

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Variabilidad del asentamiento larval de mitílidos en
Bahía Independencia, Pisco-Perú, durante el periodo
1996-2003**

TESIS

para optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Hidrobiología y
Pesquería.

AUTOR

Andrés Omar Belapatiño Candela

ASESOR

Juan Tarazona Barboza

Lima – Perú

2007

A mi familia entera, por estar conmigo, por confiar en mí, por ser mi apoyo y mi fuerza, por no dejarme cuando los necesite. Mamí, papi, sin ustedes esto no hubiera sido posible, tengo que agradecerles infinitamente por ser mis padres, Síndy, Nelson, Ángel gracias por estar siempre conmigo.

A mis tías Graciela Belapatiño y Dora Belapatiño, quienes me apoyaron siempre de mil y un formas, gracias por animarme, por apoyarme, por ser mi familia.

A la Srta. Sandra Gonzalez fuente de mi alegría, energía, y mi principal motivo de superación.

AGRADECIMIENTOS

*M*í especial agradecimiento al Dr. Juan Tarazona Barboza, responsable del laboratorio de Ecología Marina de la U.N.M.S.M., por las enseñanzas, la asesoría, la paciencia y el tiempo dedicado durante la elaboración del trabajo de tesis.

*A*l Sr. Elmer Ramos Figueroa un gran amigo y consejero, por sus recomendaciones, tiempo y apoyo constante brindado durante todo el trabajo.

A la Srta. Tania Peña Baca, por los consejos y las recomendaciones en el desarrollo de este trabajo de tesis, sobre todo en el análisis estadístico así como en la interpretación del mismo.

*A*l “Proyecto Especial de Promoción del Aprovechamiento de Abono de Aves Marinas” (PROABONOS), por la autorización y facilidades brindadas para el ingreso a la Isla La Vieja, los registros de temperatura y la colaboración durante nuestra evaluación biológica.

CONTENIDO

TEMA	PÁGINA
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
1. JUSTIFICACIÓN	6
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETIVOS	11
4. HIPÓTESIS	12
5. MATERIAL Y MÉTODOS	13
5.1 TRABAJO DE CAMPO	13
• Materiales	13
• Diseño experimental	14
• Obtención de datos abióticos	14
5.2 TRABAJO EN LABORATORIO	17
• Procesamiento de la muestra	17
• Identificación de las especies	18
5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS	19
• Determinación de la estacionalidad	19
• Determinación de la influencia de los parámetros abióticos	20
6. RESULTADOS	21
6.1 VARIABILIDAD OCEANOGRÁFICA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
6.2 POST LARVAS	25
• Variabilidad estacional en la densidad de post larvas	25
• Influencia de EN y LN sobre la estacionalidad de post larvas	33
6.3 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS Y LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO	37
7. DISCUSIÓN	48
8. CONCLUSIONES	54
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

RESUMEN

Durante los años 1996 y 2003 el sistema marino costero se caracterizó por la ocurrencia de eventos importantes y extremos como El Niño 1997-1998(EN 1997-98) y La Niña 1999-2000(LN 1999-00), que unidos al sistema de afloramiento constituyen los principales factores determinantes de la variabilidad oceanográfica y condicionantes de la vida, en nuestro mar.

En este marco de variabilidad local se realizó la investigación, referente al proceso de asentamiento larval del macrobentos marino, se trabajó con tres especies de la familia Mitylidae: *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*, elegida por ser una familia representativa del subsistema bentónico costero. La investigación constó de dos etapas: la primera fue el seguimiento temporal de las densidades de asentamiento larval de cada especie; y la segunda en la relación del asentamiento con la variabilidad física local, empleando para esto sustrato artificial y ubicándonos en una estación fija dentro de Bahía Independencia, Pisco- Perú.

De manera independiente se caracterizaron periodos significativos y se analizó el comportamiento biológico, y la variabilidad hidrográfica local junto a la disponibilidad de alimento fitoplanctónico, respectivo para cada periodo. Se pudo determinar al final, que la ocurrencia del evento El Niño 1997-98, alteró la estacionalidad, intensidad y frecuencia en los pulsos de asentamiento de las tres especies, mientras que en los años de ocurrencia del evento La Niña 1999-00 las densidades de asentamiento de *Aulacomya ater* y *Semimytilus algosus*, se mostraron muy similares entre sí, no encontrando en ninguno de los casos relación con la variabilidad física local.

ABSTRACT

During the period between 1996-2003, our coastal marine system was characterized for the occurrence of the important and extreme events as El Niño 1997-1998 (EN 1997-98) and La Niña 1999-2000 (LN 1999-00), that together with our upwelling system, are the principal factors determining the oceanic variability, and conditions of life.

Our investigations analyzed the larval settlement of the marine macro benthos about three specimens of the family Mytilidae: *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* and *Brachidontes granulata*, were chosen for do and representative family of the benthonic subsystems. This investigations have two parts, the first is the temporal following of the densities of settlement of three specimens of the mytilidae family, this family was chosen because is a good representative of the benthic subsystems coast; and the second part is how the physical oceanographic local variability answer; employing artificial substrate in a marine station, into bahía Independencia, Pisco – Perú.

In an independent way they were characterized significant periods and the biological behavior was analyzed, and the hydrographic local variability close to the food availability phytoplankton, respectively for every period. It was possible to determine ultimately that the occurrence of the event El Niño 1997-98, altered the seasonality, intensity and frequency in the pulses settlement of three species, whereas the years of occurrence of the event La Niña 1999-00 the densities of settlement of *Aulacomya ater* and *Semimytilus algosus*, proved to be very similar between years, not finding in any of the cases relation with the physical local variability.

INTRODUCCIÓN

En el ecosistema marino peruano, las características topográficas, los vientos y los sistemas de corrientes caracterizan un sistema de surgencias costero único en el mundo, capaz de sostener una constante y alta pesquería selectiva, alterada cada tres o cuatro años por eventos atmosféricos-oceanográficos extremos (Arntz y Tarazona, 1990; Tarazona *et al.*, 1999), con perturbaciones que tipifican periodos de características cálidas como “El Niño”, y características frías como “La Niña”, alterando la estructura del ecosistema y las estrategias de reproducción entre otras. (Arntz y Valdivia, 1985; Tarazona and Arntz, 2001; Peña *et al.*, 2005).

La estructura poblacional y comunitaria de los organismos del macrobentos bentónico marino se han desarrollado y adaptado a la dinámica local, y entre ellas a condiciones importantes como la recirculación de nutrientes, producción primaria y secundaria, alto grado de dispersión, etc. Diversas investigaciones han demostrado respuestas variables incluso dentro de una misma población, situaciones que se justifican por el grado desarrollo y adaptación de las especies ante la variabilidad local que marca su ciclo de vida, en nuestro medio, principalmente eventos EN inducen cambios interanuales en las condiciones climáticas y oceanográficas del pacífico sur, los cuales repercuten sobre la distribución y densidad de las comunidades marinas (Barber y Chávez, 1983).

El asentamiento y reclutamiento son procesos muy complejos como importantes que en el tiempo marcan el comportamiento de las poblaciones adultas (Rodríguez *et al.*, 1993), sobre todo en organismos que comparten su desarrollo entre los subsistema pelágico y bentónico. De nuestras costas la familia Mitylidae es el mejor representante de la vida epilítica, su entera dependencia al sustrato demuestra su alta sensibilidad frente a la variabilidad local dinámica y oceanográfica.

1. JUSTIFICACIÓN

La ecología de los sistemas bentónicos ha generado en los últimos años abundante conocimiento sobre la estructura y dinámica del ecosistema, en cuanto a la densidad, distribución y respuestas entre especies, así como su correspondiente repercusión en la comunidad; dentro de este amplio capítulo ha sido también documentada la fina e importante interacción entre el asentamiento y el reclutamiento (Luckenbach, 1984; Rodríguez *et al.*, 1993), buscando comprender y explicar los principales agentes que intervienen en la variabilidad del asentamiento y reclutamiento de las especies bentónicas (Gaines and Roughgarden, 1985; Pineda y Caswell, 1997; Keough, 1998; Smith and Witman, 1999; Reed *et al.*, 2000; Navarrete *et al.*, 2002), bajo diferentes metas de aplicación y desarrollo.

El asentamiento larval es un proceso que comienza con la metamorfosis de la larva pelágica hasta convertirse en un organismo de vida bentónica, para posarse y asentarse sobre el sustrato elegido, tienen que participar un gran número de factores que interactúan, procesos físicos, químicos y biológicos (Calabrese and Davis, 1970; Connell, 1972; Berg *et al.*, 1987; Harvey *et al.*, 1995; Caley *et al.*, 1996; Pineda 1997,2000; Keough, 1998), muy difícilmente analizados de manera independiente por la complejidad de sus señales. Sin embargo, entre los factores abióticos más estudiados están la temperatura, principal agente efector de disturbios físicos, además la turbulencia y el transporte (Calabrese and Davis, 1970; Tarazona, *et.al.*, 1985; Pineda 2000; Johnson, 2001); el tipo de sedimento, la salinidad, y la profundidad (Page and Hubbard, 1987; Snelgrove, 1998). Dentro de los factores biológicos destacan la disponibilidad de alimento, depredación, competencia, densidad poblacional preexistente (Thorson, 1950; Tarazona, *et.al.*, 1985; Highsmith, 1985; Page and Hubbard, 1987; Valle *et al.*, 2001).

A lo que añadimos como condicional adicional característica de nuestro sistema de surgencias, los eventos extremos recurrentes como “El Niño” (EN) y “La Niña” (LN) (Tarazona, *et.al.*, 1985; Valle *et al.*, 1996, 2001,2002).

El lugar de estudio se encuentra en los alrededores de la isla “La Vieja” dentro de bahía Independencia, importante por sus permanentes afloramientos que la convierten en una zona altamente productiva en la costa peruana (Zuta *et al.*, 1983; Valle, 2001; Valle *et al.*, 2002), así como sus importantes bancos naturales de moluscos, características imprescindibles en la elección del lugar escogido, que no solo la convierten en uno de los principales bancos naturales de moluscos en nuestro mar sino que promueven el desarrollo socioeconómico y cultural, para comprender la dinámica comunitaria y su aplicación práctica, previniendo y midiendo las alteraciones causadas en el subsistema bentónico, y darle alguna aplicación práctica de carácter económico además del cultural.

Investigamos el comportamiento de los moluscos mediante un seguimiento a nivel de post larvas analizando la duración e intensidad de los principales pulsos de asentamiento, las especies seleccionadas pertenecen a una familia representativa del macrobentos, y porque reflejan habitats distintos es que permiten contrastar las respuestas en su comportamiento, de importancia ecológica como económicamente estas son: *Aulacomya ater* (Molina, 1782), *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) y *Brachidontes granulata* (Hanley, 1843); donde *Aulacomya ater* (Molina, 1782) es el mitílido de los fondos rocosos submareales con mayor explotación comercial en la costa central del Perú (Benites, 1981; Terry y Mendo, 2002); *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) especie bastante recurrente en la zona mediolitoral de la orilla rocosa, e indicador biológico de la misma, además ecológicamente muy importante en la estructura de la cadena alimenticia de las comunidades asociadas a la orilla rocosa (Paredes, 1974; Paredes y Tarazona, 1980; Tarazona *et al.*, 1982, 1985); y *Brachidontes granulata* (Hanley, 1843) un mitílido que se encuentra en sustratos rocosos ubicados entre el medio y el infralitoral formando bancos poblacionales dispersos, con escasos reportes sobre su ecología e importancia en nuestro sistema bentónico.

2. ANTECEDENTES

Las últimas décadas del desarrollo humano han ocasionado en la biósfera, una constante acumulación de impactos positivos como negativos, pero determinantes para el sostenimiento de la vida, alterando los ecosistemas naturales como la estructura comunitaria en sus diferentes expresiones.

La sostenibilidad de las poblaciones del macrobentos, se encuentra directamente relacionado a la tasa de supervivencia por cada etapa de desarrollo desde la etapa larval, hasta su desarrollo como individuos adultos, cada especie con rangos de tolerancia y respuestas particulares; esta información es detallada para algunas especies de acuerdo a su importancia e interés comercial, en otros casos estudiados como consecuencia de una grave explotación buscando el repoblamiento. El común del macrobentos sin explotación comercial, carece de investigaciones biológicas a nivel de especies, sin embargo como parte de la estructura comunitaria encontramos investigaciones documentadas, desde hace algunos años.

Los ecosistemas marinos han sido consecuentemente muy estudiados, para conocimiento y aprovechamiento de sus recursos, en el subsistema bentónico muchos investigadores han centrado sus estudios en la primera etapa de vida de casi todo organismos marinos de vida libre, como la disposición y selección activa del sustrato para el asentamiento, acumulación pasiva y dispersión de las larvas asentadas (Thorson, 1950; 1966; Bailey, 1981; Luckenbach, 1984; Highsmith, 1985; Scheltema, 1986; Harvey *et al.*, 1993, 1995; Caley *et al.*, 1996; Pineda, 2000; Jonson, 2001); señales físicas, químicas y biológicas inherentes al mismo proceso de asentamiento (Berg, 1987; Le Tourneux and Bourget, 1988; Rodríguez *et al.*, 1993; Turner and Todd, 1993; Harvey *et al.*, 1995); así como la resistencia en el nuevo medio (Thorson, 1966; Luckenbach, 1984; Reyes y Moreno, 1990; Pineda, 1997; López *et al.*, 1998). Todas estas investigaciones se han volcado creando modelos para recrear escenarios futuros, cada vez más fortalecidos con investigaciones complementarias, de esta manera nos encontramos en la actualidad con modelos científicos que pueden explicar la dispersión larval, discriminar las probabilidades de encontrar sustrato libre, el gregarismo, rudeza

del mar (oleaje) además de tasa de mortalidad, reproducción, etc. (Dayton, 1971; 1995; Le Tourneux and Bourget, 1988; Alexander and Roughgarden, 1996; Pineda and Caswell, 1997; Reed *et al.*, 2000; Ponurovskii and Kolotukhina, 2000), muchas veces complementado con la caracterización genética; otro de los aspectos ampliamente estudiados, por diversos investigadores del macrobentos marino, es el proceso de recolonización (Caswell, 1976; Tarazona *et al.*, 1988, 1996; Reed *et al.*, 2000), a consecuencia de la normal variabilidad físico-oceanográfica local, quienes finamente limitan la distribución de organismos basados en rangos de tolerancia, resistencia al medio, etc; en resumen los constantes cambios que ocurren, demuestran la compleja e importante dinámica marina, que difícilmente se puede estudiar sin considerar la fuerte relación que une los subsistemas bentónico y pelágico.

De manera repetida los investigadores han encontrado y demostrado la gran importancia e influencia, de los parámetros físicos sobre las comunidades marinas de orilla rocosa como de fondo blando, centrandó muchas investigaciones en la variabilidad que pueden tener estas condiciones como lo son el tipo de sustrato, la temperatura, salinidad, productividad primaria, profundidad (Dayton, 1971; 1995; Connell, 1972; Peckel and Searles, 1983; Scheltema, 1986; Page and Hubbard, 1987; Snelgrove, 1998; Smith and Witman, 1999; Reed, 2000), sin embargo a estos debemos considerar un factor cada vez más frecuente, el de origen antropogénico, quien en corto tiempo ha interrumpido la normal variabilidad en las condiciones físico-oceanográficas como biológico, alterándola de manera definitiva (Powell *et al.*, 1986; Reyes y Moreno, 1990; Jhonston and Keough, 2000; Knowlton, 2004).

El ecosistema de surgencias costero peruano, los cambios interanuales en las condiciones climáticas, han volcado el interés de la comunidad científica, al entendimiento como predicción anticipada, sobre todo de eventos extremos como EN, las investigaciones realizadas durante las últimas décadas han apuntado a un seguimiento previo, durante y posterior de los últimos eventos EN fuertes 1982-83 y 1997-98, algunos investigadores demostraron el variable conjunto de respuestas que presentan las poblaciones bentónicas (Arntz *et al.*, 1988; Romero, 2001; Tarazona *et al.*, 1985, 1988, 2001; Urban, 2001); demostrando que no todas las especies presentan un impacto negativo frente a las condiciones imperantes durante estos periodos, independientemente de los

reportes de pesquería que muestran en la actualidad patrones claros de comportamiento cuando las condiciones físicas locales se ven alteradas.

Todo esto solo demuestra la gran carencia que tenemos de investigaciones significativas, que comiencen con una correcta y completa clasificación taxonómica de nuestra fauna bentónica, y las diferentes etapas del desarrollo juvenil hasta el reclutamiento, y su posterior integración a las poblaciones adultas, entre estas el reconocimiento de los estadios larvales, el desarrollo reproductivo, la variabilidad en el comportamiento espacial y temporal, etc. Investigaciones en la etapa larval y postlarval, frecuentemente se realizan considerando alterar en lo mínimo las condiciones normales del hábitat, para minimizar el stress ocasionado, estas situaciones han sido alcanzadas mediante el empleo de sustratos artificiales, eficientes como selectivos (Turner and Todd, 1993; Harvey *et al.*, 1995; Guijarro, *et al.*, 2003), dependiendo de la población estudiada. En nuestro país, las escasas investigaciones realizadas han sido aplicadas por lo general para la colección de semillas del bivalvo comercial representativo, *Argopecten purpuratus*, dentro de la costa central bahía Independencia, aunque debemos considerar que las reportadas son mucho menos que las realizadas, esta situación ocasionada por la alta productividad poblacional alcanzada, consecuente a la ocurrencia de los últimos eventos EN fuerte (Aguilar y Mendo, 2002); otros grupos de investigación, sin embargo han logrado identificar y realizar un seguimiento no solo de esta especie comercial, sino también otros bivalvos, como invertebrados de importancia ecológica (Valle *et al.*, 2002, Terry y Mendo, 2002). Reportes internos de nuestro grupo de investigación, corroboran las distintas respuestas encontradas dentro del macrobentos, ya sea para post larvas, como para individuos adultos, impactos negativos como positivos, directamente influenciados por la ocurrencia de los eventos extremos (Arntz *et al.*, 1988; Paredes *et al.*, 1988; Ramos, 1999; Valle *et al.*, 1995, 2002; Valle, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Comprender los mecanismos y procesos ecológicos relacionados con el asentamiento larval de los moluscos bivalvos en bahía Independencia, Pisco-Perú.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la variabilidad estacional del asentamiento larval de los mitílidos *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata* de bahía Independencia, Pisco-Perú, durante el periodo 1996-2003.
- Determinar si los cambios de EN 1997-98 en las condiciones oceanográficas y la disponibilidad de alimento fitoplanctónico, alteraron la estacionalidad del asentamiento de los mitílidos *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*, de bahía Independencia, Pisco-Perú.

4. HIPÓTESIS

H_0 : La variabilidad estacional del asentamiento de *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*, no fue afectada por los cambios en las condiciones oceanográficas locales, y la disponibilidad de alimento fitoplanctónico durante EN 1997-98.

H_a : La variabilidad estacional del asentamiento de *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*, estuvo relacionada con los cambios en las condiciones oceanográficas locales, y la disponibilidad de alimento fitoplanctónico durante EN 1997-98.

VARIABLES:

- Independientes: condiciones oceanográficas como la temperatura, concentración de oxígeno disuelto, salinidad y la disponibilidad de alimento medida por la concentración de clorófila *a*.
- Dependientes: densidades promedio mensuales del asentamiento de *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 TRABAJO DE CAMPO

- Materiales

- i. Material Biológico: Post-larvas de tres especies de mitílidos: *Aulacomya ater*, *Semimytilus algosus* y *Brachidontes granulata*.
- ii. Material de Laboratorio:
 - Captadores de larvas de 65gr. (fibra de nylon, empleado como substrato artificial para el asentamiento).
 - Armazones de fierro corrugado de 3/8", de medidas: 50x30x10cm forrados con una malla anchovetera.
 - Tamices metálicos N°25 (710µm) y N° 60 (250 µm). A.S.T.ME-11.
 - Solución de Formol al 10%.
 - Microscopio estereoscópico.
 - Perfilador CTD (abreviatura en ingles de Conductivity, Temperatura and Depth).
 - Sensores de temperatura (HOBO).
 - Botella Niskin.
 - Equipo de titulación de oxígeno por el método Winkler.
 - Termómetro de inversión.
 - Bolsas de polietileno.
 - Viales de 7ml.
 - Nylon de 0.7mm de diámetro.
 - Pinzas finas.
 - Placas petri.
 - Tijera.
 - Goteros.
 - Plumón indeleble.
 - Fichas de datos.

- **Diseño experimental**

El experimento de captación de larvas de invertebrados marinos se realizó como monitoreo desde enero de 1996 hasta julio del 2003 casi sin interrupciones, dentro de bahía Independencia, en una estación marina fija denominada "T2" a 10m de profundidad, en el lado oriental de la isla La Vieja, en los 14°17' 8.8"LS y 76° 10' 49.2"LW, Pisco-Perú. (Fig. 1)

Estructuralmente el experimento está formado por 6 armazones forrados con malla anchovetera, dentro de cada uno se encuentran dos madejas de captadores, sujetadas con nylon. (Fig. 2 y 3). Los armazones fueron colocados mensualmente mediante buceo semi autónomo (SCUBA) conformando dos hileras de cajas colectoras, con tres armazones y colectores por hilera, sujetadas ambas a un par de rieles (Fig. 4). Durante su extracción, los armazones se introdujeron en sacos de yute para evitar la pérdida de muestra.

Después de la extracción de los captadores de las cajas colectoras, se procedió inmediatamente a individualizar cada una de los captadores en bolsas de polietileno y fijarlas con solución de formol al 10%, luego se las rotulo respectivamente de acuerdo a su disposición en la estructura montada, y fueron embaladas para su posterior transporte al laboratorio.

- **Obtención de los datos abióticos**

De forma paralela a la toma de muestras biológicas se registró la temperatura (T°) con un termómetro de inversión y la concentración de oxígeno (O_2) disuelto de fondo, empleando una botella Niskin. La concentración de oxígeno fue determinada por el método de Winkler modificado por Carpenter (1965). La salinidad ($S^{0/00}$) y la concentración de clorófila *a*, fueron registradas utilizando el perfilador CTD en una estación de 33m de profundidad cercana a la "T2". Para la salinidad se tomó el dato a 10m en vista de la poca variación durante los primeros metros, analizamos la información de este parámetro desde abril de 1999 a julio del 2003; con la concentración de clorófila *a*, se obtuvo el valor integrado de los primeros 25m, analizándose desde marzo del 2000 hasta julio del 2003.

Vista frontal de la estación fija "T2" ubicada a los $14^{\circ}17'8.8''$ LS y $76^{\circ}10'49.2''$ LW, y localizada en el lado oriental de la Isla La Vieja, en Bahía Independencia Pisco - Perú.

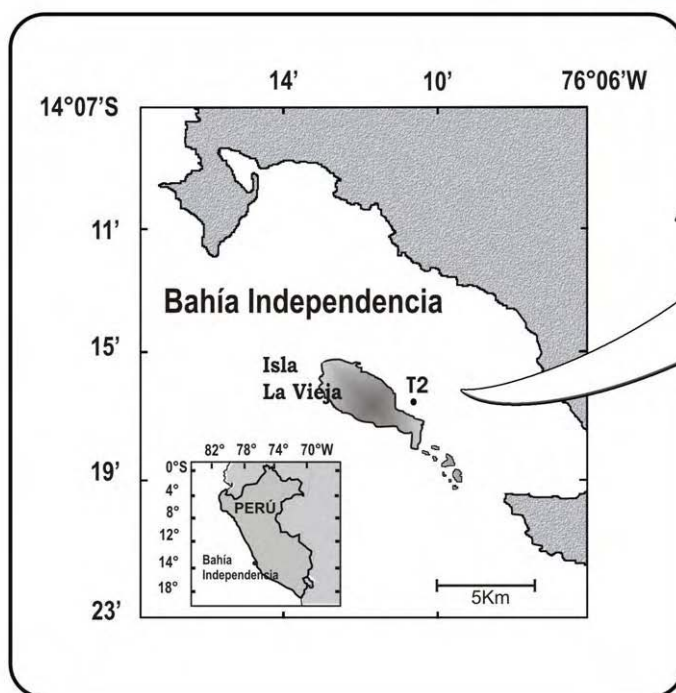


FIGURA 1. Ubicación geográfica de la estación fija "T2" donde se capturaron las post larvas de mitílidos, desde enero de 1996 hasta julio del 2003, en bahía Independencia Pisco Perú.



FIGURA 2. Vista superficial de uno de los captadores terminados y listos para ser colocados, en la estación de muestreo biológico, se aprecia en el interior dos madejas colectoras y externamente la malla anchovetera que lo envuelve.



FIGURA 3. Colectores extraídos del captador artificial tras un mes de exposición, a simple vista se aprecia muestra biológica adherida a su superficie.

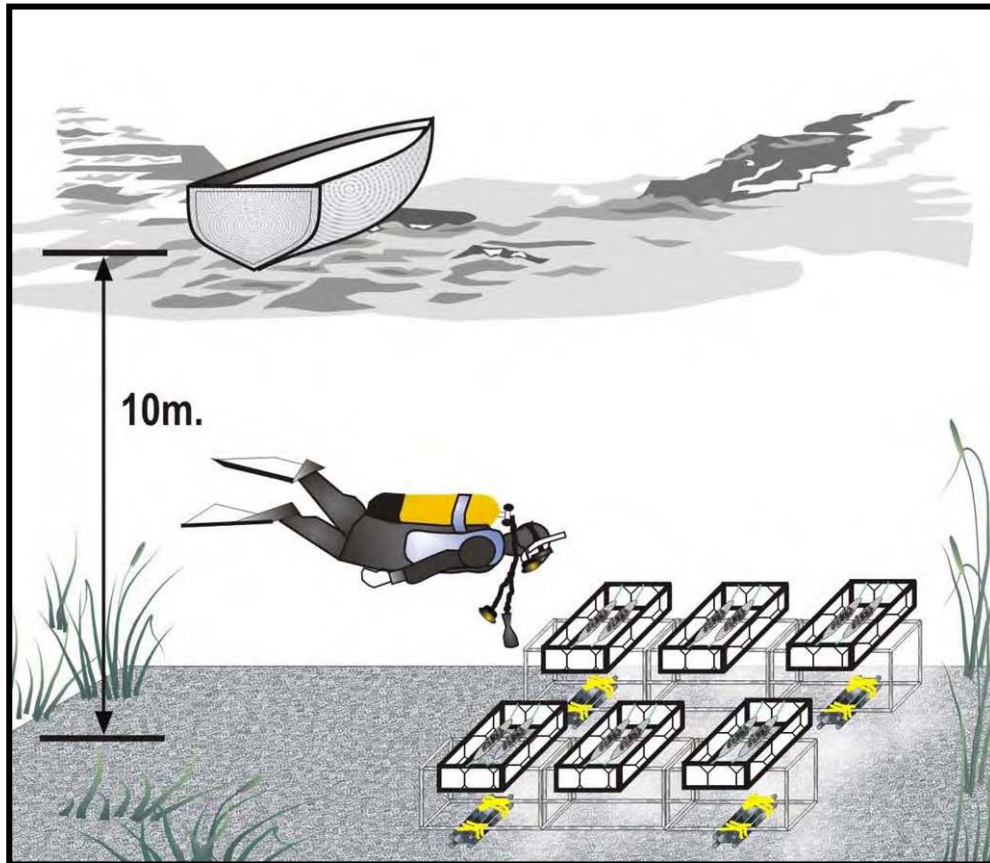


FIGURA 4. Colocación de los captadores artificiales mediante buceo semi autónomo SCUBA, y representación de la distribución de los armazones en el fondo marino.

5.2 TRABAJO EN LABORATORIO

- Procesamiento de la muestra

Los captadores recogidos directamente de la estación de muestreo, son clasificados de acuerdo a su codificación, para ser luego lavados con un chorro continuo de agua corriente sobre tamices de $250\mu\text{m}$ y $710\mu\text{m}$, quienes filtrarán la fracción biológica a analizar (tamaño demostrado que tienen las post larvas de los mitílidos con un mes de exposición promedio), considerando que con este tamaño por lo general los organismos no pertenecen a la fase planctónica. La fracción retenida en los tamices, es analizada empleando un microscopio estereoscópico con la ayuda de un par de pinzas y placas petri, para cuantificarla proceso al cual llamaremos “análisis primario“, para luego ser conservadas en formol al 10% de acuerdo a su codificación respectiva.

- Identificación de las especies

El proceso de identificación de especies se basó en las diferencias estructurales que alcanzaron las valvas de los mitílidos, de acuerdo al grado de desarrollo, *ie.* desarrollo de prodisoconcha II y disoconcha en la etapa post larval. Basado en la investigación de Ramorino y Campos (1983) “Larvas y post larvas de mytilidae de Chile”, Chanley (1966) y especialistas, para mejorar la comprensión de describimos algunos términos estructurales, y señalamos brevemente la ubicación de las mismas. (Fig. 5)

Prodisoconcha I. Primera concha en aparecer que cubre a la larva velíger, presenta forma de la letra “D” y carecer de líneas concéntricas de crecimiento.

Prodisoconcha II. Concha que se forma a continuación de la anterior, hasta que la larva hace metamorfosis; se caracteriza por tener líneas concéntricas.

Disoconcha. Es la concha que se forma a continuación de la prodisoconcha II, se distingue de la anterior por una línea muy marcada, después de su metamorfosis es la que señala el inicio de la etapa post larval.

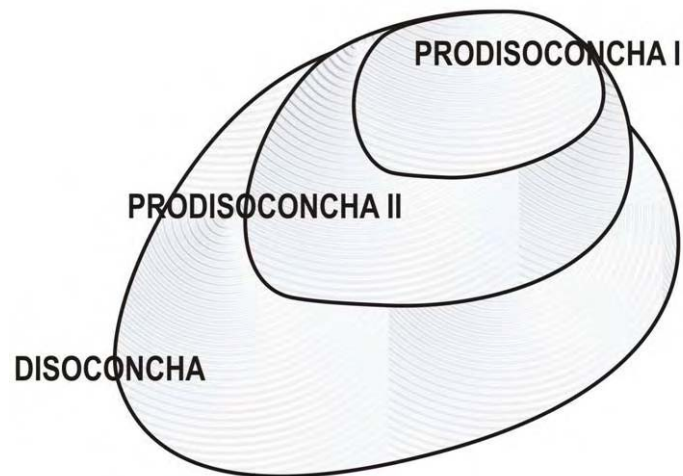


FIGURA 5. Esquema del desarrollo evolutivo valvar de las post larvas, en los bivalvo mitílidos.

5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Las réplicas mensuales de asentamiento larval fueron sometidas a una rutina estadística conocida como comparación de medias, para obtener un valor representativo mensual con su correspondiente intervalo de confianza de ± 1 error estándar ($\pm 1E.S.$; $\alpha = 0,05$).

El análisis temporal requiere series completas, por este motivo la serie mensual que comenzó en 1996 fue ajustada, para los meses en los cuales no se pudo colectar la muestra y por consiguiente existía vacío de información, se realizó una interpolación por promedios con ambas series temporales, las abióticas y biológicas.

- Determinación de la estacionalidad

Con las series biológicas normalizadas se crearon nuevas matrices de asentamiento mensual para cada año, a las cuales se les aplicó el análisis de correlación del tipo lineal ($p < 0,01$) usando el Coeficiente de Correlación de Pearson (r), para determinar la relación interanual por estaciones para cada especie, cabe aclarar que tiene una escala de 0 a 1 en donde el valor de “+1” ó “-1” indica una correlación perfecta entre dos variables.

La comparación de los asentamientos registrados por periodo estacional se trabajó mediante el tratamiento estadístico denominado análisis de varianzas (one way ANOVA, $p < 0,05$) que permite evaluar en forma simultánea los efectos que tienen varios factores sobre la variable respuesta, en el que todos los niveles de un factor se combinan con todos los niveles de cualquier otro factor para formar los tratamientos (Stell and Torrie, 1960), partiendo de la premisa que los promedios estacionales para cada año son iguales y no existen diferencias entre ellos, la primera parte requiere superar la prueba de homogeneidad de varianzas (*Test de Levene*) $p < 0,05$ que determina si las estaciones difieren en cuanto a su asentamiento, continúan las comparaciones múltiples (*a posteriori* ó *post hoc*) mediante agrupaciones para determinar la existencia de grupos con homogeneidad estacional, para lo que empleamos la prueba de Tukey ($p < 0,05$), y Duncan ($p < 0,05$), ésta última más frecuentemente utilizada cuando las medias son homogéneas.

- **Determinación de la influencia de los parámetros abióticos**

La temperatura (T°), concentración de oxígeno (O_2) y salinidad ($S^{0/00}$), son las variables oceanográficas que consideramos y junto a la disponibilidad de alimento fueron comparadas con las series biológicas, empleando las correlaciones lineales y parciales (Coeficiente de Correlación de Pearson, $p < 0,05$), para la comparación parcial escogimos el tipo de estación como un parámetro más en la comparación entre series temporales, ambas series temporales fueron introducidas en las matrices de forma pareada, donde los coeficientes significativos indican la magnitud de la relación entre las series pareadas.

Las series temporales fueron limpiadas de la variabilidad ocasional mediante un proceso simple denominado normalización, en la cual se generan nuevas series temporales empleando los datos originales, pero a los cuales se les ha dado el tratamiento con $Ln(x+1)$ donde x es el valor mensual, también mediante medias móviles con filtros de tres meses para efecto estacional, y trece meses para efecto anual, para afinar la sensibilidad de las respuestas encontradas y evitar malas interpretaciones debido a las fluctuaciones ocasionadas por la variabilidad física local, resaltando las fluctuaciones verdaderamente significativas que nos representan los principales pulsos de asentamiento.

6. RESULTADOS

6.1 VARIABILIDAD OCEANOGRÁFICA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El periodo de estudio estuvo constituido por dos fases de anomalías frías una de ellas incompleta La Niña 1995-97 comprendida entre enero de 1996 a mayo de 1997, y la otra completa La Niña 1999-00 comprendida entre enero de 1999 a setiembre del 2000, así como también dos fases de anomalías cálidas El Niño 1997-98 comprendida entre junio de 1997 a julio de 1998 y el posterior Post El Niño de agosto a diciembre de 1998, además de un ligero calentamiento durante los años 2002-03, los parámetros que mejor describen la variabilidad son la temperatura °C y la concentración de oxígeno disuelto ml.l^{-1} (Fig. 6 y 7 respectivamente), además de la variabilidad de la salinidad (ups, Fig. 8) y la concentración de clorofila a ($\mu\text{g.l}^{-1}$, Fig. 9) estos criterios de caracterización oceanográfica local con sus respectivos valores promedios, máximos, mínimos y grado de dispersión medidos por la varianza se denotan en la tabla 1.

Desde enero del año 1996 hasta mayo de 1997 la temperatura de fondo registrada en el lugar alcanzó en promedio los $14,27^{\circ}\text{C}$, encontrando en febrero de 1997 y octubre de 1996 la mayor y menor temperatura registrada con $15,0$ y $13,4^{\circ}\text{C}$ respectivamente; en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto de fondo, esta mostró en promedio $2,29\text{ml.l}^{-1}$, siendo marzo de 1996 el mes de más baja concentración con $1,05\text{ml.l}^{-1}$, mientras que el mayor registro fue en noviembre de 1996 con $4,23\text{ml.l}^{-1}$; el incremento de la temperatura entre enero y mayo de 1997 definen una etapa previa a EN consecuente, por eso hemos considerado este corto periodo como el Pre EN.

El periodo que comprende El Niño 1997-1998 (EN) junio del 1997 hasta julio de 1998, se caracterizó por temperaturas que en promedio llegaron a los $18,12^{\circ}\text{C}$ destacándose, dos principales picos de temperatura correspondientes a los meses de octubre de 1997 con $20,2^{\circ}\text{C}$ y marzo de 1998 con $23,52^{\circ}\text{C}$, en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto esta alcanzó en promedio valores de $3,13\text{ml.l}^{-1}$, en donde noviembre de 1997 y marzo de 1998 muestran

las mayores concentraciones de oxígeno con valores de 4,30 y 4,49ml.l⁻¹ respectivamente, de julio a diciembre de 1998 se considera el Post EN y es acá donde tenemos anomalías frías como se dio en el mes de diciembre de 1998 con 14,2°C, mientras que agosto de 1998 tuvo el menor registro de concentración de oxígeno disuelto con 0,67ml.l⁻¹.

Durante La Niña 1999-2000 (LN), enero de 1999 hasta setiembre 2000, la temperatura promedio alcanzó los 14,04°C, su mayor registro fue en setiembre del 2000 con 14,58°C, mientras que los registros más bajos fueron durante enero de 1999 y febrero del 2000 con 13,4°C; la concentración de oxígeno disuelto nos muestra en promedio 2,02ml.l⁻¹, siendo los meses de diciembre de 1999 y julio del 2000 correspondientes a los mayores y menores registros de oxígeno registrado con valores de 3,45 y 0,64ml.l⁻¹ respectivamente; la salinidad así mismo se mostró bastante estable y en promedio sus valores alcanzaron los 34,93ups los meses de mayo de 1999 y febrero del 2000 corresponden a los de mayor y menor registros alcanzados con 35,01 y 34,84ups respectivamente; en cuanto a la concentración de clorófila a, podemos destacar en promedio valores de 464,04µg.l⁻¹.

Desde octubre del 2000 hasta diciembre del 2001 la temperatura promedio fue 14,47°C, siendo octubre del 2000 con 14,9°C, y marzo del 2001 con 13,4°C los meses de mayor y menor temperatura respectivamente; la concentración de oxígeno disuelto en promedio nos muestra 3,07ml.l⁻¹, noviembre del 2000 y agosto del 2001 corresponden a los meses de mayor y menor temperatura con valores de 4,47 y 0,39ml.l⁻¹ respectivamente; la salinidad de este periodo en promedio es de 34,93ups encontrando en los meses de junio del 2001 y octubre del 2000 los valores extremos con registros de 34,99 y 34,87ups respectivamente; en cuanto a la concentración de clorófila a, tenemos en promedio 541,69µg.l⁻¹ siendo abril del 2001 el mes en el cual tenemos el más alto registro con un valor de 1005,89µg.l⁻¹.

De enero del 2002 hasta julio del 2003, la temperatura promedio fue 14,9°C donde los meses de agosto del 2002 con 18,2°C y abril del mismo año con 13,3°C son los meses con temperatura extrema; la concentración de oxígeno disuelto nos muestra en promedio 2,80ml.l⁻¹ en donde el mayor tenor de oxígeno es alcanzado durante noviembre del 2002 con 4,85ml.l⁻¹, mientras

que junio del mismo año tiene el valor más bajo con $0,44\text{ml.l}^{-1}$; la salinidad nos muestra un promedio de $34,97\text{ups}$ donde marzo del 2002 alcanzó el mayor registro con $35,07\text{ups}$, mientras que setiembre del mismo año tiene el más bajo con $34,91\text{ups}$; la concentración de clorófila a, en promedio tiene $396,10\ \mu\text{g.l}^{-1}$ siendo noviembre del 2002 el mes de más alto valor registrado con $680,9\mu\text{g.l}^{-1}$.

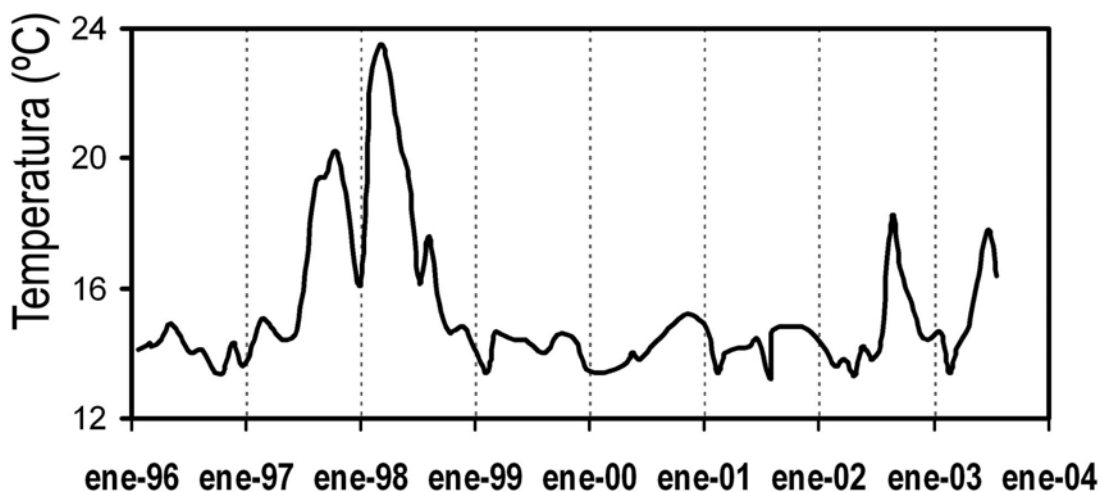


FIGURA 6. Comportamiento de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) cercana al fondo del mar, en la estación fija T2 de bahía Independencia, Pisco-Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003.

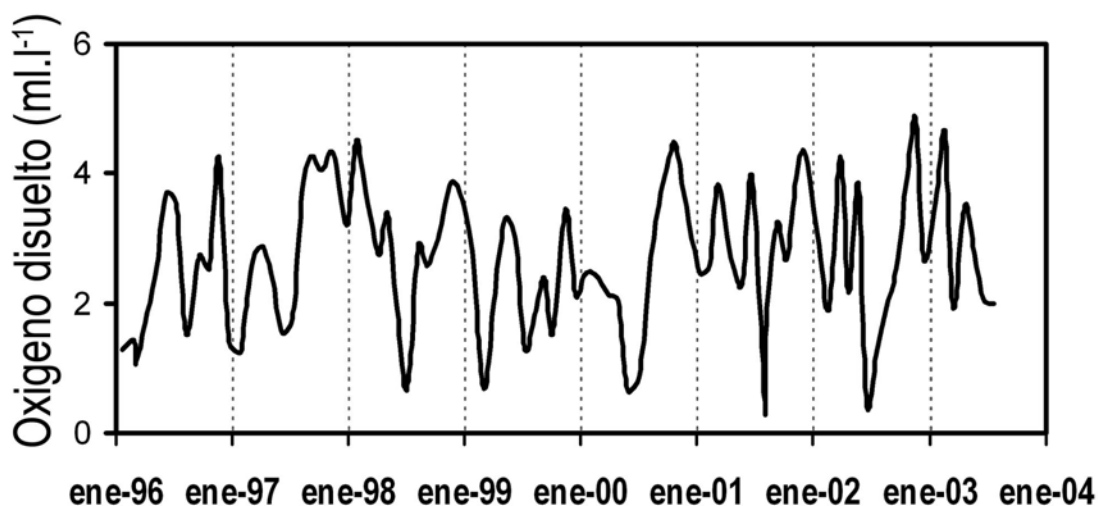


FIGURA 7. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto (ml.l^{-1}) cercana al fondo del mar, en la estación fija T2 de bahía Independencia, Pisco-Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003.

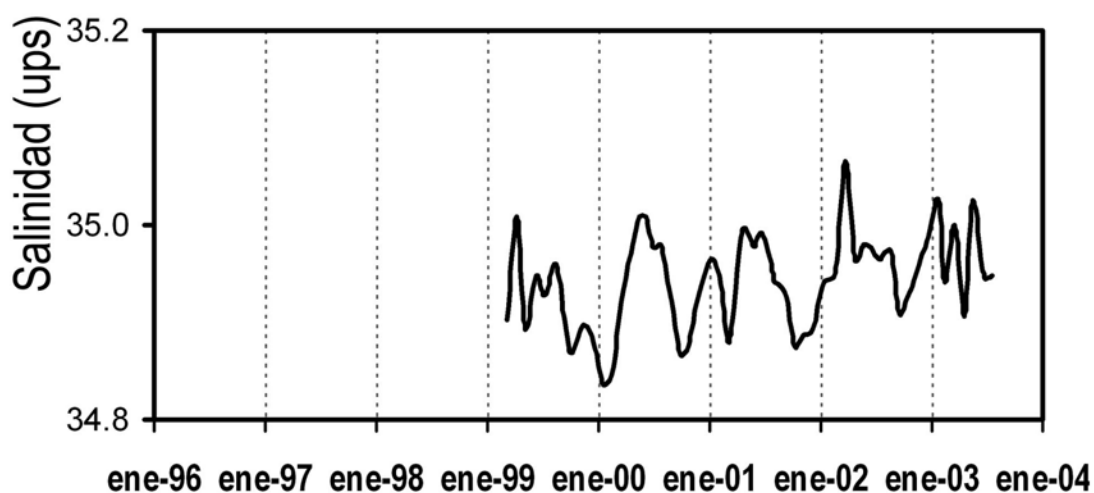


FIGURA 8. Comportamiento de la concentración de la salinidad (ups) en el mar, a 10m de profundidad en la estación fija T2 de bahía Independencia, Pisco-Perú, de abril de 1999 hasta julio del 2003.

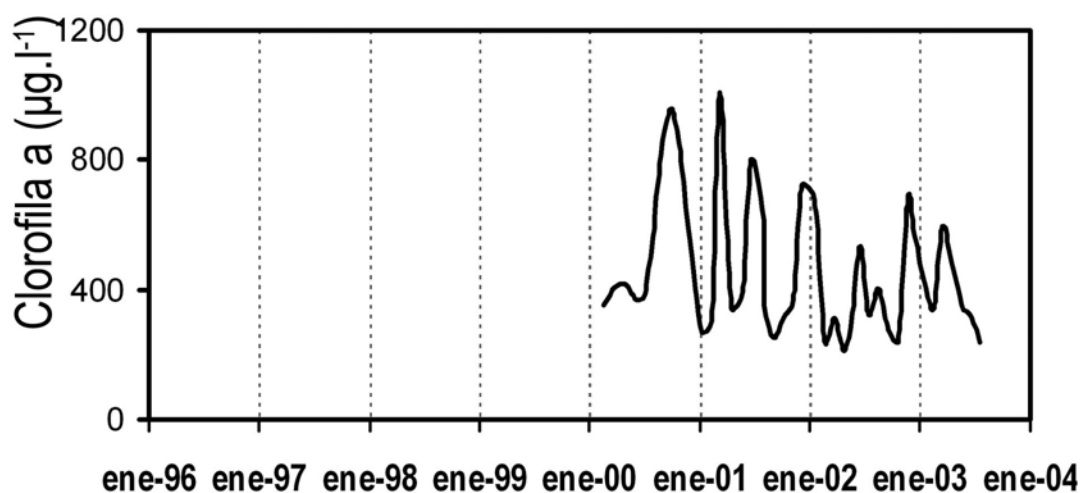


FIGURA 9. Comportamiento de la concentración de Clorófila a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) (valor integrado de los primeros 25m), en la estación fija T2 de bahía Independencia, Pisco-Perú, de marzo del 2000 hasta julio del 2003.

TABLA 1. Resumen de la variabilidad de los parámetros hidrográficos y la disponibilidad de alimento, donde se muestra el promedio, desviación estándar (D.S.), error estándar (E.S.) y los máximos (Máx.) y mínimos (Min.); y el número de meses (n); valores registrados de acuerdo al periodo, en la estación "T2", bahía Independencia Pisco-Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003.

<i>Parámetro</i>	<i>Periodo</i>	<i>Prom.</i>	<i>D.S.</i>	<i>E.S.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>n</i>
Temperatura(°C)	Ene96- May97	14,271	0,484	0,117	15,000	13,400	17
	Jun97- Dic98	18,121	2,847	0,653	23,520	14,200	19
	Ene99 - Set00	14,038	0,436	0,095	14,580	13,400	21
	Oct00 - Dic01	14,469	0,587	0,152	15,200	13,200	15
	Ene02 - Jul03	14,942	1,451	0,333	18,200	13,300	19
Oxígeno disuelto (ml.l ⁻¹)	Ene96- May97	2,289	0,941	0,228	4,230	1,050	17
	Jun97- Dic98	3,133	1,059	0,243	4,490	4,300	19
	Ene99 - Set00	2,021	0,842	0,184	3,450	0,640	21
	Oct00 - Dic01	3,069	1,143	0,295	4,470	0,390	15
	Ene02 - Jul03	2,807	1,190	0,273	4,850	0,440	19
Salinidad (ups)	Ene99 - Set00	34,931	0,054	0,012	35,010	34,840	21
	Oct00 - Dic01	34,926	0,044	0,011	34,990	34,870	15
	Ene02 - Jul03	34,968	0,040	0,009	35,070	34,910	19
Concentración de Clorófila a (µg.l ⁻¹)	Ene99 - Set00	464,038	155,005	54,803	814,100	355,100	21
	Oct00 - Dic01	541,686	265,082	68,444	1005,890	267,100	15
	Ene02 - Jul03	396,096	148,984	34,179	680,900	242,300	19

6.2 POST LARVAS

- **Variabilidad Estacional en la Densidad de Post larvas**

Las series temporales del asentamiento larval (Fig. 10) fueron analizadas según los principales períodos establecidos que caracterizaron el tiempo de nuestra investigación de acuerdo a la variabilidad oceanográfica, todo se analizó bajo dos puntos de vista el primero bajo una perspectiva global tomando el periodo completo de estudio, el segundo durante la ocurrencia de los eventos El Niño 1997-98 y La Niña 1999-00, aunque el periodo EN a su vez contempla tres etapas de acuerdo al desarrollo del mismo, el Pre EN de enero a junio de 1997, durante EN de junio de 1997 a julio de 1998 y el Post EN de agosto a diciembre de 1998, variabilidad resumida en la tabla 2 con una estadística descriptiva básica como valores promedio, varianza que mide el grado de dispersión de los cuadrados de la diferencia de los valores, error estándar quien mide la desviación típica de la distribución muestral de la media,

y las máximas como mínimas densidades alcanzadas durante el correspondiente periodo de estudio.

Aulacomya ater

- Periodo completo (1996-2003), la densidad promedio encontrada es de 12,04ind.65g.fibra (E.S.=5,34; n=91) mientras que las estaciones con mayores pulsos de asentamiento promedio son el verano y el otoño con 20,39 y 25,55ind.65g.fibra respectivamente (Fig. 11a).
- Periodo El Niño (1997-1998), en la etapa pre EN la densidad promedio es de 157,10ind.65g.fibra (E.S.=62,10; n=5) siendo la máxima densidad, la alcanzada en el mes de marzo de 1997 con 355,67ind.65g.fibra, durante EN el asentamiento larval tuvo un impacto negativo muy serio descendiendo al 0,06% la densidad promedio de asentamiento con 0,10ind.65g.fibra (E.S.=0,06; n=14), durante el Post EN el asentamiento larval tuvo un impacto positivo que indica una recuperación inmediata llegando a alcanzar en promedio los 42,85ind.65g.fibra (E.S.=42,34; n=5) prácticamente sostenida por el asentamiento del mes de diciembre de 1998 donde alcanzó los 212,21ind.65g.fibra (Fig. 11b).
- Periodo La Niña (1999-200), sus registros nos muestran un promedio de 1,43ind.65g.fibra (E.S.=0,44; n=21), durante el verano y el otoño tenemos los principales pulsos de asentamiento con 2,34 y 1,47ind.65g.fibra (Fig. 11c), febrero del 2000 tiene la mayor densidad con 7,08ind.65g.fibra, y diciembre de 1999 tiene la menor densidad con 0,08ind.65g.fibra, el invierno no presentó asentamiento.

Semimytilus algosus

- Periodo completo (1996-2003), la densidad promedio de asentamiento alcanzó los 4,29ind.65g.fibra (E.S.=1,04; n=91) donde el verano y el otoño son las estaciones con mejores pulsos de asentamiento con densidades de 5,35 y 9,65ind.65g.fibra respectivamente (Fig. 12a).

- Periodo El Niño (1997-1998), en la etapa pre EN la densidad promedio es de 34,21ind.65g.fibra (E.S.=8,94; n=5) siendo la máxima densidad la alcanzada en el mes de mayo de 1997 con 60,89ind.65g.fibra, durante EN el asentamiento larval tuvo un impacto negativo descendiendo al 5,01% la densidad promedio de asentamiento con 1,71ind.65g.fibra (E.S.=0,79; n=14), durante el Post EN el asentamiento larval tuvo un impacto positivo que también indica una recuperación inmediata llegando a alcanzar en promedio los 3,95ind.65g.fibra (E.S.=3,49; n=5), donde diciembre de 1998 tiene la mayor densidad con 17,90ind.65g.fibra (Fig. 12b).
- Periodo La Niña (1999-2000), la densidad promedio alcanzada fue de 1,63 ind.65g.fibra (E.S.=0,55; n=21), el verano y el otoño tienen mayores pulsos de asentamiento con densidades de 2,73 y 3,12ind.65g.fibra (Fig. 12c), mayo del 2000 tiene la mayor densidad de asentamiento con 2,71ind.65g.fibra, y julio del 1999 tiene la menor densidad con 0,08ind.65g.fibra, el invierno es la estación con menor densidad promedio 0,18ind.65g.fibra.

Brachidontes granulata

- Periodo Completo (1996-2003), la densidad promedio de asentamiento tuvo 2,37ind.65g.fibra (E.S.=0,46; n=91) los principales pulsos corresponden a las estaciones de verano e invierno con 2,53 y 3,48ind.65g.fibra respectivamente (Fig. 13a), la mayor densidad alcanzada es durante julio de 1998 con 32,79ind.65g.fibra, mientras que en marzo del 2001 se registró la menor densidad con 0,07ind.65g.fibra; el otoño tiene la menor densidad estacional de asentamiento con 1,70ind.65g.fibra.
- Periodo El Niño (1997-1998), en la etapa pre EN la densidad promedio es de 2,69ind.65g.fibra (E.S.=0,84; n=5) siendo la máxima densidad la alcanzada en el mes de mayo de 1997 con 5,21ind.65g.fibra, durante EN el asentamiento larval tuvo un impacto positivo incrementándose al 254,21% las densidades previas teniendo en promedio 6,84ind.65g.fibra

(E.S.=2,28; n=14) siendo la máxima densidad alcanzada en el mes de julio de 1998 con 32,79ind.65g.fibra, durante el Post EN el asentamiento larval nuevamente fue positivo incrementando esta vez la densidad promedio de asentamiento larval a 9,25ind.65g.fibra (E.S.=1,04; n=5), donde noviembre de 1998 tiene la mayor densidad con 11,28ind.65g.fibra (Fig. 12b).

- Periodo La Niña (1999-2000), en promedio alcanza las 0,88ind.65g.fibra (E.S.=0,25; n=21), en donde los principales pulsos corresponden al verano y otoño con 1,28 y 1,43ind.65g.fibra (Fig. 13c), los meses de mayor y menor densidad son enero de 1999 con 3,37ind.65g.fibra, y junio del mismo año con 0,18ind.65g.fibra; la primavera la estación con la densidad promedio más baja 0,23ind.65g.fibra.

TABLA 2. Resumen de la densidad relativa promedio (ind.65g.fibra) del asentamiento ocurrido por especie, donde se muestra el promedio, desviación estándar (D.S.), error estándar (E.S.), los máximos (Max.) y mínimos (Min.), y el número de meses (n); valores registrados de acuerdo al periodo, en la estación "T2", bahía Independencia Pisco-Perú.

<i>Especie</i>	<i>Periodo</i>	<i>Prom.</i>	<i>D.S.</i>	<i>E.S.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>n</i>
<i>Aulacomya ater</i>	1996-2003	12,042	50,941	5,340	355,674	0,000	91
	Pre EN	157,098	138,860	62,100	355,674	11,210	5
	EN 1997-98	0,102	0,218	0,058	0,0726	0,000	14
	Post EN	42,850	94,677	42,341	212,211	0,000	5
	LN1999-00	0,985	2,037	0,444	7,080	0,000	21
<i>Semimytilus algosus</i>	1996-2003	4,288	9,962	1,044	60,887	0,000	91
	Pre EN	34,213	20,005	8,947	60,887	10,420	5
	EN 1997-98	1,715	2,951	0,789	11,432	0,000	14
	Post EN	3,946	7,806	3,491	17899	0,150	5
	LN 1999-00	1,639	2,521	0,550	8,626	0,000	21
<i>Brachidontes granulata</i>	1996-2003	2,367	4,426	0,464	32,788	0,000	91
	Pre EN	2,692	1,868	0,835	5,207	0,500	5
	EN 1997-98	6,842	8,518	2,277	32,788	0,570	14
	Post EN	9,248	2,321	1,038	11,276	5,600	5
	LN 1999-00	0,918	1,136	0,248	3,371	0,000	21

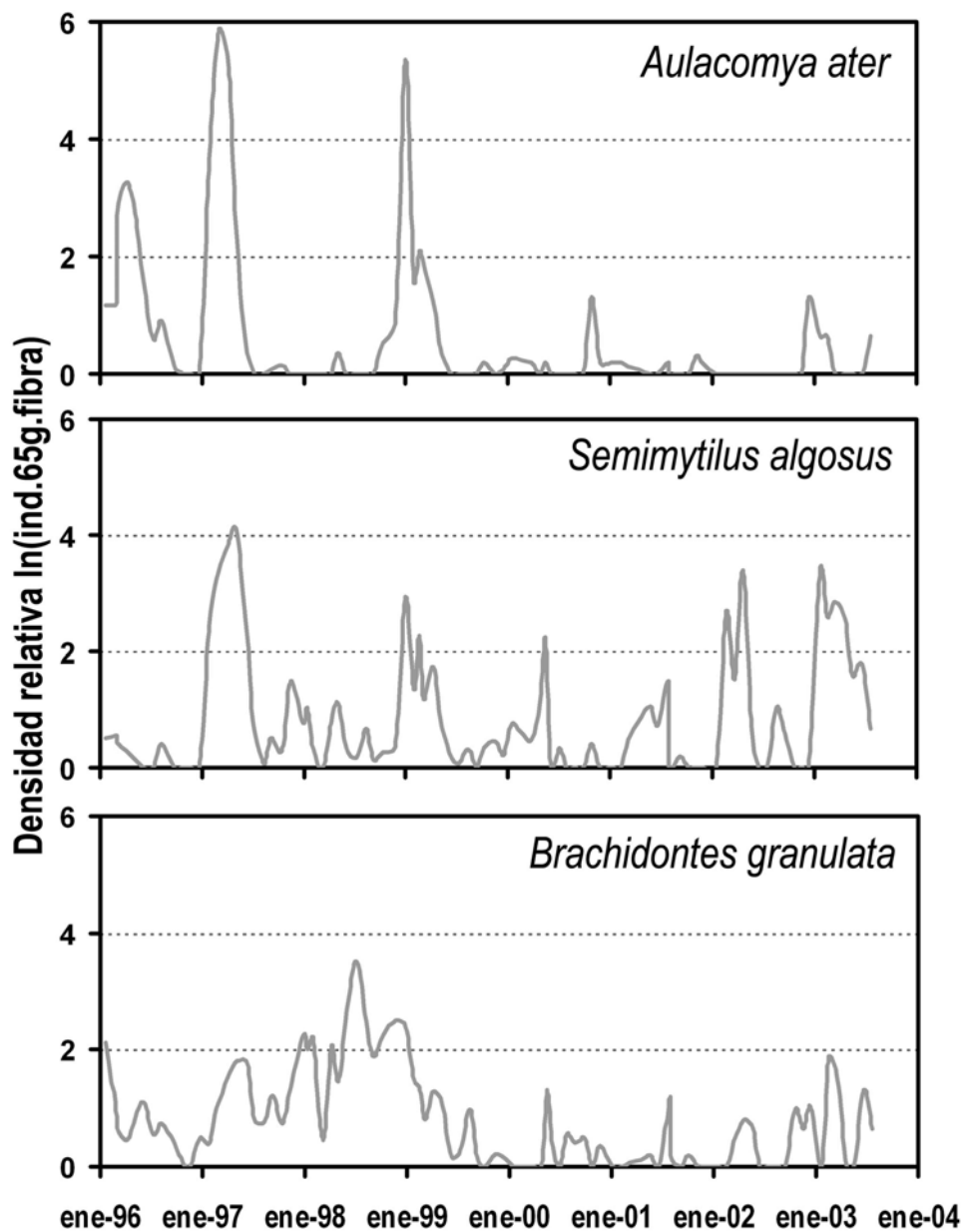


FIGURA 10. Variabilidad temporal de la densidad relativa $\ln(\text{ind.65g.fibra})$, bahía Independencia, Pisco Perú (estación T2), de enero de 1996 hasta julio del 2003.

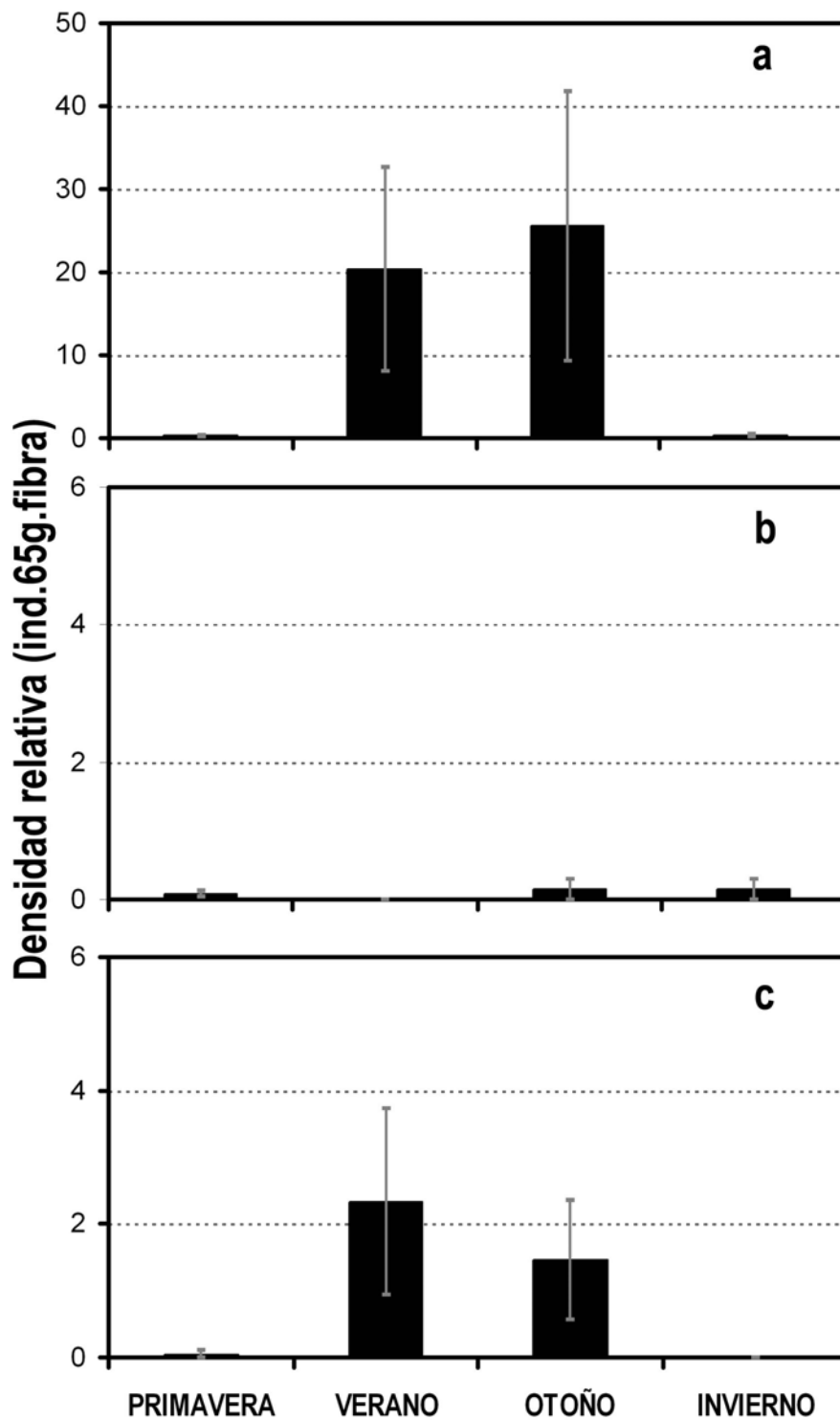


FIGURA 11. Densidad estacional relativa (\pm E.S.) de *Aulacomya ater* (ind.65g.fibra), en la estación "T2", bahía Independencia Pisco-Perú. a) Periodo Completo 1996-2003; b) El Niño 1997-98; y c) La Niña 1999-00.

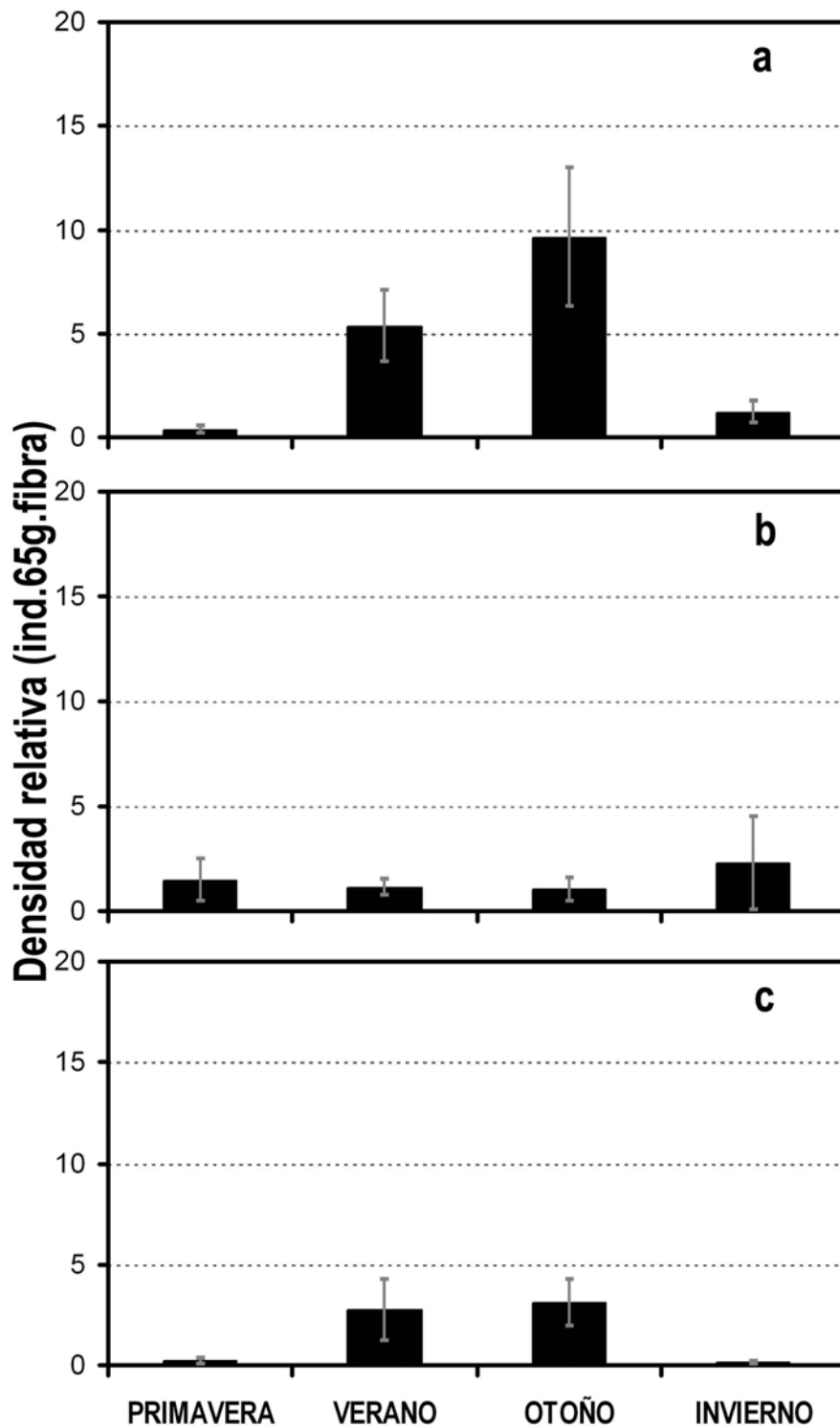


FIGURA 12. Densidad estacional relativa (\pm E.S.) de *Semimytilus algosus* (ind.65g.fibra), en la estación "T2", bahía Independencia Pisco-Perú. a) Periodo Completo 1996-2003; b) El Niño 1997-98; y c) La Niña 1999-00.

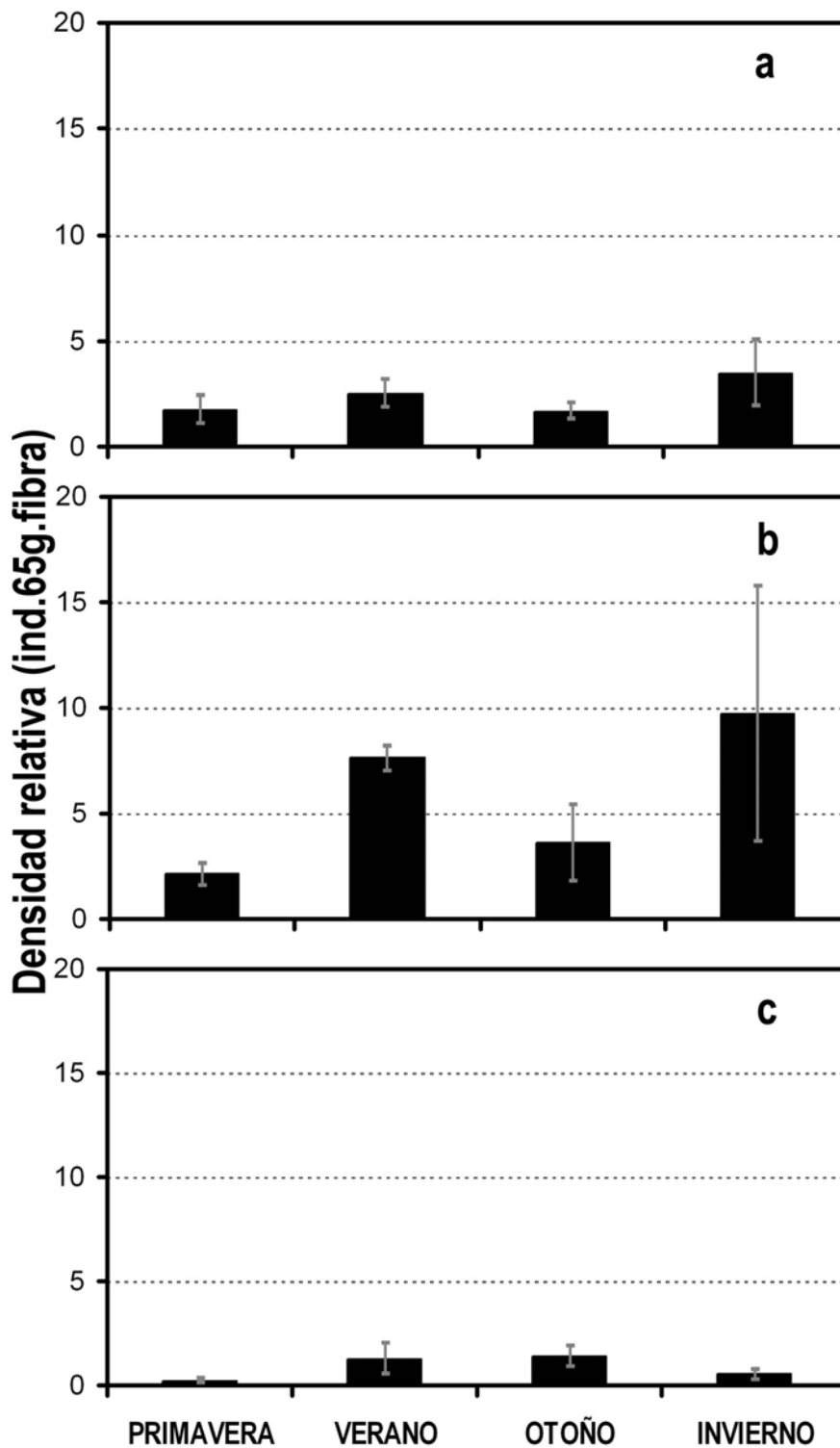


FIGURA 13. Densidad estacional relativa (\pm E.S.) de *Brachidontes granulata* (ind.65g.fibra), en la estación "T2", bahía Independencia Pisco-Perú. a) Periodo Completo 1996-2003; b) El Niño 1997-98; y c) La Niña 1999-00.

- **Influencia de EN y LN sobre la Estacionalidad de Post larvas**

Se comparó la tendencia del asentamiento anual para cada especie, de los años caracterizados por anomalías cálidas como frías, el evento El Niño (1997-1998) y La Niña (1999-2000) con cada año estudiado (Tabla 3, 4 y 5), considerando para EN la etapa previa, el desarrollo de EN 1997-98 y el Post EN.

Aulacomya ater

Los años 1996 y 1997 mostraron correlación significativa como ocurrió también entre 1997 y 1999 (0,756 y 0,944 respectivamente; $p < 0,01$), además los años de anomalías frías 2000 y 2001 (0,722; $p < 0,01$) tuvieron una significativa correlación.

El análisis de varianza one-way-ANOVA, muestra en el asentamiento larval por estaciones a lo largo del periodo completo presentaron diferencias significativas (0,009; $p < 0,05$), lo que es apoyado por las comparaciones múltiples de Duncan que señalan dos grupos similares, primavera con invierno y verano con otoño. Así mismo el asentamiento larval entre las etapas previa, durante y post EN 1997-98 presentaron diferencias significativas (0,000; $p < 0,05$).

Semimytilus algosus

El comportamiento del asentamiento durante los años 1999 y 2000 demostraron una buena correlación con el 1997 (0,696 y 0,768 respectivamente, $p < 0,01$), de igual manera también 1996 y 2002 presentaron buena correlación con 1999 (0,805 y 0,780 respectivamente, ($p < 0,01$).

El análisis de varianza one-way-ANOVA, muestra que el asentamiento larval por estaciones a lo largo del periodo completo y en LN 1999-00 presentaron diferencias significativas (0,000 y 0,006 respectivamente, $p < 0,05$), sostenida también por las comparaciones múltiples de Tukey y Duncan que muestran para el periodo completo, similitud entre primavera con invierno y verano con otoño, mientras que según Duncan para LN 1999-00 los grupos se repiten, solo corroborándose por Tukey la

agrupación Verano con Otoño. Así mismo el asentamiento larval entre las etapas previa, durante y post EN 1997-98 presentaron diferencias significativas ($0,000$; $p < 0,05$).

Brachidontes granulata

El comportamiento del asentamiento durante los años 1996 y 1999 resultó significativo ($0,600$; $p < 0,01$).

El análisis de varianza one-way-ANOVA, no muestra diferencias en el asentamiento estacional durante los periodos analizados, sin embargo el asentamiento de larvas entre las etapas previa, durante y post EN 1997-98 presentaron diferencias significativas ($0,031$; $p < 0,05$).

TABLA 3. Correlaciones de Pearson de las densidades del asentamiento durante los eventos EN 1997-98 y LN 1999-00, para los mitílidos en la estación fija “T2” (bahía Independencia), de enero de 1996 hasta julio del 2003.

	<i>Aulacomya ater</i>				<i>Semimytilus algosus</i>				<i>Brachidontes granulata</i>			
	El Niño		La Niña		El Niño		La Niña		El Niño		La Niña	
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
1996	*0,756	ns	ns	ns	ns	ns	*0,805	ns	ns	ns	*0,600	ns
1997	1	ns	*0,944	ns	1	ns	*0,696	*0,768	1	ns	ns	ns
1998	ns	1	ns	ns	ns	1	ns	ns	ns	1	ns	ns
1999	*0,944	ns	1	ns	*0,696	ns	1	ns	ns	ns	1	ns
2000	ns	ns	ns	1	*0,768	ns	ns	1	ns	ns	ns	1
2001	ns	ns	ns	*0,722	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2002	ns	*0,983	ns	ns	ns	ns	*0,780	ns	ns	ns	ns	ns
2003	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* : significancia $p < 0,01$

ns : no significativo

TABLA 4. Resultados del procedimiento one-way-ANOVA ($p < 0,05$), que examina las diferencias estacionales en el asentamiento para cada mitilido por periodo, así como las diferencias entre las etapas pre, durante y post EN (cuadro superior); comparaciones múltiples ó pruebas *post-hoc* de Tukey entre estaciones (cuadro inferior), en bahía Independencia Pisco-Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003.

Periodo	<i>Aulacomya ater</i>			<i>Semimytilus algosus</i>			<i>Brachidontes granulata</i>		
	MS	F	p	MS	F	p	MS	F	p
Completo	6,166	4,059	0,009	7,723	8,543	0,000	0,248	0,365	0,779
EN 1997-98	0,10	0,282	0,837	0,013	0,023	0,995	0,784	1,045	0,414
LN 1999-00	0,987	2,839	0,067	1,695	5,911	0,006	0,111	0,902	0,461
Inter. EN		9,512	0,000		25,353	0,000		3,345	0,031

Periodo	Comparaciones	<i>A. ater</i>	<i>S. algosus</i>
Completo	Primavera-Verano	ns	ns
	Verano-Otoño	* 0,999	ns
	Otoño-Invierno	ns	ns
	Primavera-Invierno	* 1,000	* 0,813
	Primavera-Otoño	ns	ns
	Verano-Invierno	ns	ns
LN 1999-00	Primavera-Verano	ns	ns
	Verano-Otoño	ns	* 0,928
	Otoño-Invierno	ns	ns
	Primavera-Invierno	ns	* 0,999
	Primavera-Otoño	ns	ns
	Verano-Invierno	ns	ns

ns : no significativo

Nota: Las series analizadas fueron normalizadas mediante el tratamiento $\ln(x+1)$.

TABLA 5. Agrupamientos realizados según Tukey y Duncan basados en similaridad estacional, donde valores cercanos a "1" señalan similaridad perfecta, para quienes mostraron diferencias en el asentamiento estacional, en bahía Independencia Pisco-Perú.

Especie	Periodo	Grupo	Tukey	Duncan
<i>Aulacomya ater</i>	Completo	Primavera-Invierno	-	0,944
		Verano-Otoño	-	0,880
	LN 1999-00	Primavera-Invierno	-	-
		Verano-Otoño	-	0,553
<i>Semimytilus algosus</i>	Completo	Primavera-Invierno	0,805	0,371
		Verano-Otoño	0,461	0,146
	LN 1999-00	Primavera-Invierno	-	0,893
		Verano-Otoño	0,934	0,564

6.3 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS Y LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO

Con las series temporales completas se procedió a comparar las series abióticas con las series biológicas mediante comparaciones pareadas, en una rutina estadística denominada correlaciones de tipo lineal, tanto como parciales, para corroborar el efecto estacional dentro de estas comparaciones (Tabla 6).

Temperatura

Las densidades de *A. ater* y *S. algosus* no muestra relación significativa con la temperatura; caso contrario *B. granulata* presenta una significancia de 0,349 para la serie normalizada, 0,489 para la serie con filtro estacional, y 0,786 para la serie con filtro anual ($p < 0,01$; Fig. 14, 15 y 16 respectivamente), quienes se muestran igualmente respaldadas con sus correlaciones parciales.

Oxígeno disuelto

Las densidades de *S. algosus* y *B. granulata* muestra una relación significativa con este parámetro solo cuando se comparan las series con el filtro anual, para las cuales los valores son 0,259 y 0,392 respectivamente ($p < 0,01$), de igual manera las correlaciones parciales respaldan lo mostrado en las correlaciones lineales.

Salinidad

Las densidades de *S. algosus* y *B. granulata* tiene correlaciones significativas, en el caso de *S. algosus* esta la mantiene en cada tratamiento analizado siendo más fuerte conforme el filtro es mayor los valores mostrados son 0,368; 0,555 y 0,735 para la serie normalizada con filtro estacional y anual respectivamente; mientras *B. granulata* con los filtros estacional y anual 0,471 y 0,517 respectivamente, ambas especies $p < 0,01$ e igualmente respaldadas por sus correlaciones parciales.

Concentración de Clorófila a

Debido al corto periodo que se tiene registrado este parámetro las series solo contienen comparaciones a partir del año 2000, por lo que solo comprende parte de LN 1999-00, la correlación lineal es significativa con

A. ater y *S. algosus* en ambos casos con el filtro estacional siendo esta de 0,353 y -0,329 ($p < 0,01$; Fig. 17 y 18).

Durante el periodo El Niño 1997-98, sólo se pudo realizar comparaciones pareadas con los registros de temperatura y concentración de oxígeno disuelto debido a que la serie temporal de estos parámetros comprendía nuestro periodo analizado, además todas las correlaciones realizadas son negativas (tabla 7, Fig. 19 y 20).

Temperatura

Las correlaciones no fueron significativas con ninguna especie aunque tanto la lineal como la parcial fueron negativas ($p < 0,01$).

Oxígeno disuelto

Sólo *B. granulata* muestra una relación significativa y negativa cuando fueron analizadas mediante correlaciones lineal y parcial con valores de -0.542 y -0.557 respectivamente ($p < 0,01$).

TABLA 6. Correlaciones de Pearson entre los parámetros oceanográficos y la disponibilidad de alimento larval, con las densidades mensuales del asentamiento larval, para nuestros mitílidos en la estación fija “T2” (bahía Independencia), de enero de 1996 hasta julio del 2003.

<i>Especie</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Tipo de correlación</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Oxígeno disuelto (ml.Γ¹)</i>	<i>Salinidad (ups)</i>	<i>Clorófila a (µg.Γ¹)</i>
<i>Aulacomya ater</i>	Normalización	Lineal	ns	ns	ns	ns
		Parcial	ns	ns	ns	ns
	Filtro estacional	Lineal	ns	ns	ns	* 0,353
		Parcial	ns	ns	ns	ns
	Filtro anual	Lineal	ns	ns	ns	-
		Parcial	ns	ns	ns	-
<i>Semimytilus algosus</i>	Normalización	Lineal	ns	ns	* 0,368	ns
		Parcial	ns	ns	* 0,332	ns
	Filtro estacional	Lineal	ns	ns	* 0,555	*-0,329
		Parcial	ns	ns	* 0,526	ns
	Filtro anual	Lineal	* 0,238	* 0,259	* 0,735	-
		Parcial	* 0,240	* 0,255	* 0,745	-
<i>Brachidontes granulata</i>	Normalización	Lineal	* 0,349	ns	ns	ns
		Parcial	* 0,349	ns	ns	ns
	Filtro estacional	Lineal	* 0,489	ns	* 0,471	ns
		Parcial	* 0,490	ns	* 0,467	ns
	Filtro anual	Lineal	* 0,786	* 0,392	* 0,517	-
		Parcial	* 0,787	* 0,391	* 0,536	-

* : significancia $p < 0,01$
 ns : no significativo

TABLA 8. Correlaciones de Pearson entre los parámetros oceanográficos y la disponibilidad de alimento larval, con las densidades mensuales del asentamiento larval, para nuestros mitílidos en la estación fija "T2", bahía Independencia, Pisco-Perú, durante El Niño 1997-98.

<i>Especie</i>	<i>Tipo de correlación</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Oxígeno disuelto (ml.l⁻¹)</i>
<i>Aulacomya ater</i>	Lineal	ns	ns
	Parcial	ns	ns
<i>Semimytilus algosus</i>	Lineal	ns	ns
	Parcial	ns	ns
<i>Brachidontes granulata</i>	Lineal	ns	*-0,542
	Parcial	ns	*-0,557

* : significancia $p < 0,01$

ns : no significativo

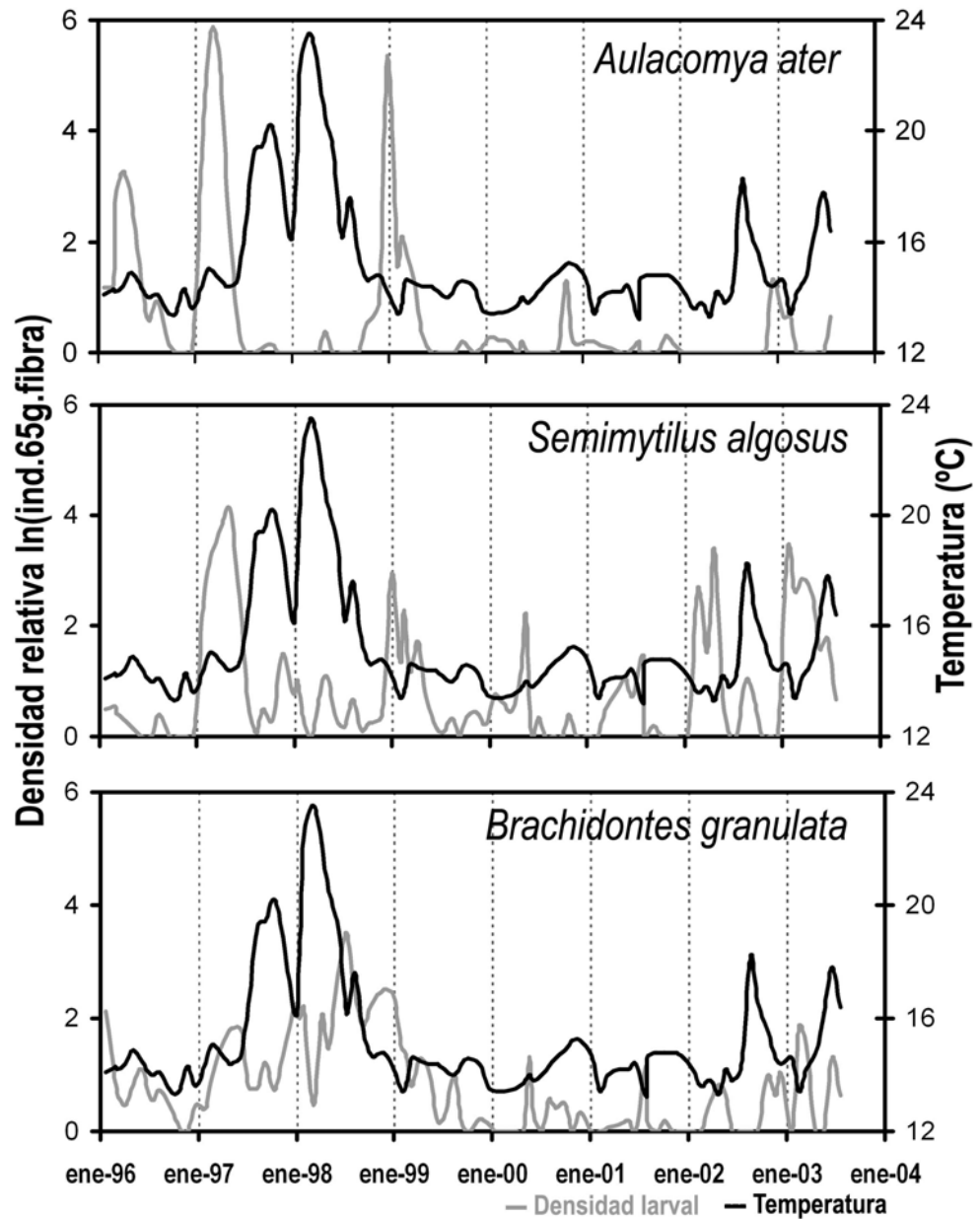


FIGURA 14. Variabilidad de la temperatura (°C) cercana al fondo y la densidad larval mensual ln(ind.65g.fibra), bahía Independencia, Pisco Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003. Cada serie empleada se encuentra normalizada.

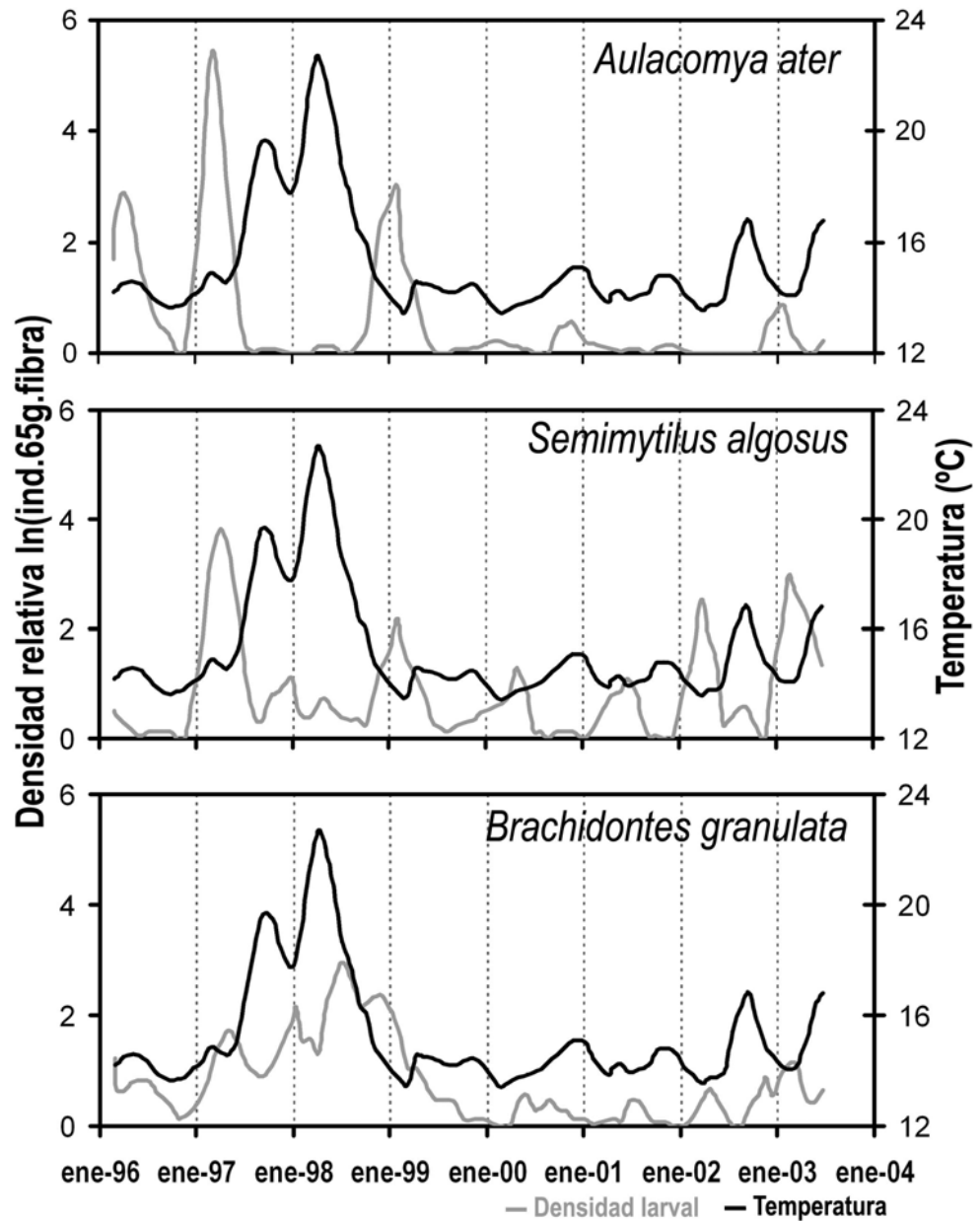


FIGURA 15. Variabilidad de la densidad larval mensual $\ln(\text{ind.65g.fibra})$ y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) cercana al fondo, bahía Independencia, Pisco Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003. Cada serie empleada tiene un filtro estacional.

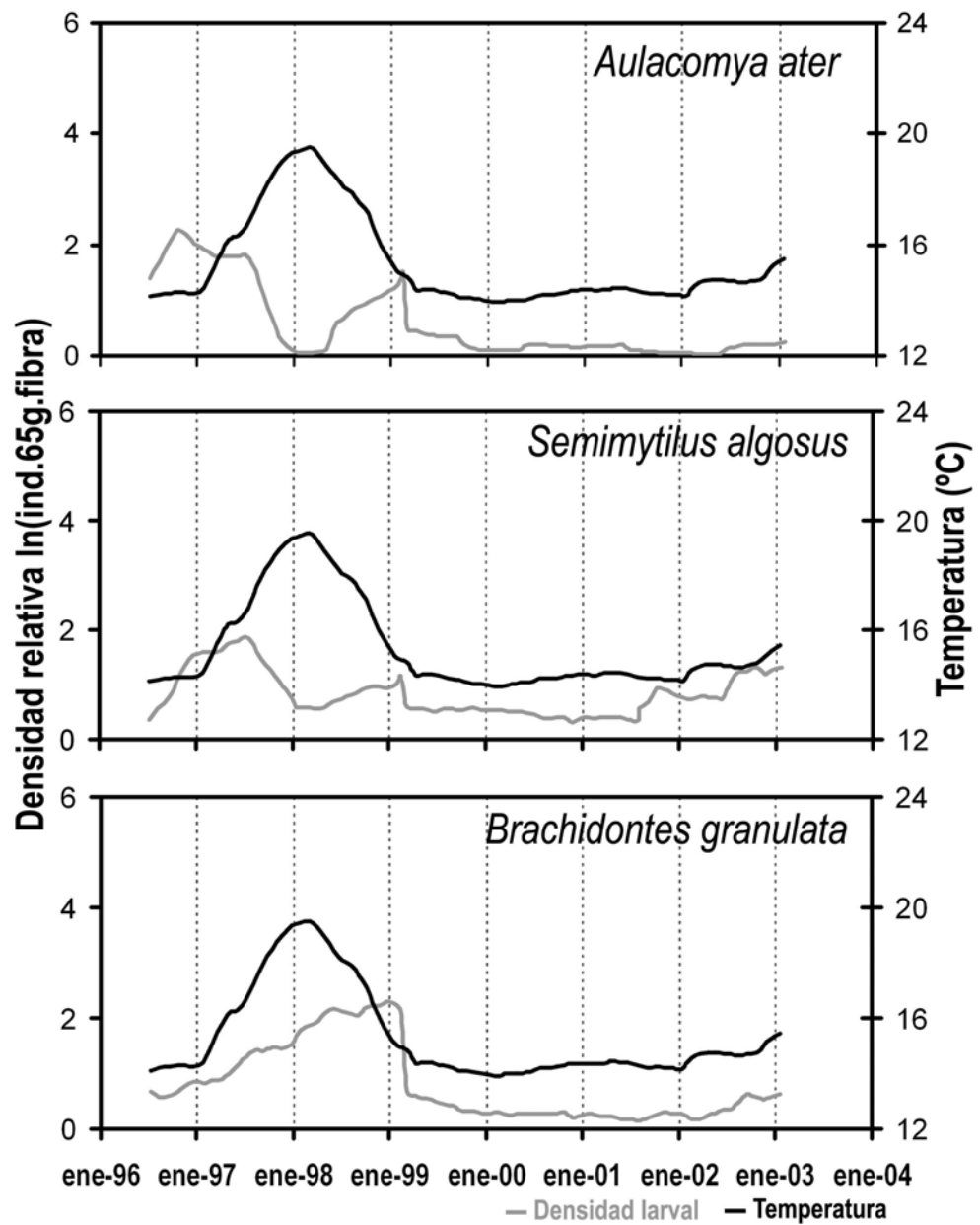


FIGURA 16. Variabilidad de la densidad larval mensual $\ln(\text{ind.65g.fibra})$ y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) cercana al fondo, bahía Independencia, Pisco Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003. Cada serie empleada tiene un filtro anual.

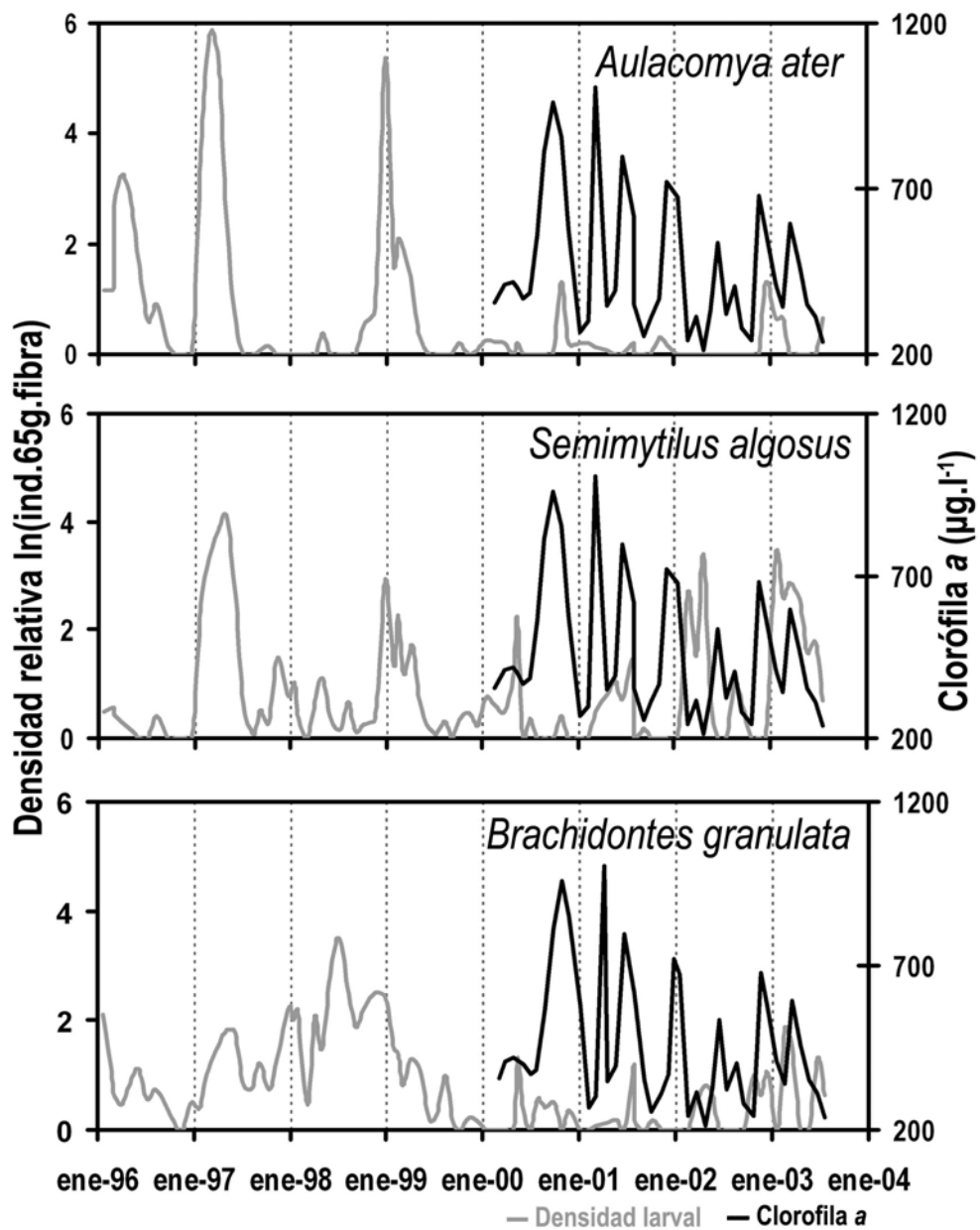


FIGURA 17. Variabilidad de la densidad larval mensual $\ln(\text{ind.65g.fibra})$ y la concentración de Clorófila a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), bahía Independencia, Pisco Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003. Cada serie se encuentra normalizada.

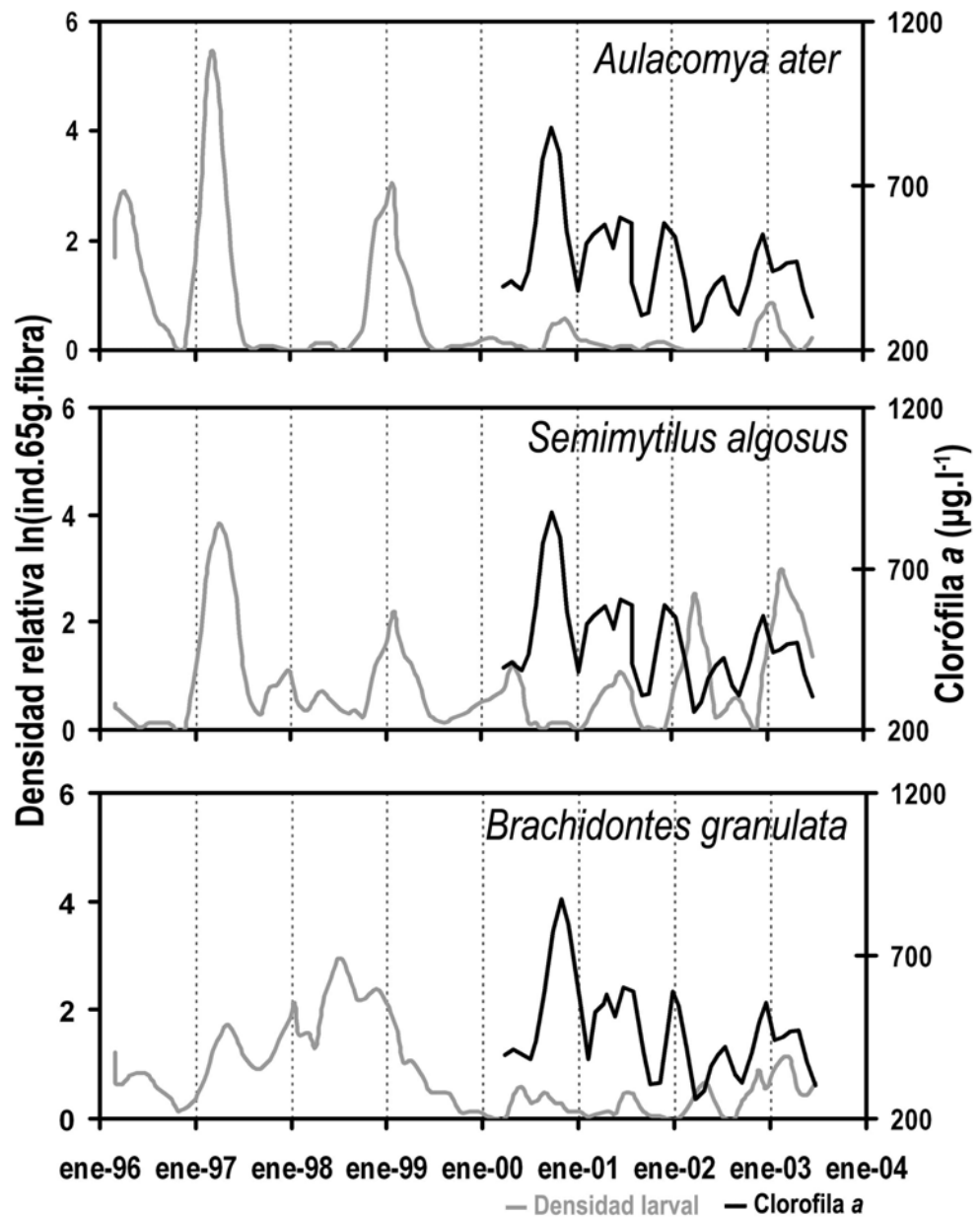


FIGURA 18. Variabilidad de la densidad larval mensual $\ln(\text{ind.65g.fibra})$ y la concentración de Clorofila a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), bahía Independencia, Pisco Perú, de enero de 1996 hasta julio del 2003. Cada serie empleada tiene un filtro estacional.

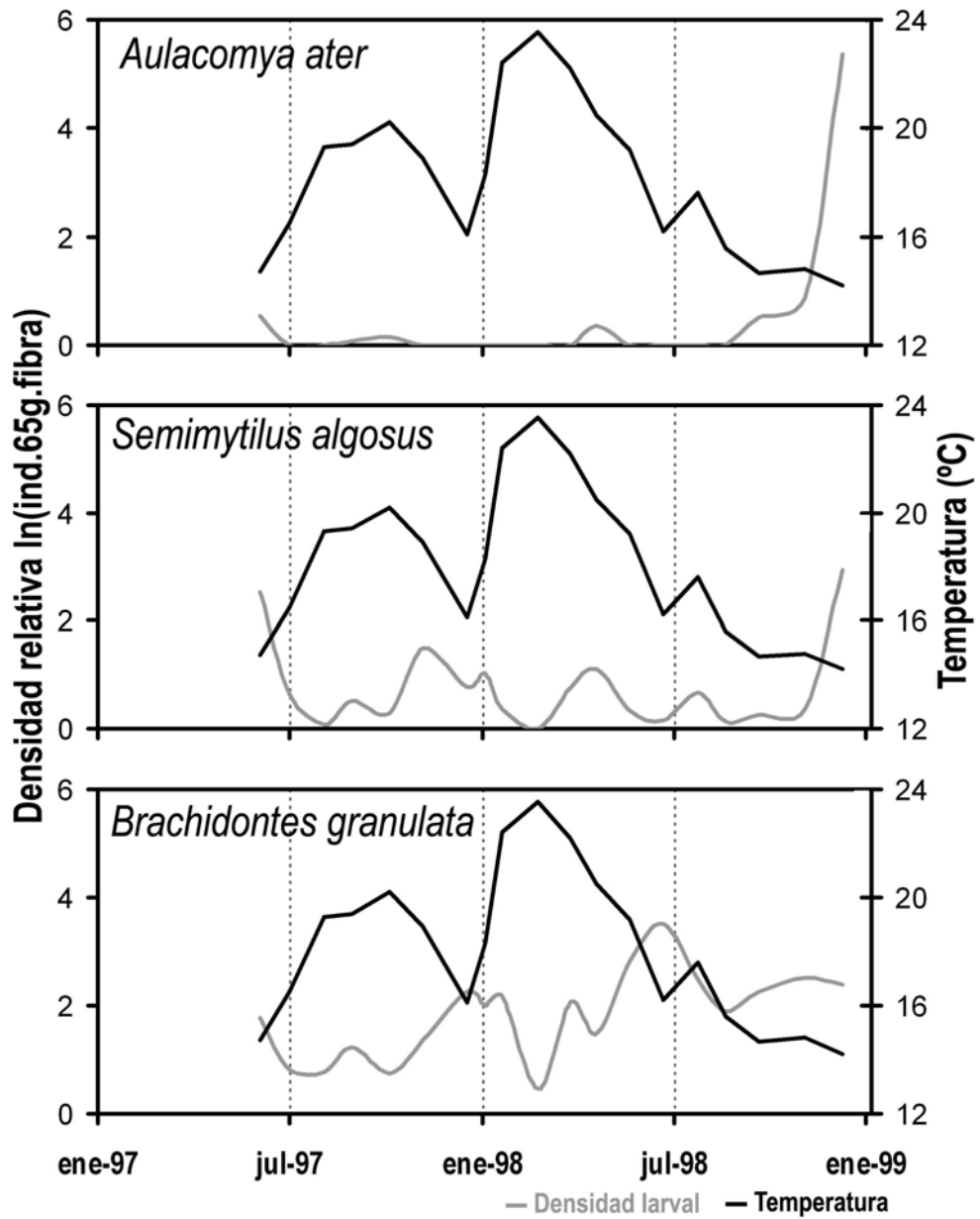


FIGURA 19. Variabilidad de la densidad larval mensual $\ln(\text{ind.65g.fibra})$ y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) cercana al fondo, bahía Independencia, Pisco Perú, durante EN y Post EN1997-98. Cada serie empleada se encuentra normalizada.

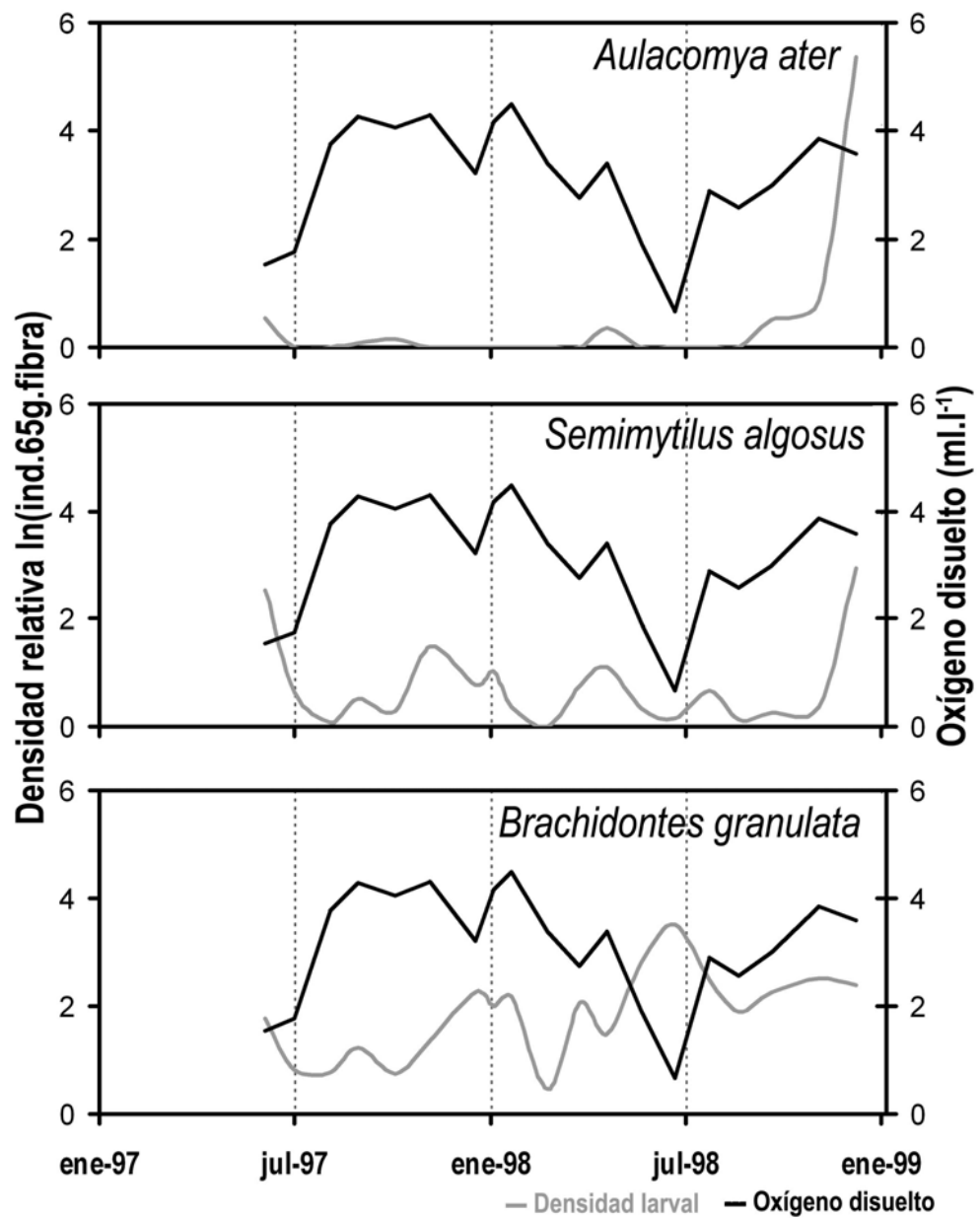


FIGURA 20. Variabilidad de la densidad larval mensual ln(ind.65g.fibra) y la concentración de oxígeno disuelto (ml.l⁻¹), bahía Independencia, Pisco Perú, durante EN y Post EN1997-98. Cada serie empleada se encuentra normalizada.

7. DISCUSIÓN

El sistema de surgencias costero peruano, debe gran parte de su variabilidad oceanográfica al ciclo del ENOS (El Niño Oscilación Sur), el cual altera los parámetros oceanográficos y atmosféricos, induciendo cambios en el comportamiento biológico del bentos marino (Gill, 1983; Gill and Bigg, 1986; Barber and Chavez, 1985; 1986; Glynn, 1988), alternando en este ciclo, periodos de dominancia cálida llamado El Niño (EN) y de dominancia fría llamado La Niña (LN), la ocurrencia de estos periodos EN y LN ocasionan alteraciones que incrementan la variabilidad oceanográfica local, principalmente reflejada en el incremento de los valores de la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto de fondo (Arntz, 1991; Barber and Chávez, 1986; Arntz y Tarazona, 1988; 1990; Tarazona *et al.*, 1996; 2001; Peña *et al.*, 2005), así mismo esta variabilidad induce respuestas biológicas en base al alto grado de estrés y la sensibilidad de los organismos, muchas veces dependiente de su estado de desarrollo, que pueden variar entre comunidades, en escalas tanto espaciales como temporales (Arntz and Valdivia, 1985; Arntz *et al.*, 1988; Arntz y Tarazona, 1990; Valle *et al.*, 2002; Tarazona *et al.*, 1988; 1999; 2001). Sin embargo el comportamiento del macrobentos forma parte de un conjunto de procesos ecológicos consecuentes de la interacción de procesos homeostáticos (Underwood, 1989, Tarazona *et al.*, 2001), el macrobentos tiene su origen en los subsistemas pelágico y bentónico, que se encuentran íntimamente relacionados, e influenciados por sus particulares ritmos de desarrollo, cuando las larvas de ambos forman parte del plancton (Strathmann, 1985; Pineda, 2000; Tarazona *et al.*, 2001).

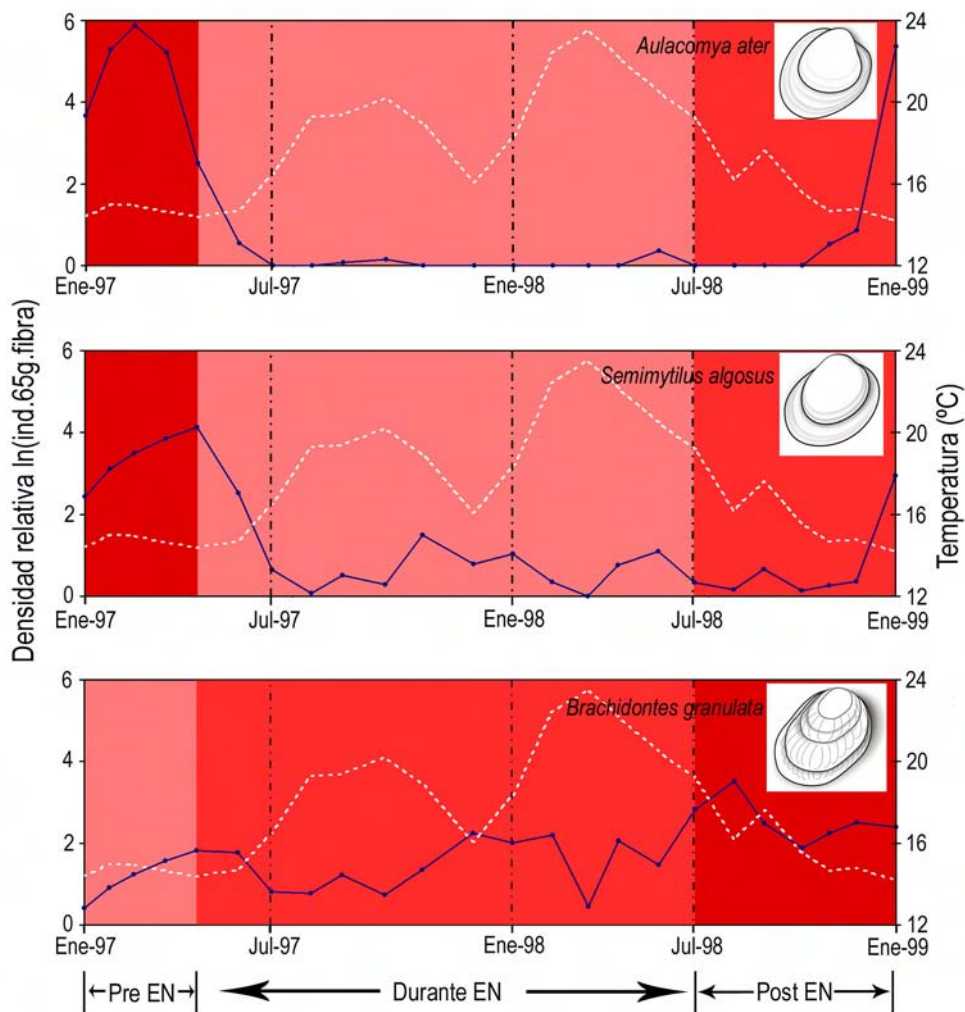
Encontramos que el asentamiento larval en los mitílicos es un proceso contínuo sostenido en el tiempo, que sin embargo presenta dos pulsos anuales principales (Strathmann, 1985; Navarrete *et al.*, 2002), situación que puede variar según la latitud y la especie estudiada. El asentamiento de *Aulacomya ater* y *Semimytilus algosus* fue contínuo como se describió anteriormente, sin embargo se intensificó durante el verano y otoño mostrándose esta intensidad como una señal semestral, antes que estacional debido a la cercanía de los

pulsos de asentamiento, mientras que el asentamiento de *Brachidontes granulata* mantuvo pulsos de asentamiento de intensidad variable en todo el estudio, carentes de una particular estacionalidad.

Según las respuestas biológicas nuestra investigación, se divide en dos momentos o períodos importantes, aquel que involucra anomalías cálidas al cual llamaremos periodo EN 1997-98 que en su desarrollo implica las etapas pre EN, durante EN y post EN, y el período sin evento EN constituido por los considerados años normales y los de anomalías frías como LN 1999-00. EN 1997-98 tuvo un impacto positivo en el asentamiento larval de los mitílidos, superando solo en el período EN la mitad de las densidades obtenidas durante la investigación que representaron para *A. ater* el 91%, *S. algosus* el 55% y *B. granulata* el 72% sin embargo según la etapa desarrollada y dependiendo de la especie el impacto también fue negativo.

En la etapa previa del periodo EN el asentamiento promedio de los mitílidos fue altamente significativo representando para *A. ater* y *S. algosus* en 2931% y 14028% del promedio alcanzado durante el año 1996 de manera respectiva, comportamiento que en un escenario oceanográfico de similares características *A. ater* había presentado durante los años 1991 y 1992 en bancos naturales de la costa de Chile, según lo indica el índice gonadosomático (Jaramillo *et al.*, 1995), en el caso de *B. granulata* el asentamiento también se incrementó en 95% prácticamente duplicando lo alcanzado el año anterior. Durante EN 1997-98 el asentamiento larval de *A. ater* y *S. algosus* disminuyó significativamente representando menos del 0.06% y 5.01% respectivamente, de lo que alcanzaron en la etapa pre EN, respuesta biológica común en el asentamiento larval de algunos invertebrados marinos presentes en la costa central y norte de California (Connolly and Roughgarden, 1998), mientras que *B. granulata* incrementó su asentamiento en 154,21% comparado con la etapa pre EN, como apreciamos en esta etapa los mitílidos tuvieron respuestas no solo opuestas sino también extremas en intensidad, sin duda las perturbaciones oceanográficas desarrolladas durante EN 1997-98 provocaron un escenario extremo causante de un impacto severo sobre todo en los organismos pequeños y juveniles por su alto grado de sensibilidad. Sin embargo, es extraño el comportamiento de *S. algosus* y *B. granulata* en la costa central chilena en el mismo período, donde no se analizó la provisión

larval de la zona pero si el reclutamiento quien no resultó alterado durante el período EN 1997-98 (Navarrete *et. al.*, 2002), pese a estar bajo un similar escenario oceanográfico y en el mismo período, es muy probable que la latitud y la geografía hayan influenciado en el comportamiento. En el post EN 1997-98 la recuperación de los mitílidos fue inmediata sin excepción, lo que se traduce como un impacto positivo que incrementó las densidades de asentamiento promedio durante el verano de 1998, para *A. ater*, *S. algosus* y *B. granulata* en 1614%, 230% y 135% respectivamente, alcanzando en promedio la densidad de *A. ater* los 42,85ind.65g.fibra, como lo corroboran reportes temporales y espaciales dentro de la misma bahía basados en el índice gonado-somático realizado durante la primavera de 1997 y 1998 (Gamarra y Cornejo, 2002), mientras que *S. algosus* alcanzó los 3,95ind.65g.fibra y *B. granulata* los 9,25ind.65g.fibra.



Representación del impacto del asentamiento larval de mitílidos en bahía Independencia, en cada etapa de El Niño 1997-98 (■ asentamiento muy intenso, ■ asentamiento intenso, ■ asentamiento bajo).

Las condiciones de anomalías frías con la consecuente llegada del evento LN 1999-00 también tuvieron impacto negativo sobre el asentamiento de las poblaciones de mitílidos, reduciendo las densidades promedio de todos los mitílidos a cifras inferiores a los 2,0 ind.65g.fibra, se esperaba que la variabilidad de este período permitiera colaborar dentro de la dinámica del ecosistema en la recuperación poblacional de los mitílidos, pero *A. ater* y *B. granulata* no mostraron recuperación durante ni después de LN 1999-00, dentro de la bahía, según investigaciones realizadas en *A. ater* sobre la velocidad de desarrollo de la población (Soenens, 1985; Tarazona *et al.*, 1988; Valle, 2002), aunque una pequeña cohorte significativa apareció después de EN 1997-98 cuando transcurría el primer semestre al terminar el verano de 1999 (Terry y Mendo, 2002), muchos investigadores han considerado que la población de *A. ater* aún no se ha recuperado, siendo una posible causa la extracción intensiva por parte de los pescadores (Valle *et al.*, 2002), que limita el desove continuo obstruyendo su ciclo de vida, aunque es una alteración importante la consecuente disminución en la productividad primaria (Guillen y Calienes, 1980; Barber and Chavez, 1983; Tarazona *et al.*, 1985) que propiciaron cambios en la composición del ecosistema por la inmigración y emigración de especies (Tarazona *et al.*, 1985), por su parte la recuperación de *S. algosus* fue rápida como se reflejaron las poblaciones adultas que rápidamente recolonizaron su hábitat casi al finalizar EN 1997-98, debido a un exitoso reclutamiento, cuando las bajas temperaturas se hacían notar. Realmente no podemos esperar que el comportamiento registrado durante EN 1982-83 se vea reflejado durante EN 1997-98, ó que se extrapolen las mismas tendencias a los próximos eventos EN, porque son momentos diferentes, escenarios distintos, y como ya ha sido citado para las comunidades bentónicas las respuesta varían de un evento a otro, en el desarrollo del mismo, en latitudes diferentes, con posibles causas atribuibles a la intensidad, época de inicio y duración de cada evento (Arntz y Tarazona, 1988; Tarazona *et al.*, 2001; Valle *et al.*, 2002).

El escenario oceanográfico del estudio tuvo dos eventos principales EN 1997-98 y LN 1999-00 alternantes entre si (Ramos *et. al.* 1999, Tarazona *et al.*, 1999, Terry y Mendo, 2002; Navarrete *et al.*, 2002; Valle *et al.*, 2002), pero también registramos parte de La Niña 1995-96 (Valle *et al.*, 2002) caracterizado

porque su máxima temperatura apenas supero los 15°C, y un ligero calentamiento durante los años 2002-03 por encima de los 18°C que en un principio se consideró como un evento EN débil o moderado (Ramos *et al.*, 2003), la determinación de la variabilidad oceanográfica sobre los organismos del macrobentos ha sido ampliamente estudiada y documentada, entre ellas, la temperatura es determinante sobre el comportamiento biológico (Berg *et al.*, 1987; Gaines and Bertness, 1992; Guijarro *et al.*, 2003) y la velocidad de desarrollo (Strathmann, 1985, 1993; Ponurovskii and Kolotukhina, 2000), debido a que la alta variabilidad de la temperatura determina cambios en las condiciones físicas del hábitat, las especies más sensibles son quienes se muestran afectadas como demostró ser *B. granulata* al tener una correlación directa y positiva que para otras especies dentro de la familia de los mitílidos en otras latitudes, esta sensibilidad se relaciona directamente con la tasa de supervivencia en las diferentes etapas de desarrollo (Chanley, 1970; Luckenbach, 1984; Gaines and Bertness, 1992; Harvey *et al.*, 1995; Jaramillo and Navarro, 1995), no menos importante resulta ser la concentración de oxígeno disuelto en las etapas de desarrollo de muchas especies de post larvas para los organismos del macrobentos y peces del subsistema pelágico (Page and Hubbard, 1987; Rodríguez *et al.*, 1993; Snelgrove, 1998), aplicando filtros anuales encontramos con *S. algosus* y *B. granulata* una relación positiva y significativa aunque sutil comparada a la encontrada con la temperatura. Otro parámetro oceanográfico considerado determinante durante las primeras etapas de desarrollo y la distribución vertical en mitílidos es la salinidad en el mar (Yamashiro *et al.*, 2002; Shurova, 2001; Yaroslavtseva *et al.*, 2002; Yaroslavtseva and Sergeeva, 2003), con quien tanto *S. algosus* como *B. granulata* se encontraron relacionados de manera directa en tratamientos interanuales, siendo más fuerte la relación con *S. algosus* pero difícil de explicar considerando la sensibilidad de larvas y la exposición a contaminación en la que se encuentran los colectores de larvas ubicados cercanos a la línea costera de la isla, en poblaciones adultas la contaminación con agua dulce parece no marcar afectar a los organismos hacinados en las orillas rocosas.

La productividad primaria medida como concentración de clorófila *a* de importancia para los organismos filtradores como nuestros mitílidos, ha sido demostrada con la frecuencia de desoves bajo condiciones controladas en

A. ater (Griffiths, 1977; Griffiths and King, 1979b), a pesar que nuestra serie temporal solo cubre del año 2000 en adelante, demostró tener relación directa con *A. ater* y *S. algosus* después de LN 1999-00, una pequeña cohorte de *A. ater* apareció finalizando el verano de 1999 y su posible explicación tiene dos interpretaciones, por un lado la sincronización entre los desoves y el asentamiento larval correspondería a incrementos en la disponibilidad de alimento (Griffiths and King, 1979a; Griffiths and King, 1979b; Stuart, 1982), mientras que por otro lado la sincronización entre los desoves y disponibilidad de alimento pero, para la recuperación energética de los progenitores como consecuencia de sucesivos desoves (Strathmann, 1985; Jaramillo and Navarro, 1995).

En esta parte del continente las contribuciones científicas para estudios de estas características son modestas, por lo general se concentran en el grado de sensibilidad poblacional frente a la variabilidad oceanográfica (Soenens, 1985; Tarazona *et al.*, 1985; 1988; 1999; Valle, 2002; Navarrete *et al.*, 2002), otros estudian la ecología trófica y escasamente su papel en el ecosistema (Tarazona *et al.*, 1985; 1988; Lasta *et al.*, 2002; Navarrete *et al.*, 2002), en nuestro país la escasa información no ha sido publicada sino que permanece como informes internos de trabajo, dificultando la recopilación de datos al estudiar el comportamiento temporal del macrobentos.

8. CONCLUSIONES

1. Durante los años sin evento EN el asentamiento larval de *Aulacomya ater* y *Semimytilus algosus* se caracterizó por una clara estacionalidad, a diferencia de *Brachidontes granulata* que no evidenció estacionalidad, no obstante compartir el hábitat submareal.
2. En el periodo EN 1997-98 se desencadenaron dos tipos de respuestas extremas en el asentamiento larval de *Aulacomya ater* y *Semimytilus algosus*, impacto positivo en el pre EN y post EN mientras que impacto negativo durante EN, asociado principalmente a las perturbaciones oceanográficas.
3. En el periodo EN 1997-98 el asentamiento larval de *Brachidontes granulata* evidenció un impacto positivo, siendo de mayor intensidad en el post EN 1997-98, comportamiento asociado a la variabilidad de la temperatura.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. y Mendo, J. (2002). Análisis de la comunidad asociada a bolsas colectoras de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la Bahía Independencia. En: Jaime Mendo y Matthias Wolf (eds.). Memorias: I Jornada Científica. Bases Ecológicas y Socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 33-36.
- Alexander, S. and Roughgarden, J. (1996). Larval transport and population dynamics of intertidal barnacles: a coupled benthic/oceanic model. *Ecological Monographs* 66(3): 259-275.
- Arntz, W. and Valdivia, J. (1985). Visión integral del problema “El Niño”: Ed. by W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona, “El Niño y su impacto en la fauna marina”. *Boletín Instituto del Mar del Perú. Vol. Extraor.:* 5-10.
- Arntz, W.; Valdivia, E. and Zeballos, J. (1988). Impact of El Niño 1982-83 on the commercially exploited invertebrates (mariscos) of the Peruvian shore. *Meeresforsch* 32: 3-22.
- Arntz, W. y Tarazona, J. (1988). Una retrospectiva a El Niño 1982-83: ¿Qué hemos aprendido?. En: H. Salzwedel y A. Landa (eds). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. Extraor.:*353-364.
- Arntz, W. y Tarazona, J. (1990). Effects of the El Niño 1982-83 on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. En: P.W. Glynn (eds.). *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation. Elsevier Oceanography Series* 52: 323-360.
- Arntz, W.; Tarazona, J.; Gallardo, V.A. et al. (1991). Benthos communities in oxygen deficient shelf and upper slope areas of the Peruvian and Chilean Pacific coast, and changes caused by El Niño. En: Tyson, R.V. and Pearson, T.H. (eds). Modern and ancient continental shelf anoxia. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 58:131-154.

- Barber, R. and Chávez F. (1983). Biological consequences of “El Niño”. *Science* 222: 1203-1210.
- Barber, R. and Chávez F. (1985). La productividad de las aguas frente a la costa del Perú. *CPSS, Boletín ERFEN (Estudio Regional del Fenómeno El Niño)*. N° 15: 9-13.
- Barber, R. and Chávez, F. (1986). Ocean variability in relation to living resources during the 1982-1983 El Niño. *Nature* 319: 279-285.
- Benites, F. (1981). Bioecología del “choro” *Aulacomya ater* Molina 1782. (Bivalvia, Mytilidae) en la zona de Huacho. *Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Trujillo, Perú*.
- Berg, C.; Butman, B.; Early, J. and Turner, R. (1987). Seasonal recruitment of marine invertebrates to hard substrates on Georges Bank and the eastern continental shelf of the United States. *The Nautilus* 101(1): 19-24.
- Calabrese, A. and Davis H. (1970). Tolerance and requirements of embryos and larvae of bivalves molluscs. *Helgolander wiss. Meeresunters* 20: 553-564.
- Caley, M; Carr, M; Hixon, M; Hughes, T.; Jones, G.; and Mengue, B. (1996). Recruitment and the local dynamics of open marine population. *Annual Review of Ecology and Systematic* 27: 477-500.
- Carpenter, J. (1965). The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. *American Society of Limnology and Oceanography* 10: 141-143.
- Caswell, H. (1976). Community structure: a neutral model analysis. *Ecological Monographs, Vol. 46 (3)*: 327-354.
- Chanley, P. (1966). Larval development in the class bivalvia. *Virginia Institute of Marine Science* 258:475-481.
- Chanley, P. (1970). Larval development of the hooked mussel *Brachidontes recurvus* rafinesque (bivalvia:Mytilidae) including a literature review of larval characteristics of the mytilidae. *Proceedings of the National Shellfisheries Association* 60:86-94.

- Connell, J. (1972). Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Annual Review of Ecology and Systematic* 169-192.
- Connolly, P. and Roughgarden, J., 1998. A latitudinal gradient in northeast Pacific intertidal community structure: Evidence for an oceanographically based synthesis of marine community theory. *Am. Nat.* 151: 311-326.
- Dayton, P. (1971). Competition, disturbance and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rock intertidal community. *Ecological monography* 41: 351-389.
- Dayton, P. (1995). Scaling, disturbance, and dynamics: stability of benthic marine communities. *The Science of Conservation in the Coastal zone, IVth World Congress on National Parks and Protected Areas, Caracas, Venezuela pp: 19-22.*
- Gaines, S. and Roughgarden, J. (1985). Larval settlement rate: a leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proceedings of the National Academy of Science* 82: 3707-3711.
- Gaines, S. and Bertness, M. (1992). Dispersal of juveniles and variable recruitment in sessile marine species. *Nature* 360: 579-580.
- Gamarra, A. y Cornejo, O. (2002). Study of the mussel *Aulacomya ater*, Molina, 1782 (Bivalvia:Mytilidae), near Santa Rosa Island, Independence bay, Perú, during the El Niño phenomenon 1997-98. *Symposium Valparaiso Vol. 30, N°1.*
- Gill, A. (1983). An estimation of Sea level and surface current anomalies during the 1972 El Niño and consequent thermal effects. *Journal of Physical Oceanography* 13: 586-606.
- Gill, A. and Bigg, G. (1986). The annual cycle of sea level in the eastern Tropical Pacific. *American Meteorological Society* 1055-1061.
- Glynn, P. (1988). El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: Nearshore population, community and ecosystem responses. *Annual Review of Ecology and Systematic* 19: 309-345.
- Griffiths, R. (1977). Reproductive cycles in littoral populations of *Choromitylus meridionalis* (Kr.) and *Aulacomya ater* (Molina) with a

quantitative assessment of gamete production in the former. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 30: 53-71.

- Griffiths, C. and King, J. (1979.a). Some relationships between size, food availability and energy in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Marine Biology* 51: 141-149.
- Griffiths, C. and King, J. (1979.b). Energy expended on growth and gonad output in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. *Marine Biology* 53: 217-222.
- Guijarro, E.; Thorarinsdottir, G. and Ragnarsson, S. (2003). Settlement of bivalve spat on artificial collectors in Eyjafjordur, North Iceland. *Hydrobiology* 503: 131-141.
- Guillen, O.; y Calienes, R. (1980). Biological productivity and "El Niño". *Resource Management and Enviromental Uncertainly; edited by M.H. Glantz John Wiley and Sons, Inc.: 255-282.*
- Harvey, M.; Bourget, E. and Miron G. (1993). Settlement of Iceland scallop spat (*Chlamys islandica*) in response to hydroids and filamentous red algae: Field observations and laboratory experiments. *Marine Ecology Progress Series Progress Series* 99: 283-292.
- Harvey, M.; Bourget, E. and Grant, R. (1995). Experimental evidence of passive accumulation of marine bivalve larvae on filamentous epibenthic structures. *American Society of Limnology and Oceanography* 40(1): 94-104.
- Highsmith, R. (1985). Floating and algal rafting as potential dispersal mechanics in brooding invertebrates. *Marine Ecology Progress Series Progress Series* 25: 169-179.
- Jaramillo, R. and Navarro, J. (1995). Reproductive cycle of the Chilean ribbed mussel *Aulacomya ater* (Molina, 1782). *Journal of Shellfish Research* 14 (1): 165-171.
- Johnston, E. and Keough M. (2000). Field assessment of effects of timing and frequency of copper pulses on settlement of sessile marine invertebrates. *Marine Biology* 137: 1017-1029.

- Johnson, M; Allcock, A.; Pye, S.; Chambers, S. and Fitton D. (2001). The effects of dispersal mode on the spatial distribution patterns of intertidal molluscs. *Journal of Animal Ecology* 70: 641-649.
- Keough, M. (1998). Response of settling invertebrates larvae to the presence of established recruits. *J. exp mar Biol. Ecol.* 231: 1-19.
- Knowlton, N. (2004). Multiple “stable” states and the conservation of marine ecosystems. *Progress in Oceanography* 60: 387-396.
- Lasta, M.; Ciocco, N.; Bremec, C. y Roux, A. (1998). Moluscos bivalves y gasterópodos. *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros* 2: 115-142.
- Le Tourneux, F. and Bourget, E. (1988). Importance of physical and biological settlement cues used at different spatial scales by the larvae of *Semibalanus balanoides*. *Marine Biology* 97: 57-66.
- López, S.; Turon, X.; Montero, E.; Palacín, C.; Duarte, C.; y Tarjuelo I. (1998). Larval abundance, reecruitment and early mortality in *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). Interannual variability and plankton-benthos coupling. *Marine Ecology Progress Series* 172: 239-251.
- Luckenbach, M. (1984). Settlement and early post-settlement survival in the recruitment of *Mulinia lateralis* (Bivalvia). *Marine Ecology Progress Series* 17: 245-250.
- Navarrete, S.; Broitman, B.; Wieters E.; Finke, G.; Venegas, R. and Sotomayor, A. (2002). Recruitment of intertidal invertebrates in the southeast Pacific: Interannual variability and the 1997-1998 El Niño. *American Society of Limnology and Oceanography* 47(3): 791-802.
- Page, H. and Hubbard D. (1987). Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on an offshore platform: relationships to water temperature and food availability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 111: 159-179.
- Paredes, C. (1974). El modelo de zonación en la orilla rocosa del departamento de Lima. *Rev. Per. Biología* 1(2): 168-191.

- Paredes, C. y Tarazona, J. (1980). Las comunidades de mitílidos del mediolitoral rocoso del Departamento de Lima. *Revista Peruana de Biología* 2(1): 59-71.
- Paredes, C.; Tarazona, J.; Canahuire, E.; Romero, L. y Cornejo, O. (1988). Invertebrados Macro-Bentónicos del Área de Pisco, Perú. *Inst. Mar Perú-Callao, Boletín Volumen Extraor.:* 121-132.
- Peckel, P. and Searles, R. (1983). Effects of seasonality and disturbance on population development in a Carolina continental shelf community. *Bulletin of Marine Science* 33: 67-86.
- Peña, T.; Johst, K.; Grimm, V., Arntz, W. and Tarazona, J. (2005). Population dynamics of a polychaete during three El Niño events: Disentangling biotic and abiotic factors. *OIKOS* 111: 253-258.
- Pineda, J.; and Caswell, H. (1997). Dependence of settlement rate on suitable substrate area. *Marine Biology* 129: 541-548.
- Pineda, J. (2000). Linking larval settlement to larval transport: assumptions, potentials, and pitfalls. *Oceanography of the Eastern Pacific* (1):84-105.
- Ponurovskii, S and Kolotukhina, N. (2000). Density Dynamics and Size Composition of Bivalve Mollusk Larvae of the Genus *Mya* in Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Russian Journal of Marine* 26(6): 406-411.
- Ramorino, L. y Campos, B. (1983). Larvas y post larvas de mytilidae de Chile (Mollusca:Bivalvia). *Revista Biología Marina, Chile*, 19(2): 143-192.
- Ramos, E.; Indacochea, A. y Tarazona, J. (1999). Impacto de “El Niño 1997-98” sobre el asentamiento larval de algunos invertebrados marinos bentónicos de bahía Independencia, Pisco-Perú. *Revista Peruana de Biología. Vol. Extraor.:* 60-68.
- Ramos, E.; Belapatiño, A. y Tarazona, J. (2003). Cambios en el asentamiento larval de invertebrados bentónicos durante eventos El Niño de diferente intensidad. *XII Reunión Científica del ICBAR 23-25 de abril, Libro de resúmenes, pág. 153.*

- Reed, D.; Raimondi, P. Carr, M. and Goldwasser, LL. (2000). The role of dispersal and disturbance in determining spatial heterogeneity in sedentary organisms. *Ecology* 81(7): 2011-2026.
- Reyes, A. y Moreno, C. (1990). Asentamiento y crecimiento de los primeros estadios bentónicos de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Muricidae) en el intermareal rocoso de Mehuín, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 157-163.
- Rodríguez, S.; Ojeda F. and Inestrosa N. (1993). Settlement of benthic marine invertebrates. *Marine Ecology Progress Series Progress Series* 97: 193-207.
- Romero, L. (2001). Densidad de *Stichaster striatus* en la orilla rocosa de Ancón durante El Niño 1997-98. En: J. Tarazona, W.E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (eds.). El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales. *Consejo de Ciencia y Tecnología, Lima*, 147-151.
- Scheltema, R. (1986). Long-distance dispersal by planktonic larvae of shallow-water benthic invertebrates among central pacific islands. *Bulletin of Marine Science*, 39(2): 241-256.
- Shurova, N. (2001). Influence of salinity on the structure and the state of bivalve *Mytilus galloprovincialis* populations. *Russian Journal of Marine Biology* 27: 151-155.
- Sirabella, P.; Giuliani, A.; Colosimo, A. y Dippner, J. (2001). Breaking down the climate effects on cod recruitment by principal component analysis and canonical correlation. *Marine Ecology Progress Series Progress Series* 216: 213-222.
- Smith, F. and Witman, J. (1999). Species diversity in subtidal landscapes: maintenance by physical processes and larval recruitment. *Ecology* 80(1): 51-69.
- Snelgrove, P. (1998). The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodiversity and Conservation* 7: 1123-1132.
- Soenens, P. (1985). Estudios preliminares sobre el efecto del fenómeno "El Niño" 1982-83 en comunidades de *Aulacomya ater*. En: Arntz, W., Landa, A.

- y J. Tarazona (eds.). El Fenómeno “El Niño” y su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao (Número Especial)*: 51-53.
- Strathmann, R. (1985). Feeding and nonfeeding larval development and life-history evolution in marine invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 339-361.
 - Strathmann, R. (1993). Hypotheses on the origins of marine larvae. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 89-117.
 - Stuart, V. (1982). Absorbed ration, respiratory costs and resultant scope for growth in the mussel *Aulacomya ater* (Molina) fed on a diet of kelp detritus of different ages. *Marine Biology Letters* 3: 289-306.
 - Tarazona, J.; Hoyos, L.; Anchieta, H.; Blaskovich, V.; Gonzales, I.; Lazo, F. y Pantigoso, C. (1982). Estrategias y relaciones tróficas entre los peces demersales de la Bahía de Ancón: Otoño-invierno, 1981. *VII Congreso Nacional de Biología, Lima-Perú. Bitácora Biológica* 1: 70(Resumen).
 - Tarazona, J.; Paredes, C.; Romero, L.; Blaskovich, V.; Guzman, S. y Sánchez, S. (1985). Características de la vida planctónica y colonización de los organismos epilíticos durante el fenómeno “El Niño”. En: Arntz, W.E., A. Landa y J. Tarazona (eds.). El Fenómeno “El Niño” y su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao (Número Especial)*: 41-49.
 - Tarazona, J.; Paredes, C.; Romero, L. y Guzman, S. (1988). La Recolonización de la Comunidades de Mitílidos en la Costa Central del Perú después de El Niño 1982-83. *Inst. Mar Perú-Callao, Boletín Volumen Extraor.:* 115-120.
 - Tarazona, J.; Arntz, W.E. and Canahuire, E. (1996). Impact of two “El Niño” Events of Different Intensity on the Hypoxic Soft Bottom Macrobenthos off the Central Peruvian Coast. *Marine Ecology Progress Series Progress Series*, 17(1-3): 425-446.
 - Tarazona, J.; Indacochea, A.; Valle, S.; Córdova, C.; Ochoa, N.; Serrano, W. y Peña, T. (1999). Impacto de “El Niño 1997-98” sobre el ecosistema marino somero de la costa central del Perú. *Revista Peruana de Biología. Vol. Extraord.:* 18-31.

- Tarazona, J.; Arntz, W.; Valle, S. y Peña, T. (2001). Los índices de El Niño y del impacto sobre las comunidades bentónicas. En: J. Tarazona, W.E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (eds.). *El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales. Consejo de Ciencia y Tecnología, Lima, 113-125.*
- Terry, C.; y Mendo, J. (2002). Crecimiento, mortalidad y producción del choro (*Aulacomya ater*) en bahía Independencia durante el periodo 1999-2000. En: Jaime Mendo y Matthias Wolf (eds.). *Memorias: I Jornada Científica. Bases Ecológicas y Socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 95 -102.*
- Thorson, G. (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biology Review 25: 1-45.*
- Thorson, G. (1966). Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherlands Journal of Sea Research 3: 267-293.*
- Turner, S. and Todd, C. (1993). The early development of epifaunal assemblages on artificial sustrata at two intertidal sites on an exposed rocky shore in St. Andrews Bay, N.E. Scotland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 166: 251-272.*
- Underwood, A. (1989). The analysis of stress in natural populations. *Biological J. Linnean Society 37 (1and2): 51-78.*
- Urban, H. (2001). A model for the negative effects of the El Niño and La Niña oscillation on marine bivalves: *Gari solida* from bahía Independencia, Perú. En: J. Tarazona, W.E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (eds.). *El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales. Consejo de Ciencia y Tecnología, Lima, 103-112.*
- Valle, S.; Tarazona, J y Indacochea, A. (1995). Eficiencia de los substratos artificiales en el monitoreo del reclutamiento de invertebrados marinos bentónicos. *VI Libro de Resúmenes del Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 23 al 27 de octubre, Mar del Plata, Argentina, pág. 199.*

- Valle, S.; Tarazona, J. y Serrano, W. (1996). Impacto de los eventos fríos “La Niña” sobre el asentamiento de algunos invertebrados marinos bentónicos de bahía Independencia, Pisco. *V Reunión Científica del ICBAR 13-15 marzo, Libro de resúmenes, pág. 114.*
- Valle, S. (2001). El uso de captadores artificiales en el seguimiento de la variabilidad del asentamiento larval de invertebrados marinos bentónicos en bahía Independencia, Pisco. *Tesis para optar Grado Académico de Magíster en Recursos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas.*
- Valle, S.; Tarazona, J.; Indacochea, A.; Ramos, E.; y Serrano, W. (2002). Variabilidad inducida por el ciclo del ENOS en la densidad poblacional de algunos invertebrados bentónicos de bahía Independencia, Pisco-Perú. En: Jaime Mendo y Matthias Wolf (eds.). *Memorias: I Jornada Científica. Bases Ecológicas y Socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 68 - 76.*
- Yamashiro, C.; Rubio, J.; Taípe, A.; y Aguilar, S. (2002). Fluctuaciones de la población de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1861) en la bahía Independencia (Pisco-Perú) durante el periodo 1984-2000. En: Jaime Mendo y Matthias Wolf (eds.). *Memorias: I Jornada Científica. Bases Ecológicas y Socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Universidad Nacional Agraria La Molina, 77 -87.*
- Yaroslavtseva, L.; Sergeeva, E. and Kashenko S. (2002). The vertical distribution of larvae of the sea urchin *Strongylosentrotus intermedius* in superficial desalination conditions. *Russian Journal of Marine Biology. Vol 28: 191-196.*
- Yaroslavtseva, L. and Sergeeva, E. (2003). The reaction of *Mytilus trossulus* larvae (Bivalvia, mytilidae) to desalinization and increase of water column temperature. *Russian Journal of Marine Biology. Vol 29: 156-160.*

- Zuta, S.; Tsukayama, I.; and Villanueva, R. (1983). El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas de la costa peruana. *FAO Fisheries Rep. (291): 179-253.*