



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
ESCUELA DE POSTGRADO



FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
UNIDAD DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL MAR
MENCIÓN: ACUICULTURA

CULTIVO DEL CHORITO NEGRO SEMIMYTIUS ALGOSUS (GOULD, 1850)
EN SISTEMAS SUSPENDIDOS EN LA PLAYA "EL RASPÓN", LAGUNILLAS,
PROVINCIA DE PISCO (MOLLUSCA, BIVALVIA, MYTILIDAE)

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAGISTER EN CIENCIAS DEL MAR
MENCIÓN: ACUICULTURA

BLGO. JORGE AGAPO ZEBALLOS FLOR
ASESOR: DR. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA

ICA - PERÚ
SETIEMBRE 2013

DEDICATORIA

A mis dos angelitos que están en el cielo mis hijos "María Carmen y Jorge Manuel"

A la Memoria de mi hijo y colega "Manolo", a quién no pude dedicarle el tiempo debido, pero que siempre será motivo de recordarle por su dedicación a la Biología.

A la Memoria de mi madre "Victoria" ejemplo de tesón, fortaleza, carácter y responsabilidad.

A mis hijos Alcira, Jorge Rafael, nietos Mónica, Carlitos y a mi esposa Zulma, motivos de superación constante.

A mis hermanos Juan, Felipe, Graciela e Isabel

Jorge Zeballos

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi agradecimiento al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) a través del Proyecto PADESPA-PERÜ, por permitirme hacer uso de la información del Proyecto "Cultivo Experimental de Choros en Sistemas Suspendidos", en la playa El Raspón (Lagunillas), en la Provincia de Pisco, desde marzo del 2002.

De manera muy especial expreso mi agradecimiento al Dr. Gustavo Reyes Mejía por su apoyo para sacar adelante esta tesis.

Todo el desarrollo de este trabajo de investigación fue posible gracias al apoyo de muchas personas. Agradezco al personal profesional y técnico que laboran en el IMARPE PISCO, por su apoyo y colaboración, especialmente al Blgo. (CA) Msc Daniel Flores Castillo.

A las personas que participaron en el trabajo de campo en la Playa "El Raspón" Lagunillas.

A la Asociación de pescadores artesanales, para el desarrollo de la maricultura Buzos a Pulmón Almirante Miguel Grau por brindar el apoyo para el uso de sus instalaciones, así como por la vigilancia de las balsas flotantes para el cultivo experimental suspendido en la concesión especial marina otorgada por PRODUCE.

A mis hermanos Juan, Felipe, Graciela e Isabel por su apoyo invaluable en todo momento.

A todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron para la culminación de este trabajo.

Y sobre todo a Dios.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	01
ABSTRACT	02
INTRODUCCIÓN	03
1. MARCO TEÓRICO	04
1.1 Antecedentes	04
1.2 Marco teórico	06
1.3 Marco conceptual	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1 Diagnóstico de la situación actual	17
2.2 Hipótesis	18
2.3 Justificación	18
2.4 Objetivos	20
3. MATERIAL Y MÉTODOS DE ANÁLISIS	21
3.1 Materiales	21
3.2 Métodos de análisis	22
4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	30
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43
8. FUENTES DE INFORMACIÓN	44
9. ANEXOS	50

RESUMEN

Zeballos, F., Jorge. 2010. Cultivo del chorito negro *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón", Lagunillas, Provincia de Pisco (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae). Entre diciembre del 2003 y agosto del 2005, se realizó el cultivo experimental de *S. algosus* en sistemas suspendidos en la playa El Raspón – Lagunillas, localizada al sur de la Península de Paracas, en la costa central del Perú. Se determinó la efectividad de fijación, tasa de crecimiento, características químicas, diversidad asociada al cultivo y las variables ambientales del área de estudio. Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estimados por análisis de distribuciones de frecuencias de tallas fueron: L_{∞} = 94,50 mm, t_0 = 0,4 y K = 2,40/año. La semilla fue recolectada de cuerdas de cultivo de *Argopecten purpuratus* y del medio natural. Se realizó el encordado en cuerdas de malla anchovetera, obteniendo un 70% de fijación, crecimiento promedio mensual de 0,75 cm, 14,3% de proteínas, una gran diversidad de flora y fauna que se adhieren a las cuerdas de cultivo y están asociadas a características oceanográficas propias del afloramiento costero (ACF).

PALABRAS CLAVE: cultivo, mytilidos, acuicultura, Pisco.

ABSTRACT

Zeballos, F., Jorge. 2010. Cultivation of the "chorito negro" *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) in sustention systems in the beach "El Raspón", Lagunillas, Province of Pisco (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae). Between December, 2003 and August, 2005, *S. algosus* was experimentally cultivated in sustention systems, the operation was performed in El Raspon – Lagunillas area, located south of the Paracas Peninsula, in the central Peruvian coast. The fixation efficiency, growth rate, chemical characteristics and diversity associated with the culture and the environmental variables of the study area, were all determined. Growth parameters according to the von Bertalanffy equation estimated from the size frequency distributions were: L_{∞} = 94,50 mm, t_0 = 0,4 and K = 2,40/año. Early juveniles were gathered from *Argopecten purpuratus* cultures and also from natural banks. The ropes were tighten together with anchovy nets, this structure was used as a substrate for the attachment of larvae, the attachment was in the order of 70%, the mean growth was 0.75 mm per month, different organisms from the animal and vegetal kingdom were founded attached, due to the extremely high productivity of the coastal cold waters from the Humboldt current system.

KEYWORDS: cultivation, mytilidos, aquaculture, Pisco

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la acuicultura se constituye como una actividad potencial, desarrollar estudios tendientes a adaptar tecnologías de cultivo y/o generar nuevas tecnologías es el reto de las investigaciones en acuicultura, el cultivo de moluscos bivalvos en sistemas suspendidos es una alternativa para el desarrollo de la acuicultura.

Dentro de los mytilidos que existen en el Perú, el choro *Aulacomya ater* es la única especie explotada por la pesquería artesanal. A nivel nacional, se observa una disminución progresiva de la extracción de choros, aumento del esfuerzo pesquero y la incursión de los buzos en los bancos naturales más profundos, que en algunos casos superan los 30 metros, son indicadores de la fuerte presión de pesca que están recibiendo los bancos naturales, con la consiguiente sobre-explotación del recurso.

El litoral de la Región Ica (Puertos de Pisco y San Juan de Marcona), se constituye como la principal área de extracción peruana. En Pisco, las capturas se mantienen e incluso muestran un ligero aumento. Esta situación, diferente a lo observado a nivel nacional, es debido a que los pescadores marisqueros se están desplazando a los bancos naturales más lejanos y profundos reduciendo el margen de ganancias y aumentando el esfuerzo pesquero para mantener su producción, realizando faenas de dos a cuatro días, situación que nos indica la disminución poblacional del recurso, previéndose una disminución drástica en los próximos años.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), a través del Proyecto PADESPA – Perú, brindaron el apoyo financiero para el desarrollo del proyecto “Cultivo Experimental de Choros en Sistemas Suspendidos”, en la playa El Raspón (Lagunillas), en la Provincia de Pisco, desde marzo del 2002.

El INRENA otorgó la autorización N° 058/C-2002-INRENA-DGANP, de fecha 14 de Mayo del 2002, que permitía el ingreso del personal técnico científico del IMARPE y de PADESPA a la Reserva Nacional de Paracas, para efectuar estudios sin extracción de especímenes.

En el 2004, la mayoría de los productos acuícolas en América del Sur en cuanto al volumen eran: salmón del Atlántico (349 999 toneladas), camarones blancos (*Penaeus occidentalis*) (172 000 toneladas), trucha arco iris (139 000 toneladas), salmón plateado y tilapia (c/uno 90 000 toneladas), chorito negro (*Mytilus chilensis*) (77 000 toneladas) y carpa común (46 000 toneladas), FAO 2006.

Avendaño (1998) en la Bahía Mejillones - Chile, empleando colectores de choro hechos con mallas anchoveteras y colgadas sobre balsas flotantes, obtuvo 150 000 unidades de semilla de choro por colector, con densidades que variaron entre 16 a 27 semillas por cm² de red

colectora, cuya moda se encontraba en 9 mm. Esta fijación le permitió el abastecimiento de semilla para sembrar en más de 100% la capacidad total de las estructuras que poseía.

Entre los moluscos del litoral peruano, la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, se ha explotado y cultivado de manera semi-intensiva tradicionalmente, pero se ha prestado poca atención a algunos otros moluscos comunes como los mytilidos nativos.

TOMICIC (1968), constata que el crecimiento de *S. algosus* es rápido, ya que en balsas de crianza de Mytilidos en Antofagasta, llega a los 8 cm, de 8 a 9 meses.

GONZALEZ ET AL. (1980), investigan las posibilidades de su cultivo en bahía Concepción, describiendo la metodología a seguir. Demora 11 meses en alcanzar una moda de 52 mm y un crecimiento absoluto de 45 mm.

Al cabo de un año sufre una gran mortalidad natural. Describen que esta especie presenta ambos sexos en un mismo ejemplar (hermafrodita), un lado del manto blanquecino (macho) y el otro café oscuro (hembra) y que están en desove continuo todo el año.

En el cultivo experimental del mejillón curvo *Ischadium recurvum* en la Laguna de Términos, Campeche (México), se obtuvo una tasa de crecimiento continua de 5.73 mm/mes, alcanzando una altura total de la concha de 32.8 ± 4.7 mm después de 70 días de cultivo. Los

resultados muestran una adaptación de los juveniles de la especie al cultivo suspendido, por lo cual es viable desarrollar su cultivo hasta tallas comerciales de 50 mm en seis meses.

En el Atlántico y costas del Golfo de México los mejillones han sido considerados generalmente como competidores del ostión (5, 6, 7 y 8), pero también pueden usarse en cultivos semi-intensivos (1, 2, 9 y 10); como alimento humano (11) o alimento para animales terrestres (12) y acuáticos (13, 14 y 15); y como bioindicadores de contaminación (16).

En el cultivo experimental del chorito (*S. algosus*) en la Bahía de Huacho, en siete meses a partir de diciembre del 2002 se obtuvo el 70% de fijación favorable con una tasa de crecimiento en longitud de 1.477 cm y 0.7631 g/mes en peso.

En el presente estudio experimental se demuestra la viabilidad de cultivo del chorito negro *S. algosus*, mantenidos en sistemas suspendidos, adaptando la tecnología de cultivo de mejillones, que buenos resultados le reporta a China y España.

1.2 Marco Teórico

VIVIANI (1975), determina que la distribución de *S. algosus* se extiende hasta Chiloé, por el sur. Forma costras gruesas en el intermareal medio, bajo el cinturón de *Perumytilus* y llega hasta la zona submareal.

Presenta poblaciones "relámpago" debido a su rápido crecimiento, llegando al período reproductivo antes de ser exterminado por sus

depredadores, como *Nucella* y *Concholepas*, que lo prefieren entre sus presas.

Por otra parte, su fijación al sustrato (asentamiento) se produce en otoño-invierno, cuando las arenas que comúnmente cubren los litorales rocosos someros en primavera-verano, se han retirado y quedan los esqueletos de balánidos que murieron a causa del embancamiento precedente.

Estos restos calcáreos, proveen de adecuados refugios en forma de intersticios y primero se cubren de diatomeas bentónicas y algas filamentosas, para luego ser colonizadas por estas poblaciones relámpago, que se desarrollan y sirven de alimento o mueren en el verano siguiente.

Sólo sobreviven algunos ejemplares en pilotes de muelles y otros sitios, los que proveen las larvas para la estación siguiente.

RAMORINO & CAMPOS (1983), presentan una clave para separar las larvas de 6 especies de mytilidos chilenos.

MORALES & ANTEZANA (1983), describen la dieta de *Homalaspis plana*, indicando que prefiere *S. algosus* > *Tegula atra* > porcelánidos, no muestra preferencias de tamaño en cuanto al chorito negro.

SOTO R. (1985), Determina que *S. algosus* y otras especies de la I Región (Chile), son oportunistas aumentando sus poblaciones cuando se presenta el fenómeno El Niño.

TOKESHI ET AL (1989), describen la coexistencia espacial de 2 especies de poliquetos en las franjas de los mytilidos *Semimytilus* y *Perumytilus*, en la costa rocosa de Perú.

TOKESHI ET AL (1989), determina que la dieta de la estrella *Heliaster helianthus*, en la costa central de Perú, consiste preferentemente de *Semimytilus* y en segundo lugar de *Perumytilus*. Las estrellas pequeñas son las que consumen mayormente el chorito negro.

TOKESHI (1989), desarrolla un modelo que determina la elección del tamaño de la presa *S. algosus*, por el depredador *H. helianthus*.

MENDEZ & CANCINO (1990), determinan que el ranking de preferencia en la dieta de juveniles de locos *Concholepas concholepas* es el siguiente: *S. algosus* > *P. purpuratus* > *B. laevis* > *B. glandula* > Bryozoa > *Spirorbis*.

TOKESHI (1991), describe y analiza la capacidad de *H. helianthus* de efectuar una alimentación extraoral o intraoral.

LASIAK (1992), encuentra que menos del 1% de los *Perumytilus* y entre un 20 y un 32% de los *Semimytilus* del sur de Chile, están infectados con un trematodo Bucephalido, que se ubica en la gónada, produciendo castración. No se encontró este parásito en *Choromytilus*.

RUDOLPH & RUDOLPH (1993), demuestran que en choritos negros de Bahía Concepción se presenta una actividad de citocromo P₄₅₀ dos

veces mayor que en un control, debido probablemente a la presencia de contaminantes.

TOKESHI (1995), realiza una investigación sobre los poliquetos que habitan los mantos de *Semimytilus* y *Perumytilus* en Perú.

TOKESHI & ROMERO (1995), describen como el chorito negro es capaz, mediante variadas estrategias de ocupar y dominar el sustrato rocoso expuesto en Perú.

TOKESHI & ROMERO (1995), cuantifican y analizan detalladamente varios aspectos de la actividad de alimentación de la estrella sobre el chorito maico y el chorito negro.

MORENO (1995), estudió una población intermareal de choro zapato de la reserva marina de Mehuín, en Valdivia y encontró que las larvas de choro zapato se asientan en varios tipos de sustratos algales, en el biso de choro zapato y de chorito negro.

GUTIÉRREZ & GALLARDO (1999), describen el comportamiento alimentario de *Chorus giganteus*, alimentados en acuarios con *Semimytilus* y *Perumytilus*.

Sus resultados indican que prefiere perforar la concha cuando se alimenta de chorito maico, en cambio prefiere manipular la presa con el pié cuando se alimenta de chorito negro, siendo esta última su presa favorita.

No ocurre lo mismo con ejemplares de Bahía San Vicente, ya que sólo aquellos ejemplares de pequeño tamaño que habitan sobre *Gymnogongrus*, que es un alga ramosa erecta, tienen alta probabilidad de sobrevivir, pues allí encuentra refugio contra su depredador más importante, que es el caracol *Nucella*, el que no puede trepar por esta alga.

TOKESHI, M & ROMERO, L (2000), describen la asociación de poliquetos que habitan en los mantos de *Semimytilus* y *Perumytilus*, en Perú, encontrando una baja organización en mosaico en *Semimytilus*, la cual no existe en *Perumytilus*.

URRUTIA & NAVARRO (2001), describen la ubicación forma y tamaño de la perforación de *Chorus giganteus* juveniles sobre chorito negro.

1.2.1 Clasificación Taxonómica

Phyllum	:	Mollusca
Clase	:	Bivalvia
Sub Clase	:	Pteriomorphia
Orden	:	Mytiloidea
Familia	:	Mytilidae
Género	:	<i>Semimytilus</i>
Especie	:	<i>Semimytilus algosus</i> (Gould, 1850)
Nombre común :		Chorito negro, chorito playero

1.2.2 Distribución

Se distribuye desde manta Ecuador, hasta el Golfo de Arauco, Chile (SOOT-RYEN, 1959; ALAMO & VALDIVIESO, 1987), aunque algunos autores dan como límite norte de distribución el Norte del Perú (CARCELLES & WILLIAMSON, 1951; OLSSON, 1961; MARINCOVICH, 1973). Con frecuencia está asociado a algas feofíceas.

1.2.3 Hábitat

Las características bio-ecológicas donde vive un determinado organismo definen el hábitat; entonces los factores que forman el hábitat natural de los organismos de mar son por ejemplo: salinidad, temperatura, cantidad de oxígeno disuelto en el agua, tipo de fondo, profundidad, etc.

El chorito negro vive normalmente adherido a sustratos del meso e infralitoral rocoso, en ambientes expuestos al oleaje, encontrándose entre los 0 y 30 metros de profundidad, sin embargo es más frecuente hallarlo entre los 14 y 18 metros.

1.2.4 Morfología

Concha con valvas mitiliformes alargadas, delgadas y comprimidas lateralmente, generando en cada valva un levantamiento central angulado. Sus umbos son poco prominentes.

El borde anterior de la concha termina en punta roma. Exteriormente con estrías concéntricas, recubiertas con un periostraco café oscuro y brillante. Charnela lisa, sin dientes ni pliegues, su color interno es blanco nacarado, con tonos púrpura en el extremo posterior. Alcanza hasta 80 mm de longitud valvar.

1.2.5 Biología

El chorito negro *S. algosus* (Gould, 1850), es una especie hermafrodita, la gónada femenina presenta una coloración similar al del choro hembra y la masculina es de color amarillo – crema. En ambas especies, las gónadas ocupan la mayor parte del cuerpo cuando los individuos están sexualmente maduros.

Las gónadas están formadas por numerosos folículos, las que se unen formando una serie de ramificaciones que desembocan en el poro genital, situado cerca del músculo abductor posterior. Los gametos de machos y hembras se forman en las paredes de los folículos, en el momento de la expulsión son llevados a la cavidad paleal por el poro genital y posteriormente al exterior a través del sifón exhalante.

El ciclo reproductivo del chorito negro, tiene relación con las distintas estaciones del año, con lo que las gónadas presentan diferentes estadios de desarrollo. El ciclo comienza con la fase de reposo, donde son acumuladas sustancias de reserva

(lípidos y glúcidos), aquí el manto presenta una coloración normal.

Cuando el chorito alcanza su madurez sexual las gónadas comienzan a desarrollarse y el manto aumenta su espesor y toma la tonalidad correspondiente de cada sexo. En esta etapa los óvulos aumentan de tamaño y se desprenden fácilmente de los folículos al alcanzar las 80 micras. Cuando los espermatozoides adquieren movilidad, se produce la puesta, siendo las células sexuales expulsadas por el sifón exhalante.

La madurez sexual está influenciada por ganglios cerebrales y por diversos factores ambientales, como la abundancia y la calidad del alimento disponible, las reservas del individuo y las características físicoquímicas del agua, del cual el más importante es la temperatura, siendo necesario que ésta este sobre los 7 °C para comenzar el proceso de gametogénesis.

Una vez que han sido expulsados los gametos masculinos y femeninos se produce la fecundación. A las cuatro horas de la fecundación aparecen larvas ciliadas, las que nadan libremente, a la larva muy pronto le aparece la concha. Inicialmente la larva no varía mucho su tamaño con respecto al huevo, pero toma una forma tipo "D".

Aquí el órgano que más resalta es una corona de cilios llamada velo, el cual le sirve para nadar y capturar su alimento.

La siguiente es la larva velíger, la que permanece nadando por un mes, en esta etapa aumentará tres veces el tamaño de su cuerpo y cambiará su estructura interna; aparecerá el pie.

La fijación a un sustrato se realiza con la proximidad del término de la vida larvaria, estas se posan sobre rocas u otros sustratos, donde con su pie se arrastran hasta encontrar un lugar adecuado.

Una vez fijado, comienza el proceso de metamorfosis, donde desaparece el velo y el molusco adquiere la forma típica del chorito adulto, generando también branquias, músculo y manto.

1.2.6 Fisiología

Esta especie es por naturaleza filtradora, sus branquias además de órganos respiratorios cumplen la función de atrapar el material alimenticio para seleccionarlo y luego pasarlo al estómago.

El crecimiento en talla se evalúa en base a los cambios de longitud de la valva y está sujeto a las condiciones ambientales.

El crecimiento en peso se determina por cambios en la masa corporal, estando sujeta a la disponibilidad de alimento y condiciones ambientales.

1.2.7 Reproducción

La época en que ocurre la reproducción se llama época de desove, y es el período en que las gónadas liberan células reproductivas llamadas esperma (masculino) y óvulos (femenino), que al unirse en el agua (fertilización externa) dan origen a una pequeña larva (microscópica).

La larva vive en forma libre durante un corto periodo, hasta fijarse en algún sustrato, donde comienza a desarrollarse pasando por etapas llamadas estadios larvales, y que luego se pueden apreciar en sus formas más definidas, siendo parecidas a los adultos.

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Acuicultura

Es la actividad que consiste en el cultivo y producción de especies acuáticas, realizada en un medio seleccionado en ambientes hídricos naturales o artificiales, tanto en las aguas marinas como en las continentales.

1.3.2 Fauna acompañante

Es la conformada por especies hidrobiológicas que, por efecto tecnológico del arte o aparejo de pesca, se captura cuando las embarcaciones pesqueras orientan sus esfuerzos de pesca a la explotación de las especies objeto.

1.3.3 Recurso bentónico

Especies hidrobiológicas que viven o están ligadas al fondo o sustrato marino.

1.3.4 Monitoreo

Muestreo sistemático y permanente destinado a evaluar las características o condiciones de un objeto en estudio, realizado mediante la utilización de métodos y técnicas adecuadas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El chorito negro *S. algosus*, habita en el intermareal rocoso, la obtención de oxígeno y alimento están condicionados al flujo de las mareas, limitando su crecimiento y desarrollo. Si fuera posible mantenerlos permanentemente sumergidos en la columna de agua, mediante un cultivo en sistemas suspendidos, podría favorecer su crecimiento y desarrollo, como una alternativa de producción, por la sobreexplotación de *A. ater*, por lo que se plantea:

¿Será posible cultivar al chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos?

2.1 Diagnóstico de la situación actual

La explotación de los bancos naturales de choros en nuestra región se ven disminuidos en los últimos años, más aún después de los Niños 82- 83 y 97- 98, los buzos marisqueros cada vez tienen que bucear a mayor profundidad y en lugares más alejados del lugar de desembarque, por lo que desarrollar una técnica de cultivo que le permita mantener choros en ambientes más cercanos les permitirá tener una mejor calidad de vida.

El desarrollo de una técnica para el cultivo del chorito negro *S. algosus*, especie similar a la cultivada en España, va a permitir el desarrollo de la acuicultura de un recurso cada vez más disminuido

en su población y que es una especie propia de la zona, estando presente tanto en épocas de El Niño, como de La Niña.

2.2 Hipótesis

Es posible cultivar el chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos.

2.3 Justificación

Puede transformarse en una actividad altamente productiva y podría constituir una fuente adicional de productos hidrobiológicos, aunque sus volúmenes de oferta puedan parecer insignificantes frente a los que ya ofrecen la pesca marítima.

En la acuicultura marina las posibilidades más concretas se refieren al cultivo de moluscos bivalvos y crustáceos, haciendo promisorias las nuevas inversiones y el interés político del estado de promover este rubro como fuente de divisas y generación de empleo.

Los inicios de la maricultura en el Perú datan de los años setenta, obteniendo mayor auge en los ochenta y se orientaron principalmente al recurso concha de abanico *Argopecten purpuratus*.

Las experiencias de cultivo de choro en el Perú, corresponden a trabajos aislados que no permitieron visionar la importancia y desarrollo de su cultivo.

El reinicio de las experiencias de cultivo de choros en el Perú, utilizando técnicas y sistemas implementados con éxito en otros países, conllevará al logro de la transferencia de tecnología y el consecuente desarrollo de esta actividad.

La necesidad de implementar sistemas de producción de recursos marinos que conlleven a satisfacer la demanda de alimento de origen hidrobiológico, es una prioridad del sector pesquero en el Perú.

La adaptación del sistema de cultivo para mejillones (mytilidos) en bateas (balsas) flotantes, resulta ser una alternativa prometedora, ya que este sistema tiene buenos resultados en España.

S. algosus, "chorito negro", es un mytilido que habita en el mesolitoral rocoso de la región Ica, muy semejante al *Mytilus edulis* y *M. galloprovincialis*, cultivados en Chile y España respectivamente.

Esta especie se fija fácilmente a las cuerdas de los long-line, linternas y otras estructuras que se utilizan en el cultivo suspendido de concha de abanico, alcanzando mayores tallas que aquellos que se encuentran en el ambiente natural.

Teniendo en cuenta que en Pisco, la especie *Aulacomya ater* "choro", es explotada con fines comerciales y que sus bancos naturales están seriamente afectados, resulta conveniente iniciar experiencias para determinar la factibilidad del cultivo de mitylidos;

siendo importante realizar ensayos para determinar si la especie *S. algosus* brindaría mejores condiciones para su cultivo.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Determinar la factibilidad del cultivo del chorito negro *Semimytilus algosus*, en sistemas suspendidos.

2.4.2 Objetivos específicos

- a) Establecer las etapas de cultivo del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistema suspendido.
- b) Determinar el crecimiento del chorito negro, cultivado en sistema suspendido.

2.4.3 Variables

- a) Variable Independiente (X): Sistemas de cultivo suspendido.
- b) Variable Dependiente (Y): Crecimiento.
- c) Variable Incurrente o Interveniente (Z):
Z₁: Condiciones negativas del medio.
Z₂: Fenómenos naturales

2.4.4 Operatividad de las variables.

Ver en Anexo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.1 *Materiales*

La estructura flotante empleada para el cultivo de choros estuvo constituida por dos balsas de madera, cada una de 28 m² de área (7 x 4 m), con doce cilindros plásticos de 50 galones de capacidad (empleados como sistema de flotación), un sistema doble de fondeo (consistente en tres lastres de forma piramidal de aproximadamente 250 kg de peso cada uno), y cabos de fondeo.

Para la confección de las balsas se empleó madera tornillo, habiéndose dispuesto en tres niveles, el primer nivel o base, estuvo conformado por 04 tablones (7 m x 0.35 m x 0.08m), el segundo nivel por 08 tablones (4 m x 0.14 m x 0.14 m) y el tercer nivel por 32 tablones (7 m x 0.10 m x 0.03m); los niveles 1 y 2 estuvieron unidos mediante 16 pernos de acero inoxidable (1/2" x 13") y 24 ángulos de acero (3" x 3" x 4 mm de espesor).

El sistema de flotación estuvo conformado por 12 cilindros plásticos, de 50 galones de capacidad cada uno, éstos cilindros fueron forrados con malla anchovetera (cenefa) y fueron sujetos a la base o primer nivel de la balsa mediante cabos de nylon de 3/8".

En cada balsa se empleó un sistema de fondeo doble, consistente en el empleo de 03 lastres de concreto y fierro de forma piramidal, de aprox. 250 kg de peso, instalados a 15 metros de profundidad.

Dos de ellos fueron instalados en proa, siguiendo el patrón histórico del predominio de las corrientes y el tercero al lado de popa, el mismo que sirvió de soporte cuando cambiaba la corriente (suceso poco frecuente).

Las cuerdas de cultivo, de 8,5 metros de largo x 10 cm. de ancho, se elaboraron con tiras de paño anchovetero (redes anchoveteras en desuso). En cada cuerda se colocaron soportes de madera de 20 cm largo x 1" ancho x 1" altura, espaciados cada 30 cm.

3.2 Métodos de análisis

3.2.1 Descripción del área de estudio

Playa El Raspón (13°91'LS - 76°32' LW), está situado al interior de la Reserva Nacional de Paracas, a 12 km del centro poblado El Chaco, en el distrito de Paracas, provincia de Pisco, Ica. Limita por el noreste con la Caleta Lagunillas, por el suroeste con la playa La Mina y con el Sur con la bahía Lagunillas, con profundidades que alcanzan hasta los 20 metros.

En este lugar PRODUCE ha otorgado concesiones especiales a asociaciones de pescadores artesanales, para el desarrollo de la maricultura en áreas habilitadas por DICAPI.

Las balsas empleadas para el cultivo experimental suspendido fueron instaladas en la concesión especial otorgada a la Asociación de Buzos a Pulmón Almirante Miguel Grau.

3.2.2 Transferencia tecnológica

En el proyecto se planteó la adaptación de la tecnología desarrollada en Galicia - España para el cultivo del mejillón *Mytilus galloprovincialis*, la misma que consiste en ofrecer un soporte a los choros de tal manera que puedan estar suspendidos y sumergidos, permitiéndoles filtrar su alimento permanentemente.

3.2.3 Obtención de semilla

La semilla de chorito negro *S. algosus* fue colectada de las cuerdas de las balsas y de las cuerdas de fondeo de las líneas de cultivo de concha de abanico *A. purpuratus*, pertenecientes a pescadores artesanales de la "Asociación de Buzos a Pulmón Almirante Miguel Grau", ubicados en la zona El Raspón.

3.2.4 Encordado

Para colocar los choros en las cuerdas de cultivo se empleó un mueble de madera elaborado artesanalmente, siguiendo el modelo de los "carros" utilizadas en Galicia y que se emplean para realizar el encordado del choro en la cuerda de cultivo.

Esta encordadora artesanal se instaló y sujetó sobre la plataforma de la balsa, mide 1.55 m de altura y contiene una caja de 70 cm², que permite depositar en ella la semilla de chorito negro para el encordado y un rodillo en la parte

superior, permitiendo el deslizamiento de las cuerdas encordadas hacia el medio marino.

Se utilizó una gasa de algodón, diseñada y empleada para el encordado de mejillones en Galicia - España, el cual permite una adecuada fijación de la semilla a la cuerda, ésta gasa de algodón se biodegrada completamente en el agua marina alrededor de los quince días de instalado, tiempo suficiente para que se logre el embisado.

Se encordaron 24 cuerdas, con una densidad inicial de 60 manojos de chorito negro por cuerda.

3.2.5 *Monitoreo del cultivo*

El monitoreo de las cuerdas de cultivo se efectuaron con una frecuencia aproximada de 50 días, las mismas que estuvieron sujetas a condiciones ambientales y de coordinación con los miembros de la Asociación de Buzos a Pulmón Almirante Miguel Grau, quienes proporcionaban una embarcación artesanal provista de compresora y buzo.

En cada muestreo se extrajeron y evaluaron dos cuerdas de cultivo. Los ejemplares obtenidos y debidamente separados por estrato de profundidad se llevaron al laboratorio para efectuarle los análisis biométricos y biológicos.

Para determinar las épocas de reclutamiento, se colocaron cuerdas sin encordar cada vez que se retiraban cuerdas con choros para muestrearlos, de manera tal que sirvieran como colectores de nuevos individuos, posibilitando la determinación de la fijación de nuevos individuos.

El crecimiento de los individuos se determinó estimando los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy con el programa FISAT según el modelo matemático exponencial $L_t = L_{\infty} [1 - \exp^{-K(t-t_0)}]$; donde L_{∞} , es la longitud asintótica (mm), K , es la constante de crecimiento (año), t la edad en años y t_0 , es la edad en la longitud = 0.

Para ello se analizaron gráficamente las distribuciones polimodales, suponiendo una distribución normal en cada componente, y se identificaron los incrementos de longitud en función del tiempo, ajustándolos por el método de Gulland y Holt (1959).

Los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy se obtuvieron mediante un análisis de progresión modal, el cual involucra la descomposición de distribuciones de frecuencias de tallas por el método de Battacharya (1967), así como estimados iniciales de la constante de crecimiento (K) y longitud asintótica (L_{∞}) aplicando el método de Gulland y Holt (1959).

El procedimiento usando la recta de Gulland y Holt requiere pares de datos (L_i, t_i) , separados por intervalos de tiempo iguales T , se trazan los incrementos de L_i en función de L_i . La recta de ajuste corta el eje X en $L_i = L_\infty$, y la pendiente $a = -(1 - e^{-KT})$.

Conociendo K y L_∞ se deduce t_0 , a partir de la ecuación general de crecimiento de Von Bertalanffy, mediante la relación existente entre L_i y t_i : $\text{Log} (L_\infty - L_i) / L_\infty = -Kt_i + t_0$.

Se traza $\text{Log} (L_\infty - L_i) / L_\infty$ en función de t_i , la recta de ajuste tiene por pendiente $a = -K$, y corta el eje de las abscisas en $t_i = t_0$.

Los valores de crecimiento (K, L_∞) fueron seleccionados del mejor ajuste de acuerdo a la técnica de superficie de respuesta (ELEFAN I, incluida en FISAT); la misma utiliza la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para convertir la longitud en edad.

3.2.6 Monitoreo de variables oceanográficas

La evaluación de los parámetros oceanográficos se realizaron mediante un monitoreo ambiental marino, el mismo que se ejecutó a bordo de la embarcación artesanal "Grau III", estableciéndose 5 estaciones fijas, considerando los niveles superficial y de fondo.

Los parámetros evaluados fueron: temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, salinidad, circulación marina, nutrientes y fitoplancton superficial.

La colecta de las muestras del nivel superficial se realizó utilizando un recipiente plástico y las muestras del fondo se colectaron mediante una botella Niskin equipada con portatermómetro.

La temperatura superficial del mar se registró con un termómetro protegido y la temperatura de fondo con un termómetro de inversión.

Las muestras de agua para determinar salinidad se colectaron en frascos de polietileno de 250 mL de capacidad y se analizaron mediante el método de inducción usando el Portasal Guildline 8410A.

Las muestras de agua para determinar oxígeno disuelto se colectaron en frascos de vidrio de color ámbar con tapa esmerilada y fueron analizadas según la metodología de Winkler, modificada por Carrit y Carpenter (1966), fijándose "in situ" y realizándose la titulación en el Laboratorio.

El potencial de iones hidronio presentes en el agua se determinó mediante el método potenciométrico de Hanna 9025. Los sólidos suspendidos totales se determinaron según el

método gravimétrico 209-D, APHA-AWWA-WPCF (Standard Methods 1980).

La velocidad y dirección de las corrientes marinas se determinaron a 1 metro de la superficie y 1 metro sobre el fondo marino empleando boyas a la deriva y un GPS Garmin 45 XL.

Las muestras de agua para nutrientes (Fosfatos, Silicatos, Nitratos y Nitritos), fueron analizadas mediante determinación colorimétrica de nutrientes, según metodología descrita en Strickland y Parsons (1972).

Las muestras de plancton superficial fueron obtenidas con una red estándar de 75 micras de abertura de malla, mediante arrastres horizontales a nivel sub-superficial durante 5 minutos, a una velocidad aproximada de la embarcación de 3 nudos.

Las muestras de plancton fueron preservadas con una solución de formaldehído al 2%, siguiendo la metodología descrita en Thronsen (1978) y UNESCO (1981).

Mediante análisis semicuantitativos, se determinaron los volúmenes de plancton, distribución, composición, abundancia y presencia de indicadores biológicos de masas de agua.

Los volúmenes de plancton fueron obtenidos por el método de centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos y los resultados

se expresan en mililitros por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL/m³).

V=volumen centrifugado

K=volumen de agua de mar filtrada por la red

Donde K=6,6273 m³.

Para la determinación taxonómica de los fitopláctones se consultaron los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sournia (1967), Schiller (1971), Sundström (1986), Balech (1988), Thröndsen (1993), Heimdal (1993), Hasle y Syvertsen (1996), Steidinger y Tangen (1996) y Ochoa y Gómez (1997).

Asimismo, el Instituto Tecnológico del Perú ITP realizó el análisis de metales pesados en organismos, la metodología analítica para la determinación de trazas de metales se basó en el método modificado de Eggman y Betzer (1976) y Johnson y Maxwell (1981), que requiere el tratamiento químico para el análisis de trazas de metales por espectrofotometría de absorción atómica; el ataque químico se realiza con ácido nítrico concentrado.

Finalmente, las lecturas analíticas de las muestras se realizaron en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo 6701F-Shimadzu con sistema automatizado en horno de grafito y flama.

4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La implementación del diseño de investigación propuesto, para la obtención, procesamiento y análisis de los datos del cultivo suspendido de *Semimytilus algosus*, sustentan la validación de la hipótesis planteada.

La contrastación de la tecnología empleada se apoyó en la base científica establecida.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Encordado

Se confeccionaron 48 cuerdas de cultivo, cada cuerda constituida por una tira de malla anchovetera de 8,5 metros de largo y 10 cm de ancho.

En el extremo superior se formó una gasa, doblándola sobre sí misma y uniéndola firmemente con hilo alquitranado, cada 30 cm de cuerda se colocaron palillos de 25 cm de largo por una pulgada de ancho y una pulgada de espesor, cada palillo atravesó la cuerda por medio de las cocadas y fue sujeta firmemente con hilo alquitranado.

En el extremo inferior se dejó espacio para colocar un lastre, cuyo peso (01 kg) le permite mantenerse vertical.

Para el encordado se empleó una gasa de algodón, cuya confección se realiza en España para el encordado de mejillones, la característica principal de esta gasa radica en su naturaleza biodegradable, deshaciéndose al cabo de 15 días de ser sumergida en agua marina, permitiendo que los choros logren embisarse a las cuerdas en este lapso de tiempo.

Sesenta manojos de semilla de chorito negro fueron empleados para ser encordados en cada una de las cuerdas de cultivo.

La cuerda se dispone sobre la encordadora, la semilla de chorito negro es colocada en el recipiente de la encordadora y poco por poco se disponen sobre la cuerda, luego se envuelven firmemente con la gasa, tratando de colocarlos de manera homogénea alrededor y a lo largo de la cuerda.

A medida que se va encordando, la cuerda se va deslizando sobre un rodillo, permitiendo que esta se sumerja inmediatamente en el agua de mar.

Una vez que se colocan todos los choritos en la cuerda, esta es trasladada sumergida hacia el lugar de la balsa donde se sujetará al emparrillado mediante una rabiza o cabo de driza de 3/8". Cada cuerda se ubicó debajo del emparrillado, desde un metro de profundidad, distribuidas uniformemente.

En total se encordaron 24 cuerdas de *S. algosus* según el método español, encordándose 7,5 manojos por metro de cuerda, haciendo un total de 60 manojos por cuerda y 1440 manojos en el total de cuerdas empleadas para el estudio.

El *S. algosus*, es una especie que produce biso con gran rapidez, se encontraron individuos fijados a los envases de almacenamiento durante las faenas de encordado, cualidad que permite el éxito de fijación a la cuerda, tres días después de encordado, cuando la gasa aún no se había desintegrado del todo ya se podía apreciar la gran

cantidad de biso producido por esta especie, lo que aseguraba su fijación a las cuerdas.

Al cabo de tres semanas, se observó a los choritos fijados a las cuerdas, siendo minoritario el porcentaje de individuos no fijados, los mismos que corresponderían a ejemplares muy estresados y/o muertos al momento de ser encordados.

5.2. Reclutamiento

Las cuerdas de paño anchovetero en desusó, utilizadas para el encordado de semilla, fueron un buen medio de fijación; después de un mes de instaladas se biologizaron para colonizarse posteriormente de semilla de choritos, por cada 10 cm² de cuerda se fijaron aproximadamente 100 ejemplares.

5.3. Crecimiento

Se estudió el crecimiento usando métodos basados en longitudes, incorporados en rutinas del paquete computarizado FISAT (Gayanilo et al.1995).

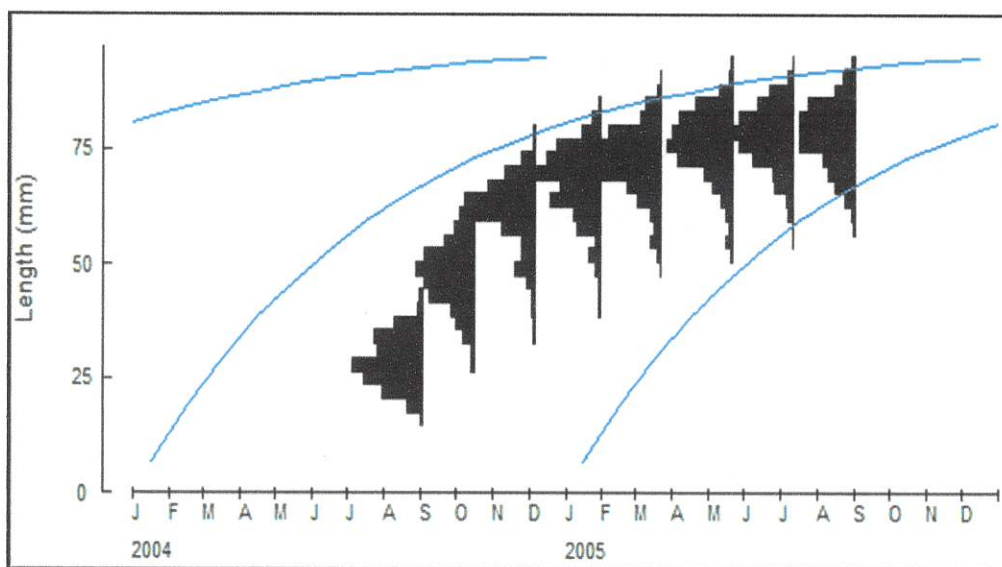
Para los análisis de crecimiento se encordaron semilla de *S. algosus* con una talla promedio de 28,78 mm y una amplitud que varió entre 16 a 44 mm.

Se midieron ejemplares de chorito cada 50 días aproximadamente, entre setiembre del 2004 y agosto del 2005, realizando 08

muestreos biométricos, con los cuales se obtuvo una progresión de tallas y una curva de crecimiento.

En 360 días de cultivo, los choritos alcanzaron 78,29 mm de longitud valvar en promedio, encordados con 28,78 mm de longitud inicial; mostrando además, un mayor crecimiento durante los primeros 200 días de cultivo, con 72,41 mm de longitud valvar en promedio.

En la figura 1, de la progresión del crecimiento, se aprecia una mayor velocidad durante los primeros 200 días de cultivo, observándose en el quinto muestreo una longitud de 72,41 mm, posteriormente la velocidad del crecimiento se reduce, siendo poco



significativo.

Figura 1. Distribución de frecuencias de longitudes y progresión del crecimiento en el cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en la playa "El Raspón"- Lagunillas, Pisco – Perú.

Se realizó la progresión de tallas de los individuos reclutados en las cuerdas de cultivo. A los 94 días de colocar las cuerdas de cultivo se realizó el primer muestreo biométrico de la semilla de choritos, éstos presentaron una longitud promedio de 11,96 mm.

Se observó un crecimiento acelerado durante los meses siguientes, alcanzando una longitud promedio de 66,92 mm a los 266 días desde el primer muestreo.

Al unir las frecuencias de tallas obtenidas de los choritos encordados y de la semilla reclutada en las cuerdas, se observa que en el séptimo muestreo (310 días), ambas se confunden, notándose que los individuos reclutados que crecen a mayor velocidad alcanzan a los individuos encordados que crecen muy lento, aumentando la amplitud de tallas en las cuerdas de cultivo, siendo necesario que se realicen los desdobles para la selección de semilla, juveniles y adultos.

El modelo de crecimiento indica que la especie alcanza una longevidad teórica máxima de 5,5 años. Sin embargo, de acuerdo a los histogramas de frecuencia de talla, muy pocos bivalvos mytilidos alcanzan esa edad. Estos resultados difieren de los obtenidos para *M. galloprovincialis* en Galicia España.

El crecimiento de la especie obtenido finalmente con el ajuste de Gulland y Holt (1959) permitió estimar los siguientes parámetros de crecimiento: L_{∞} = 94,50 mm, t_0 = 0,4 y K = 2,40/año, lo cual indica que

S. albosus alcanzaría una longitud aproximada de 72 mm al año y 92 mm a los dos años, con una longevidad máxima teórica de 5,5 años (Figura 2).

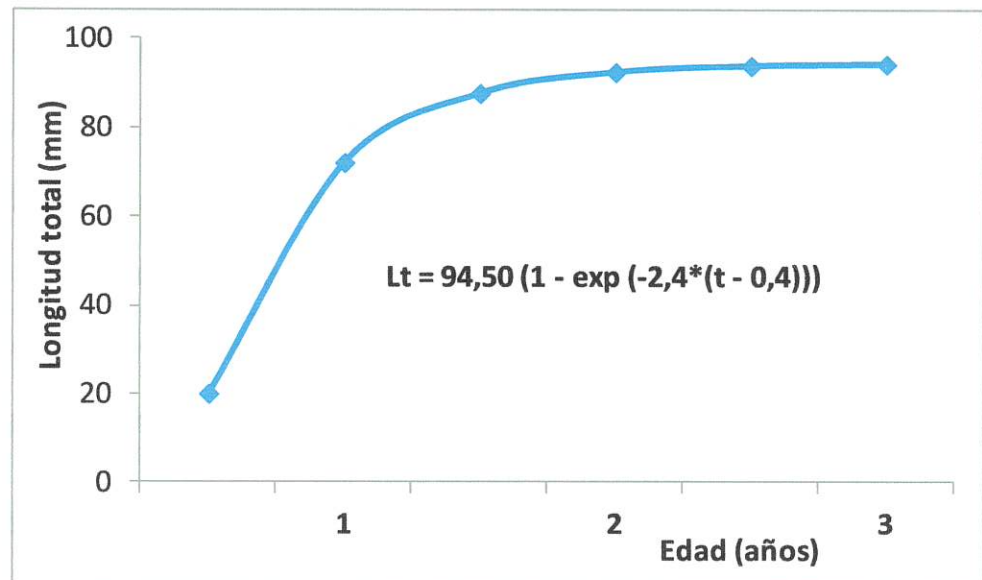


Figura 2. Curva ajustada y ecuación de crecimiento del chorito negro *S. albosus* en el cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus albosus* en la playa “El Raspón”- Lagunillas, Pisco – Perú.

5.4. Fauna y flora acompañantes

Las cuerdas de cultivo se constituyeron como un excelente medio de fijación de organismos, habiéndose encontrado una gran diversidad de invertebrados fijados: lapas, cangrejos, cirrípedos, caracoles, almejas, poliquetos, estrellas, ofiuroideos, entre otras.

Entre las algas se fijaron *Ulva*, *Porphyra* y *Chondracanthus*, observándose la presencia de peces juveniles (trambojos, pejerreyes, borrachos y lisas), quienes aparentemente encontraron

zonas de refugio y de alimentación entre las cuerdas de cultivo y bajo las balsas.

5.5. Características de conservería

El Instituto Tecnológico Peruano ITP se encargó de realizar los análisis organolépticos y de conservería del chorito negro de cultivo, habiendo encontrando 14,3% de proteínas, 2,5% de grasas y 80,4% de humedad, cualidades adecuadas para la masificación del consumo de los choritos de cultivo en conservas de diferentes presentaciones.

5.6. Metales pesados

El ITP al realizar los análisis químicos en el cuerpo de los choritos identificó niveles elevados de cadmio, un metal pesado con efectos cancerígenos. Ante este evento el IMARPE realizó un estudio a fin de cuantificar el nivel de cadmio bioacumulado en organismos bentónicos provenientes de Pisco-Paracas.

Los resultados en general superaron los contenidos máximos estipulados por el Reglamento 211/2002 de la Comisión Europea en las siguientes especies: chorito, choro, caracol negro y en algunas conchas de abanico; mientras que, en especies como: almeja, caracol, cangrejo y algunos choros los niveles de cadmio total estuvieron por debajo de lo estipulado por la Comisión Europea, aparentemente el chorito negro sería un bio-acumulador de cadmio,

cuyas condiciones que lo favorecen aún se desconocen, presumiéndose que corresponden a su metabolismo y que por ende no generarían mayores problemas de salud.

Los metales pesados, como el cadmio, no forman compuestos químicos biodegradables, y por ende, se acumulan.

5.7. Temperatura

Las condiciones térmicas en la superficie marina presentaron bastante uniformidad, variando de 15,5 °C a 17,6 °C. A excepción de la TSM mínima (15,5 °C), registrada en la estación 1, las demás estaciones presentaron variaciones de sólo 0,6 °C, con una distribución creciente hacia el noreste.

En el nivel de fondo la temperatura del mar presentó mayor uniformidad que en la capa superficial, con fluctuaciones de la temperatura entre 14,2 y 14,5 °C.

5.8. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto en la superficie marina varió de 4,61 mL/L a 7,38 mL/L. La distribución de las iso oxigenas fue similar a lo obtenido con la temperatura, con la mínima en la estación 1 (4,61 mL/L) y una tendencia ascendente hacia el noreste, siendo los valores obtenidos mayores al límite fijado por la Ley General Aguas.

En el fondo las concentraciones fueron homogéneas hallándose el valor mínimo en la estación 4 (0,43 mL/L).

5.9. *Circulación marina*

La circulación en la superficie marina presentó flujos con intensidades entre 2,5 cm/s y 14,1 cm/s. Las velocidades mayores se registraron en las estaciones 1, 2 y 3, ubicadas en la entrada de la zona de estudio entre Pta. Prieta y Pta. El Cielo, con direcciones hacia el este en la primera y hacia el sur las siguientes.

A 1 m del fondo la circulación marina presentó velocidades entre 0,4 y 4,4 cm/s no presentando ningún patrón respecto a la dirección.

5.10. *Nutrientes:*

Fosfatos

La concentración de fosfatos en el nivel superficial de la zona evaluada presentó valores entre 1,20 y 2,55 $\mu\text{mol/L}$. En el nivel de fondo, la concentración de fosfatos fue superior al encontrado en el nivel superficial, con valores $>$ a 1,5 $\mu\text{mol/L}$, observándose un núcleo de máxima concentración (5,44 $\mu\text{mol/L}$).

Silicatos

En la superficie marina predominaron concentraciones de silicatos de 7,02 $\mu\text{mol/L}$ a 19,52 $\mu\text{mol/L}$. En el fondo los silicatos variaron entre 13,68 - 51,93 $\mu\text{mol/L}$, presentando una distribución ascendente

hacia el sur.

Nitritos

Los nitritos en la capa superficial de la zona evaluada presentaron concentraciones bajas ($0,08 \mu\text{mol/L}$ - $0,60 \mu\text{mol/L}$). En el fondo se apreció una distribución descendente de nitritos hacia la costa, con valores de $0,19 \mu\text{mol/L}$ a $0,96 \mu\text{mol/L}$.

Nitratos

En el nivel superficial los nitratos presentaron un predominio de concentraciones homogéneas, que variaron de $0,86 \mu\text{mol/L}$ a $7,53 \mu\text{mol/L}$.

En el nivel de fondo, la parte norte y central de la zona evaluada presentaron similares características a las observadas en el nivel superficial, con valores de $3,87 \mu\text{mol/L}$ a $17,68 \mu\text{mol/L}$.

5.11. *Fitoplancton superficial*

Los volúmenes de plancton superficial oscilaron entre $0,05 \text{ mL/m}^3$ y $1,76 \text{ mL/m}^3$, presentando un promedio general de $0,44$, relacionados a temperaturas superficiales de $15,8$ a $21,4$ °C.

De los componentes principales del plancton, el fitoplancton destacó en un 60% en toda el área de estudio, compartiendo codominancias en el fito y el zooplancton en el 40% restante.

La flora planctónica se caracterizó por presentar dominancias de grupos de diatomeas de afloramiento costero y neríticas entre las que destacan: *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. didymus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. constrictus* *S. costatum*, *Thalassiosira subtilis* neríticas: *Coscinodiscus granii*, *C. granii*, *Ditylum brighwellii*, *Lithodesmium undulatum*, *Rhizosolenia robusta*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira angulata*, *T. anguste - lineata*, *T. rotula* y *Thalasionema nitzschioides*, además se encontró en toda el área: *Cylindroteca closterium*, *Odontella aurita* y *Plancktoniella sol*, esta última diatomea de aguas cálidas.

El grupo de dinoflagelados se caracterizó por la presencia de especies cosmopolitas como: *Ceratium dens*, *C. tripos*, *C. furca*, *Dinophysis caudata*, *Diplopeltopsis minor*, *P. conicum* y *P. depressum*, dinoflagelados oceánicos: *C. buceros*, *P. divergens* y *P. oceanicum*.

Los dinoflagelados productores de discoloraciones: *Prorocentrum micans* y *P. gracile* estuvieron presentes en todas las estaciones a diferencia de *Gimnodinium sanguineum*, presente en solo 2 estaciones (E- 1, 5) . También estuvo presente en las Estaciones (E 2, 5) al fitoflagelado *Eutreptiella gymnastica*.

Protoperidinium obtusum dinoflagelado indicador de aguas costeras frías (ACF), se encontró en todas las estaciones evaluadas.

6. CONCLUSIONES

- Se ha logrado desarrollar el cultivo de *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos, con el 70% de fijación de semillas en las cuerdas de cultivo, determinándose una gran diversidad de fauna y flora asociada.
- El sistema de cultivo si influye en el crecimiento del chorito negro *Semimytilus algosus*, comprobándose la hipótesis planteada.
- Los parámetros de crecimiento del chorito negro en sistemas suspendidos fueron $L_{\infty} = 94,50$ mm, $t_0 = 0,4$ y $K = 2,40/\text{año}$, con características oceanográficas propias del afloramiento costero (ACF).

7. RECOMENDACIONES

- Promover el cultivo del chorito negro *Semimytilus algosus* como una alternativa real y sostenible a la actividad extractiva artesanal.
- Orientar los estudios hacia la determinación de nuevos recursos para complementar la deficiencia proteica de origen animal en la alimentación humana; y, como alimento complementario para el cultivo de otros organismos.
- Es importante evaluar la biotecnología de cultivo; así como sus ventajas y desventajas, en otras especies de moluscos endémicos.

8. FUENTES DE INFORMACIÓN

- ALAMO, V.V. & V. VALDIVIESO 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú.
Boletín extraordinario Instituto del Mar del Perú. 205 p.
- ALVARADO, J.L. & J.C. CASTILLA (1996) Tridimensional matrices of mussels
Perumytilus purpuratus on intertidal platforms with varying wave forces in
central Chile. Marine Ecology Progress Series 133: 135 -141.
- AMADOR DEL ÁNGEL. L. E. 1, CABRERA RODRÍGUEZ, P. 2, GUEVARA-CARRIÓ, E.
1, MORENO, L. E. 1, VIVEROS, J. 1, Y ANTONIO DE LA CRUZ 1. 2003.
Cultivo experimental del Mejillón Curvo (*Ischadium recurvum* Rafinesque,
1820) en la Laguna de Términos, Campeche (México). 1 Facultad de
Ciencias Pesqueras, Universidad Autónoma del Carmen (México) 2 Manejo
Acuícola Responsable A.C. (México). Pp: 245 – 251.
- CANCINO, J. & R. BECERRA 1978. Antecedentes sobre la biología y tecnología del
cultivo de *Aulacomya ater* (Molina,1872) (Mollusca: Mytilidae). Biología
Pesquera (Chile) 10: 27-45.
- CARCELLES A & S WILLIAMSON 1951. Catálogo de los Moluscos Marinos de la
Provincia Magallánica. Revista del Instituto Nacional de Investigación de las
Ciencias Naturales. Ciencias Zoológicas, Tomo II(5):225-382.
- CISNEROS, R., BAUTISTA, J. y CRISTIAN SANTOS. 1997. Avances en el cultivo de la
almeja *Protothaca thaca* en ambiente natural. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú N°*
57. 20 pp.
- FAO 2003, El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2002. FAO Documentos
Técnicos de Pesca SOFIA, Roma.

FAO 2006, Van Anrooy, R., Secretan, P.A.D; Lou, Y.; Roberts, R.; Upare, M. Review of the current state of world aquaculture insurance. FAO Fisheries Technical Paper: N° 493. Rome, FAO. 2006. 92p.

FAO 2007, The state of world aquaculture 2006. Documentos Técnicos de Pesca. SOFIA. Roma.

FAO 2006-2008. National Aquaculture Sector Overview - Visión General del Sector Acuicola Nacional - España. Text by Gonzalez Serrano, J.L. In *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 1 Feb 2005. [Cited 21 Jul 2008]. <http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_spain/es>

GAYANILO, F.C.JR., P. SPARRE AND D. PAULY.1995. THE FAO ICLARM Stocks Assessment Tools (FISAT) User`Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) No 8, Rome, 186 pp.

GOONZALEZ, J., VILLAGRA, J., HINOJOSA, M. and BECERRA, R., 1980. Potencialidad del cultivo en balsa de *Semimytilus algosus* (Gould) 1850 (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae), en la Bahía de Concepción. Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo.

GUTIERREZ M & GALLARDO C, 1999. Prey attack, food preference and growth in juveniles of the edible muricid snail, *Chorus giganteus*, *Aquaculture*, Volume 174, Issues 1-2, Pages 69-79.

GUZMÁN, N., SAÁ, S. & LUC ORTLIEB. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastrópoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23° S (Chile). *Estudios Oceanológicos* 17:17-86. Universidad de Antofagasta.

LASIAK T, 1992. Bucephalid trematode infections in mytilid Bivalves from the rocky intertidal of southern Chile, *Journal of Molluscan Studies*, Volume 58, Number 1.

MARINCOVICH, L. (1973) Intertidal mollusks of Iquique, Chile. Natural History Museum of Los Angeles County Science Bulletin 16: 1-49.

MÉNDEZ, M. & CANCINO J., 1990. Preferencias alimentarias de ejemplares postmetamórficos y juveniles de *Conchololepas conchololepas* - Revista de Biología Marina, Valparaíso.

MORALES, C.E. & ANTEZANA, T. 1983 Diet selection of the chilean stone crab *Homalaspis plana*. Marine Biology Volume 77, Number 1: 79-83.

MORENO CA, 1995. Benthic macroalgae as a refuge from predation for recruits of the mussel *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) in Southern Chile. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 191: 181-193.

OLSSON, AA 1961. *Mollusks of the tropical eastern Pacific, Panamic Pacific Pelecypoda*. Paleontological Research Institute, Ithaca, New York. 574 p.

PAREDES, C. & J. TARAZONA (1980) Las comunidades de Mytilídeos del medio litoral rocoso del Departamento de Lima. Revista Peruana Biológica 2 (1): 59-72.

PAREDES, C. 1974. Contribución al conocimiento de los invertebrados del litoral rocoso del Departamento de Lima con estudio especial al de la biocenosis de Mytilídeos. TESIS. Univ. Nac. Mayor de San Marcos.

PEREIRA, L., (1996). Tecnología de cultivo de bivalvos en ambiente natural. Apuntes 9^{vo} Curso Internacional de Cultivo de Moluscos. 21 oct-15 nov. 1996. Pag. 139-170.

RAMORINO L & CAMPOS B, 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile (Mollusca: Bivalvia) - Revista de Biología Marina, Valparaíso.

ROBLES, A., M. MÉNDEZ y G. SÁNCHEZ. (1988). Captación de moluscos en bahía de Paracas, Perú: 177-180. En Salzwedel y Landa (eds). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. IMARPE Callao-Perú. 13 pag.

- RUDOLPH, A & RUDOLPH, MI 1993, Preliminary assays on cytochrome P sub(450) in bivalve molluscs at the coastal zone of the eighth region, Central Chile. *Revista de Biología Marina [REV. BIOL. MAR.]*, Vol. 28, no. 2, pp. 261-269.
- SANTOS, C., LEPEZ, I. y E. BUSTOS. 1999. "La navaja en la VIII Región: Cultivo de engorde". FONDEF D9611095. Universidad de Concepción, Instituto de Fomento Pesquero. 20 pp.
- SOOT-RYEN T 1959. Pelecypoda. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. *Lunds Universiteit Arsskrift N.F. Avd: 2*, vol. 55, N° 6, 83 p.
- SOTO, R. 1985. Efectos del fenómeno El Niño 1982-83 en ecosistemas de la I Región. *Invest. Pesq. (Chile)*, 32: 199-206.
- SPARRE, P Y S. VENEMA. 1995. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. DANIDA - FAO. Valparaíso (Chile), 420 pp.
- TARAZONA, J., C. PAREDES, L. ROMERO Y S. GUZMÁN. 1988. La recolonización de las comunidades de Mytilidos en la costa central del Perú después de El Niño 1982-83. En: H. Salzwedel y A. Landa (eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*, Vol. extraordinario: 115-120.
- TOKESHI, M, & ROMERO L, 1995b. Quantitative analysis of foraging behaviour in a field population of the South American sun-star *Heliaster helianthus*, *Marine Biology*, Volume 122, Number 2.
- TOKESHI M, 1991. Extraoral and intraoral feeding: flexible foraging tactics in the South American sun-star, *Heliaster helianthus*. *Journal of Zoology*, 225, 339-347.

- TOKESHI M, C. ESTRELLA and C. PAREDES 1989, Feeding ecology of a size-structured predator population, the South American sun-star *Heliaster helianthus*. *Marine Biology*, Volume 100, Number 4.
- TOKESHI M, ROMERO L & TARAZONA J. 1989. Spatial Coexistence of Mussel-Associated, Free-Ranging Polychaetes in a Subtropical Intertidal Habitat *The Journal of Animal Ecology*, Vol. 58, No. 2), pp. 681-692.
- TOKESHI M. 1989 Development of a Foraging Model for a Field Population of the South American Sun-Star *Heliaster helianthus* *The Journal of Animal Ecology*, Vol. 58, No. 1 (Feb., 1989), pp. 189-206.
- TOKESHI M. 1995. Polychaete abundance and dispersion patterns: a non-trivial 'infaunal' assemblage on the Pacific South American rocky shore. *Marine Ecology Progress Series*, 125, 137-147.
- TOKESHI M., ESTRELLA C Y J TARAZONA 1988. Estudio Preliminar de las Relaciones Predador-Presa en *Heliaster helianthus* (Asteroidea: Echinodermata). 140-145 p. *Memorias del 2do Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (COLACMAR) 17-21 Agosto 1987, Lima, Perú. Tomo I. Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Editores: Horst Salzwedel y Antonio Landa. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. extraordinario, 1-382.*
- TOKESHI, M. & ROMERO L., 2000. Spatial Overlap and Coexistence in a Mussel-Associated Polychaete Assemblage on a South American Rocky Shore. *Marine Ecology*, Volume 21, Numbers 3-4, pp. 247-261(15). Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli, BlackwellSynergy.
- TOKESHI, M. & ROMERO, L. 1995a. Filling a gap: dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. *Marine Ecology Progress Series* 199: 167-176.

- TOMICIC, J.J. 1968. La cholga de los bancos de Mejillones. *Apuntes Oceanológicos* 4: 14-15.
- TOMICIC, J.J. 1985. Efectos del fenómeno El Niño 1982-83 en las comunidades de la Península de Mejillones. *Investigaciones Pesqueras (Chile)* 32: 209-213.
- UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE. 1996. "9^{vo} Curso Internacional en Cultivo de Moluscos". Coquimbo – Chile. Pag. 139 – 170.
- URRUTIA, G. &, NAVARRO, J. M. 2001. Patterns of shell penetration by *Chorus giganteus* juveniles (Gastropoda:Muricidae) on the mussel *Sem. J.Exp.Mar.Biol.Ecol*; 258 : 141-153.
- VIVIANI, C. A, 1975. Las comunidades marinas litorales en el norte grande de Chile - Publ. Ocasional, Lab. Ecol. Marina, Iquique.

9. ANEXOS

Tabla 1. Estadística descriptiva de los muestreos biométricos. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos, en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco - Perú. (Periodo de siembra).

	Muestreo							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Numero (medidos)	285	304	294	337	339	325	303	301
Promedio (mm)	28,8	47,9	61,2	68,0	72,4	76,3	77,8	78,3
Desviación estándar	5,4	7,3	7,7	7,5	7,3	7,1	6,8	6,8
Minimo	16	27	35	40	48	52	55	58
Máximo	44	64	78	85	92	93	94	95

Tabla 2. Composición química muestral de la especie (ITP). Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos, en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco - Perú.

	M 1	M 2	promedio
Humedad	80,74	79,97	80,36
Grasa	2,51	2,39	2,45
Proteína	14,5	14,07	14,29
cenizas	2,27	2,38	2,33

Tabla 3. Parámetros oceanográficos a nivel de superficie y cerca al fondo, y ubicación geográfica de las estaciones. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

Estación.	Latitud	Longitud	Prof (m)	Temp. (°C)	Oxígeno (mL/L)	Fosfatos (µg-at/L)	Silicatos (µg-at/L)	Nitratos (µg-at/L)	Nitritos (µg-at/L)	SST (mg/L)	pH (µg-at/L)	Vol. Plankton (mL/m3)
1	13°55'48.7"	76°19'15.8"	0	19,4	5,22	2,17	10,11	3,28	0,44	10,57	8,01	1,76
			24	15,4	0,83	3,28	24,78	8,93	0,54	6,4	7,73	—
2	13°55'59.2"	76°18'12.5"	0	20,8	6,22	1,88	7,2	2,05	0,18	10,89	8,16	0,66
			16	15,8	1,21	2,46	20,14	6,55	0,42	3,63	7,74	—
3	13°55'06.1"	76°18'25.7"	0	20,9	6,47	1,93	15,85	1,42	0,16	11,69	8,18	0,84
			15	15,9	1,16	3,37	51,93	9,65	0,44	9,35	7,75	—
4	13°54'47.2"	76°17'48.1"	0	21,4	6,32	1,98	7,02	1,75	0,2	17,2	8,2	1,12
			13	15,9	1,2	5,4	28,7	8,33	0,78	21,14	7,78	—
5	13°54'42.6"	76°18'46.5"	0	20,7	6,08	2,36	9,66	2,29	0,26	12,1	8,15	1,01
			15	16,0	1,39	2,75	19,32	8,11	0,42	7,66	7,78	—

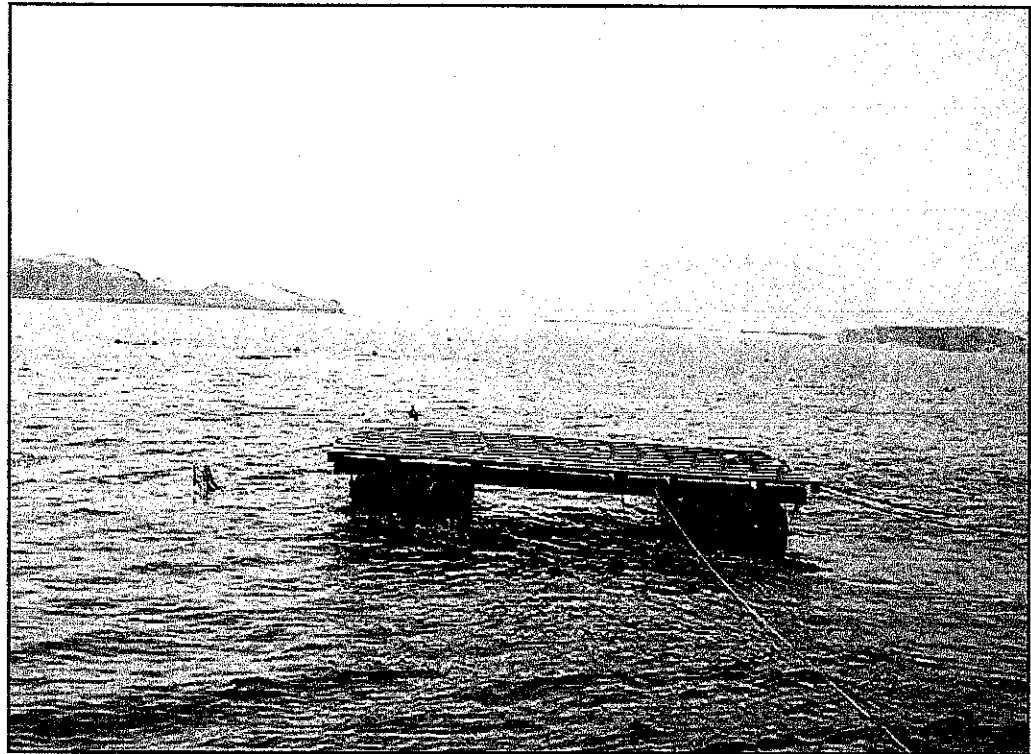


Fig. 3 Balsa de madera (28 m²). Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

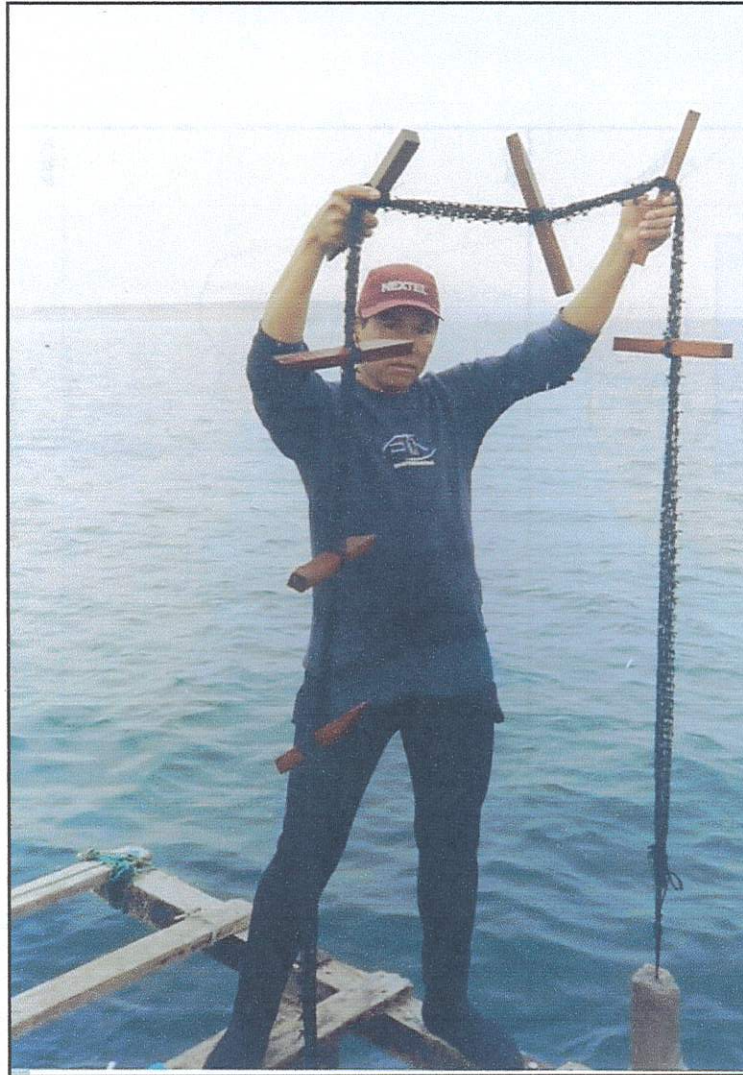


Fig. 4 Cuerda de cultivo (paño anchovetero, estacas de madera y lastre). Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa “El Raspón” Lagunillas, Pisco – Perú.

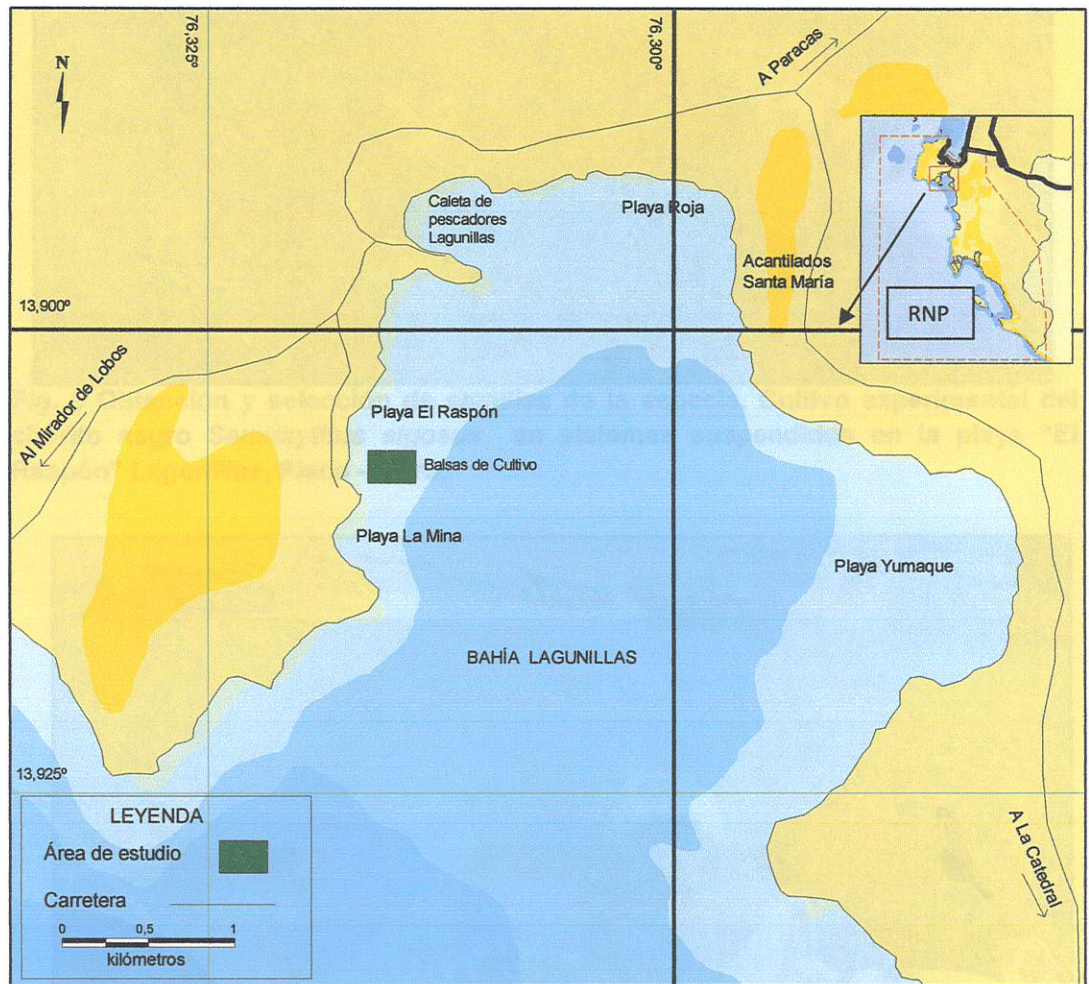


Fig. 5 Ubicación geográfica de las balsas en el área de estudio. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa “El Raspón” Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 6 Obtención y selección de semillas de la especie. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 7 Encordadora manual. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 8 Encordado manual. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 9 Ejemplares del bivalvo fijados en las cuerdas de embisamiento sumergidas. Nótese que la gasa de algodón está parcialmente degradada. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 10 Muestreo biométrico de la especie proveniente de las cuerdas de embisamiento. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.



Fig. 11 Muestreo biológico de la especie proveniente de las cuerdas de embisamiento. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

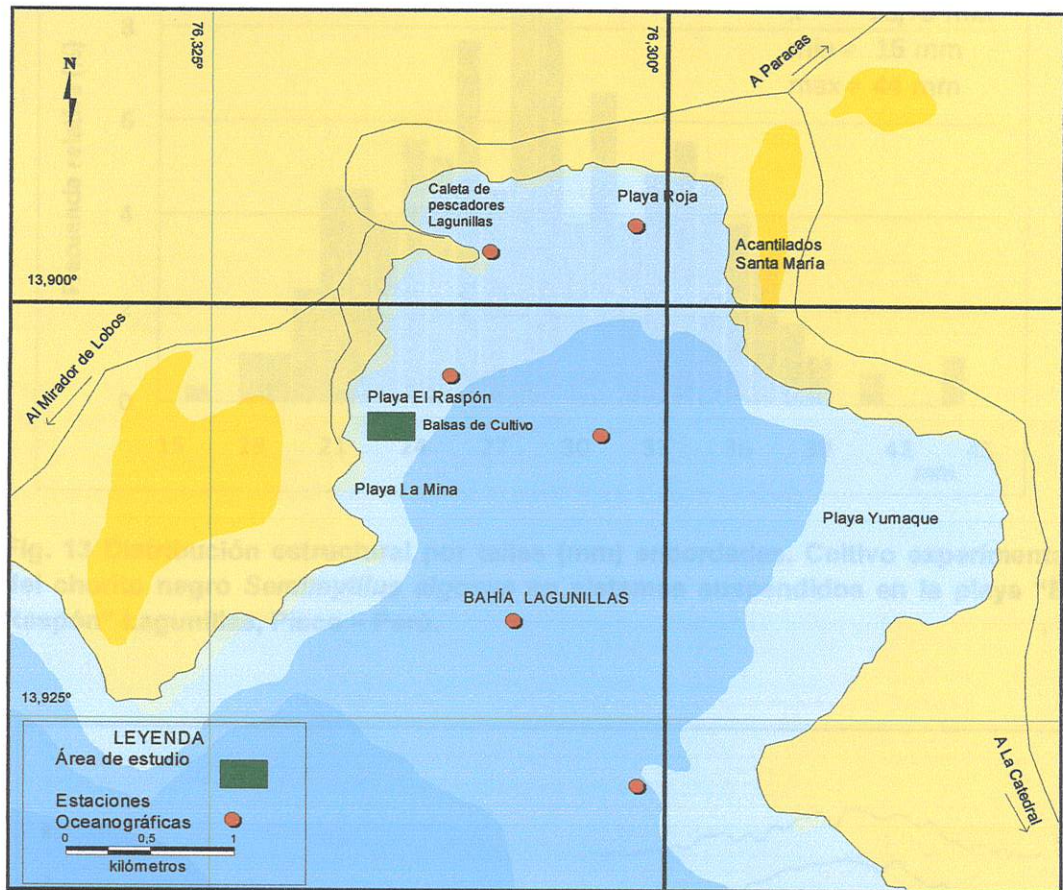


Fig. 12 Estaciones de muestreo oceanográfico en bahía Lagunillas. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

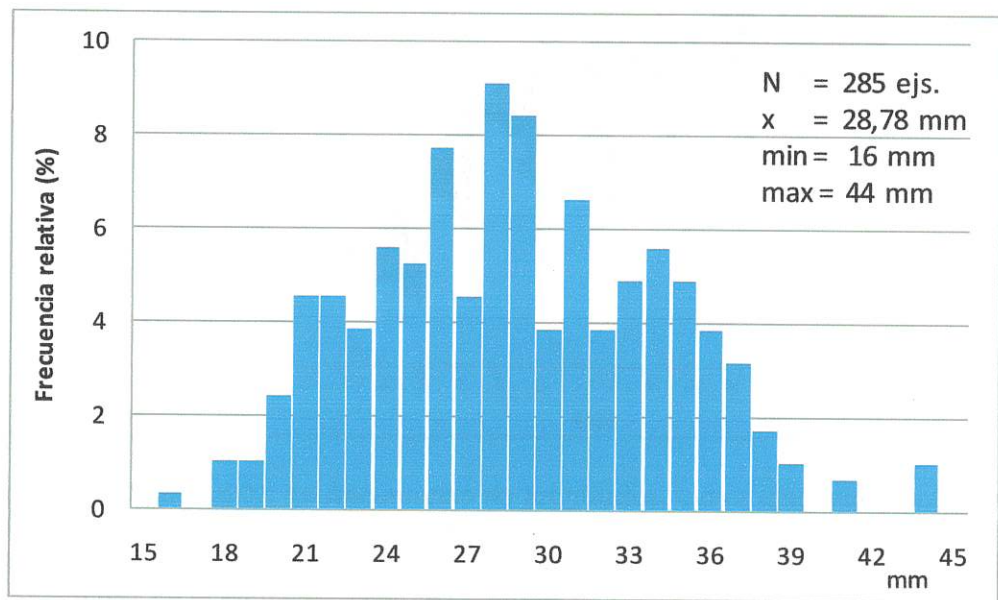


Fig. 13 Distribución estructural por tallas (mm) encordadas. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco - Perú.

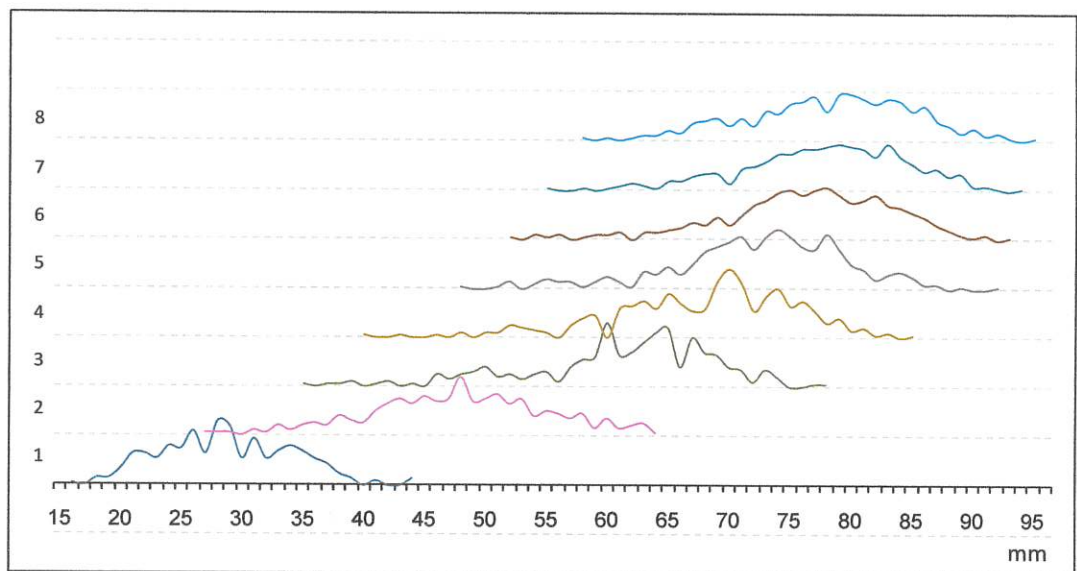


Fig. 14 Progresión de tallas (mm) obtenidas de ocho muestreos biométricos. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco - Perú.

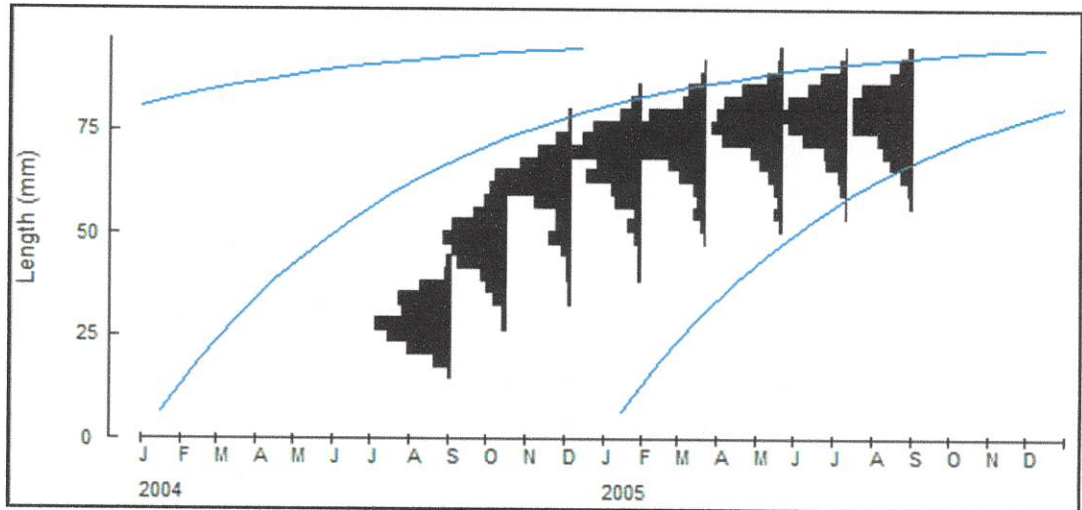


Figura 15. Distribución de frecuencias de longitudes, curva ajustada y parámetros de crecimiento según von Bertalanffy ($L_{\infty} = 94,5$; $K = 2,4$; $t_0 = 0,4$); obtenidos con FISAT II. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa “El Raspón” Lagunillas, Pisco – Perú.

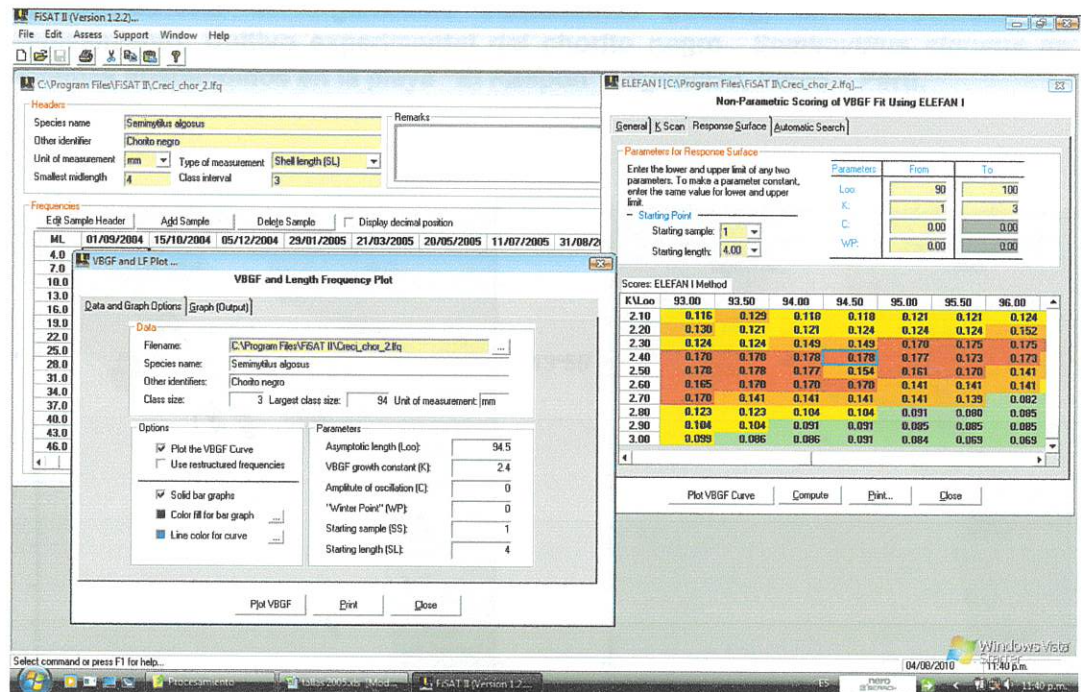


Fig. 16 Imagen del software para determinar los parámetros de crecimiento. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa “El Raspón” Lagunillas, Pisco – Perú (FISAT II).



Fig. 17 Colecta de organismos incrustantes (fouling) en las cuerdas de embisamiento. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

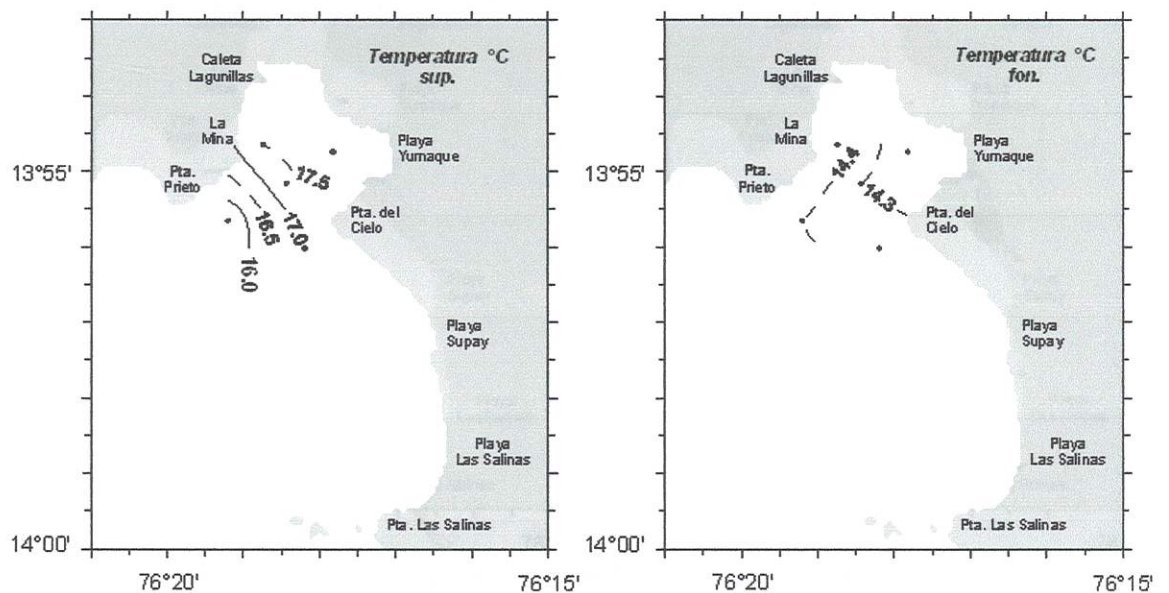


Fig. 18 Distribución de la temperatura, a nivel de superficie y cerca al fondo en bahía Lagunillas. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

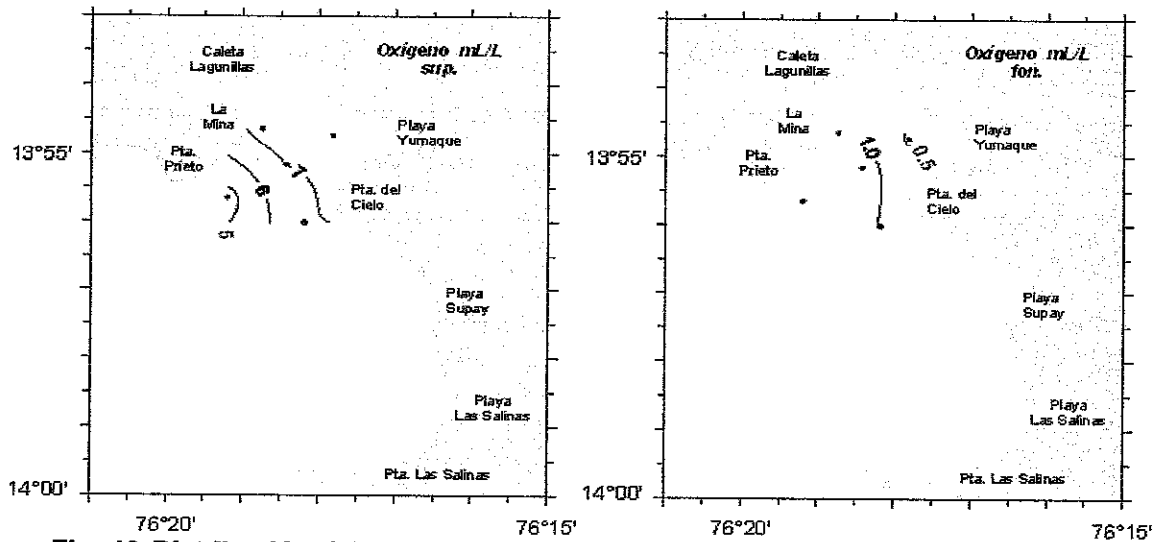


Fig. 19 Distribución del oxígeno, a nivel de superficie y cerca al fondo en bahía Lagunillas. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

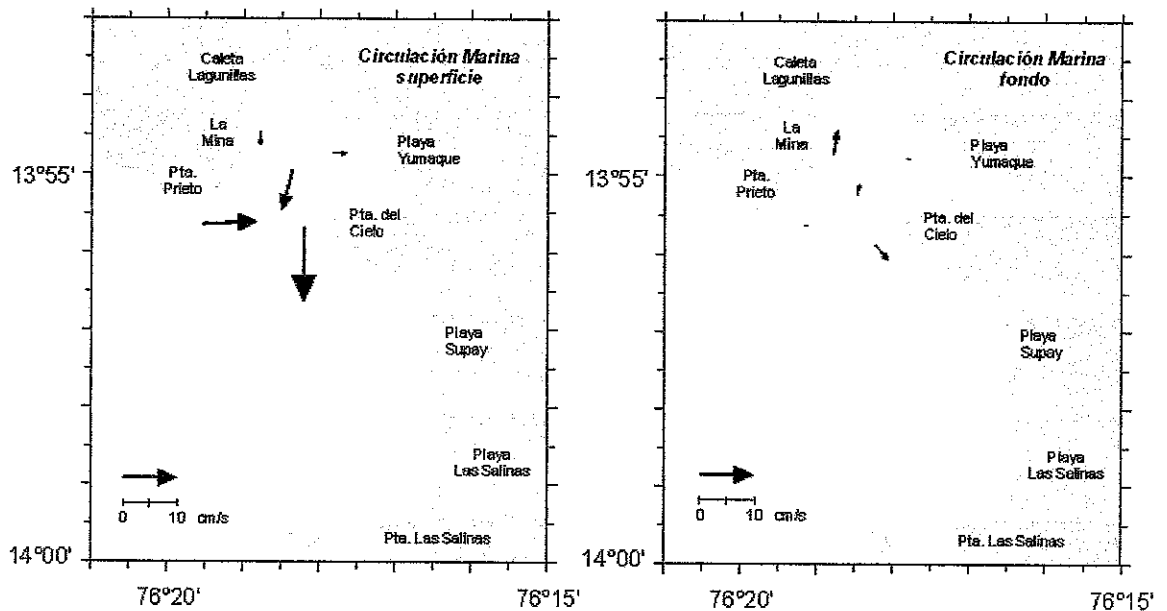
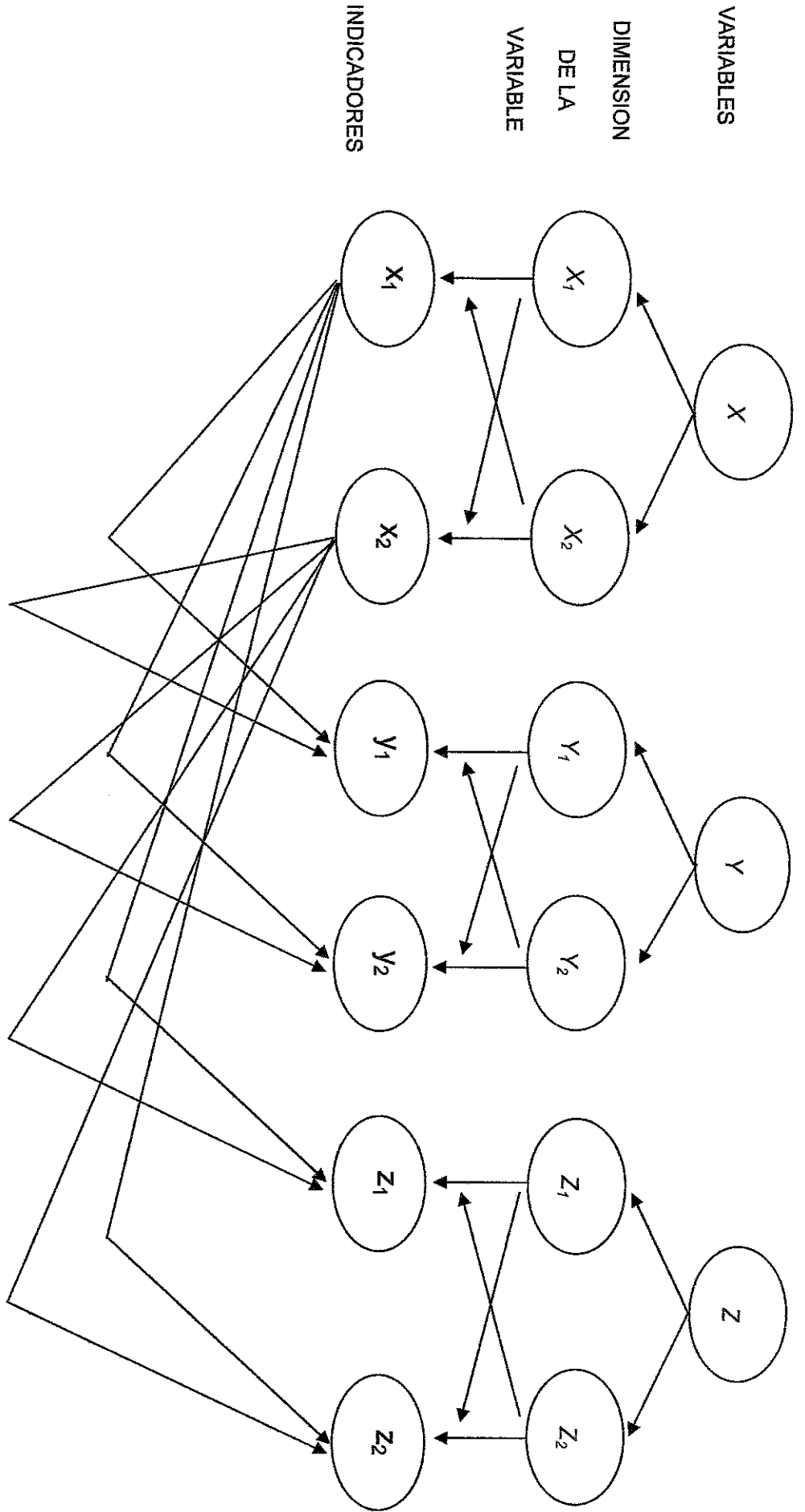


Fig. 20 Distribución de la circulación marina, a nivel de superficie y cerca al fondo en bahía Lagunillas. Cultivo experimental del chorito negro *Semimytilus algosus* en sistemas suspendidos en la playa "El Raspón" Lagunillas, Pisco – Perú.

OPERATIVIDAD DE VARIABLES



DISEÑO DE LA INVESTIGACION (1)

HIPOTESIS	TIPO DE HIPOTESIS	TIPO DE ESTUDIO	UNIDAD DE OBSERV.	ESTRUCTURA DE LA HIPOTESIS		OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
				VARIABLES		DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE			DE LA VARIABLE DEPENDIENTE		
				INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSION DE LA VARIABLE	INDICADOR	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSION DE LA VARIABLE	INDICADOR
Es posible cultivar el chorito negro <i>Seminythilus algosus</i> en sistemas suspendidos	Asociativa con relación de dependencia	Aplicada Experimental	Juveniles de Chorito negro	Sistema de Cultivo Suspendido	Crecimiento	X Sistema de Cultivo Suspendido	X ₁ X ₂	Suspendido Natural	Y Crecimiento	Y ₁ Y ₂	Talla Peso

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN (2)

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			MANEJO DE VARIABLES			PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS			PLAN DE ANÁLISIS	
DE LA VARIABLE INCURRENTE O INTERVENIENTE			PRINCIPAL		EXTRAÑOS	SUJETO DE ESTUDIO		FUENTE		INSTRUM.
VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSION DE LA VARIABLE	INDICADOR	CONTROL EXPERIM.	DEFINICION OPERAC.	NIVEL DE CONTROL	DE ESTUDIO	FUENTE	INSTRUM.	FRECUE.	PLAN DE ANÁLISIS
Z Condiciones Negativas del Medio	Z ₁	Parámetros Abióticos Negativos	SI	Operacional	Experimental	Juveniles de Chorrillo Negro	Directa : Observación	Fichas de evaluación biótica y abiótica	Prospectiva Longitudinal	Descriptivo Estadístico
		Fenómenos naturales					Recolección de Formatos de medición de peso, Manipulación	medición de peso, monitoreo ambiental e Internet		
	Z ₂						Medición y Análisis Estadístico			