puertos de Mejillones ($23^{\circ}06'S$), Tocopilla ($22^{\circ}07'S$), Iquique ($20^{\circ}12'S$) y Arica ($18^{\circ}20'S$), se ha observado que el mayor porcentaje de reclutas de anchoveta (talla menor de 12 cm. longitud total), se encuentran en la pesquería que desembarca en Iquique. La anchoveta recluta en forma parcial a la pesquería desde los siete centímetros de longitud y ésta lo alcanza a los seis meses de vida,

proceso que ocurre normalmente entre los meses de diciembre a marzo (Barría, 1990). Pareciera ser lógico suponer que estos reclutas co-ocurren en estas áreas de mayor concentración como las descritas anteriormente, luego entonces, una hipótesis posible es que la crianza de los huevos y larvas hasta llegar a la edad de reclutas, estaría también circunscrito a este hábitat.

En el sistema de corrientes Chile-Perú las áreas de desove de la anchoveta se encuentran asociadas a centros de surgencia costera, caracterizado por una resultante neta de movimiento del mar hacia afuera, que provocaría dispersión de huevos y larvas hacia zonas no aptas para la sobrevivencia (Bernal, 1990). Numerosos estudios realizados entre Arica y Antofagasta sobre cruceros de prospección de huevos y larvas de esta especie, reconocen un área costera donde se concentra la mayor abundancia tanto de huevos y larvas de anchoveta, cuyo centro de distribución se encuentra en las proximidades del río Loa (Bernal, 1990; Cañón, 1986; Loeb y Rojas, 1988; Palma *et al.*, 1992). En esta zona se ha encontrado que los cardúmenes de esta especie, en edad reproductiva, se concentran a desovar y es allí donde precisamente concurre la flota pesquera para obtener mayor rendimiento en la pesca (Barbieri *et al.*, 1995; Yáñez *et al.*, 1999; Yáñez *et al.*, 1995). La observación de la dinámica de los vientos (estrés) entre Arica y Antofagasta de los registros históricos que mantiene la Dirección General de Aeronáutica en los aeropuertos Chacalluta (Arica), Diego Aracena (Iquique) y Cerro Moreno (Antofagasta), demuestra que la señal anual de esta variable física como predictor de surgencia costera, tiene valores positivos durante todo el año con máximos en primavera – verano y mínimos en invierno. En consecuencia existe una alta probabilidad que durante todo el año existan transportes advectivos de capas superficiales hacia mar afuera en el área de estudio. Es decir la probabilidad de que los huevos y larvas sean transportados hacia otras zonas es muy alta.

Las preguntas que surgen de inmediato son ¿Por qué en esta zona existe una concentración del producto del desove? y ¿Por qué las mayores distribuciones de abundancia tanto de huevos y larvas esta acotado hacia la costa?. Cabe destacar que la distribución en el océano se extiende varias millas mar afuera, pero las mayores densidades, se observa entre la costa y las cinco millas (Claramunt *et al.*, 1996; Claramunt *et al.*, 1997; Oliva *et al.*, 1998; Oliva *et al.*, 2000; Oliva *et al.*, 2001). En consecuencia, un aspecto no resuelto es que existiendo una alta probabilidad de ocurrencia de transportes advectivos y como efecto

mayor dispersión de huevos y larvas, la pregunta recurrente es ¿Que procesos y que mecanismos ambientales particularmente especiales, presenta esta área, para mantener los productos del desove de pequeños pelágicos como la anchoveta?.

Para resolver estas interrogantes, se han propuesto algunos mecanismos que podrían favorecer la retención de huevos y larvas, entre ellos tenemos: (1) áreas con movimientos rotacionales estables, como aquellas que ocurren en los frentes de surgencia, por ejemplo, encontrados en el sistema de corrientes Chile-Perú, (2) entre Arica y Mejillones (18°-23°S) se ha descrito un torbellino semi-permanente de gran-escala (Robles, 1979), que es coincidente con una zona donde la turbulencia inducida por el viento y el transporte Ekman son mínimos (Parrish *et al.*, 1983), y (3) mecanismos de recirculación del agua sobre la plataforma continental (Arcos, 1987; Arcos *et al.*, 1987; Hutchings, 1985; Peterson *et al.*, 1988; Smith, 1984).

Con relación a lo anterior se puede advertir que existiría una estrecha relación entre el ambiente físico y el biológico y estos en el espacio y tiempo permitirían, condiciones óptimas para la concurrencia de los cardúmenes a desovar. Los procesos asociados que allí se manifiestan son críticos para la sobrevivencia de los estados tempranos (huevos y larvas) de los peces pelágicos (Blaxter y Hempel, 1963; Blaxter y Hunter, 1982; Hjort, 1914; Lasker *et al.*, 1970; Lasker *et al.*, 1981; MacCall, 1980; Murphy, 1977). Bakun and Parrish (1982) estudiando los sistemas de corrientes de California y Perú concluyen que el éxito de la reproducción de peces pelágicos está regulada por factores físicos dinámicos y encontraron una similitud entre ambas localidades geográficas, concluyendo que los cardúmenes desovantes evitan los centros de afloramiento máximo y éstos se concentrarían a desovar en donde las condiciones de mezcla y turbulencia serían de baja intensidad. La turbulencia elimina estratos con organismos que sirven de alimento a las larvas de anchoveta, por otra parte, la intensidad del afloramiento costero está relacionado con la productividad total del sistema y, en este último caso, existiría dos aportes, uno es el enriquecimiento de las capas superficiales y segundo el transporte mar afuera que ocasionaría pérdidas de huevos y larvas.

Fofonoff (1963) propone que la tendencia a converger o divergir de una parcela de agua está determinada por el gradiente del estrés del viento. La escala espacio temporal de

estos procesos jugaría un rol especial en la mantención de huevos y larvas en lugares preseleccionados por stock desovantes de la especie *Engraulis ringens*, que aseguraría la mejor sobrevivencia o menor mortalidad (Cushing, 1969; Heath and MacLachlan, 1987). Iles and Sinclair (1982) propone el termino “retención larval” para referirse a la mantención activa en distribuciones discretas en localidades geográficamente estables, lo cual sería una respuesta biológica al régimen físico del área. Se advierte en estos casos que el responsable directo de estas estructuras físicas es la variación de la velocidad y dirección del viento, y cuya acción se ejerce sobre las capas superficiales del océano. Así mismo Sinclair (1988), propone el concepto de miembros extraviados, para referirse a estados del ciclo de vida de las poblaciones de peces que pueden perderse por desplazamientos desde sus áreas de distribución. En consecuencia, regímenes de dispersión distintos, influirían en la mortalidad de huevos y larvas, sobre todo en aquellos sitios donde el alimento es óptimo en calidad y cantidad, confirmando la hipótesis que la selección de esas áreas, sería un factor crítico para la sobrevivencia potencial.

Una síntesis actual del problema asociado a la selección de hábitat y la relación entre los procesos físicos y biológicos, es lo que se ha llamado ventana ambiental óptima (Cury and Roy, 1989), cuya hipótesis central relaciona los procesos de reclutamiento de los peces pelágicos en zonas de surgencia como consecuencia directa de la dinámica de los vientos. Bakun (1996) concluye en que serían tres procesos fundamentales (triada), asociados al hábitat favorable para el desove de las especies pelágicas como la anchoveta, a) Procesos de enriquecimiento (surgencia y mezcla) b) Procesos de concentración (convergencia, fronteras y estabilidad de la columna de agua y c) Procesos que favorecen la retención larval (dirección del arrastre) hacia un hábitat apropiado. Todos los anteriores asociados a las condiciones climatológicas óptimas para el hábitat de desove.

Dado estos antecedentes se entiende que las estrategias de desove de los cardúmenes de peces estarían asociadas a hábitat cuya dinámica estaría regida por la formación de estructuras físicas que evitarían la dispersión y así mantener los productos del desove el mayor tiempo posible (tiempo de persistencia) en las zonas seleccionadas.

La hipótesis central que se postula es que los estados tempranos (huevos y larvas) de *Engraulis ringens* son retenidos en el área costera (< 30 mn desde la costa) comprendida