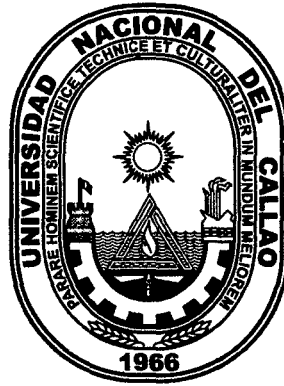


T/639.2/C26

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA PESQUERA



**"CRECIMIENTO OPTIMO DE
TILAPIA ROJA *Oreochromis spp.* A DIFERENTES
DENSIDADES DE CULTIVO EN AGUA DE MAR"**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO PESQUERO

CÁRNICA HUAMAN, FRANKLIN

CALLAO – PERU

2007

“Crecimiento optimo de tilapia roja *Oreochromis spp.* a diferentes densidades de cultivo en agua de mar”

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

Pascual Cárnica Lázaro

Estela Huamán Tupac

quienes siempre me brindaron

su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme y apoyarme en momentos de mi desarrollo personal y durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Gloria A. Gutiérrez por su apoyo, dirección y amistad durante el desarrollo del trabajo de Investigación, también a la participación del Lic. Alfredo Salinas Moreno, por las sugerencias en la interpretación estadística de los resultados.

Mis agradecimientos a los Ing. Antonio Mariluz, Ing. Walter Tarazona, Sr. Juan Palacios L. y al resto de los trabajadores del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos por sus servicios y especialmente por su gran Amistad.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
LISTA DE FOTOS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
EL PROBLEMA	3
1.1 Formulación y definición del problema	3
1.2 Justificación	4
1.3 Importancia	6
CAPITULO II	
OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivos específicos	7

CAPITULO III

MARCO TEORICO	8
3.1 Antecedentes del problema	8
3.1.1 Densidad de siembra	8
3.2 Bases Teóricas	13
3.2.1 Antecedentes Biológicos	13
3.2.1.1 Hábitat	16
3.2.1.2 Temperatura	18
3.2.1.3 Salinidad	19
3.2.1.4 Oxígeno	21
3.2.1.5 pH	23
3.2.1.6 Alcalinidad y dureza	24
3.2.1.7 Turbidez	24
3.2.1.8 Temperamento	25
3.2.1.9 Hábitos Alimenticios	25
3.2.1.10 Hábitos reproductivos	27
3.2.2 Tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i>	28
3.2.2.1 Historia	28
3.2.2.2 Características Biológicas	31
3.2.3 Tilapia Roja	36
3.2.3.1 Tilapia Roja en el Perú	36
3.2.3.2 Aclimatación	37
3.2.3.3 Alimentación	41

3.3	Definiciones de Términos Básicos	41
CAPITULO IV		
VARIABLES E HIPÓTESIS		
4.1	Variables	44
4.1.1	Independientes	44
4.1.2	Dependientes	44
4.2	Hipótesis	44
CAPITULO V		
LA METODICA		
5.1	Tipo de investigación	46
5.2	Nivel de investigación	46
5.3	Diseño de investigación	46
5.4	Población	47
5.5	Muestra	47
5.6	Descripción de la experimentación	47
5.6.1	Lugar y periodo del experimento	47
5.6.2	Material Biológico	48
5.6.3	Material de Laboratorio	48
5.6.4	Adquisición y Transporte de Alevines	49
5.6.5	Aclimatación	49
5.6.6	Descripción de las Unidades Experimentales	50

5.6.7 Almacenamiento del agua de mar	50
5.6.8 Siembra de Alevines	51
5.6.9 Limpieza y recambio de agua de mar	53
5.6.10 Alimentación	54
5.6.11 Frecuencia de Alimentación	54
5.6.12 Análisis Físico-Químico del agua de mar	54
5.6.13 Controles Biométricos	55
5.6.14 Evaluación de la dieta	56
5.7 Técnicas de recolección de datos	57
5.8 Instrumentos de recolección de datos	58
5.9 Procesamiento de datos	58
5.10 Análisis y presentación de resultados	59

CAPITULO VI

PRUEBA DE HIPÓTESIS	62
6.1 Formulación de hipótesis nulas y alternas	62
6.2 Selección de las pruebas estadísticas	63
6.3 Condiciones para rechazar o aceptar las hipótesis	64
6.4 Nivel de significancia	64
6.5 Prueba de significancia	64
6.6 Comprobación de hipótesis	64

CAPITULO VII

RESULTADOS	65
7.1 De los objetivos	65
7.2 Análisis comparativo de resultados	70

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
8.1 Conclusiones	75
8.2 Recomendaciones	76

CAPITULO IX

FUENTES DE INFORMACIÓN	78
-------------------------------	----

APÉNDICE**ANEXOS**

- Tabla de Alimentación de NICOVITA
- Catastro Acuícola (2006)
- Temperaturas superficiales del agua de mar en zona norte del Perú (2003 y 2006)
- Salinidad del Agua de mar (Agosto y Noviembre 2006)
- Clorofila "A" Agosto (2006)
- Datos Importantes de Tilapia Roja
- Condiciones Oceanográficas frente a las costas del Perú (año 2000).
- Oxígeno Disuelto, nutrientes y clorofila-a del mar peruano (Mayo 2000).

LISTA DE FOTOS

Foto N° 1	Tanques de concreto para el almacenamiento del agua de mar	85
Foto N° 2	Termostatos que se utilizaron para elevar la temperatura del agua de mar.	85
Foto N° 3	Limpieza y cambio total del agua de mar	86
Foto N° 4	Lavado de Termostatos y piedras difusoras	86
Foto N° 5	Lavado de los acuarios con abundante agua	87
Foto N° 6	Llenado del acuario con agua de mar	87

LISTA DE FIGURA

Figura N° 1	Relación de longitud y tiempo de evaluación (0.42 kg/m ³)	91
Figura N° 2	Relación de longitud y tiempo de evaluación (0.48 kg/m ³)	91
Figura N° 3	Relación de longitud y tiempo de evaluación (0.56 kg/m ³)	91
Figura N° 4	Relación de peso y tiempo de evaluación (0.42 kg/m ³)	92
Figura N° 5	Relación de peso y tiempo de evaluación (0.48 kg/m ³)	92
Figura N° 6	Relación de peso y tiempo de evaluación (0.56 kg/m ³)	92
Figura N° 7	Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.	93
Figura N° 8	Curva de crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de pre-cría a diferentes densidades de carga.	96

Figura N° 9	Relación de longitud y tiempo de evaluación (2.53 kg/m ³)	97
Figura N° 10	Relación de longitud y tiempo de evaluación (3.22 kg/m ³)	97
Figura N° 11	Relación de longitud y tiempo de evaluación (4.06 kg/m ³)	97
Figura N° 12	Relación de peso y tiempo de evaluación (2.53 kg/m ³)	98
Figura N° 13	Relación de peso y tiempo de evaluación (3.22 kg/m ³)	98
Figura N° 14	Relación de peso y tiempo de evaluación (4.06 kg/m ³)	98
Figura N° 15	Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.	99
Figura N° 16	Curva de Crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de crecimiento a diferentes densidades de carga.	102
Figura N° 17	Relación de longitud y tiempo de evaluación (4.79 kg/m ³)	103
Figura N° 18	Relación de longitud y tiempo de evaluación (7.35 kg/m ³)	103

Figura N° 19	Relación de longitud y tiempo de evaluación (9.14 kg/m ³)	103
Figura N° 20	Relación de peso y tiempo de evaluación (4.79 kg/m ³)	104
Figura N° 21	Relación de peso y tiempo de evaluación (7.35 kg/m ³)	104
Figura N° 22	Relación de peso y tiempo de evaluación (9.14 kg/m ³)	104
Figura N° 23	Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.	105
Figura N° 24	Curva de crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de engorde a diferentes densidades de carga.	108

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1	Densidades de Carga al comenzar cada etapa (Pre-cría, Crecimiento y Engorde)	88
Tabla N° 2	Biomasa Final al finalizar cada etapa (Pre-cría, Crecimiento y Engorde)	89
Tabla N° 3	Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de pre-cría.	90
Tabla N° 4	Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de Crecimiento.	90
Tabla N° 5	Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de engorde.	90
Tabla N° 6	Evaluación de la longitud (cm) durante 56 días según los tratamientos en la etapa de pre-cría.	91
Tabla N° 7	Evaluación del peso (g) durante 56 días según los tratamientos en la etapa de pre-cría.	92
Tabla N° 8	Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 56 días según los tratamientos en la etapa de pre-cría.	94

Tabla N° 9	Evaluación de la Tasa de crecimiento diario (g/día) durante 56 días según los tratamientos en la etapa de pre-cría.	94
Tabla N° 10	Evaluación de la ganancia de peso durante 56 días en la etapa de pre-cría.	95
Tabla N° 11	Factor de condición en la etapa de pre-cría.	95
Tabla N° 12	Evaluación de la longitud (cm) durante 84 días según los tratamientos en la etapa de crecimiento.	97
Tabla N° 13	Evaluación del peso (g) durante 84 días según los tratamientos en la etapa de crecimiento.	98
Tabla N° 14	Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 84 días según los tratamientos en la etapa de crecimiento.	100
Tabla N° 15	Evaluación de la Tasa de crecimiento diario (g/día) durante 84 días según los tratamientos en la etapa de crecimiento.	100
Tabla N° 16	Evaluación de la ganancia de peso durante 84 días en la etapa de crecimiento.	101
Tabla N° 17	Factor de condición en la etapa de crecimiento.	101

Tabla N° 18	Evaluación de la longitud (cm) durante 47 días según los tratamientos en la etapa de engorde.	103
Tabla N° 19	Evaluación del peso (g) durante 47 días según los tratamientos en la etapa de engorde.	104
Tabla N° 20	Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 47 días según los tratamientos en la etapa de engorde.	106
Tabla N° 21	Evaluación de la Tasa de crecimiento diario (g/día) durante 47 días según los tratamientos en la etapa de engorde.	106
Tabla N° 22	Evaluación de la ganancia de peso durante 47 días en la etapa de engorde.	107
Tabla N° 23	Factor de condición en la etapa de engorde.	107

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura - Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos - Universidad Nacional del Callao del 14 de Junio al 18 de diciembre del 2003.

Los ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* revertidos sexualmente con la hormona 17- α metil-testosterona fueron adaptados a agua de mar en un periodo de 7 días.

Para el inicio de la parte experimental se utilizó ciento ochenta alevines con pesos iniciales de 2.91 ± 0.30 g los cuales fueron distribuidos en 3 tratamientos con sus respectivas replicas, cada tratamiento estaba conformado por 3 replicas.

Cada tratamiento estuvo conformada por tres diferentes densidades de carga: En la etapa de pre-cría 16, 20 y 24 individuos/acuario equivalente a 0.42 kg/m^3 , 0.48 kg/m^3 y 0.56 kg/m^3 respectivamente; para la etapa de crecimiento 10, 14 y 18 individuos/acuario equivalente a 2.53 kg/m^3 , 3.22 kg/m^3 y 4.06 kg/m^3 ; y para la etapa de engorde 6, 10 y 14 individuos/acuario equivalente a 4.79 kg/m^3 , 7.35 kg/m^3 y 9.14 kg/m^3 .

El experimento en sus tres etapas tuvo un periodo de 187 días y durante este periodo se utilizó alimento balanceado extrusado con diferentes niveles de proteína que vario de 32 a 35 %.

Para la etapa de pre-cría mediante el análisis estadístico a un nivel de significancia del 95% se determinó que los tres tratamientos son significativamente diferentes. La densidad de carga para la etapa de pre-cría que da mejores ganancias de peso son del tratamiento de 0.42 kg/m^3 , además con longitud y peso promedio final de $10.58 \pm 1.37 \text{ cm}$ y $23.23 \pm 8.71 \text{ g}$ respectivamente, en 56 días de evaluación.

La temperatura que fluctuó entre 25.1 a $27.5 \text{ }^\circ\text{C}$, el oxígeno disuelto de 6.5 a $7.1 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y el pH varió entre 7.32 a 8.06 .

En la etapa de crecimiento mediante el análisis estadístico a un nivel de significancia del 95% se determinó que los tres tratamientos son significativamente diferentes. La densidad de carga para la etapa de crecimiento que da mejores ganancias de pesos son del tratamiento de 2.53 kg/m^3 , además con longitud y peso promedio final de $17.28 \pm 1.52 \text{ cm}$ y $83.47 \pm 21.30 \text{ g}$ respectivamente, en 84 días de evaluación.

La temperatura que fluctuó entre 25.4 a $27.8 \text{ }^\circ\text{C}$, el oxígeno disuelto de 6.6 a 7.8 mg/l y el pH varió entre 6.98 a 8.23 .

Para la etapa de engorde mediante el análisis estadístico a un nivel de significancia del 95% podemos concluir aunque no hubo diferencia significativamente entre las ganancias de pesos, pero teniendo una ganancia de peso y un Factor de Condición mayor que los otros dos tratamientos, concluimos que el tratamiento con una densidad carga de 7.35 kg/m^3 da mejores resultados en crecimiento para la etapa de engorde.

INTRODUCCIÓN

La tilapia, debido a las muchas características que posee, se ha convertido en un pez de primera importancia para el cultivo en muchas partes del mundo.¹

El cultivo de este pez y su consumo ha ido creciendo aceleradamente en los países latinoamericanos: en el caso de los Estados Unidos su carne es bien apreciada en todas las presentaciones, pero especialmente en forma de filete. En el gran mercado de los norteamericanos es el tercer producto de importación, después del camarón marino y el salmón del Atlántico.²

La producción mundial de tilapia de acuicultura, que hoy en día supera el millón de toneladas métricas, está surgiendo como un sustituto para las especies de peces blancos. Aunque el volumen de tilapia que se comercializa en los mercados europeos es relativamente pequeño.³

El cultivo de tilapia es un fenómeno reciente en el Perú, específicamente en la zona costera del país; claro ejemplo es el cultivo de tilapia roja y gris en la zona sur (Tambo de Mora-Chincha) con apoyo técnico del Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES); cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes en el reservorio de Poechos y en la zona norte el Policultivo de

¹ CHHRON, LIM, "Avances Recientes en Nutrición de Tilapia", Acuicultura del Ecuador; Revista Especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura Nº 39 Set-Oct 2000, p. 64.

² JORY, E. D. "Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica", Revista Panorama Acuícola Nº 5 Vol. 5, 2000, p. 50.

³ HEMPEL, Eric, "El Mercado de Tilapia para Europa", Acuicultura del Ecuador; Revista Especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura Nº 44 Ago-Oct 2001, p. 46.

tilapia roja y langostino (Tumbes) una alternativa a la llegada del virus de la mancha blanca a la zona langostinera.

El cultivo comercial de tilapia, presenta factores de mayor influencia en el nivel de producción, por lo que el adecuado manejo de estos factores resultará en una producción elevada de peces al terminar cada ciclo.

Entre los factores de mayor influencia tenemos: La densidad de siembra, alimentación y nutrición y la calidad de agua.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Formulación y definición del problema

La poca información y limitado desarrollo del cultivo de tilapia en el país fue gracia al D.S. N° 002-91-PE (del 7 de octubre 1991), cual prohibía el cultivo de tilapia en ambientes naturales y artificiales en todo la cuenca del amazonas, limitando los trabajos con tilapia a zonas del norte del país, el sur chico (ICA) y alrededores de la ciudad de Lima.

Mediante el Decreto Supremo N° 010-2000-PE se autorizó la siembra y cultivo de la especie tilapia en ambientes artificiales del departamento de San Martín, aprobándose con Resolución Ministerial N° 328-2000-PE el "Plan de Manejo de la tilapia" en dicho departamento.

La publicación de las Resoluciones Ministeriales N° 277-99-PE y 015-00-PE de fechas de setiembre de 1999 y 24 de enero del 2000 respectivamente, establecieron las disposiciones para el cultivo de tilapia en la costa y segundo caso daría una autorización excepcional para que las personas naturales y jurídicas que se dediquen al cultivo de langostinos en Tumbes, puedan por un periodo de 12 meses diversificar su actividad y dedicarse al cultivo

de tilapia. Es a partir del 2000, que se aprecia recién el verdadero interés del cultivo de tilapia en nuestro.⁴

El cultivo de tilapia roja en agua de mar es una alternativa en muchos otros países; y en el Perú, el desarrollo del cultivo de tilapia roja en agua de mar toma gran impulso debido al problema suscitado en los cultivos de langostino, por presencia de la mancha blanca "WHITE SPOT".

La falta de información y reportes de trabajos de investigación con tilapia roja en cuanto a su crecimiento y desarrollo en agua de mar, limita su cultivo y el mejor aprovechamiento de la especie. El interés en la tilapia roja ha motivado diferentes investigaciones en Universidades, Instituciones públicas y algunas privadas.

Encontrar la densidad de cultivo de la tilapia roja en agua de mar para el aprovechamiento de la totalidad del área, es un problema que puede ser planteada de la manera siguiente:

¿Con que densidad de carga "siembra" se logrará mejores pesos y tallas en las etapas de pre-cría, crecimiento y engorde?

1.2 Justificación

Plantear en el Perú el cultivo de tilapia roja en agua de mar, es una de las posibilidades que se puede desarrollar con el apoyo decidido

⁴ HURTADO, Nicolás, Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) "Tilapia plateada" y *Oreochromis spp.* "Tilapia roja", en aguas residuales tratadas de San Juan, 1998, p. 56.

de los trabajos de investigación piscícola los requieren dedicación y esfuerzo.

El creciente interés por el cultivo de tilapia roja se sustenta en múltiples cualidades que la hacen ideal para la actividad acuícola, entre estas cualidades se mencionan: un crecimiento acelerado, madurez sexual precoz, fácil reproducción, utilización eficiente de una amplia variedad de alimentos, tolerancia a elevadas concentraciones de salinidad, elevadas temperaturas, altas densidades de cultivo, bajo tenores de oxígeno, resistencia a condiciones desfavorables de calidad de agua y a enfermedades; además de su carne blanda y firme de excelente textura.

Una de las cualidades, es la densidad de carga que será el motivo del presente trabajo de investigación. La tilapia requiere una cierta determinada área y volumen de agua para desarrollarse, mientras se incrementa la densidad de carga menos espacio ocupará cada tilapia y por consecuencia la calidad de agua será deficiente, el acceso al alimento será limitado y perjudicará su desarrollo.

Para aprovechar al máximo todo el área en los estanques de cultivo, se tendrá que saber cuantos peces por metro cuadrado serán colocados; y para el cual se propuso evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el crecimiento de tilapia roja en agua de mar, con el objetivo de determinar el mayor crecimiento de tilapia roja en la etapa de pre-cría, crecimiento y engorde.

1.3 Importancia

La tilapia es considerada como una solución para suplir la proteína animal en la alimentación del hombre. Es un pez fácilmente adaptable al agua de mar y en algunas zonas es considerada idónea para la acuicultura marina.

El interés por el consumo de tilapia en Norteamérica y la Unión Europea, hace que la tilapia sea un producto de exportación para los países de Latinoamérica entre ellos el Perú.

El presente trabajo de investigación es de significativa importancia por que permitirá contribuir a llenar el vacío en el área piscícola del cultivo de la tilapia roja en agua de mar, y poder así incrementar el desarrollo e interés por la tilapia roja.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivos general

La investigación experimental planteada en el presente trabajo de investigación, evalúa el efecto de las diferentes densidades de carga sobre el crecimiento en talla y peso durante el cultivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua de mar.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la ganancia en peso de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de pre-cría, crecimiento y engorde.
- Determinar el índice de conversión del alimento de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de pre-cría, crecimiento y engorde.
- Determinar la tasa de crecimiento diario de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de pre-cría, crecimiento y engorde.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes del problema

3.1.1 Densidades de Siembra

Los cultivos superintensivos en la etapa de levante se hace a densidades de 50 a 100 peces/m² (según la disponibilidad de flujo de agua constante y/o aireación), los alevines con pesos iniciales de 1 g hasta 15-20 g bajo esta modalidad de cultivo pueden durar 45 días con un suministro de alimento con alto contenido proteico, con el fin de suplir la falta de alimento del medio natural. Se puede presentar mortalidades entre el 15 y 30%.⁵

En Jamaica los grandes cultivos intensivos de tilapia utilizan individuos de 0.5 a 2 g en estanques de pre-cría, a una densidad de 8-12 ejemplares/m² alcanzando un peso de 25 a 30 g al cabo de 9 semanas, utilizan aireadores e intercambio de agua, que fluctúan entre el 10% y el 40%.⁶

En otra investigación se evaluó el efecto nutricional de diferentes raciones alimenticias elaboradas a partir de un alimento comercial (AC) mezclado en diferentes proporciones con harina de cáscara

⁵ ESPEJO G., Carlos y TORRES Q., Enrique; Cultivo de las tilapias rojas (*Oreochromis spp.*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*), Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), Bogotá-Colombia 2001, pp. 294-295

⁶ TOLEDO P., Sergio J. y GARCÍA C., María C.; NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE TILAPIA CULTIVADAS EN AMÉRICA LATINA, Ministerio de Pesquería - La Habana, 1998, p. 43

de naranja (HCN), los híbridos F1 de *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, llamados vulgarmente "Tilapia Roja" y/o "Mir David de Israel, con peso promedio de 1.19 ± 0.33 g se distribuyeron ocho animales por pecera e igual número de animales para los controles, con sus respectivas replicas. Las peceras con un volumen de 128 litros se acondicionaron con filtros y se efectuó remoción continua del agua, al término del periodo de 90 días, donde se obtuvo un peso promedio de 78 g para el mejor tratamiento .⁷

El crecimiento de tilapia híbrida *O. mossambicus* x *O. niloticus* bajo condiciones de laboratorio, a diferentes salinidades en acuarios de 113 litros con peso promedio inicial de 2.32 ± 0.15 g a una densidad 20 peces/acuario obtienen un peso promedio final de 31.50 ± 2.92 g, un crecimiento diario de 0.51 ± 0.05 g/día y un índice de conversión 1.35 ± 0.07 al termino de 56 días de evaluación.⁸

Los alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* con un peso inicial de 10.13 ± 0.58 g fueron ordenados y agrupados en tanques de vidrio (75x45x40 cm) a 20 peces por tanque, por un periodo de 56 días de experimento; se reemplazó el agua total en cada tanque dos días después de cada alimento.⁹

⁷ MORENO A., M. J y col.; Alimentación de *O. mossambicus* x *O. niloticus* (Perciformes: Cichlidae) con dietas parciales de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L. var *Valencia*); Revista Wiñay Yachay, Editorial: Universidad Nacional Federico Villarreal, pp. 7

⁸ GARCIA-ULLOA M., VILLA R. y MARTINEZ T.; Growth and Feed Utilization of the Tilapia Hybrid *O. mossambicus* x *O. niloticus* Cultured at Different Salinities under Controlled Laboratory Conditions, Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara, JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, Vol. 32 Nº 1, pp. 118

⁹ NWANNA L.C.; Risk Management in Aquaculture by Feeding, leído 2003; artículo publicado de Internet en: <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin150.pdf>

El estudio fue emprendido para determinar el efecto de niveles dietéticos de tiamina en respuesta al crecimiento y hematológica de la tilapia del Nilo. Los juveniles de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* con un peso promedio de 5.3 ± 0.1 g fueron colocados en un acuario de 110 litros a una densidad 40 peces, en un periodo de 14 semanas.¹⁰

Un trabajo de investigación al evaluar el efecto de la incorporación de cinco niveles de torta de palmiste (0%, 2%, 4%, 6% y 8%) en dietas suministradas a ejemplares de tilapia roja durante el periodo experimental de 60 días, utilizan alevines con peso medio inicial de 2.80 ± 0.03 g distribuidos en un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y cinco individuos por acuario, que se alojaron en densidades de seis y doces litros por alevín, durante la primera y segunda mitad del estudio respectivamente. La ganancia de peso de 17.08 ± 0.87 g, conversión alimenticia de 1.35 ± 0.6 y una tasa de crecimiento 1.42 ± 0.03 .¹¹

En el cultivo de tilapia para la etapa de pre-cría o levante, las tilapias de un gramo son sembradas en estanque de 3.000 a 10.000 m² de área, con una densidad de 30 a 50 peces/m², por un periodo de 45 a 50 días, hasta alcanzar peso promedio de 10 a 15 gramos. Se utilizó alimento con alto nivel de proteína de 35 a 40% y

¹⁰ CHHORN Lim y col.; THIAMIN REQUIREMENT OF NILE TILAPIA *Oreochromis niloticus*, AQUACULTURE AMERICA 2000 hosted by The Louisiana Aquaculture Association, Louisiana-EE.UU. 2000, pp. 282

¹¹ AMAYA E., A. y col.; Valor Nutricional de la Torta de Palmiste en dietas prácticas para alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp*), leído 2002; artículo publicado de Internet en: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Amaya1.pdf

en tamaños de 1 a 1.5 mm de diámetro obteniendo un factor de conversión alimenticia de 1.2.¹²

En otro experimento el efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida, a la densidad de 15 alevines/m² con peso promedio de 0.4 g, en un periodo de 60 días dio como resultado peso promedio de 75.89 g y un factor de conversión relativo de 1,1.¹³

Para la etapa de pre-engorde se utilizan dos tipos de estructuras de cultivo: primero, tanques cilindrocónicos (del tipo incubador) de 400 litros, después raceways con fondo de V de 1200 litros, los alevines de 100 mg aproximadamente de 10-15 días de edad alcanzan 2.5 g a los 40 días y 25 g a los 70 días de cultivo en agua de mar. El índice económico de conversión con el granulado de lubina es de 0.9, una tasa de nutrición que paso del 7% diaria durante los primeros días y 3% diario al final del ciclo de pre-engorde.¹⁴

Para otra investigación fueron probadas híbridos de tilapia roja cultivadas en jaulas en un ambiente marino (36‰) tres dietas con diferentes niveles de harina de soya (55, 45 y 35%), como reemplazo parcial de harinas de pescado. Las tilapias fueron sembradas a una densidad de 120 peces/m³ con pesos de 4.5 a

¹² VARGAS C., WILLIAM; Cultivo de Tilapia, Nuevo León – México 2002, artículo publicado de Internet en : <http://www.soyamex.com.mx/lance%202002/Acuacultura/Presentaciones%20ppt/William%20Vargas/williamvargasok.PDF>

¹³ MEDINA J., Manuel C.; Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida en la fase de pre-engorde, en cultivo con agua salada en Tumbes – Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero, Tumbes – Perú 2001, p. 44

¹⁴ BARNABE, Gilbert; ACUICULTURA – Cultivo en agua de mar de la tilapia roja en Martinica (W.F.I.), Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España 1996, p. 788

6.0 g y se alimentaron con tres dietas diferentes, diseñadas para tres replicas de cada una y asignada al azar.¹⁵

En cultivos intensivos para la etapa de pre-engorde a densidades de 12 alevines/m² se levantan los peces de 20 g hasta 150 g. La conversión puede llegar a 1.5:1, mientras que el tiempo de cultivo se prolonga a 3.5 meses, dependiendo de la temperatura y el tipo y calidad de alimento.¹⁶

La densidad de siembra en el cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis hornorum*) en estanque sin aireación mecánica externa, fue de 5 ind./m² con un peso promedio inicial de 75 g adquiriendo un peso promedio de 262.62 g al finalizar la semana N° 10 (70 días) con una tasa de crecimiento de 2.68 g/día.¹⁷

En un experimento fueron distribuidos al azar grupos de 30 peces, con peso promedio de 30 g y longitud de 15 cm cada uno en estanques y jaulas, con carga inicial 1 kg/m³ y una densidad de 33

¹⁵ CABRERA B. Tomás y col; Cultivo del híbrido de tilapia en ambiente marino, sustituyendo harinas de pescado por soya. INP. SAGARPA. México-2001. Ciencia Pesquera N° 14. Leído Noviembre 2002; <http://www.inp.sagarpa.gob.mx/Publicaciones/Ciencia%20pesquera/ciencia15/cabrerab.pdf>

¹⁶ Cultivo de las tilapias rojas (*Oreochromis spp.*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*), Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), Bogota-Colombia 2001, p. 295

¹⁷ SALDARRIAGA Y.; David E. y ALVARADO B., Adán; Cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis urolepis hornorum*) a diferentes densidades de siembra en estanques; Tumbes-Perú 2000; Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ingeniería Pesquera.

peces/m³ respectivamente, los mejores resultados en incremento de peso se dio en jaulas con valores de 26.41 a 31.98 g.¹⁸

En Cuba las experiencias en el cultivo monosexo de tilapia durante la etapa de pre-engorde II, dice que al colocar tilapias de 100 g en 3 hectáreas, a densidad de 11 ejemplares/m² alcanzan pesos de 250 g en 90 días, con una supervivencia del 85%.¹⁹

Se evaluó el valor nutricional de la soya integral "Full Fat" incluida en porcentajes del 25, 30, 35 y 40%, para alimentación de la tilapia roja *Oreochromis sp.* Donde se utilizó 250 peces con peso promedio de 100 g, las cuales fueron alojados en 25 acuarios tipo "GUELPH" de 60 cm. de largo, 35 cm de ancho y con un piso inclinado a un ángulo de 45 grados cuya profundidad máxima era de 40 cm y la mínima de 25 cm. (cada acuario con 10 peces) para el manejo de alimentación y colecta de las heces.²⁰

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Antecedentes Biológicos

Los peces denominados genéricamente "tilapia" han recibido la mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo.

¹⁸ CAMPOSANO y col.; Evaluación de dos estándares de proteína y energía digestible en una dieta para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) bajo dos sistema de crianza, Universidad Nacional Agraria la Molina.

¹⁹ Nutrición y Alimentación de tilapia cultivadas en América Latina", Ministerio de Pesquería - La Habana, 1998, p. 33

²⁰ VICTORIA Z., Néstor Fabián; Dr. LETERME P.; ESPEJO G., Carlos; Valor Nutricional de la soya integral para la tilapia roja; Tesis Meritoria; Leído 2002: artículo publicado de Internet en : http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdf/Espejo.pdf

Los restos más antiguos de la tilapia datan de hace unos 18 millones de años y han sido encontrados en África Oriental, de donde es originaria. La civilización egipcia veneró a la tilapia como un objeto sagrado que simbolizaba la esperanza de la reencarnación. Algunas pinturas realizadas 5,000 años a.C., denotan detalladas observaciones de este pez y un bajorrelieve posterior (2,500 a.C.) indica ya la existencia de estanques para su cultivo. Una referencia bíblica (Isaías 19:10) confirma la existencia de tales estanques hacia el año 1,000 a.C.; Por otra parte, ya para entonces existían extensas pesquerías de tilapia tanto en África como en el Cercano Oriente. De hecho los relatos bíblicos de las abundantes pesquerías del Mar de Galilea se refieren precisamente a la tilapia.²¹

Los miembros del género *Tilapia* (Familia Cichlidae) han sido una importante fuente de alimento para el hombre, al menos desde que éste empezó a escribir la historia. Los peces que San Pedro recogió en el Mar de Galilea y los que Cristo dio a las multitudes eran tilapias. Un friso de una tumba egipcia, fechado 2,500 años a.C. ilustra la cosecha de tilapia y sugiere que puede haber sido obra de cultivadores. Desde esas épocas y probamente desde antes, las diferentes especies de tilapias han sido de gran

²¹ AGUILERA, P. y NORIEGA, P., LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 9.

importancia para la pesca en sus tierras nativas, el Cercano Oriente y África.²²

El nombre de tilapia fue empleado por primera vez por SMITH en 1840, es un vocablo africano que significa "pez", derivado de la palabra "THLAPI" en el idioma "SWAHILI" población indígena que habitó en la costa del Lago Ngami (África). Las tilapias son peces endémicos originarios de África y el Cercano Oriente, en donde se inicia la investigación a comienzos del siglo XIX, aprovechando sus características se consideraron ideales para la piscicultura rural, especialmente en el Congo Belga (actualmente Zaire); a partir de 1924 se intensifica su cultivo en Kenia, sin embargo fue en el extremo Oriente, en Malasia en donde se obtuvieron los mejores resultados y se iniciara su progresivo cultivo en el ámbito mundial.²³

Dada la gran diversidad de las especies pertenecientes al grupo de las Tilapias, su clasificación taxonómica resulta muy compleja. En la actualidad se ha aceptado dividir al grupo generalmente conocido como Tilapia en tres géneros atendiendo a su origen, morfología, hábitos alimenticios y reproductivos.²⁴

Tilapia es un término genérico usado para designar un grupo de especies de peces de valor comercial pertenecientes a la familia

²² BARDACH, Jhon. ACUACULTURA – Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce, AGT Editor S.A., México, 1986, p. 288

²³ CASTILLO, L., TILAPIA ROJA 2001, Cali-Colombia: artículo publicado de Internet en: http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc

²⁴ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p 13

Cichlidae; la expresión se derivada de la palabra nativa de Bechuana "THIAPE" que significa pez. Los cíclidos se clasifican en el Orden Perciformes y habitan las aguas dulces y salobres de África, el Medio Oriente, las zonas costeras de la India, América Central, del Sur y el Caribe, incluyendo Cuba. Sin embargo, las verdaderas tilapias son sólo nativas de África y el Medio Oriente.

La clasificación de los cíclidos y especialmente la tilapia es motivo de confusión entre los científicos y objeto de constantes modificaciones. Una característica distintiva de los Géneros que integran el grupo de las tilapias es el ornamento reproductivo, referido al tipo de cuidado que los progenitores brindan a sus crías. En las especies de los géneros *Sarotherodom* y *Oreochromis*, los padres incuban los huevos en la boca y una vez nacidos; cuidan a la descendencia por un tiempo adicional (incubadores bucales); en las que pertenecen al género *Oreochromis*, sólo la hembra realiza la incubación. Por otra parte, otro grupo de estas especies realiza la incubación sobre un sustrato fijo en el fondo, o construyendo un "nido" sobre ellos; ellas pertenecen al Género *Tilapia*.²⁵

3.2.1.1 Hábitat

Las tilapias son cultivadas en muchas partes del mundo con clima tropical o subtropical. Durante mucho tiempo, la tilapia fue

²⁵ TOLEDO, S. y GARCÍA, M. "Nutrición y Alimentación de tilapia cultivadas en América Latina", Ministerio de Pesquería - La Habana, 1998, p. 7

considerada como un “pez milagroso” o “pollo de agua” capaz de proveer alimentos a todos los pobres, la solución al problema del hambre en el mundo.²⁶

Dentro de sus áreas originales de distribución, las tilapias han colonizado hábitats mucho muy diversos: arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos.

Todos estos hábitats representan un extraordinario rango de variaciones de distintos parámetros físicos, químicos y biológicos (profundidad, corrientes de agua, turbidez, temperatura, pH, salinidad, oxígeno y otros gases disueltos). Las distintas especies de tilapias se han ajustado a ambientes y nichos específicos tolerando rangos más o menos definidos.

Las tilapias viven en aguas estancadas o con poca corriente y encuentran refugio en las márgenes de los pantanos y riberas, bajo el ramaje, entre piedras y raíces de plantas acuáticas. Muchas especies son de hábitos territoriales, particularmente durante la temporada de reproducción.²⁷

La tilapia es esencialmente un pez de zonas bajas tropicales, pero algunas especies y algunos lotes soportan mucho mejor las temperaturas frías. Cuando no hay datos disponibles apropiados

²⁶ MEYER, Daniel E.; TÉCNICAS DEL CULTIVO DE TILAPIA, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano - Honduras p. 1.

²⁷ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 17

para una especie, pueden hacerse deducciones válidas estudiando su hábitat nativo. Con relación a la tilapias de Java (*tilapia mossambicus*) y del Nilo, se agrega en su favor que ambas especies pueden ser y son cultivadas donde grandes cantidades de materia orgánica enriquecida y hacen casi imposible la supervivencia de otros peces comestibles.²⁸

Entre los requerimientos ecológicos más importantes que deben ser consideradas en la selección de una determinada especie para ser cultivada, se destacan las siguientes:

3.2.1.2 Temperatura

Las tilapias prefieren temperaturas elevadas y por lo tanto es uno de los factores ambientales que se deberán tomar en cuenta al elegir un probable sitio para su cultivo. Por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isotermas de invierno sean superiores a 20°C.

El rango natural de temperatura en el que habita la tilapia oscila entre 20 y 30°C. Aunque pueden soportar temperaturas menores. Las distintas especies poseen diferente tolerancia a temperaturas bajas *O. Aureus* y *S. Galilaeus* sobreviven a 10°C aunque su fisiología se altera a los 13°C. La mayor parte de las tilapias no se alimentan y por lo tanto no crecen a temperaturas inferiores a los

²⁸ ACUACULTURA – Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce, AGT Editor S.A., México, 1986, p. 295

15°C, mientras que su reproducción sólo se efectúa a temperaturas superiores a los 20°C (rango óptimo: 26°C – 29°C). Los límites superiores de tolerancia oscilan entre los 37°C y los 42°C. Cabe aclarar que algunas especies presentan ligeras variaciones en cuanto a sus límites de tolerancia y rangos óptimos de temperatura, en particular *T. Rendalli* y *T. Sparmanii*.²⁹

La no tolerancia de la tilapia a bajas temperaturas es una limitación para el cultivo comercial en zonas templadas. La más baja temperatura letal para la mayoría de las especies es 10°C a 11°C durante unos días, pero la tilapia azul tolera temperaturas a alrededor de 9°C.

La tilapia generalmente detiene la alimentación cuando la temperatura cae por debajo de 17°C., la reproducción es mejor a temperaturas del agua superiores a 27°C y no ocurre por debajo de 20°C. La temperatura de agua óptima para el crecimiento de la tilapia es alrededor de 29.4°C a 31°C., el crecimiento en esta temperatura óptima es típicamente tres veces mayor que a 22°C.³⁰

3.2.1.3 Salinidad

Las tilapias son peces de agua dulce que evolucionaron a partir de un antecesor marino; por lo tanto conservan en mayor o menor

²⁹ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 17

³⁰ POPMA T. J. and MASSER M., TILAPIA, Life History y Biology, Southern Regional Aquaculture Center Publication N° 283, 1999: artículo publicado de Internet en: <http://www.aqua.ucdavis.edu/dbweb/outreach/aqua/283FS.PDF>

grado la capacidad de adaptarse a vivir en aguas saladas (eurihalinas). Los rangos de salinidad óptimos de crecimiento y reproducción son relativamente limitados. A excepción de *O. Mossambicus* y de *T. Zilli* que pueden reproducirse inclusive en el Mar, el resto de las tilapias dejan de reproducirse cuando la salinidad de las aguas excede el equivalente al 50% de la del Mar. Esta imposibilidad a reproducirse en altas salinidades quizá se deba a que los huevecillos no soportan grandes presiones osmóticas.

Es de esperarse también, que el crecimiento de los peces eurihalinos sea más veloz a salinidades intermedias (Isotónicas), ya que en tales condiciones los peces reducen el gasto de energía para el control osmótico de sus fluidos corporales. Por otra parte la tolerancia se ve influenciada por la temperatura del medio ambiente.

La tolerancia de las tilapias al agua salada tiene implicaciones importantes en la piscicultura por permitir practicar su cultivo en estanques con agua marina, salobre o agua dulce; además permite aprovechar terrenos salitrosos poco aptos para la agricultura o para pastizales. Adicionalmente, un método para el control de la reproducción puede basarse en el hecho de que las tilapias crecen pero no se reproducen en aguas saladas.³¹

³¹ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, pp. 17-18

Las tilapias nilótica y azul, sobreviven de hasta 36 y 40‰, pueden reproducirse en salinidades de 18 a 32‰. Su crecimiento es rápido hasta salinidades de 20‰. La tilapia mossambica sobrevive en salinidades de hasta 120‰, puede reproducirse hasta en salinidades de 49‰ y crece normalmente hasta en 36‰.³²

Todas las tilapias son tolerante a agua salobre. La tilapia del Nilo es la que menor salinidad tolera de las especies importantes comercialmente, pero crece bien a salinidades de 15‰. La tilapia azul crece bien a agua salobre a 20‰, y la tilapia mossambica crece bien a salinidades cercana al agua de mar. La tilapia mossambica y algunos derivados de la tilapia mossambica, la tilapia roja son preferidos para cultivo en agua salada.³³

La tilapia azul y tilapia del nilo puede reproducirse a salinidades de 10 a 15‰, pero lo realiza mejor a salinidades por debajo de 5‰.³⁴

3.2.1.4 Oxigeno

La tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas debido precisamente a que soporta bajas concentraciones de oxigeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aun cuando la presión parcial de este último sea bajo.

Asimismo, la tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de

³² GREEN W. Bartholomew SEMINARIO "CULTIVO DE TILAPIA" Guayaquil-Ecuador 2000, p. 7

³³ TILAPIA, Life History y Biology, Southern Regional Aquaculture Center Publication N° 283, 1999: articulo publicado de Internet en: <http://www.aqua.ucdavis.edu/dbweb/outreach/aqua/283FS.PDF>

³⁴ MARCILLO, G, E. y LANDIVAR, Z, J.; PRODUCCIÓN COMERCIAL DE TILAPIA, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú 2002



oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg/l) Finalmente, cuando esta concentración disminuye aun más, su metabolismo se vuelve anaeróbico.

La mayor parte de las especies de tilapia pueden soportar concentraciones de oxígeno disuelto de aproximadamente 1 mg/l: e incluso por periodos cortos, valores aún menores. Por supuesto, cuando la concentración de oxígeno en el medio es baja: el consumo de alimento se reduce y por lo mismo, también el crecimiento de los peces. Es por ello convenientemente que las condiciones de cultivo no permitan que el oxígeno disuelto descienda a niveles críticos inferiores a 2 o 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz solar.³⁵

El oxígeno en el agua es uno de los parámetros más importantes dentro de los procesos de la reproducción de tilapias cuando el oxígeno es mayor a 6 mg/l y en el engorde mayor de 5 mg/l.³⁶

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/l), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4 mg/l.³⁷

³⁵ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 18

³⁶ PRODUCCIÓN COMERCIAL DE TILAPIA, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú 2002.

³⁷ NICOVITA; Manual de CRIANZA TILAPIA, Lima – Perú, artículo publicado de Internet en: <http://www.nicovita.com.pe/paginas/esp/tilapia.htm>

3.2.1.5 pH

Los valores del pH del agua que se recomienda en un cultivo no se refieren tanto a su efecto directo sobre la tilapia sino más bien a que se favorezca la productividad natural del estanque. El rango conveniente de pH del agua para la piscicultura oscila entre 7 y 8. Por otra parte, mientras más estable permanezca el pH mejores condiciones se propiciarán para la productividad natural, misma que constituye una fuente importante de alimento para la tilapia cuando el cultivo se desarrolla en estanques.³⁸

La tilapia puede sobrevivir en un rango de 5 a 10 de pH pero mejor lo hace de 6 a 9 de pH.³⁹

El rango óptimo está entre 6.5 a 9, valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letárgica, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción. Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un periodo de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.⁴⁰

³⁸ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 18

³⁹ TILAPIA, Life History y Biology, Southern Regional Aquaculture Center Publication N° 283, 1999: artículo publicado de Internet en: <http://www.aqua.ucdavis.edu/dbweb/outreach/aqua/283FS.PDF>

⁴⁰ Manual de CRIANZA TILAPIA, Lima – Perú, artículo publicado de Internet en: <http://www.nicovita.com.pe/paginas/esp/tilapia.htm>

3.2.1.6 Alcalinidad y Dureza

Los efectos de la alcalinidad y la dureza del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del estanque. Una alcalinidad superior a 175 mgCaCO₃/l resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias. La tensión osmótica elevada ocasionada por una alta alcalinidad puede producir anoxia y tensión térmica en los peces. Inversamente, la anoxia y la elevación de la temperatura pueden producir problemas respiratorios y de los mecanismos reguladores de la presión osmótica.

Una alcalinidad de aproximadamente 75 mgCaCO₃/l se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque; una alcalinidad inferior a 5 mgCaCO₃/l se manifiesta como un ambiente pobre para la productividad del estanque.⁴¹

3.2.1.7 Turbidez

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces; el primero efecto al impedir la penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque; lo que a la vez reduce la

⁴¹ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, pp. 18-19

disponibilidad de alimento para la tilapia, el segundo efecto la materia coloidal en suspensión puede dañar físicamente las branquias de los peces provocando lesiones e infecciones.⁴²

3.2.1.8 Temperamento

La tilapia es menos agresiva que la mayoría de los carnívoros cíclidos, pero pueden atacar y morder las aletas de otras especies, hábito indeseable si el pez se va a utilizar en policultivo. Este comportamiento no es necesariamente propio de la especie. Factores tales como el sexo, la temperatura y la densidad de población afectan la agresividad y pueden influir en la reacción de la tilapia hacia otros peces.⁴³

3.2.1.9 Hábitos Alimenticios

Los hábitos alimenticios son similares o difieren de acuerdo a las variedades de tilapias.

Las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros. Las adaptaciones estructurales de las tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos. A pesar de la heterogeneidad en relación a sus

⁴² LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 19

⁴³ ACUACULTURA – Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce, AGT Editor S.A., México, 1986, p. 295

hábitos alimenticios y al alimento que consumen, las tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales:

Especies Omnívoras: *O. Mossambicus* es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere. *O. Niloticus*, *O. Spilurus* y *O. Aureus* presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton.

Especies Fitoplanctófagas: *S. Galilaeus* y *O. Macrochir* son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *S. Melanotheron* consume células muertas de fitoplancton; *O. Alcalicuas* consume algas que crecen sobre la superficie de piedras y rocas.

Especies Herbívoras: *T. rendalli*, *T. sparmanni* y *T. zilli* consumen vegetación macroscópicas. Para poder cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, así como un estómago que secreta ácidos fuertes.

Los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Los juveniles casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora. Además una característica de la tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente.⁴⁴

⁴⁴ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 21

La *Tilapia mossambica* se alimenta principalmente de plancton, pero consume toda clase de alimentos artificiales de origen vegetal; en ausencia de alimento vegetal puede aceptar alimento de origen animal. Se ha reportado a la *Tilapia nilótica* como consumidora de plancton, como omnívora y como consumidora de plantas, al grado de que puede ser utilizada para el control de hierbas acuáticas, aunque no tan efectiva como la *T. melanopleura*.⁴⁵

La *Oreochromis niloticus*, es la famosa tilapia del nilo, y la más cultivada a nivel mundial, son omnívoras y muy buenas filtradoras, y es recomendado para cultivos semi-intensivos.⁴⁶

3.2.1.10 Hábitos Reproductivos

Los hábitos reproductivos de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo precisamente por el problema que representa su prolífica reproducción.

Para poder reproducirse, la mayoría de las tilapias necesitan una temperatura de superior de los 20°C. Intervienen además otros factores tales como la fotoperiodicidad y la intensidad lumínica, el régimen de lluvias por influir tanto en la temperatura como el nivel del agua y los accesos a áreas propicias para la reproducción. En las zonas tropicales donde la temperatura se mantiene elevada a lo largo del año, la reproducción se efectúa continuamente aunque

⁴⁵ ACUACULTURA – Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce, AGT Editor S.A., México, 1986, pp. 292-293

⁴⁶ SEMINARIO "CULTIVO DE TILAPIA" Guayaquil-Ecuador 2000, p. 1

con cierta estacionalidad en cuanto a intensidad, pudiendo presentar hasta seis u ocho desoves por año.

Tanto el número de huevos por desove como el tamaño mismo de los huevos son proporcionales al peso corporal de la hembra. En general, las especies de los géneros *Sarotherodon* y *Oreochromis* producen un menor número de huevos y de mayor tamaño que las especies del género *Tilapia*. En el caso de las especies que incuban a sus crías en la boca (*Oreochromis*), los machos permanecen en el área de nidación, delimitando y protegiendo su territorio. Estos despliegan vistosas coloraciones para atraer a alguna de las hembras que visitan con frecuencia el área de nidación. Finalmente la hembra deposita los huevecillos en el fondo del nido, y una vez que estos han sido fertilizados por el macho, la hembra recoge los huevecillos en su boca luego se desplaza a algún sitio protegido, donde permanece quieta durante la incubación de los huevos.⁴⁷

3.2.2 Tilapia roja *Oreochromis spp.*

3.2.2.1 Historia

La primera tilapia roja aparece reportada por primera vez en 1968 como una mutación en una población de coloración normal de tilapia mossambica (*O. mossambicus*), su fenotipo variable

⁴⁷ LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA, México, 1985, p. 23

indicaba que era una línea albina incompleta con un peritoneo plateado (KUO, 1988). El primer cruce híbrido que se conoció se realizó con la finalidad de fijar la coloración de éste primer mutante (LIAO y CHEN, 1988):

O. mossambicus albina x *O. niloticus* normal⁴⁸

Un híbrido que ha recibido particular atención de los piscicultores desde algún tiempo es la llamada tilapia roja, cuyo color es una mezcla de rosa, amarillo, y dorado. En el mercado se le prefiere sobre el resto de las tilapias, con coloraciones normales gris plateada o negra. Se sabe que la tilapia roja crece más rápido y tiene mayor razón de conversión de alimento. Puede desarrollarse en ambientes de agua dulce y de agua salobre. El origen de este híbrido no está todavía bien documentado. En Taiwán se obtuvo una descendencia F-2 de color anaranjado rojizo con cualidades superiores cruzando una hembra mutante anaranjado rojizo de *T. mossambica* con un macho de color gris normal de *T. nilotica*. En Filipinas se obtuvo una descendencia anaranjada rojiza o dorada similar mediante el cruzamiento de una hembra híbrida de *T. mossambica* x *T. hornorum* con una variedad de *T. nilotica*.⁴⁹

La tilapia roja, se convirtió en la punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los

⁴⁸ KLINGE L., LEIGH H. y LOZA A. Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de un Centro de cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Universidad Nacional Agraria "La Molina" Lima-Perú 2000 p. 99

⁴⁹ PILLAY, T.V.R.; Acuicultura principios y practicas. Editorial Limusa S.A. de C.V. México 1996, p. 453.

80 en países suramericanos sin tradición acuícola como: Colombia (introducida en 1982), Venezuela (introducida en 1989) y Ecuador (introducida en 1993) en forma casi simultánea con países Centroamericanos, Caribeños y Norteamericanos.

La atractiva coloración estimuló a los productores e investigadores a iniciar un acelerado e incontrolado programa de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas (strain) de tilapia roja, las más populares, y que han sido introducidas a Colombia, son:

Red Singapur: *O. mossambicus* Mutante (Pruginin, et. al, 1988).

Red Florida: *O. mossambicus* ALBINA x *O. urolepis hornorum* (Sipe, 1985).

Red Stirling y Tailandesa: *O. niloticus* ROJA.

Red Manzala: *O. aureus* ROJA., *O. niloticus* (Egipcia) Roja (Mc Andrew, et. al 1988; Tave, 1991).

Red Yumbo No 1: Red Florida x *O. niloticus* (Castillo, 1990).

Red Yumbo No 2: Red Florida USA x Red Florida ISRAEL

Golden Tilapia: *O. mossambicus* AMARILLA

Nilótica Perla: *O. niloticus* PEARLS.

Red Taiwanesa: *O. mossambicus* ALBINA (Castillo, 1989).

Red Taiwanesa y Filipina: *O. mossambicus* ALBINA x *O. niloticus* (Kuo, 1984; Galman, Moreau y Avtalion, 1988; Pruginin, et. al, 1989).⁵⁰

⁵⁰ TILAPIA ROJA 2001, Cali-Colombia: artículo publicado de Internet en: http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc

Originaria de los países asiáticos la tilapia roja, fue posteriormente introducida a muchos países como: Indonesia, Malasia, Singapur, Filipinas, Japón, Tailandia, Israel, Inglaterra, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Puerto Rico, Islas del Caribe, Centroamérica, Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil (ARREDONDO, 1994).⁵¹

Las tilapias rojas, son muy variadas en su origen, existiendo tri-híbridos y tetra-híbridos, provenientes de ejemplares mutantes que fueron manipulados genéticamente. “No se sabe cual de ellas es la mejor, por lo que se recomienda realizar pruebas regionales controladas bajo condiciones del campo, finca u otro”.

Entre las variedades de tilapia roja existen la FLORIDIANA, obtenida del cruce de una hembra de *O. urolepis hornorum* con un macho de *O. mossambicus*; la TAIWANESA, producto de una hembra de *O. mossambicus* con un macho de *O. niloticus*. Los TRI-HIBRIDOS y TETRA-HIBRIDOS, provienen de los cruces entre la floridiana, nilótica roja de Israel y la azul. Las tilapias rojas presentan genes recesivos.⁵²

3.2.2.2 Características Biológicas

La tilapia roja es un pez que se diferencia de la mayoría de los peces de agua dulce por la presencia de un solo orificio nasal a

⁵¹ MONTOYA T., Jorge I. Efecto de dos niveles de Proteína y Energía Digestible en el comportamiento productivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) – Tesis para Optar el Título de Ingeniero Pesquero, Lima – Perú, 2002, p. 17

⁵² SEMINARIO “CULTIVO DE TILAPIA” Guayaquil-Ecuador 2000, p. 1

cada lado de la cabeza y que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. Su cuerpo a menudo es comprimido y generalmente discoidal, raramente alargado. En muchas especies, la cabeza del macho es más grande que la de la hembra (ARREDONDO, 1994).

Dentro de las principales ventajas adquiridas a partir de su heterogeneidad genética tenemos: crecimiento más rápido, fácil reproducción, aumento en la eficiencia de conversión alimenticia, docilidad, mayor adaptabilidad ambientes salobres, resistencia a enfermedades, fácil adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo semi-intensivo, intensivo y super-intensivo, aumento de la porción de carne fileteable, reducción de porciones cefálicas, visceral y caudal, ausencia o disminución de espinas inter e intramuscular, sabor fresco, sin olor y mesenterio sin coloración (CASTILLO, 1994).⁵³

Se les considera a las líneas de tilapia roja altamente resistentes a las diferentes salinidades (eurahalinas), con muy buenos resultados tanto en cultivo de agua dulce como de agua salada, basadas en la alta tolerancia de las especies parentales. (CASTILLO, 1994).⁵⁴

⁵³ Efecto de dos niveles de Proteína y Energía Digestible en el comportamiento productivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) – Tesis para Optar el Título de Ingeniero Pesquero, Lima – Perú, 2002, pp. 17-18

⁵⁴ Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de un Centro de cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Universidad Nacional Agraria "La Molina" Lima-Perú 2000 p. 98

La tilapia roja soporta salinidades de 36‰ y puede crecer normalmente, reproduciéndose hasta 20‰.⁵⁵

La tilapia híbrida roja (*O. mossambicus macho rojo mutante* x *O. homorum urolepsis*) es un pez de incubación bucal. La incubación dura de 10 a 20 días (VALENTIN, 1974). Las puestas son secuenciales, espaciadas aproximadamente 45 días. La fecundación varía de 100 a 500 huevos por puesta y hembra (PINTO, LOPE GARCÍA, 1982, TRAWAVAS, 1983). La madurez sexual aparece con una talla de 10 a 12 cm, con un peso de 30 a 50 g, la temperatura óptima de reproducción se aproxima a los 30°C.

La tilapia híbrida roja valoriza las proteínas de origen vegetal (BOWEN, 1982). Es un filtrador fitoplanctonófago omnívoro (JAUNLEY, ROSS, 1982). El crecimiento óptimo se sitúa en unos límites de temperatura entre 24°C y 35°C (CAULTON, 1982).⁵⁶

La tilapia roja de Florida es capaz de reproducirse en agua salina (35‰), sin embargo, el éxito de la fertilización, eclosión y la supervivencia de los alevines es óptimo en salinidades aproximadamente a un estado isosmótico (12‰) declina en salinidades mayores a 18‰. La tilapia roja de Florida tolera aproximadamente alrededor de los 40 días de haber eclosionado (post hatch), la cual es una edad recomendada para la aclimatación

⁵⁵ SEMINARIO "CULTIVO DE TILAPIA" Guayaquil-Ecuador 2000, p. 7

⁵⁶ ACUICULTURA – Cultivo en agua de mar de la tilapia roja en Martinico (W.F.I.), Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España 1996, p.785-786

en agua de mar libre. Para una tilapia que proviene de agua dulce y es introducida el agua de mar, es recomendable una aclimatación con 5‰ por día de salinidad y como resultado se obtiene alta sobrevivencia. La aclimatación temprana a la salinidad, es decir en época de puesta y eclosión aumenta la tolerancia de salinidad de los alevines y puede facilitar la aclimatación en el agua de mar. Los peces desovados a 18‰ es posible transferirlos directamente a agua de mar.

La aclimatación temprana en salinidad también puede influir en el crecimiento y supervivencia en el agua salobre y marina. En el caso de la tilapia roja de Florida que desova y se cría a través de adaptación temprana en agua salobre y marina; también puede tener mejor resistencia a temperaturas frías que las que fueron desovadas en agua dulce. La reproducción de la tilapia roja de Florida en agua marina es débil, pero la supervivencia de las crías seleccionadas que se reproducen en agua marina puede ser mejorada a través de una selección genética.⁵⁷

La clasificación taxonómica de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) es la siguiente:

PHYLUM	:	CHORDATA
SUBPHYLUM	:	VERTEBRATA
SUPER-CLASE	:	GNATHOSTOMATA

⁵⁷ WATANABE, W.O., y col. Cultivo de tilapia roja de Florida en agua marina y otras especies de tilapia que toleran salinidad. Ministerio de Pesquería-Dirección General de Acuicultura 1999, Trad.: Alva Briceño Antonia V.

SERIE : PISCIS
 CLASE : TELEOSTEI
 SUB-CLASE : ACTINOPTERYGIL
 ORDEN : PERCIFORMES
 SUB-ORDEN : PERCOIDEI
 FAMILIA : CICHLIDAE
 GENERO : OREOCHROMIS
 ESPECIE : *Oreochromis spp.*

Morales (1991)

El análisis fisicoquímico en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la Estación Piscícola de San José del Nus propiedad de la Universidad de Antioquia, reportaron los siguientes datos.⁵⁸

ANÁLISIS	%
Contenido de Humedad (Método: estufa al aire)	76,6
Contenido de minerales totales (Método: calcinación)	1,2
Contenido de proteína (Método de Kjeldahl)	19,2
Contenido de grasa (Método Babcock modificado)	3,0

⁵⁸ SALAZAR B.C. y col.; Alimentación Equipos y Tecnología – Transformación tecnológica de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*); Medellín – Colombia 2002

3.2.3 Tilapia Roja

3.2.3.1 Tilapia Roja en el Perú

La tilapia roja ingresa a nuestro país en los meses de octubre y noviembre de 1996, como parte complementaria de otro lote de reproductores grises, (con el objetivo de renovar la sangre), procedentes de la Estación Divisa, PANAMA, ingresando de un engorroso trámite y gracias a la perseverancia del Ing. Julio Moscoso C. responsable del Proyecto de Acuicultura en Aguas Residuales Tratadas de San Juan de Miraflores. Su ingreso paso desapercibido por el poco o casi nada de interés por esta especie en esos años.⁵⁹

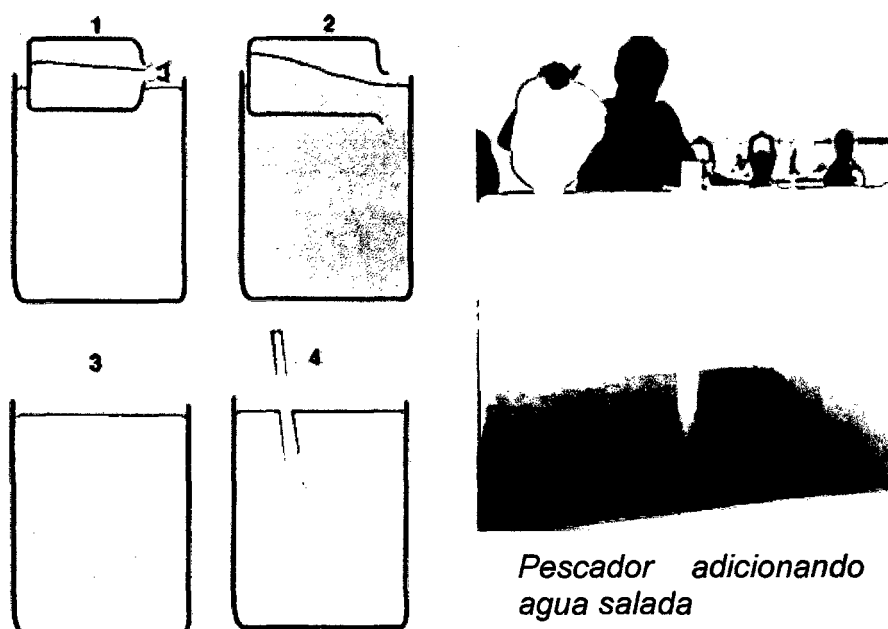
Nosotros pensamos que la tilapia como alternativa al monocultivo de langostino por varias razones, entre las más importantes se encuentran, su rusticidad y gran resistencia a enfermedades, su fácil adaptación a diferentes medios, la avanzada experiencia de criadores ecuatorianos (vecinos cercanos), la presencia de proveedores de alevines en Ecuador, pero sobre todo porque el mercado internacional está en crecimiento. Sin embargo, una de las razones de nuestra incursión en esta actividad es la llegada del virus de la mancha blanca a la zona langostinera de Tumbes. En setiembre de 1999 se vieron los primeros efectos de este devastador virus que ha dejado a la industria langostinera en una

⁵⁹ Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) "Tilapia plateada" y *Oreochromis spp.* "Tilapia roja", en aguas residuales tratadas de San Juan, 1998, p. 53

situación crítica, afectando seriamente la economía del departamento de Tumbes.⁶⁰

3.2.3.2 Aclimatación

Aclimatación de tilapia roja en forma artesanal



La adaptación de agua dulce al agua de mar se realiza primero llenando una alberca o tanque plástico grande con agua dulce, luego colocar las bolsas con alevines y esperar hasta que la temperatura del agua en la bolsa sea similar al agua del tanque, soltar los alevines y dejar reposar para que se repongan del stress del viaje; agregar cada hora agua salada hasta que la salinidad se eleve 1 parte por mil. Si no se dispone de salinómetro, se agrega cada hora agua salada, de manera que poco a poco el agua salada

⁶⁰ BURMESTER B, Gerd A.; Policultivo de tilapia roja y Langostino en una Langostinera en Tumbes - Revista Peruana de Acuicultura, FONDEPES, 2001, pp. 74

reemplace la porción del agua dulce. Si el agua salada es como la del mar, se debe cambiar esta agua durante dos días. Si es solamente salobre, con un día es suficiente. Durante la adaptación se pueden alimentar los animales.⁶¹

Una vez que los ejemplares de tilapia híbrida *O. mossambicus* x *O. niloticus* hayan alcanzado un peso promedio de 2 g, se aumentó la salinidad del agua siguiendo la metodología de WATANABE (1988), modificado por GARCÍA-ULLOA (1997) que consistió en aumentar la salinidad del agua a 5 ppt. cada día hasta la salinidad de 15 ppt, luego este fue aumentado hasta 17 ppt y 32 ppt.⁶²

El ensayo conducido en la Finca "Río Catamayo" localizado en el Puerto Hualtaco en la Provincia El Oro, Ecuador, los híbridos de tilapia rojo *O. mossambicus* x *O. niloticus* (1.25±0.06 g) adquiridos de una granja local fueron aclimatado a 30‰ salinidad en tanques de aclimatación aumentado la salinidad de 5‰ por seis días.⁶³

La tilapia roja *Oreochromis spp.*, es una variedad de pez dulce acuícola que requiere de una adaptación previa para poder ser sembrado en agua de mar, proceso que consiste en pasar en forma progresiva los alevines de aguas con salinidad 0‰, o muy

⁶¹ FUNDACIÓN SANTO DOMINGO; Cartilla Cultivo de la Tilapia Roja en Agua Salada 1998: artículo publicado de Internet en: <http://www.fundacionmariosantodomingo.org.co/educativas.htm>

⁶² GARCIA-ULLOA M., VILLA R. y MARTINEZ T. 2001 Growth and Feed Utilization of the Tilapia Hybrid *O. mossambicus* x *O. niloticus* Cultured at Different Salinities under Controlled Laboratory Conditions, Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara, JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, Vol. 32 N° 1, pp. 118

⁶³ BALCAZAR José y col; Culture of hybrid red tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) in marine cages: effects of stocking density on survival and growth, 2002 artículo publicado de Internet en: http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/6abstracts/Balcazar_Rojas/Culture_of_hybrid_red_tilapia_text.doc

baja, a aguas con salinidad de hasta 35‰, para evitarle problemas de osmoregulación. Este proceso toma entre 48 y 72 horas. Después del periodo de reposo que dura 2 a 3 horas, tiempo apropiado para que se recuperasen de la tensión ocasionada por el transporte se inicia el proceso de adaptación propiamente dicho, que consiste en incrementar paulatinamente la salinidad a razón de 1 a 2 ppt por hora durante las 10 primera horas; a partir de este momento el incremento de salinidad será de 1 ppt/hora y por espacio de 10 horas. Los siguientes incrementos se hacen a razón de 2 ppt/hora, hasta conseguir la salinidad deseada.

Durante el proceso se aprovecha para seccionar por tamaños los peces. Las precauciones que se debe tomar en cuenta durante el proceso de adaptación es la densidad de los animales. La experiencia indica que los mejores resultados se obtienen cuando no se excede de 5000 alevines/m³ o 2500 juveniles/m³. Una vez terminado la adaptación se suspenderán todas las actividades por espacio de 2 ó 3 horas antes de proceder a la siembra.⁶⁴

La tolerancia máxima de la tilapia roja se da a partir de 5 cm de longitud total, Se puede realizar una transferencia directa de 0‰ a 15 - 18‰ la aclimatación recomendada en salinidades mayores a

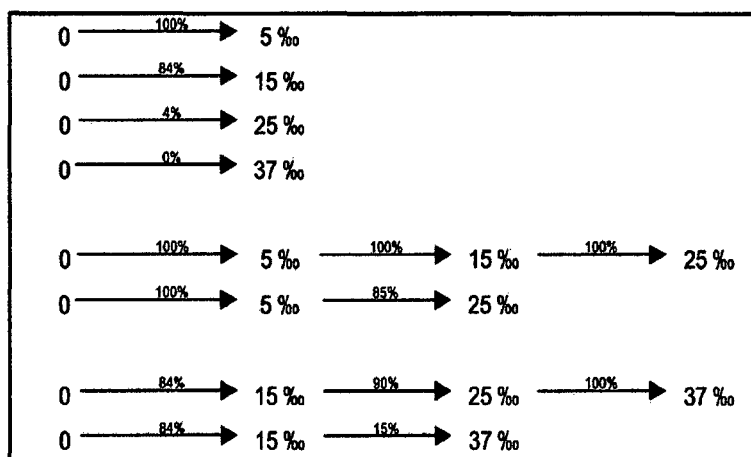
⁶⁴ MERCADO, J. y P. SIEGRET; Cultivo en Jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas salobres. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) Colombia 1995

15‰ es de 2.5-5‰ por día; cabe indicar que la aclimatación actual es de 0.5 - 2‰ por hora en salinidades mayores de 15‰.⁶⁵

En relación los parámetros físico-químicos, del agua utilizada estuvieron dentro de los parámetros recomendados. Los valores de pH encontrados para el agua de mar y para el agua dulce fueron 8,00 y 8,40 respectivamente, en cuanto a los tenores de oxígeno disuelto estuvo entre 5,56 mg/l y 6,38 mg/l. La temperatura del agua estuvo entre 15 e 19°C.⁶⁶

Los experimentos de aclimatación a agua salada de alevines de tilapia roja (*O. mossambicus macho x O. urolepis hornorum hembra*) que fueron transferidos de forma gradual de agua dulce para 5‰, de 5‰ para 15‰ y de 15‰ para 25‰ tuvo una tasa de sobrevivencia del 100% al final de seis días. La transferencia de 25‰ a 37‰ resultó con sobrevivencia del 100%.

Pasos para la aclimatación a agua de mar en forma gradual



⁶⁵ SEMINARIO "CULTIVO DE TILAPIA" Guayaquil-Ecuador 2000, p. 7

⁶⁶ WAHRLICH Roberto y col.; Estudio de viabilidade da tilápia vermelha como isca alternativa para a pesca de atuns; Leído en el 2002 artículo publicado de Internet en: http://www.siaiacad04.univali.br/download/pdf/Meta_07.PDF

3.2.3.3 Alimentación

Referente a la alimentación, en los cultivos intensivos y superintensivos, es sumamente importante incrementar la frecuencia de alimentación. En el levante y pre-engorde de los cultivos intensivos se puede alimentar cuatro veces al día (6 am, 11 am, 2 pm y 5 pm), mientras los superintensivos, la frecuencia puede ir de 6 a 8 veces al día.⁶⁷

La mayoría de los productores de tilapia en Costa Rica no saben que las cantidades de alimento y el nivel nutricional del alimento para los peces, debería ser suministrado de acuerdo con la edad y el tamaño del pez. Los muestreos en estanques son indispensables para determinar la cantidad de alimento que se deberá distribuir a los peces. Ya que poco alimento resulta en peces de menor tamaño, mientras que mucho alimento resulta en el desperdicio de éste; además la alimentación es el elemento más costoso en el cultivo de peces.⁶⁸

3.3 Definiciones de Términos Básicos

Ad libitum.- A gusto, a voluntad.

Anoxia.- Falta casi total de oxígeno en la sangre o en tejidos corporales

⁶⁷ Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis spp.*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*), FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL, INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (INPA), Bogota-Colombia 2001, p. 295

⁶⁸ KOSINSKI K. y col; Diseño y Manejo de Cultivos de peces, Revista Panorama Acuícola N° 3, Vol. 6, México 2001, p. 9

Coloidal.- Perteneiente o relativo a los coloides.

Coloide.- Dispersión de partículas o macromoléculas en un medio continuo.

Dureza.- es una característica química del agua que esta determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

Endémico.- Propio y exclusivo de determinadas localidades o regiones.

Friso.- En albañilería, capa de mezcla con cemento que se da a una pared o muro como acabado.

Herbívoro.- Que se alimenta de vegetales, y más especialmente de hierbas.

Isotónica.- Dicho de dos o más disoluciones: Que, a la misma temperatura, tienen igual presión osmótica

Omnívoro.- Que se alimenta de toda clase de sustancias orgánicas

Letargo.- Período de tiempo en que algunos animales permanecen en inactividad y reposo absoluto.

Mesenterio.- Repliegue del peritoneo, formado principalmente por tejido conjuntivo que contiene numerosos vasos sanguíneos y linfáticos y que une el estómago y el intestino con las paredes abdominales. En él se acumula a veces una enorme cantidad de células adiposas.

Osmoregulación.- Proceso por el que los animales regulan la cantidad de agua en sus cuerpos, así como la concentración de iones y solutos en sus fluidos corporales.

Osmoreguladores: Animales cuyos fluidos internos tiene diferente concentración que los externos y llevan a cabo procesos de osmoregulación.

Peritoneo.- Membrana seroso, propio de los vertebrados y de otros animales, que reviste la cavidad abdominal y forma pliegues que envuelven las vísceras situadas en esta cavidad.

Parental.- Perteneiente o relativo a los padres o a los parientes.

pH.- Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Entre 0 y 7 la disolución es ácida, y de 7 a 14, básica.

[Sigla de potencial de Hidrógeno]

Salinidad.- En oceanografía, cantidad proporcional de sales que contiene el agua del mar.

Sustrato.- Lugar que sirve de asiento a una planta o un animal fijo.

Taxonómica.- Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales.

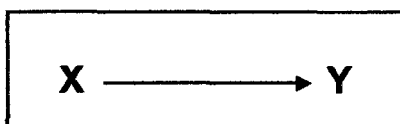
CAPITULO IV

VARIABLES E HIPÓTESIS

4.1 Variables

En el trabajo de investigación se utilizaron dos variables (una independiente y una dependiente); en las diferentes etapas de cultivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* las variables son las mismas.

- Densidad de carga = X
- Crecimiento = Y



4.1.1 Independientes

- Densidad de carga

4.1.2 Dependiente

- Crecimiento

4.2 Hipótesis

- En la etapa de pre-cría con densidad de carga de 0.42 kg/m^3 se obtendrá un mejor crecimiento en agua de mar.

- En la etapa de crecimiento con densidad de carga de 2.53 kg/m³ se obtendrá un mejor crecimiento en agua de mar.
- En la etapa de engorde con densidad de carga de 7.35 kg/m³ se obtendrá un mejor crecimiento en agua de mar.

CAPITULO V

LA METODICA

5.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es del tipo explicativa.

5.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación a utilizar es: INVESTIGACIÓN CIENTIFICA EXPERIMENTAL, este nivel se caracteriza básicamente la modificación deliberada del hecho, cuidando el control de las variables que lo generan, con el objeto de observar e interpretar los cambios que se producen.

5.3 Diseño de investigación

El diseño utilizado es Bloques Completamente Aleatorizado.

N° REP.	TRATAMIENTOS		
	N ₁	N ₂	N ₃
	T ₁	T ₂	T ₃
R ₁	A ₁	B ₁	C ₁
R ₂	A ₂	B ₂	C ₂
R ₃	A ₃	B ₁	C ₃

R : Número de repeticiones (R₁, R₂ y R₃)

- N** : Número de peces
- T** : Tratamientos (T₁, T₂ y T₃)

5.4 Población

La población estuvo conformada por trescientos alevines de tilapia roja *Oreochromis spp.* revertidas sexualmente (con la hormona 17 α metil-testosterona para la obtención de machos), los alevines fueron adquiridos del Área de Acuicultura - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Villa El Salvador.

5.5 Muestra

Para el trabajo de investigación se utilizaron ciento ochenta alevines de tilapia roja *Oreochromis spp.* de tallas similares.

5.6 Descripción de la experimentación

El trabajo de investigación se observa la influencia de las tres diferentes densidades de carga sobre el crecimiento y así poder encontrar el mejor rendimiento en kg/m³.

5.6.1 Lugar y periodo del experimento

La experimentación se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura - Facultad de Ingeniería Pesquera y de

Alimentos – Universidad Nacional del Callao, ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, Avenida Gamarra N° 720, Chucuito a 12° 03" L.S. y 77° 09" L.O., por un periodo de 187 días, desde 14 de Junio al 18 de Diciembre del 2003.

5.6.2 Material Biológico

Etapas de Pre-cría

* Se utilizaron ciento ochenta ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* de 2.91 ± 0.30 g de peso promedio.

Etapas de Crecimiento

* Se utilizaron ciento veintiséis ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* de 28.06 ± 7.08 g de peso promedio.

Etapas de Engorde

* Se utilizaron noventa ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* de 85.09 ± 16.91 g de peso promedio.

5.6.3 Material de Laboratorio

- 9 acuarios de 40x40x90 cm.
- 18 piedras difusoras de 4"
- 9 calentadores de 60 watts
- Cálcales y esponjas

- Baldes plásticos (20 litros de capacidad)
- Tinas (100 litros de capacidad)
- Tanques de fibra de vidrio (0.5 m³ de capacidad)
- Tanques de Eternit/Cemento (1.5 m³ de capacidad)
- Tanques Circulares de Concreto (2 m³ de capacidad)
- 2 Compresores de aire.
- Alimento Balanceado (ALICORP)

5.6.4 Adquisición y Transporte de Alevines

El trescientos alevines de tilapia roja *Oreochromis spp.* fueron adquiridos del Área de Acuicultura - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) - Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Villa El Salvador.

Los alevines fueron acondicionados en bolsas de polietileno con 20 litros de agua e inyección de oxígeno para su transporte, el traslado hasta las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura - Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos - Universidad Nacional de Callao duró aproximadamente una hora vía terrestre.

5.6.5 Aclimatación

Los ejemplares de tilapia roja estuvieron acondicionados en un tanque de cemento de 1.5 m³ de capacidad con un volumen de 400 l. de agua dulce (0 ‰) a 27°C. Aquí permanecieron con aireación

constante por un lapso de 72 horas sin alimentación, para la recuperación del estrés ocasionada por el transporte.

El proceso de aclimatación consistió en incrementar la salinidad del agua a 5‰ por día hasta alcanzar la salinidad de 35‰, descrito por GARCIA-ULLOA (2001)

5.6.6 Descripción de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales conformadas por tres tratamientos y sus respectivas replicas, cada tratamiento con diferentes densidades de carga, en total se utiliza 9 acuarios de vidrio (40 cm de ancho, 90 cm de largo y 40 cm de alto) con un volumen de 120 litros de agua de mar.

5.6.7 Almacenamiento del agua de mar

El agua de mar filtrada era suministrada por el Laboratorio de Acuicultura - Instituto del Mar del Perú (IMARPE) a temperaturas que variaban de 18°C a 23°C., el agua de mar era almacenada en tanques circulares 2 m³ de capacidad; para proceder luego a elevar la temperatura del agua de mar a 27°C a 28°C mediante el uso de calentadores de 150 watts de potencia. (Ver Fotos N° 1 y 2)

5.6.8 Siembra de Alevines

Los ejemplares de tilapia roja se introdujeron en los acuarios evitando algún brusco movimiento; el conteo, pesado y medida de los alevines de tilapia roja *Oreochromis spp.* se realizó a través de una balanza digital y un lctiómetro. Los ejemplares de tilapia roja al ser transferidos del tanque de aclimatación hasta los acuarios, se emplearon baldes de plásticos con capacidad de 20 litros.

Al momento de transportar los alevines de una fase a otra se hace una selección eliminando los alevines más pequeños, de tal manera que lograremos sembrar en la siguiente etapa el 75% de lo sembrado inicialmente. De esta forma estamos eliminando aquellos alevines que crecerán con dificultad y que no llegarán a tamaño comercial, ahorrándonos el alimento que puedan consumir.⁶⁹

Etapas de Pre-cría

La pre-cría es la etapa inicial de la crianza y se constituye como una fase en la cual se seleccionarán los alevines de mejor aptitud.

La siembra de ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* se realizó el 14 de Junio del 2003, con densidades de siembra que se indican en la siguiente tabla.

⁶⁹ Policultivo de tilapia roja y Langostino en una Langostinera en Tumbes - Revista Peruana de Acuicultura, FONDEPES, 2001, p. 16

Densidades de Siembra de tilapia roja

Acuarios	Densidad		Denominación (Tratamiento)	Repetición
	(Ind./acuario)	(kg/m ³)		
1	16	0.42	T _A	3
2	20	0.48	T _B	3
3	24	0.56	T _C	3

Etapa de Crecimiento

La siembra de ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de crecimiento se realizó el 9 de Agosto del 2003, con densidades de siembra que se indican en la siguiente tabla.

Densidades de Siembra de tilapia roja

Acuarios	Densidad		Denominación (Tratamiento)	Repetición
	(Ind./acuario)	(kg/m ³)		
1	10	2.53	T _A	3
2	14	3.22	T _B	3
3	18	4.06	T _C	3

Etapa de Engorde

La siembra de ejemplares de tilapia roja *Oreochromis spp.* en la etapa de engorde se realizó el 1 de Noviembre del 2003, con densidades de siembra que se indican en la siguiente tabla.

Densidades de siembra de tilapia roja

Acuarios	Densidad		Denominación (Tratamiento)	Repetición
	(Ind./acuario)	(kg/m ³)		
1	6	4.79	T _A	3
2	10	7.35	T _B	3
3	14	9.14	T _C	3

5.6.9 Limpieza y recambio de agua de mar

La limpieza de los acuarios fue mediante el sifoneo de las heces depositadas en el fondo del acuario; el recambio del agua de mar diaria fue aproximadamente de 30 a 40% para reducir la concentración de amonio.

El cambio total del agua de mar fue realizada una vez por semana, la limpieza de los acuarios se realizo con esponjas y abundante agua dulce como se observa en las Fotos N° 3, 4, 5 y 6.

5.6.10 Alimentación

La alimentación de los ejemplares de tilapia roja se realizó inmediatamente después de la siembra, con un alimento balanceado extrusado y granulado con niveles de 32 a 35% de proteína. (ver Anexo)

5.6.11 Frecuencia de Alimentación

La frecuencia de alimentación fue de 3 a 6 dosis por día, de acuerdo a la Tabla de Alimentación (ver Anexo) en algunos casos fue de tipo Ad libitum.

5.6.12 Análisis Físico-Químico del agua de mar

Los datos recolectados durante el trabajo experimental se pueden observar en la Tabla Nº 3, 4 y 5 etapa de Pre-cría, Crecimiento y Engorde respectivamente.

Temperatura

Se registro diariamente por las mañanas en un cuaderno de apuntes con un termómetro de mercurio.

Salinidad

La salinidad del agua de mar fue medida por un refractómetro cada semana que se recibió el agua de mar del Laboratorio de

Acuicultura del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el cual era almacenado cuidadosamente en tanques de concreto y fibra de vidrio, la salinidad del agua de mar de las unidades experimentales (acuarios) fue medida una vez por semana.

Oxígeno

El Oxígeno disuelto en el agua de mar, fue determinado durante los dos primeros meses de la investigación por medio del Método de Winkler modificado por Carperter J.⁷⁰

En los meses posteriores se utilizó un oxímetro (Hanna HI 9143) de 0.1 de precisión, con un electrodo de membrana de medición en continuo y sensor integrado para la presión atmosférica. El oxímetro posee un compensador térmico automático y calibrándose para agua de mar.

pH

El pH se registro quincenalmente durante la mañana, mediante el "potenciómetro" HANNA, rango de 0.00 a 14.00.

5.6.13 Controles Biométricos

Los controles biométricos se realizaron cada 14 días con la finalidad de conocer el efecto de cada uno de los tratamientos

⁷⁰ QUESQUEN, R., (1995). Guía de Práctica, Práctica N° 3, Determinación del oxígeno disuelto en el agua de mar (Método de Winkler modificado por Carperter), UNAC, pp. 48.

sobre el incremento en peso, biomasa y conversión alimentaria; además para poder ajustar la dieta de alimentación de acuerdo a la Tabla de Alimentación de NICOVITA (Ver Anexo).

Longitud

La medida de los ejemplares de tilapia roja fue registrada utilizando un Ictiómetro (cm)

Peso

El pesado de los ejemplares de tilapia roja fue registrado en una balanza digital (Marca Sumbean, aprox. 0.1g) capacidad de 600 g.

5.6.14 Evaluación de la dieta

Tasa de crecimiento diario

Se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{TCD} = \frac{W_{\text{Final}} - W_{\text{Inicial}}}{t}$$

Donde:

TPD = Tasa de crecimiento diario.

W_{Final} = Peso promedio final

W_{Inicial} = Peso promedio inicial

t = tiempo de evaluación

Índice de Conversión del Alimento

El índice de conversión del alimento se determino utilizando la siguiente formula:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Peso total del alimento suministrado}}{\text{Incremento en peso de los peces}}$$

Factor de condición simple.- es la relación que guarda la longitud patrón del pez con peso, puede asociarse a una valoración de la contextura o estado de delgadez u obesidad. (Rodríguez, 1992)

$$K = \frac{W}{L^b} (100)$$

K = Factor de condición

W = Peso en gramos

L = Longitud en centímetros

b = Pendiente de la regresión peso-longitud

5.7 Técnicas de recolección de datos

Los datos recopilados se anotaron en un cuaderno de apuntes donde se registra la siguiente información:

- Datos biométricos de peces al inicio de la investigación.

- Medidas de tallas y pesos de los peces cada 14 días
(*Muestra Biométrico*)
- Temperatura en °C
- pH
- Oxígeno disuelto
- Salinidad

5.8 Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron los siguientes instrumentos para registrar los siguientes datos:

- Ictiómetro (cm.)
- Balanza Digital (Marca Sumbean, aprox. 0.1g.) capacidad de 600 gr.
- Potenciómetro (Marca HANNA Instrumentos, aprox. 0,01)
- Oxímetro (mg/l)
- Termómetro (exactitud de 0,1 °C)
- Refractómetro

5.9 Procesamiento de datos

El procesamiento fue por medio de los siguientes programas:

- | | | |
|-----------------|---|-----------------------------------|
| Microsoft Word | : | Procesador de textos |
| Microsoft Excel | : | Procesador de celdas |
| SPPS | : | Análisis y comparaciones de datos |

5.10 Análisis y presentación de resultados

Las pruebas realizadas para observar el efecto de la densidad de siembra en el cultivo de tilapia roja en agua de mar en sus diferentes etapas se realizaron en un diseño de bloques completamente aleatorizado.

Con el fin de poder comparar si existe diferencia significativa entre las ganancias de peso para cada uno de los tres tratamientos, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), posteriormente la prueba de Tukey para determinar que tratamientos son diferentes estadísticamente entre si.

Etapa de Pre-cría

Se realizó cinco mediciones en un total de 56 días con una separación de 14 días entre medición y medición, la evaluación de los parámetros productivos se midió en gramos el peso corporal y en centímetros la longitud.

En la Tabla N° 6 y 7 observamos los valores de crecimiento promedio en centímetros y gramos respectivamente. Los datos de índice de conversión del alimento y la tasa de crecimiento diario se presentan en la Tabla N° 8 y 9.

Los datos de ganancia de peso en gramos durante los 56 días de evaluación se presentan en la Tabla N° 10.

En la Tabla N° 11 se pueden apreciar los valores del Factor de Condición.

La relación del peso promedio en gramos y crecimiento promedio en centímetros de tilapia roja a diferentes densidades de siembra se puede ver en la Figura N° 8.

Etapas de Crecimiento

Se realizó siete mediciones en un total de 84 días con una separación de 14 días entre medición y medición, la evaluación de los parámetros productivos se midió en gramos el peso corporal y en centímetros la longitud.

En la Tabla N° 12 y 13 observamos los valores de crecimiento promedio en centímetros y gramos respectivamente. Los datos de índice de conversión del alimento y la tasa de crecimiento diario se presentan en la Tabla N° 14 y 15.

Los datos de ganancia de peso en gramos durante los 56 días de evaluación se presentan en la Tabla N° 16.

En la Tabla N° 17 se pueden apreciar los valores del Factor de Condición.

La relación del peso promedio en gramos y crecimiento promedio en centímetros de tilapia roja a diferentes densidades de siembra se puede ver en la Figura N° 16.

Etapas de Engorde

Se realizó cuatro mediciones en un total de 47 días con una separación de 14 días entre medición y medición, la evaluación de los parámetros productivos se midió en gramos el peso corporal y en centímetros la longitud.

En la Tabla N° 18 y 19 observamos los valores de crecimiento promedio en centímetros y gramos respectivamente. Los datos de índice de conversión del alimento y la tasa de crecimiento diario se presentan en la Tabla N° 20 y 21.

Los datos de ganancia de peso en gramos durante los 56 días de evaluación se presentan en la Tabla N° 22.

En la Tabla N° 23 se pueden apreciar los valores del Factor de Condición.

La relación del peso promedio en gramos y crecimiento promedio en centímetros de tilapia roja a diferentes densidades de siembra se puede ver en la Figura N° 24.

CAPITULO VI

PRUEBA DE HIPÓTESIS

6.1 Formulación de hipótesis nulas y alternas

Para determinar diferencia en los resultados de crecimiento (ganancia de peso), tasa de crecimiento diario y el índice de conversión de alimento se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) donde se probaron las siguientes hipótesis:

6.1.1 Etapa de Pre-Cría:

Hipótesis Nula: No existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

Hipótesis Alternativa: Existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

6.1.2 Etapa de Crecimiento:

Hipótesis Nula: No existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

Hipótesis Alternativa: Existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

6.1.3 Etapa de Engorde:

Hipótesis Nula: No existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

Hipótesis Alternativa: Existe diferencia significativa en el crecimiento de tilapia roja a diferentes densidades de carga.

6.2 Selección de las pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas fueron:

- Prueba de Levene : Para analizar si las poblaciones tienen igual varianza, sobre todo cuando las muestras son de diferentes tamaños.
- Análisis de Varianza : Para evaluar la diferencia significativa entre las replicas de cada tratamiento.
- Regresión : Para determinar si existe alguna capacidad predicativa a partir de las fechas de evaluación para determinar la longitud y el peso.
- Diferencia significativa : Análisis para determinar el mejor tratamiento mediante la diferencia significativa (Tukey).

6.3 Condiciones para rechazar o no la hipótesis

Regla de decisión: al realizar el análisis de varianza, determinar si habría diferencia significativa o no entre el crecimiento, se realizó una comparación de varianzas para cada caso, cuando se determino que $p < 0.05$, se consideró que la diferencia era significativa, de lo contrario la diferencia era no significativa.

6.4 Nivel de significancia

El diseño experimental aplicado fue el del estímulo creciente y se analizó a través del diseño estadístico completamente al azar, a un nivel de significancia del 95%.

6.5 Prueba de significancia

Para determinar la densidad de carga que dio el mejor crecimiento de la tilapia roja en las diferentes etapas de cultivo, se utilizó la prueba de Tukey.

6.6 Comprobación de hipótesis

Se consideró la mejor densidad de carga al que obtuviera el mayor crecimiento en peso.

CAPITULO VII

RESULTADOS

7.1 De los objetivos

Etapa de Pre-cría

Al evaluar la etapa de pre-cría para el tratamiento con densidad de carga de 0.42 kg/m^3 obtuvimos un peso promedio final fue $24.46 \pm 10.33 \text{ g}$, ganancia en peso acumulado de 21.33 g , el índice de conversión del alimento que varía de 0.82 a 1.39 y una tasa de crecimiento diario de 0.25 a 0.46 g/día .

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25°C a 27.5°C , el oxígeno disuelto de 8.0 a $8.5 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y el pH de 7.23 a 8.06 .

Para el tratamiento con densidad de carga 0.48 kg/m^3 se obtuvo un peso promedio final fue $23.99 \pm 8.17 \text{ g}$, ganancia en peso acumulado de 21.11 g , el índice de conversión del alimento varía de 0.84 a 1.27 y una tasa de crecimiento diario de 0.23 a 0.46 g/día .

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25°C a 27.6°C , el oxígeno disuelto de 7.3 a $7.8 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y el pH de 7.44 a 7.97 .

El tratamiento con una densidad de carga 0.56 kg/m^3 se obtuvo un peso promedio final $23.99 \pm 8.17 \text{ g}$, ganancia en peso acumulado de

20.45 g, el índice de conversión del alimento varia de 0.80 a 1.35 y una tasa de crecimiento diario de 0.22 a 0.43 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25.1°C a 27.5°C, el oxígeno disuelto de 6.5 a 7.1 mgO₂/l y el pH de 7.32 a 8.06.

Los resultados de ganancia de peso promedio durante el estudio para la etapa de pre-cría según el análisis de varianza (ANOVA) mostraron que son significativamente diferentes ($p < 0.05$), al analizar las medias de los tres tratamientos mediante la prueba de tukey se comprobó que los mejores resultados de ganancia de peso se da a una densidad de 0.42 kg/m³ y con biomasa final de 3.26 kg/m³; en cuanto a los tratamientos con densidades de 0.48 kg/m³ y 0.56 kg/m³ resultaron ser significativamente diferentes, siendo el tratamiento de mejor rendimiento el de 0.48 kg/m³.

Los índices de conversión del alimento y las tasas de crecimiento diario durante la etapa de pre-cría no fueron diferentes estadísticamente ($p > 0.05$).

Etapas de Crecimiento

Al evaluar la etapa de crecimiento para una densidad de siembra de 2.53 kg/m³, obtuvimos un peso promedio final fue 83.47±21.30 g, una ganancia en peso acumulado de 53.07 g, el índice de

conversión del alimento que varia de 1.21 a 2.40 y una tasa de crecimiento diario de 0.38 a 0.86 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25.4°C a 27.8°C, el oxígeno disuelto de 6.6 a 7.8 mgO₂/l y el pH de 6.98 a 8.23.

Para el tratamiento a una densidad de siembra 3.22 kg/m³ se obtuvo un peso promedio final fue 75.22±26.79 g, una ganancia en peso acumulado de 47.61 g, el índice de conversión del alimento varia de 1.23 a 3.35 y una tasa de crecimiento diario de 0.38 a 0.78 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25.4°C a 27.9°C, el oxígeno disuelto de 6.0 a 7.0 mgO₂/l y el pH de 7.28 a 7.95

El tratamiento con una densidad de siembra 4.06 kg/m³ se obtuvo un peso promedio final 73.38±14.68 g, una ganancia en peso acumulado de 46.29 g, el índice de conversión del alimento varia de 1.07 a 2.94 y una tasa de crecimiento diario de 0.31 a 0.84 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25°C a 27.6°C, el oxígeno disuelto de 5.2 a 6.4 mgO₂/l y el pH de 7.13 a 8.01

Los resultados de ganancia de peso promedio durante el experimento para la etapa de crecimiento según el análisis de

varianza (ANOVA) mostraron que son significativamente diferentes ($p < 0.05$), al analizar las medias de los tres tratamientos mediante la prueba de tukey se comprobó que los mejores resultados de ganancia de peso se da a una densidad de 2.53 kg/m^3 y con biomasa final de 6.96 kg/m^3 , en cuanto a los otros dos tratamientos no fueron diferentes estadísticamente ($p > 0.05$).

Los índices de conversión del alimento y las tasas de crecimiento diario durante la etapa de crecimiento no fueron diferentes estadísticamente ($p > 0.05$).

Etapa de Engorde

Al evaluar la etapa de engorde para una densidad de siembra de 4.79 kg/m^3 obtuvimos un peso promedio final fue $124.83 \pm 19.95 \text{ g}$, una ganancia en peso acumulado de 29.08 g , el índice de conversión del alimento que varía de 1.81 a 2.43 y una tasa de crecimiento diario de 0.40 a 0.99 g/día .

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 25.9°C a 28.6°C , el oxígeno disuelto de 6.5 a $6.9 \text{ mgO}_2/\text{l}$ y el pH de 7.28 a 8.26

Para el tratamiento a una densidad de siembra de 7.35 kg/m^3 se obtuvo un peso promedio final fue $127.64 \pm 30.58 \text{ g}$, una ganancia en peso acumulado de 39.45 g , el índice de conversión del

alimento varia de 1.27 a 2.61 y una tasa de crecimiento diario de 0.65 a 1.16 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 26°C a 28.4°C, el oxígeno disuelto de 6.1 a 6.9 mgO₂/l y el pH de 7.23 a 8.12

El tratamiento con una densidad de siembra de 9.14 kg/m³ se obtuvo un peso promedio final 112.14±19.32 g, una ganancia en peso acumulado de 33.84 g, el índice de conversión del alimento varia de 1.17 a 2.63 y una tasa de crecimiento diario de 0.63 a 0.81 g/día.

Los valores de calidad del agua de mar, se encuentran dentro de los rangos óptimos, la temperatura fluctuó de 26°C a 29.1°C, el oxígeno disuelto de 5.1 a 5.9 mgO₂/l y el pH de 7.21 a 8.01

Los resultados de ganancia de peso promedio durante el experimento para la etapa de engorde según el análisis de varianza (ANOVA) mostraron que no fueron diferentes estadísticamente ($p>0.05$).

Los índices de conversión del alimento y las tasas de crecimiento diario durante la etapa de crecimiento no fueron diferentes estadísticamente ($p>0.05$).

Al analizar los valores del Factor de Condición de los tratamientos, se encontró que son significativamente diferentes ($p<0.05$), al analizar las medias de los tres tratamientos mediante la prueba de

tukey se comprobó que el mejor resultado del Factor de Condición se da con densidad de 7.35 kg/m^3 y con biomasa final de 10.63 kg/m^3 .

Podemos concluir aunque no hubo diferencia significativamente entre las ganancias de peso, si la hubo para el Factor de Condición, donde concluimos que el tratamiento con densidad de 7.35 kg/m^3 da mejores resultados en la etapa de engorde.

7.2 Análisis comparativo de resultados

Los resultados obtenidos demuestran que existe una respuesta positiva del crecimiento de la tilapia roja. Donde se utiliza aireación y recambios de agua se debe aplicar altas densidades de siembra. De este modo se considera que el aumento en la densidad puede dar por resultado un aumento en las producciones.

El presente estudio con densidades de siembra de 0.42 kg/m^3 , 0.48 kg/m^3 y 0.56 kg/m^3 a 45 días comparado con ESPEJO y TORRES (2001) bajo la modalidad del cultivo de levante tienen ganancias de pesos de 14 a 19 g, las que son ligeramente menor a los obtenidos en el presente estudio que varia de $15.93 \pm 3.34 \text{ g}$.

Según TOLEDO y GARCIA (1998) en un periodo de 63 días (9 semanas) obtuvieron pesos de 25 a 30 g, los cuales son muy próximos a los obtenidos en el presente estudio durante 56 días, los pesos promedios de $24.46 \pm 10.33 \text{ g}$; $23.99 \pm 8.17 \text{ g}$ y 23.23 ± 8.17

g son obtenidos a una mayor densidad de cultivo que los realizados por TOLEDO y GARCIA (1998).

Los resultados obtenidos por MORENO y col. (1999) en su investigación de Alimentación de *O. mossambicus* x *O. niloticus* con dietas parciales de cáscaras de naranjas difieren de los resultados del presente estudio; los pesos finales de 69.74 g, 27.89 g, 70.51 g y 78.0 g al finalizar 95 días de investigación para los tratamientos de 100% AC; 80% HN + 20% AC; 50% HN + 50% AC; 20% HN + 80% AC respectivamente son muy superiores a los obtenidos en el presente estudio, lo cual podría ser debido a utilización de baja densidad de cultivo, la adición de filtros y remoción constante de agua, este ultimo el más importante para mantener la calidad del agua. En el presente estudio los índices de conversión del alimento de 0.80 a 1.39 son mucho mejores a los obtenidos por MORENO y col. (1999) que van de 3.56 a más, esto podría deberse al haber utilizado un alimento comercial llamado (Trucharina) que no es eficiente para el cultivo de tilapia.

GARCIA-ULLOA, VILLA y MARTINEZ (2001) utilizando acuarios de 113 litros a una densidad de 20 peces/acuario por un periodo de 56 días obtuvo peso promedio final de 31.50 ± 2.92 g a salinidad de 32‰, valores mayores a los obtenidos en el presente estudio que tuvo peso promedio de 24.46 ± 10.23 g para la densidad de 0.42 kg/m³ equivalente a 24 peces/acuario, este podría deberse al 50%

de cambio diario del volumen de agua de mar realizado por GARCIA-ULLOA, VILLA y MARTINEZ (2001) y también a la poca efectividad de la reversión sexual de las tilapias rojas utilizadas en nuestro estudio. En cuanto a la mortalidad obtenida por GARCIA-ULLOA, VILLA y MARTINEZ (2001) fue del $86.6 \pm 8.49\%$ durante su investigación, debida al intervalo de 7 días para realizar cada muestreo biométrico, lo más recomendado es 14 días para la realización del muestro biométrico. Los índices de conversión del alimento que varía de 1.35 ± 0.07 son mejores a los obtenidos por GARCIA-ULLOA, VILLA y MARTINEZ (2001).

Según AMAYA E.A. y col. la ganancia de peso de 17.08 ± 0.87 g en el estudio "Valor Nutricional de la Torta de Palmiste en dietas prácticas para alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp*)" con peso medio inicial de 2.80 ± 0.03 g durante un periodo de 60 días son inferiores a los obtenidos en el presente estudio que tienen ganancia de peso de 21.33 ± 2.94 g a 56 días de evaluación en agua de mar y además con mejores índices de conversión del alimento de 1.10 ± 0.06 .

VARGAS (2002) a densidades de 30 a 50 peces/m² en estanque, por un periodo de 45 a 50 días con tilapias de un gramo alcanza un peso promedio de 10 a 15 g con un factor de conversión de 1.2 en un sistema semi-intensivo, al analizar este factor podemos concluir

que en el presente estudio se dio un factor de condición mejor que varia de 1.07 a 1.10.

En el presente estudio se llego a alcanzar ganancias de 21.33 ± 2.94 g en 8 semanas un valor muy inferior comparado a los obtenidos por MEDINA (2001) que durante el cultivo de alevines de tilapia roja híbrida de 0.40 g en agua de mar a una densidad de 15 alevines/m² obtuvo ganancias de 75.49 g en un periodo de 9 semanas.

Según lo mencionado por BARNABE (1996) el crecimiento de alevines de tilapia roja de 2.5 a 25 g en un periodo de 30 días cultivadas en agua de mar es muy similar al del presente estudio que alcanzo pesos finales de 24.46 ± 10.33 g pero en un intervalo de tiempo de 56 días.

ESPEJO y TORRES (2001) para la etapa de pre-engorde a densidades de 12 alevines/m², levantan los peces de 20 a 150 g, tienen índice de conversión del alimento y una tasa de crecimiento 1.5 y 1.24 g/día respectivamente que son indudablemente mejores a los resultados del presente estudio donde se obtuvo índice de conversión del alimento y la tasa de crecimiento diario de 1.61 ± 0.18 y 0.47 ± 0.03 g/día respectivamente.

CAMPOSANO y col., distribuye 30 tilapias de peso promedio de 30 g y 15 cm cada uno en estanques y jaulas, con carga inicial de 1 kg/m³ y una densidad de 33 peces/m³ los mejores resultados en incremento de peso se dio en jaulas con resultados de 26.41 a

31.98 g, resultados inferiores al del presente estudio con ganancias 31.22 ± 10.28 g en casi 2 meses de evaluación.

Los resultados obtenidos por el presente estudio son superados por SALDARRIAGA y col (2000) que con pesos iniciales de 75 g a la semana 7 (49 días) obtiene pesos finales de 200.60 g, 192.30 g y 191.84 g a densidades de 1, 3 y 5 ind./m² respectivamente, nuestros resultados se podrían haber debido a la falta de recambio de agua y por consecuencia a la mala calidad del agua de mar.

Mencionado las deficiencias que ocurrieron durante la etapa de engorde en el trabajo de investigación nuestros resultados son inferiores a los obtenidos por TOLEDO y GARCIA (1996) que logra a una densidad de 11 ind/m² elevar tilapias de 100 g a 250 g en 90 días.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- En la etapa de pre-cría se determino que son diferentes significativamente ($p < 0.05$) las ganancias de peso de los tres tratamientos evaluados, podemos afirmar que la densidad con mejor rendimiento es el tratamiento de 0.42 kg/m^3 y que obtuvo una biomasa final de 3.26 kg/m^3 .
- En la etapa de crecimiento se determino que son diferentes significativamente ($p < 0.05$) las ganancias de peso de los tres tratamientos evaluados, podemos afirmar que la densidad con mejor rendimiento es el tratamiento de 2.53 kg/m^3 y que obtuvo una biomasa final de 6.96 kg/m^3 .
- En la etapa de engorde se determino que no fueron diferentes estadísticamente ($p < 0.05$) las ganancias de peso de los tres tratamientos evaluados, pero podemos afirmar que al evaluar el factor de condición la densidad con mejor rendimiento es la del tratamiento de 7.35 kg/m^3 donde se que obtuvo una biomasa final de 10.63 kg/m^3 .
- La supervivencia obtenida fue de 100 %, para la etapa de pre-cría y crecimiento. Para la etapa de engorde la mortalidad

ocurrió justo en la mitad del experimento exclusivamente por la deficiente calidad del agua de mar y por consecuencia tuvimos que concluir antes de tiempo nuestro trabajo de investigación.

- Establecer un cultivo de tilapia roja en agua mar y utilizar altas densidades de carga es posible.
- Los recambios de agua de mar efectuados en durante el cultivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* fueron necesarios para poder mantener una buena calidad del agua de mar y así poder mantenerla bien oxigenada.
- Se puede realizar el cultivo de tilapia roja en agua de mar a condiciones naturales, donde el lugar propicio sería en la zona norte (Tumbes), donde las condiciones son favorables y similares a las utilizadas en el trabajo de investigación (ver ANEXOS).

8.2 Recomendaciones

- Ensayar para la etapa de pre-cría densidades de carga mayores a 0.42 kg/m^3 .
- Ensayar para la etapa de crecimiento densidades de carga mayores a 2.53 kg/m^3 .
- Ensayar para la etapa de engorde densidades de carga mayores a 7.35 kg/m^3 .

- La limpieza y el recambio de agua de mar en los acuarios se deben realizar lo más temprano posible para así mejorar la administración del alimento en las diferentes etapas de cultivo.
- Los recambios de agua deben ser superiores al 40% del volumen total o realizar recambios continuos de agua, para evitar la acumulación de sedimentos, materia orgánica producto del metabolismo de los peces y desechos tóxicos como amonio y sulfuro de hidrógeno.
- Se recomienda un nuevo ensayo en condiciones naturales y utilizando la misma especie de tilapia roja *Oreochromis spp.*
- Hacer estudios económicos de rentabilidad durante las etapas de cultivo.
- Evitar los amplios rangos de longitud y peso durante la siembra de alevines por que puede ocurrir deficiencias en su experimento.
- Evitar estrés a los peces durante su cultivo.
- Distribuir la cantidad exacta de alimento para así evitar gastos innecesarios y mantener la calidad del agua en el cultivo.

CAPITULO IX

FUENTES DE INFORMACIÓN

AGUILERA H., Palemón y NORIEGA C., Pedro (1985), LA TILAPIA Y SU CULTIVO – FONDEPESCA – SECRETARIA DE PESCA, México pp. 59

AMAYA E., A.; AFANADOR G.; QUINTERO L., G. y BONILLA W.; Valor Nutricional de la torta de Palmiste en dietas practicas para alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp*), leído 2002; articulo publicado de Internet en: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/cds/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Amaya1.pdf

BALCAZAR José; AGUIRRE Aníbal; GÓMEZ, Geovanny y PAREDES, Walter (2002); Culture of hybrid red tilapia (*O. mossambicus x O. niloticus*) in marine cages: effects of stocking density on survival and growth, Leído 2003 articulo publicado de Internet en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/479.pdf>

BARDACH, Jhon (1986), ACUACULTURA – Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce, AGT Editor S.A., México, pp. 741

BARNABE, Gilbert (1996), ACUICULTURA – Cultivo en agua de mar de la tilapia roja en Martinica (W.F.I.), Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España, pp. 1083

BURMESTER B, Gerd A. (2001); Policultivo de tilapia roja y Langostino en una Langostinera en Tumbes - Revista Peruana de Acuicultura, FONDEPES, pp. 74

CABRERA B. Tomás; MILLÁN Q. José; ROSAS C. Jesús y RENGEL, José (2001); Cultivo del híbrido de tilapia en ambiente marino, sustituyendo harinas de pescado por soya. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14. Leído

Noviembre 2002 <http://www.inp.sagarpa.gob.mx/publicaciones/ciencia%20pesquera/ciencia15/cabrerab.pdf>

CASTILLO C. Luis Fernando (2001); TILAPIA ROJA 2001, Una Evolución de 20 Años de la Incertidumbre al Éxito doce años después. Cali-Colombia: Leído 2002 artículo publicado de Internet en: http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc

CAMPOSANO y col.; Evaluación de dos estándares de proteína y energía digestible en una dieta para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis*) bajo dos sistemas de crianza, Universidad Nacional Agraria la Molina.

CHHRON LIM (2000); “Avances Recientes en Nutrición de Tilapia”, Acuicultura del Ecuador; Revista Especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura N° 39 Set-Oct, pp. 70.

CHHORN Lim; MARGARIDA M., Barros; PHILLIP H., Klesius y CRAIG A., Shoemaker (2000); THIAMIN REQUIREMENT OF NILE TILAPIA *Oreochromis niloticus*, AQUACULTURE AMERICA 2000 hosted by The Louisiana Aquaculture Association, pp. 282

ESPEJO G., Carlos y TORRES Q., Enrique (2001); Cultivo de las tilapias rojas (*Oreochromis spp.*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*), Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), Bogota-Colombia, pp. 423

FUNDACIÓN SANTO DOMINGO (1998); Cartilla Cultivo de la Tilapia Roja en Agua Salada: artículo publicado de Internet en: <http://www.fundacionmariosantodomingo.org.co/educativas.htm>

GARCIA-ULLOA M., VILLA R. y MARTINEZ T. (2001); Growth and Feed Utilization of the Tilapia Hybrid *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* Cultured

at Different Salinities under Controlled Laboratory Conditions, Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara, JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, Vol. 32 N° 1, pp. 117-121

GREEN W. Bartholomew (2000) Seminario "Cultivo de Tilapia" Guayaquil-Ecuador, 12 pp.

HEMPEL Eric (2001); "El Mercado de Tilapia para Europa", Acuicultura del Ecuador; Revista Especializada de la Cámara Nacional de Acuicultura N° 44 Ago-Oct, pp. 70

HURTADO T, Nicolás (1998); "Cultivo comparativo de alevinos revertidos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) "Tilapia Plateada" y *Oreochromis spp.* "Tilapia Roja", en aguas residuales tratadas de San Juan" – Tesis para Optar el Título de Ingeniero Pesquero, Lima – Perú, Universidad Nacional Federico Villarreal, pp. 158.

JORY, E. D. (2000); "Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica", Revista Panorama Acuícola N° 5 Vol. 5, p. 50-53.

KOSINSKI K. y col (2001); Diseño y Manejo de Cultivos de peces, Revista Panorama Acuícola N° 3 Vol. 6, México, p. 8-9.

KLINGE L., LEIGH H. y LOZA A. (2000) Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de un Centro de cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Universidad Nacional Agraria "La Molina" Lima-Perú.

TOLEDO P., Sergio J. y GARCÍA C., María C. (1998); Nutrición y Alimentación de Tilapias Cultivadas en América Latina; Centro de Preparación Acuícola Mampostom, Ministerio de Pesquería - La Habana, Cuba.

MARCILLO, G. E. y LANDIVAR, Z. J. (2002), PRODUCCIÓN COMERCIAL DE TILAPIA, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

MEDINA J., Manuel C. (2001); Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida en la fase de pre-engorde, en cultivo con agua salada en Tumbes. – Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero, Tumbes – Perú, pp. 48

MERCADO, J. y P. SIEGRET (1995); Cultivo en Jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas salobres. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) Colombia

MEYER, Daniel E.; TÉCNICAS DEL CULTIVO DE TILAPIA, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano - Honduras pp. 16.

MORENO A., M. J. y col (1999); Alimentación de *O. mossambicus* x *O. niloticus* (Perciformes: Cichlidae) con dietas parciales de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L. var Valencia); Revista Wiñay Yachay, Editorial: Universidad Nacional Federico Villarreal, pp. 7

NWANNA L.C. (2003); Risk Management in Aquaculture by Feeding Regimen; Pakistan Journal of Nutrition 2 (6) 324-328 © Asian Network for Scientific Information 2003; leído 2003; artículo publicado de Internet en: <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin150.pdf>

NICOVITA (2002); Manual de CRIANZA TILAPIA, Lima – Perú, artículo publicado de Internet en: <http://www.nicovita.com.pe/paginas/esp/tilapia.htm>

PEREZ S., Luís A. (1982); PISCICULTURA Ecología – Explotación – Higiene, Editorial El Manual Moderno (México), 154 pp.

PILLAY, T.V.R. (1996); Acuicultura principios y practicas. Editorial Limusa S.A. de C.V. México 1996, pp. 687

POPMA T. J. and MASSER M. (1999), TILAPIA, Life History and Biology, Southern Regional Aquaculture Center Publication N° 283 – Division of Agricultural Sciences and Natural Resources – Oklahoma State University: artículo publicado de Internet en: <http://www.aqua.ucdavis.edu/dbweb/outreach/aqua/283FS.PDF>

SALAZAR B. C. y col. (2002); Alimentación Equipos y Tecnología – Transformación tecnológica de la tilapia roja (*Oreochromis spp*); Medellín – Colombia.

SALDARRIAGA Y.; David E. y ALVARADO B., Adán (2000); Cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis urolepis homorum*) a diferentes densidades de siembra en estanques; Tumbes–Perú; Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ingeniería Pesquera.

VARGAS C., WILLIAM (2002); Cultivo de Tilapia - Curso Lance en Producción Acuícola, Nuevo León – México, pp. 21, artículo publicado de Internet en: <http://www.soyamex.com.mx/lance%202002/Acuacultura/Presentaciones%20ppt/William%20Vargas/williamvargasok.PDF>

VICTORIA Z., Néstor Fabián; Dr. LETERME P.; ESPEJO G., Carlos; VALOR NUTRICIONAL DE LA SOYA INTEGRAL PARA LA TILAPIA ROJA; Tesis Meritoria; Leído 2002: artículo publicado de Internet: en http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdf/Espejo.pdf

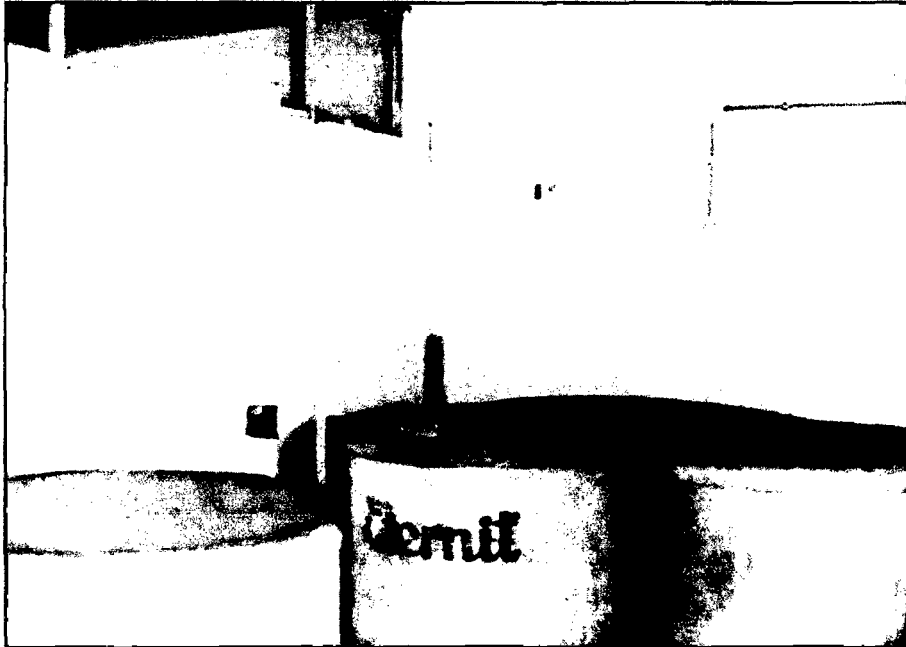
WAHRLICH Roberto y col. (2000); Estudo de viabilidade da tilápia vermelha como isca alternativa para a pesca de atuns; artículo publicado de Internet en: http://www.siaiacad04.univali.br/download/pdf/Meta_07.pdf

WATANABE, W.O., y col. (1999); Cultivo de tilapia roja de florida en agua marina y otras especies de tilapia que toleran salinidad. Ministerio de Pesquería-Dirección General de Acuicultura, *Trad.: Alva Briceño Antonia V.*

APÉNDICE

Foto N° 1

Tanques de Concreto para el almacenamiento del agua de mar.

**Foto N° 2**

Calentadores utilizados para elevar la temperatura del agua de mar.



Foto N° 3

Limpeza y cambio total del agua de mar.

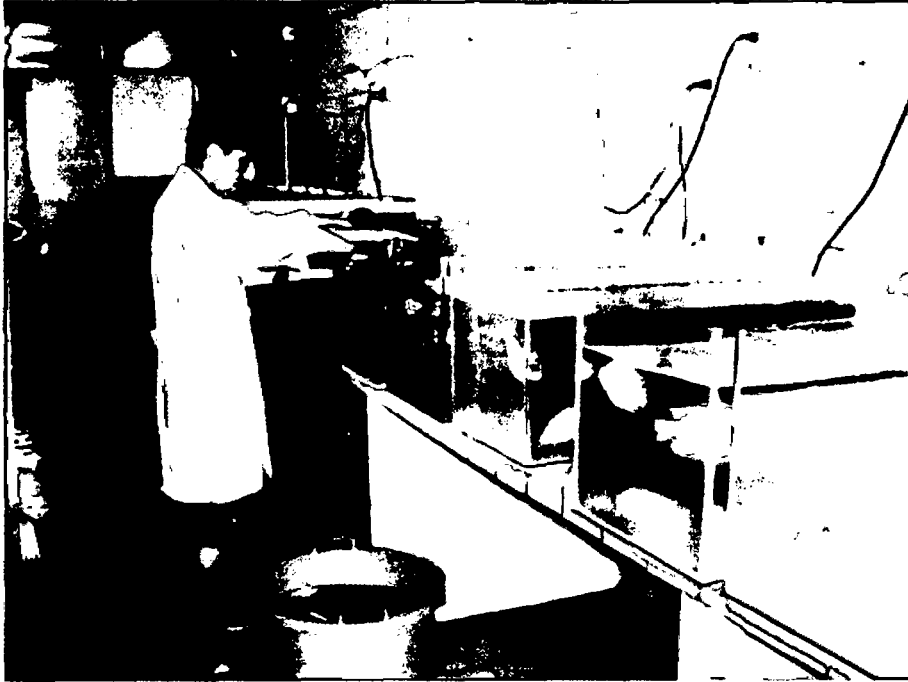


Foto N° 4

Lavado de los calentadores y piedras difusoras.





Foto N° 5
Lavado de los acuarios
con abundante agua.

Foto N° 6
Llenado del acuario con agua de mar.



Densidades de carga al comenzar cada etapa **Tabla N° 1****ETAPA DE PRE-CRÍA**

Acuario	Densidad			Tratamiento	Repetición
	Ind./acuario	kg/m ³	Ind/ m ³		
1	16	0.42 kg/m ³	133	T _A	3
2	20	0.48 kg/m ³	166	T _B	3
3	24	0.56 kg/m ³	200	T _C	3

ETAPA DE CRECIMIENTO

Acuario	Densidad			Tratamiento	Repetición
	Ind./acuario	kg/m ³	Ind/ m ³		
1	10	2.53 kg/m ³	83	T _A	3
2	14	3.22 kg/m ³	116	T _B	3
3	18	4.06 kg/m ³	150	T _C	3

ETAPA DE ENGORDE

Acuario	Densidad			Tratamiento	Repetición
	Ind./acuario	kg/m ³	Ind/ m ³		
1	6	4.79 kg/m ³	50	T _A	3
2	10	7.35 kg/m ³	83	T _B	3
3	14	9.14 kg/m ³	116	T _C	3

Biomasa Final al finalizar cada etapa Tabla N° 2

ETAPA DE PRE-CRÍA

Acuario	Biomasa Final	
	Ind./acuario	kg/m ³
1	16	3.26 kg/m ³
2	20	4.00 kg/m ³
3	24	4.65 kg/m ³

ETAPA DE CRECIMIENTO

Acuario	Biomasa Final	
	Ind./acuario	kg/m ³
1	10	6.96 kg/m ³
2	14	8.78 kg/m ³
3	18	11.01 kg/m ³

ETAPA DE ENGORDE

Acuario	Biomasa Final	
	Ind./acuario	kg/m ³
1	6	6.27 kg/m ³
2	10	10.63 kg/m ³
3	14	13.08 kg/m ³

TABLA N° 3
Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de pre-cría

Tratamientos		Salinidad ‰	Temperatura °C	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH
A = 16 ind.	1	35.5 a 37	25.7 a 27.2	8.0 a 8.5	7.23 a 8.06
	2		25 a 27	8.3 a 8.4	7.61 a 7.85
	3		25.8 a 27.5	8.1 a 8.5	7.79 a 7.9
B = 20 ind.	1		26 a 27.5	7.3 a 7.6	7.65 a 7.82
	2		25.3 a 27.6	7.5 a 7.8	7.55 a 7.97
	3		25 a 27.5	7.4 a 7.8	7.44 a 7.92
C = 24 ind.	1		25.7 a 27.1	6.5 a 6.7	7.35 a 7.91
	2		25.3 a 27.5	7.0 a 7.1	7.41 a 8.06
	3		25.1 a 27.2	6.6 a 7.0	7.32 a 7.85

TABLA N° 4
Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de crecimiento

Tratamientos		Salinidad ‰	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH
A = 10 ind.	1	34.5a 38	25.7 a 27.8	6.9 a 7.8	7.01 a 7.98
	2		25.4 a 27.6	7.0 a 7.1	6.98 a 8.11
	3		26.0 a 27.8	6.6 a 7.1	7.16 a 8.23
B = 14 ind.	1		25.7 a 27.0	6.0 a 7.0	7.28 a 7.87
	2		25.4 a 27.3	6.1 a 6.7	7.35 a 7.95
	3		26.1 a 27.9	6.3 a 6.9	7.46 a 7.87
C = 18 ind.	1		25.1 a 27.6	5.3 a 6.2	7.23 a 8.01
	2		25.5 a 27.6	5.2 a 6.4	7.22 a 7.86
	3		25.0 a 27.6	5.6 a 6.3	7.13 a 7.95

TABLA N° 5
Valores de la calidad del agua de mar en la etapa de engorde

Tratamientos		Salinidad ‰	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH
A = 6 ind.	1	35.5 a 38.0	26.1 a 28.4	6.6 a 6.8	7.45 a 8.10
	2		26.0 a 28.6	6.5 a 6.9	7.56 a 8.26
	3		25.9 a 28.3	6.6 a 6.8	7.28 a 8.10
B = 10 ind.	1		26.1 a 28.0	6.1 a 6.4	7.84 a 8.12
	2		26.0 a 28.0	6.1 a 6.9	7.56 a 7.94
	3		26.3 a 28.4	6.2 a 6.4	7.23 a 8.0
C = 14 ind.	1		26.0 a 27.9	5.3 a 5.8	7.51 a 8.01
	2		26.0 a 28.2	5.5 a 5.9	7.36 a 7.95
	3		26.2 a 29.1	5.1 a 5.8	7.21 a 7.90

Tabla N° 6
Evaluación de la longitud (cm) durante 56 días según los tratamientos

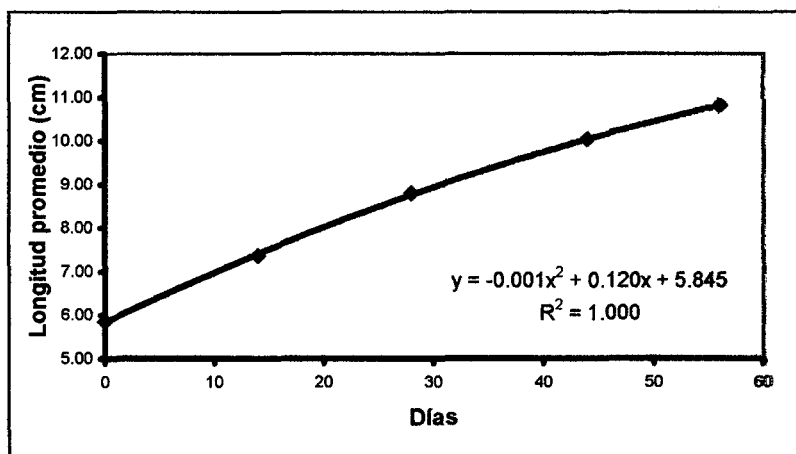
Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de pre-cría																
Fecha	día	TRATAMIENTO A			día	TRATAMIENTO B			día	TRATAMIENTO C		p				
		Long. prom.	±	d.s.		Long. prom.	±	d.s.		Long. prom.	±		d.s.			
14/06/03	0	5.86	±	0.11	b	0	5.62	±	0.11	a	0	5.57	±	0.13	a	0.00
28/06/03	14	7.37	±	0.43	b	14	7.19	±	0.26	a	14	7.03	±	0.43	a	0.00
12/07/03	28	8.80	±	0.83	a	28	8.66	±	0.52	a	28	8.54	±	0.79	a	0.15
28/07/03	42	10.04	±	1.28	a	42	9.96	±	0.87	a	42	9.86	±	1.19	a	0.68
09/08/03	56	10.81	±	1.51	a	56	10.74	±	1.04	a	56	10.58	±	1.37	a	0.60

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 0.4 kg/m^3
 $y = \text{Longitud (cm)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

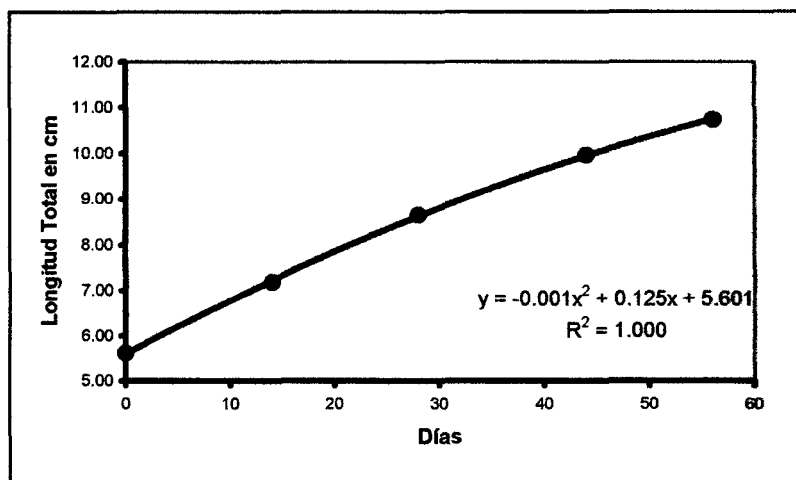
Figura N° 1 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO B

Densidad 0.5 kg/m^3
 $y = \text{Longitud (cm)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

Figura N° 2 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO C

Densidad 0.6 kg/m^3
 $y = \text{Longitud (cm)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

Figura N° 3 relación de longitud y tiempo

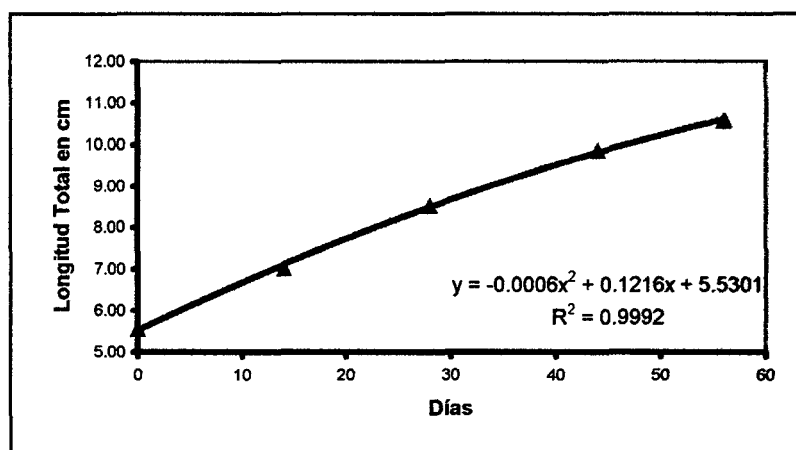


Tabla N° 7
Evaluación del peso (g) durante 56 días según los tratamientos

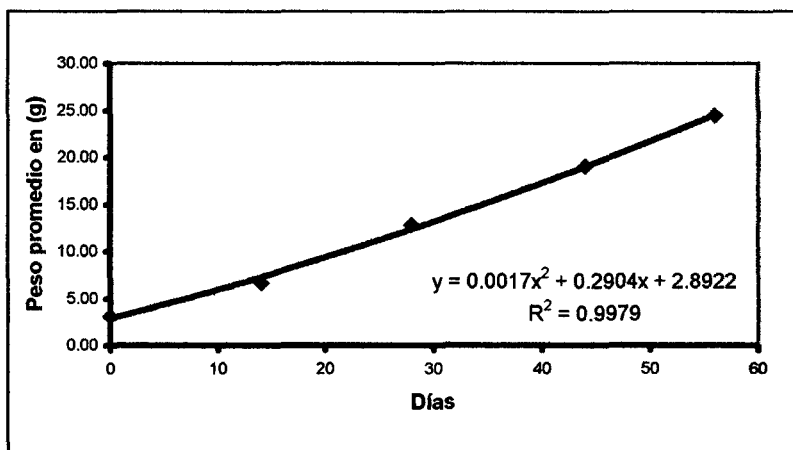
Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de pre-cría													
Fecha	día	TRATAMIENTO A		día	TRATAMIENTO B		día	TRATAMIENTO C		p			
		Peso prom.	d.s.		Peso prom.	d.s.		Peso prom.	d.s.				
14/06/03	9	3.13	± 0.26	b	9	2.88	± 0.25	a	9	2.79	± 0.27	a	0.00
28/06/03	14	6.68	± 1.21	b	14	6.19	± 0.83	a	14	5.91	± 1.04	a	0.00
12/07/03	28	12.80	± 3.56	a	28	12.04	± 2.73	a	28	11.93	± 3.22	a	0.30
28/07/03	36	19.06	± 7.02	a	36	18.42	± 5.88	a	36	18.10	± 6.36	a	0.72
09/08/03	56	24.46	± 10.33	a	56	23.99	± 8.17	a	56	23.23	± 8.71	a	0.75

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 0.4 kg/m^3
 $y = \text{Peso (g)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

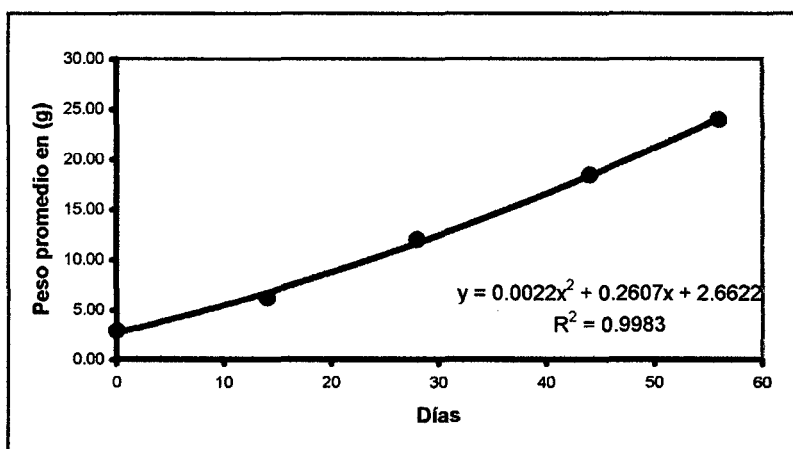
Figura N° 4 relación de peso y tiempo



TRATAMIENTO B

Densidad 0.5 kg/m^3
 $y = \text{Peso (g)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

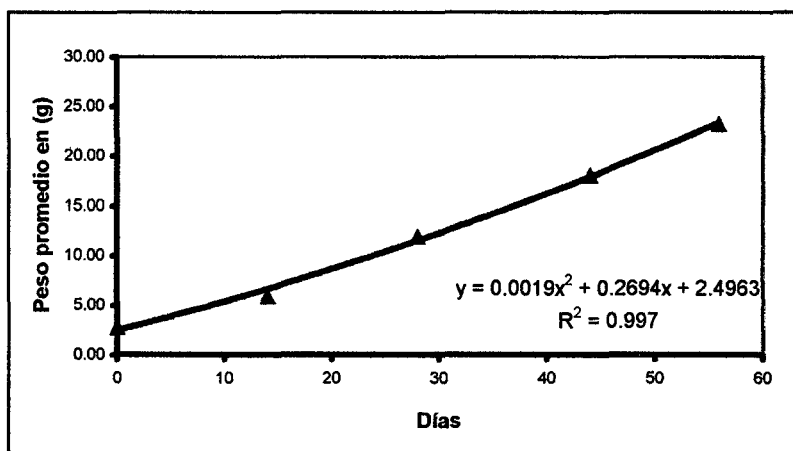
Figura N° 5 relación de peso y tiempo



TRATAMIENTO C

Densidad 0.6 kg/m^3
 $y = \text{Peso (g)}$
 $x = \text{Tiempo de eval.}$

Figura N° 6 relación de peso y tiempo



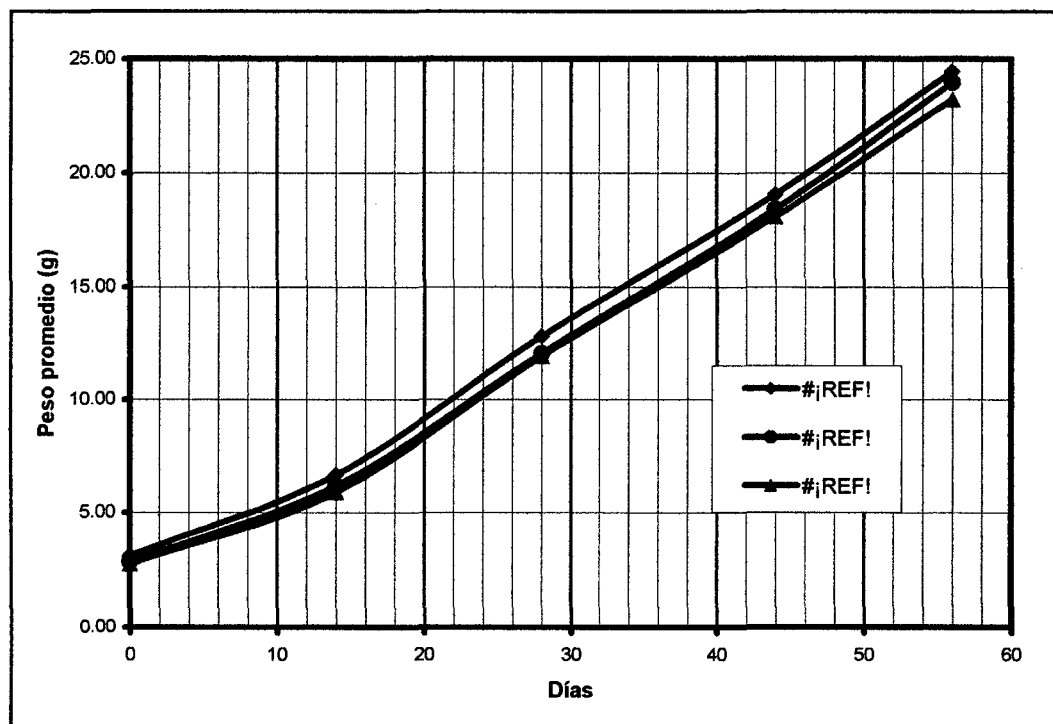
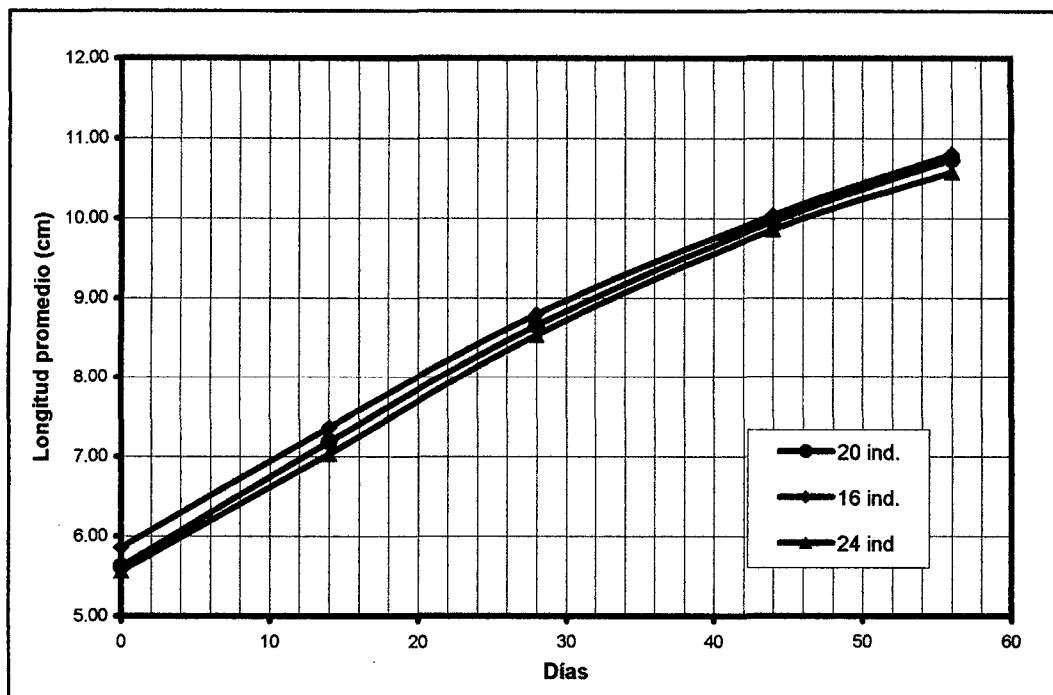
ETAPA DE PRE-CRIA

Figura Nº 7 Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.

Tabla N° 8

Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 56 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	I.C.A.	d.s		I.C.A.	d.s		I.C.A.	d.s		
14/06 al 27/06	0.83	± 0.11	a	0.88	± 0.03	a	0.94	± 0.03	a	0.24
28/06 al 11/07	0.82	± 0.13	a	0.84	± 0.05	a	0.80	± 0.02	a	0.80
12/07 al 27/07	1.39	± 0.40	a	1.23	± 0.12	a	1.25	± 0.06	a	0.68
28/07 al 08/08	1.36	± 0.29	a	1.27	± 0.18	a	1.35	± 0.11	a	0.85
14/06 al 08/08	1.10	± 0.06	a	1.07	± 0.04	a	1.10	± 0.03	a	0.70

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

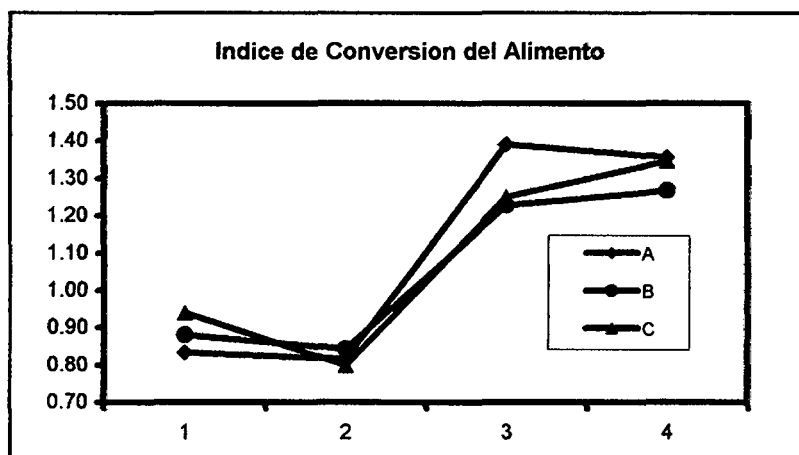


Tabla N° 9

Evaluación de la tasa de crecimiento diario (g/día) durante 56 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	T.C.D	d.s.		T.C.D	d.s.		T.C.D	d.s.		
14/06 al 27/06	0.25	± 0.04	a	0.23	± 0.01	a	0.22	± 0.01	a	0.33
28/06 al 11/07	0.44	± 0.08	a	0.42	± 0.03	a	0.43	± 0.02	a	0.84
12/07 al 27/07	0.39	± 0.12	a	0.40	± 0.05	a	0.39	± 0.02	a	0.98
28/07 al 08/08	0.46	± 0.03	a	0.46	± 0.07	a	0.43	± 0.03	a	0.58
14/06 al 08/08	0.38	± 0.06	a	0.38	± 0.02	a	0.37	± 0.01	a	0.89

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

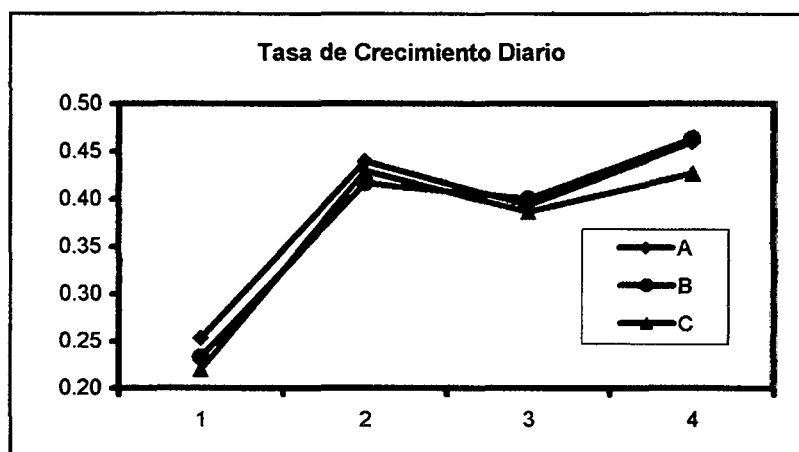
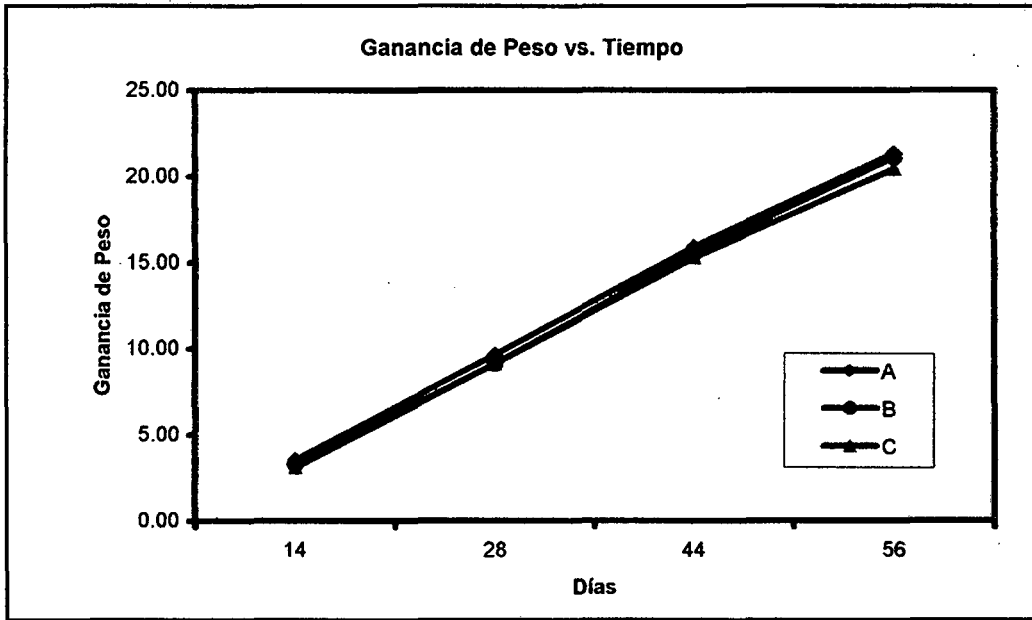


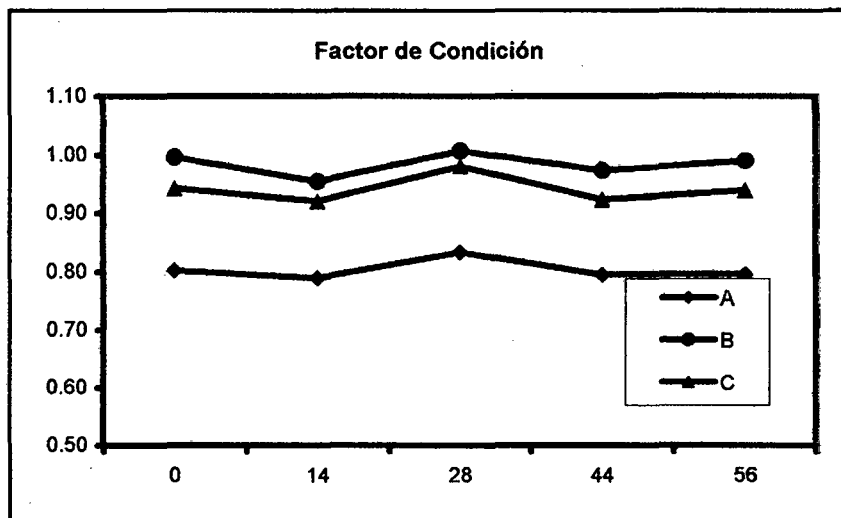
Tabla N° 10
Evaluación de la ganancia de peso durante 56 días en la etapa de pre-crfa.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	G.P.	d.s		G.P.	d.s		G.P.	d.s		
14/06 al 27/06	14	3.55 ± 0.53	a	14	3.31 ± 0.07	a	14	3.12 ± 0.13	a	0.40
14/06 al 11/07	28	9.67 ± 1.56	a	28	9.16 ± 0.51	a	28	9.14 ± 0.39	a	0.79
14/06 al 27/07	44	15.93 ± 3.34	a	44	15.54 ± 1.15	a	44	15.31 ± 0.71	a	0.94
14/06 al 08/08	56	21.33 ± 2.94	a	56	21.11 ± 1.31	a	56	20.45 ± 0.51	a	0.87
PROMEDIO		12.62 ± 2.07	a		12.28 ± 0.69	b		12.01 ± 0.42	c	0.00

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)



	TRAT. A	TRAT. B	TRAT. C
0	0.803	0.996	0.943
14	0.790	0.955	0.922
28	0.834	1.007	0.980
44	0.796	0.974	0.924
56	0.796	0.990	0.939



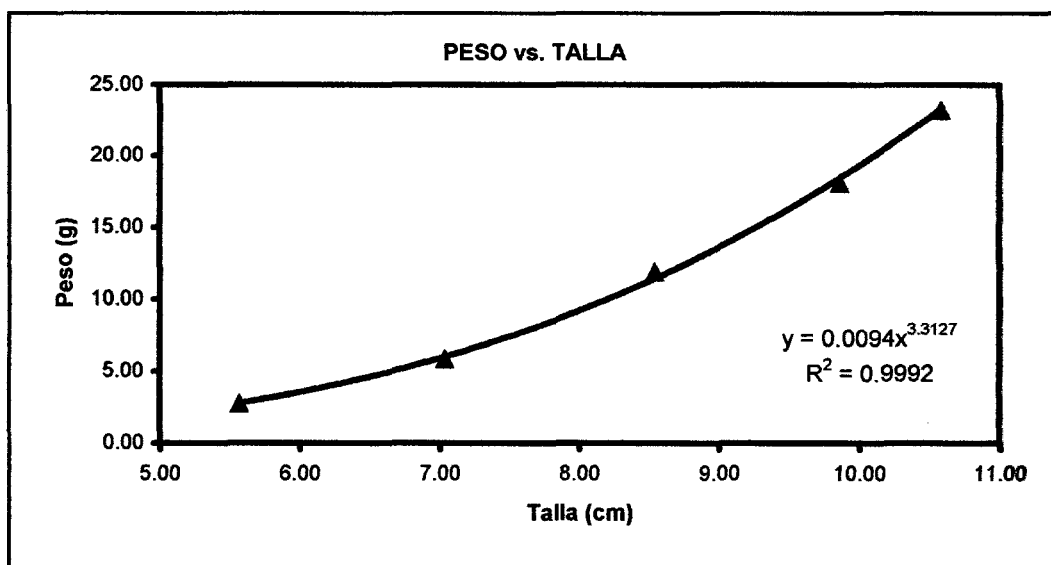
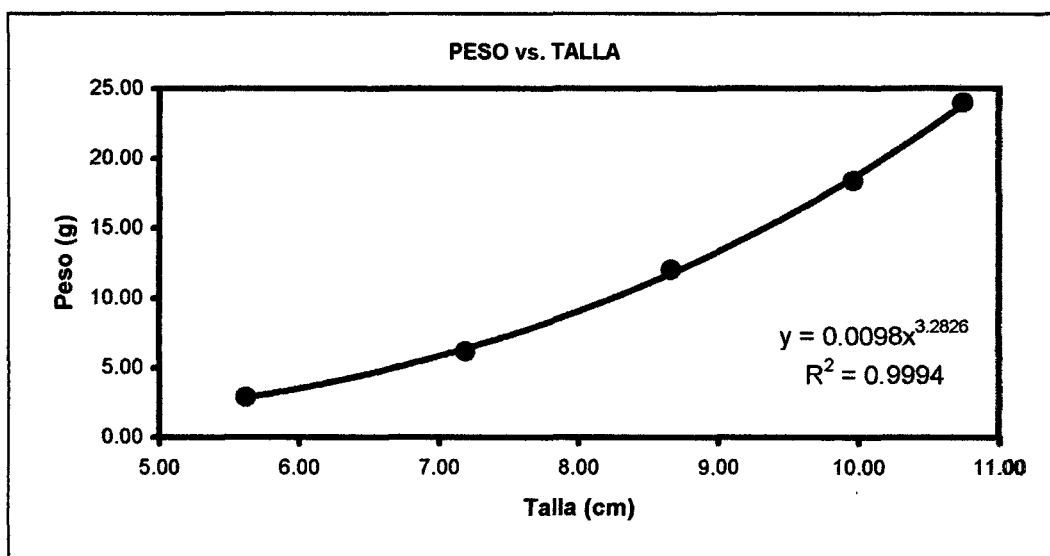
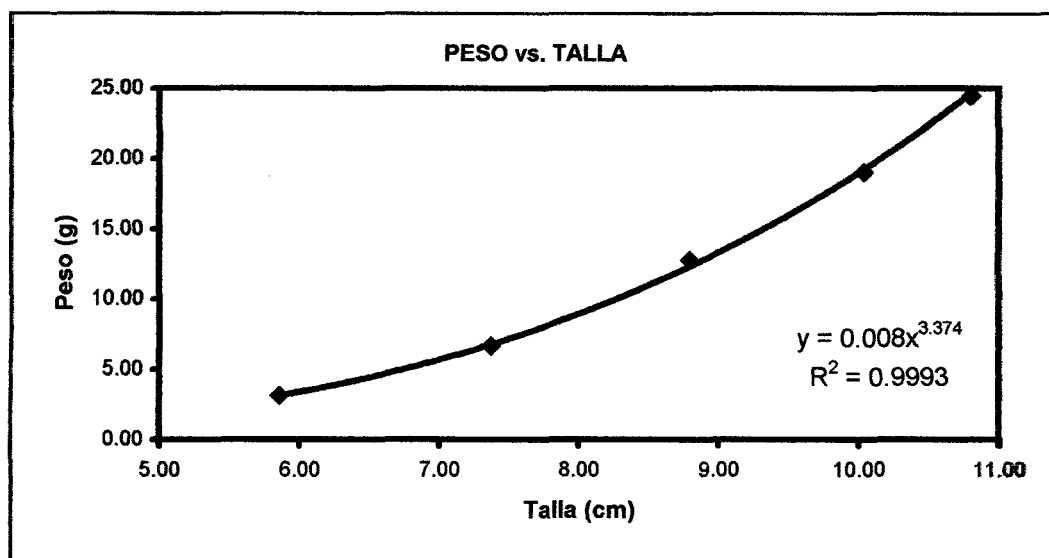
ETAPA DE PRE-CRIA

Figura N° 8 Curva de crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de pre-cría a diferentes densidades de carga.

Tabla N° 12
Evaluación de la longitud (cm) durante 84 días según los tratamientos

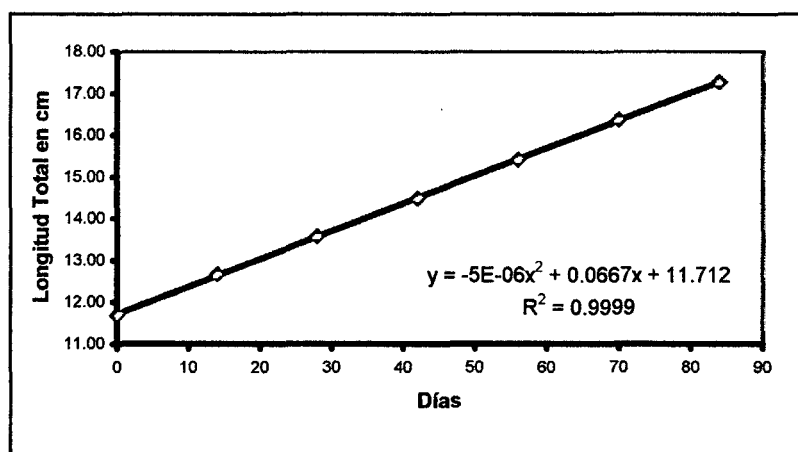
Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de crecimiento																
Fecha	día	TRATAMIENTO A			día	TRATAMIENTO B			día	TRATAMIENTO C			p			
		Long. prom.	±	d.s.		Long. prom.	±	d.s.		Long. prom.	±	d.s.				
09/08/03	0	11.69	±	0.80	b	0	11.22	±	0.80	a	0	11.24	±	0.71	a	0.02
23/08/03	14	12.68	±	1.17	b	14	12.14	±	0.94	a	14	12.16	±	0.89	ab	0.04
06/09/03	28	13.58	±	1.36	a	28	13.03	±	1.16	a	28	13.02	±	1.06	a	0.08
20/08/03	42	14.49	±	1.59	a	42	13.99	±	1.38	a	42	13.80	±	1.30	a	0.10
04/10/03	56	15.41	±	1.72	a	56	14.90	±	1.87	a	56	14.71	±	1.70	a	0.22
18/10/03	70	16.37	±	1.93	a	70	15.63	±	1.91	a	70	15.59	±	1.70	a	0.14
01/11/03	84	17.28	±	1.52	b	84	16.47	±	1.87	a	84	16.67	±	1.09	ab	0.05

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 2.5 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

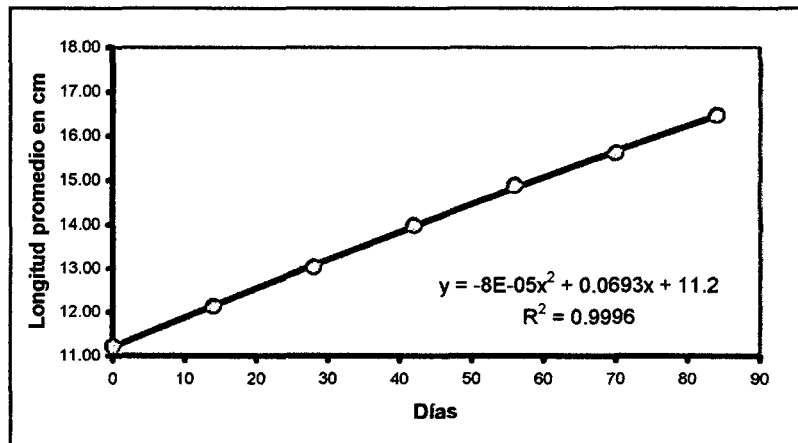
Figura N° 9 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO B

Densidad 3.2 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 10 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO C

Densidad 4.1 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 11 relación de longitud y tiempo

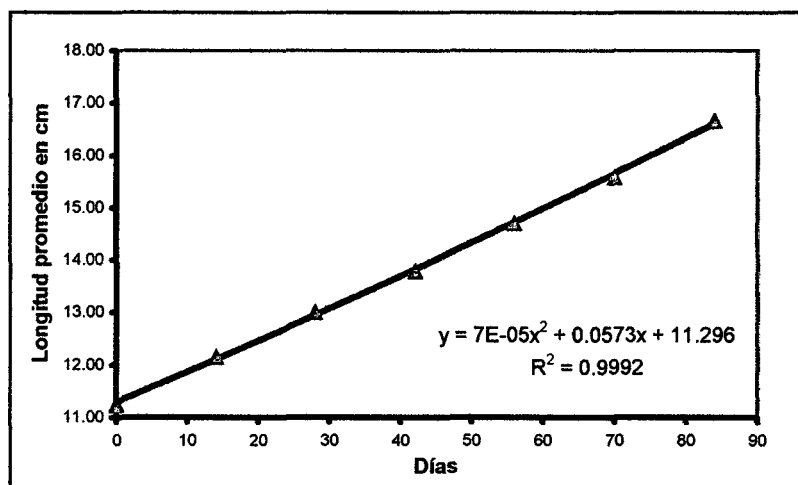


Tabla N° 13
Evaluación de peso (g) durante 84 días según los tratamientos

Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de crecimiento																
Fecha	día	TRATAMIENTO A			día	TRATAMIENTO B			día	TRATAMIENTO C			p			
		Peso prom.	±	d.s.		Peso prom.	±	d.s.		Peso prom.	±	d.s.				
09/08/03	0	30.41	±	7.70	a	0	27.62	±	7.07	a	0	27.09	±	6.55	a	0.11
23/08/03	14	39.07	±	11.15	a	14	34.36	±	9.36	a	14	34.11	±	9.34	a	0.06
06/09/03	28	44.40	±	13.86	a	28	39.65	±	11.98	a	28	38.40	±	11.22	a	0.09
20/08/03	42	53.52	±	18.79	a	42	49.10	±	16.03	a	42	46.00	±	14.55	a	0.13
04/10/03	56	61.63	±	21.91	b	56	54.48	±	19.49	ab	56	51.42	±	16.24	a	0.05
18/10/03	70	73.71	±	26.17	a	70	65.43	±	24.84	a	70	63.18	±	20.39	a	0.14
01/11/03	84	83.47	±	21.30	a	84	75.22	±	26.79	a	84	73.38	±	14.68	a	0.10

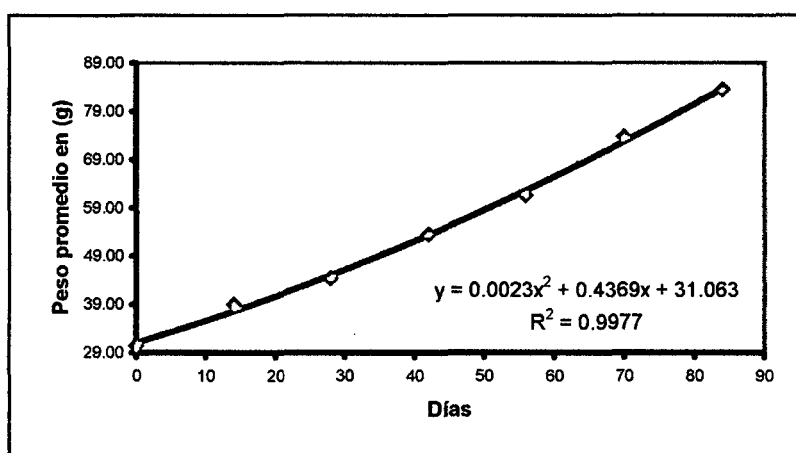
a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 2.5 kg/m³

y = Peso (g)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 12 relación de peso y tiempo

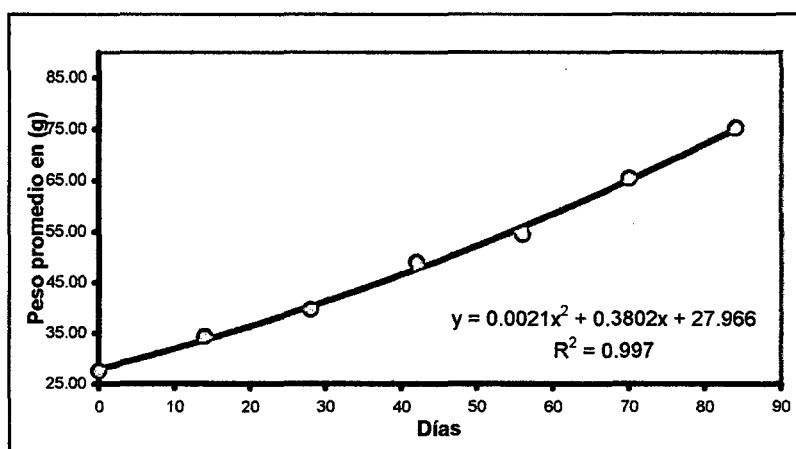


TRATAMIENTO B

Densidad 3.2 kg/m³

y = Peso (g)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 13 relación de peso y tiempo

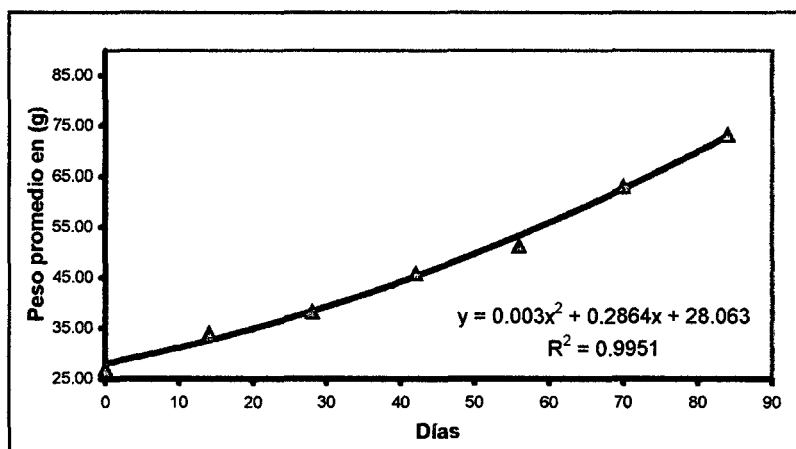


TRATAMIENTO C

Densidad 4.1 kg/m³

y = Peso (g)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 14 relación de peso y tiempo



ETAPA DE CRECIMIENTO

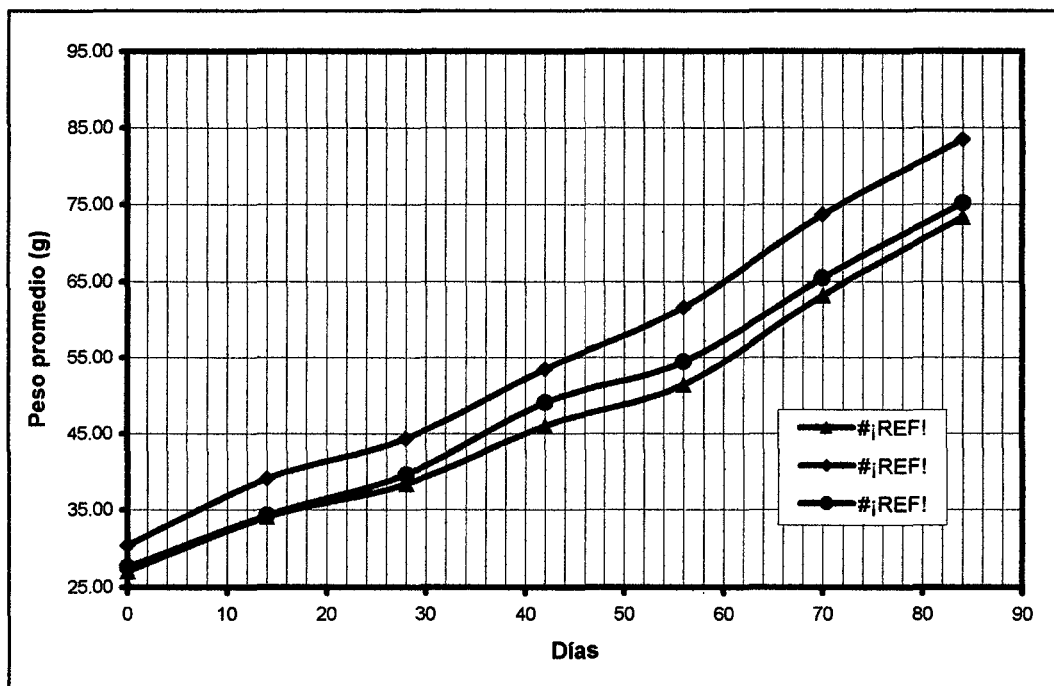
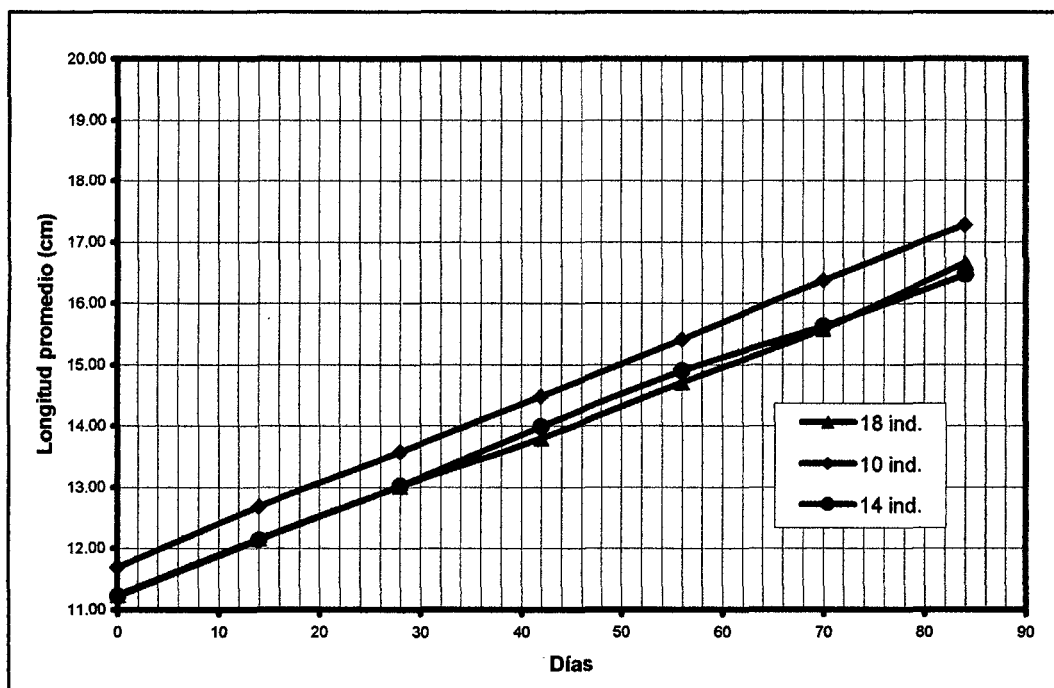


Figura Nº 15 Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.

Tabla N° 14

Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 84 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A		TRATAMIENTO B		TRATAMIENTO C		p			
	I.C.A.	d.s.	I.C.A.	d.s.	I.C.A.	d.s.				
09/08 al 22/08	1.46	± 0.92	a	1.44	± 0.28	a	1.34	± 0.15	a	0.96
23/08 al 06/09	2.40	± 0.78	a	2.04	± 0.14	a	2.54	± 0.30	a	0.47
06/09 al 20/09	1.70	± 0.49	a	1.53	± 0.57	a	1.72	± 0.16	a	0.86
20/09 al 04/10	2.05	± 0.42	a	3.35	± 2.01	a	2.94	± 1.02	a	0.51
04/10 al 18/10	1.21	± 0.05	a	1.23	± 0.16	a	1.07	± 0.03	a	0.17
18/10 al 01/11	2.14	± 1.01	a	1.71	± 0.54	a	1.58	± 0.42	a	0.63
09/08 al 01/11	1.61	± 0.18	a	1.62	± 0.04	a	1.60	± 0.08	a	0.99

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

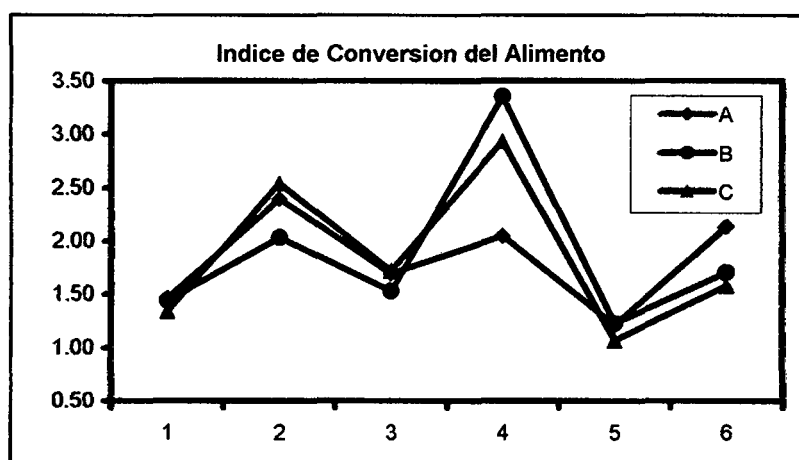


Tabla N° 15

Evaluación de la tasa de crecimiento diario (g/día) durante 84 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A		TRATAMIENTO B		TRATAMIENTO C		p			
	T.C.D	d.s.	T.C.D	d.s.	T.C.D	d.s.				
09/08 al 23/08	0.62	± 0.31	a	0.48	± 0.12	a	0.50	± 0.06	a	0.67
23/08 al 06/09	0.38	± 0.17	a	0.38	± 0.04	a	0.31	± 0.04	a	0.64
06/09 al 20/09	0.65	± 0.23	a	0.67	± 0.24	a	0.54	± 0.04	a	0.68
20/09 al 04/10	0.58	± 0.13	a	0.38	± 0.17	a	0.39	± 0.12	a	0.23
04/10 al 18/10	0.86	± 0.18	a	0.78	± 0.16	a	0.84	± 0.05	a	0.78
18/10 al 01/11	0.70	± 0.31	a	0.70	± 0.15	a	0.73	± 0.15	a	0.98
09/08 al 01/11	0.47	± 0.03	a	0.42	± 0.05	a	0.42	± 0.02	a	0.25

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

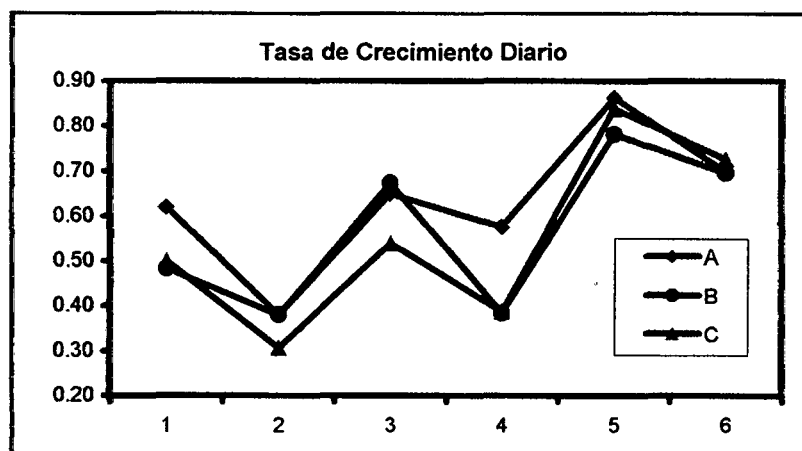
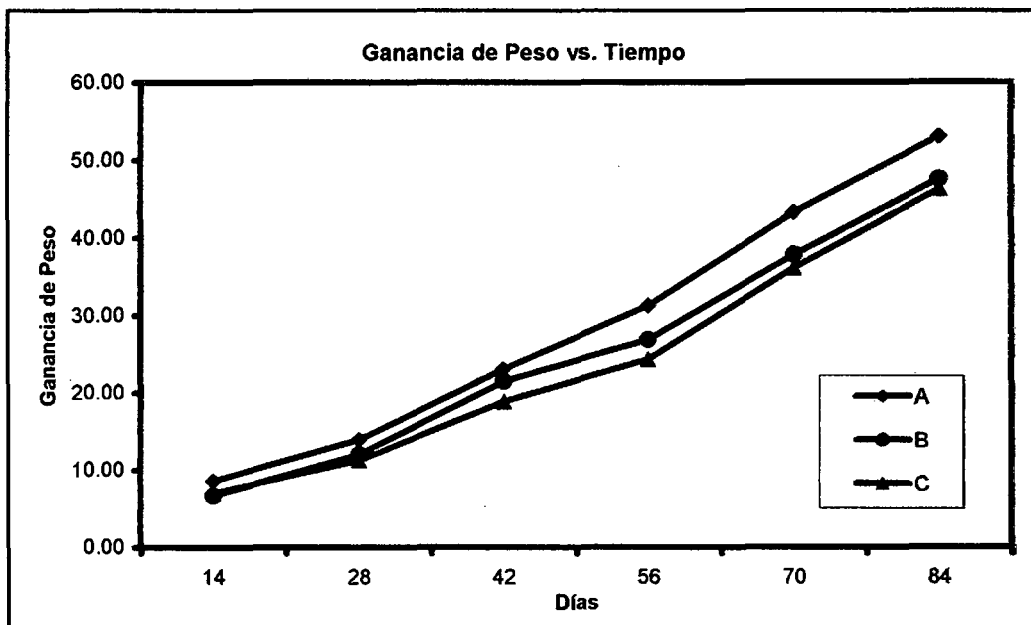


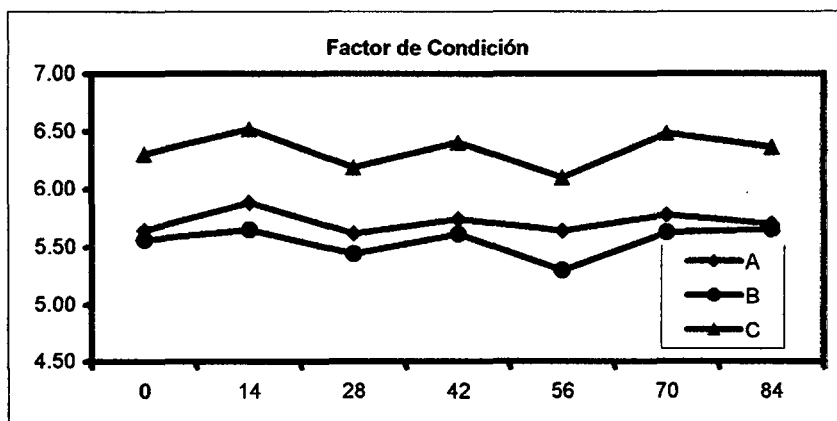
Tabla N° 16
Evaluación de la ganancia de peso durante 84 días en la etapa de crecimiento.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	G.P.	d.s		G.P.	d.s		G.P.	d.s		
09/08 al 22/08	14	8.66 ± 4.40	a	14	6.74 ± 1.57	a	14	7.02 ± 0.85	a	0.72
09/08 al 06/09	28	14.00 ± 6.34	a	28	12.04 ± 1.79	a	28	11.31 ± 0.91	a	0.70
09/08 al 20/09	42	23.11 ± 9.19	a	42	21.49 ± 5.13	a	42	18.91 ± 0.98	a	0.76
09/08 al 04/10	56	31.22 ± 10.28	a	56	26.86 ± 4.64	a	56	24.33 ± 2.52	a	0.54
09/08 al 18/10	70	43.30 ± 12.73	a	70	37.82 ± 6.88	a	70	36.09 ± 3.15	a	0.64
09/08 al 01/11	84	53.07 ± 8.87	a	84	47.61 ± 5.55	a	84	46.29 ± 1.39	a	0.48
PROMEDIO		28.89 ± 8.58	a		25.43 ± 4.17	b		23.99 ± 1.48	b	0.00

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)



	TRAT. A	TRAT. B	TRAT. C
0	5.646	5.561	6.307
14	5.888	5.653	6.523
28	5.619	5.443	6.193
42	5.741	5.613	6.411
56	5.641	5.298	6.104
70	5.781	5.629	6.486
84	5.704	5.655	6.368



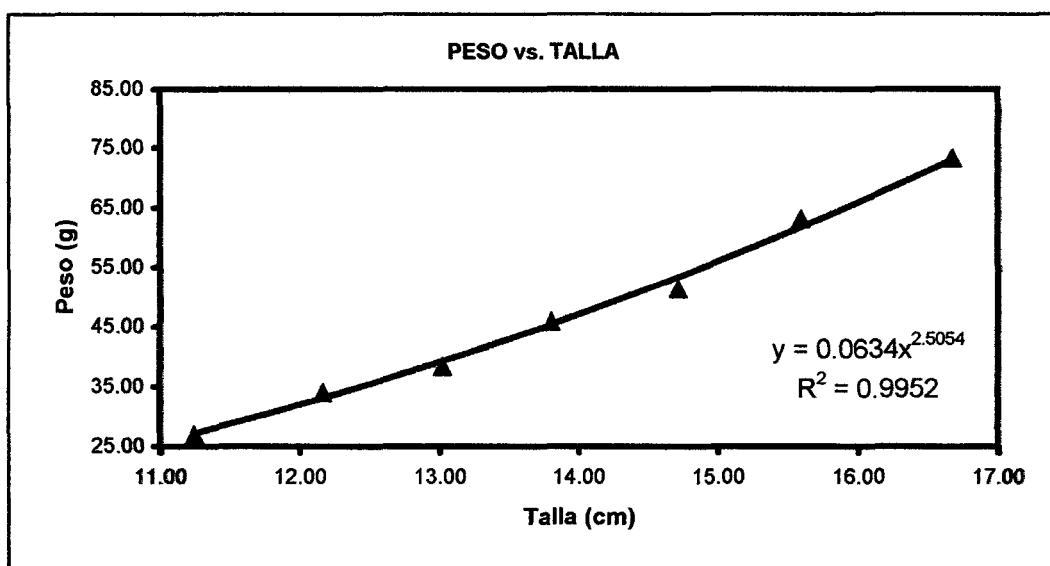
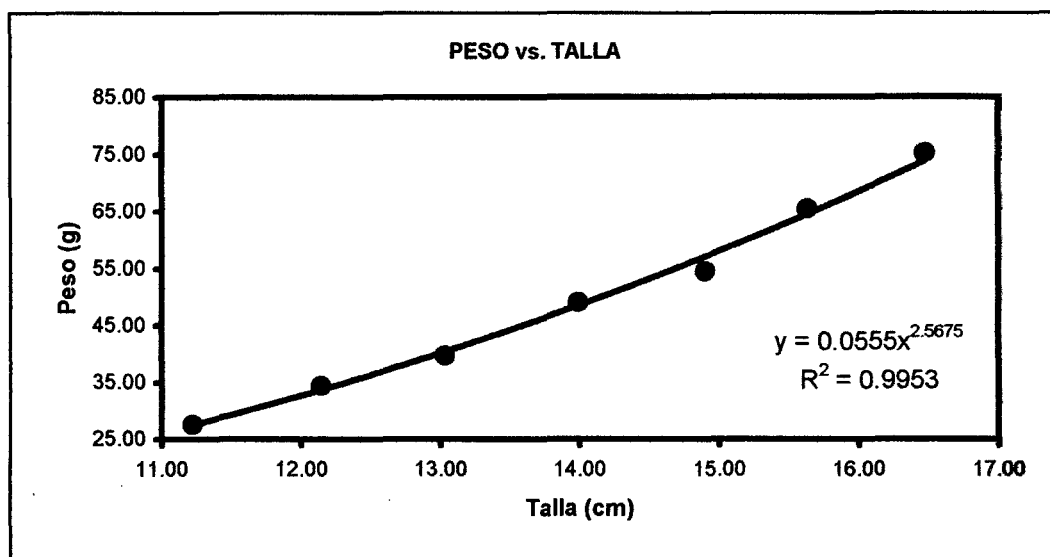
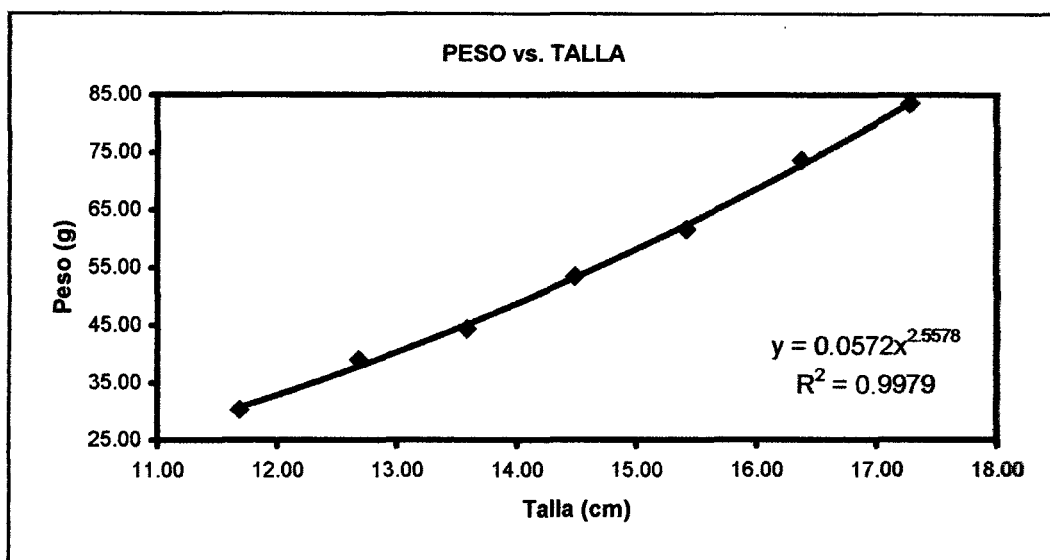
ETAPA DE CRECIMIENTO

Figura N° 16 Curva de crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de crecimiento a diferentes densidades de carga.

Tabla N° 18
Evaluación de la longitud (cm) durante 47 días según los tratamientos

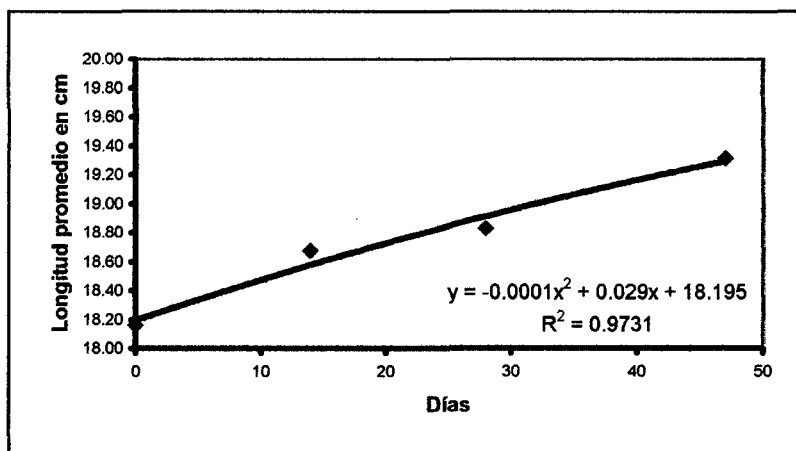
Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de engorde													
Fecha	TRATAMIENTO A				TRATAMIENTO B				TRATAMIENTO C		p		
	día	Long. prom.	d.s.	b	día	Long. prom.	d.s.	a	día	Long. prom.		d.s.	
01/11/03	0	18.16	± 0.10	b	0	17.43	± 1.04	a	0	16.99	± 0.91	a	0.00
15/11/03	14	18.68	± 1.11	b	14	18.23	± 1.11	ab	14	17.70	± 0.93	a	0.00
29/11/03	28	18.83	± 1.20	b	28	18.50	± 1.28	ab	28	17.97	± 0.91	a	0.02
18/12/03	47	19.31	± 1.13	a	47	19.17	± 1.41	a	47	18.60	± 1.04	a	0.06

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 4.8 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

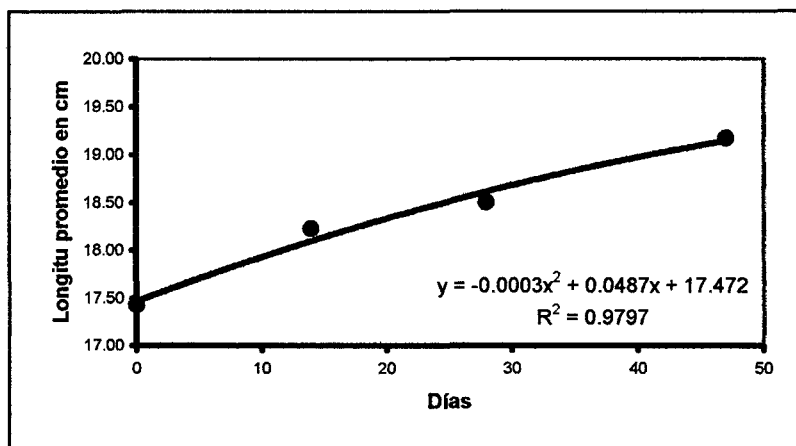
Figura N° 17 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO B

Densidad 7.4 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 18 relación de longitud y tiempo



TRATAMIENTO C

Densidad 9.1 kg/m³
y = Longitud (cm)
x = Tiempo de eval.

Figura N° 19 relación de longitud y tiempo

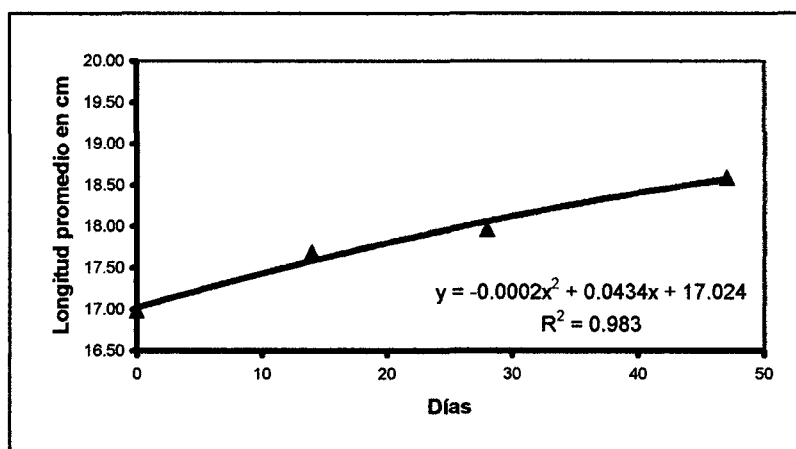


TABLA N° 19
Evaluación del peso (g) durante 47 días según los tratamientos

Efecto de densidad sobre el comportamiento productivo de la tilapia roja en la etapa de engordé

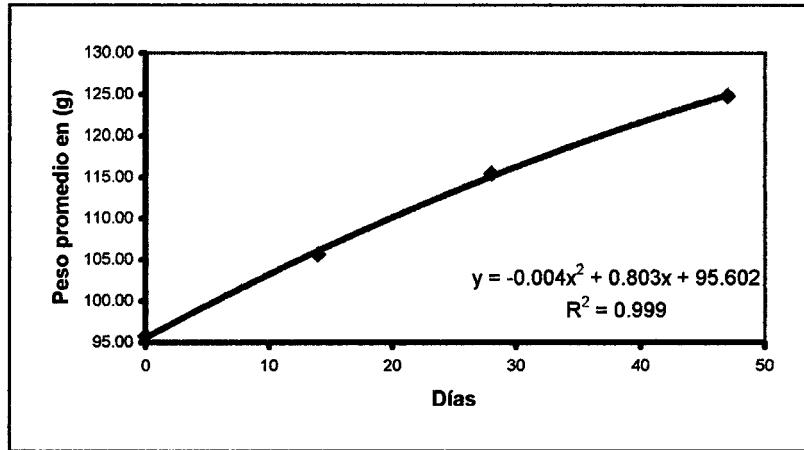
Fecha	TRATAMIENTO A				TRATAMIENTO B				TRATAMIENTO C				p
	día	Peso prom.	d.s.	letra	día	Peso prom.	d.s.	letra	día	Peso prom.	d.s.	letra	
01/11/03	0	95.75	± 15.95	b	0	88.19	± 18.92	ab	0	78.30	± 12.57	a	0.00
15/11/03	14	105.69	± 19.85	b	14	99.52	± 19.06	ab	14	89.40	± 14.69	a	0.00
29/11/03	28	115.45	± 19.09	b	28	115.18	± 26.07	ab	28	100.77	± 16.33	a	0.01
18/12/03	47	124.83	± 19.95	a	47	127.64	± 30.58	a	47	112.14	± 19.32	a	0.02

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

TRATAMIENTO A

Densidad 4.8 kg/m³
 y = Peso (g)
 x = Tiempo de eval.

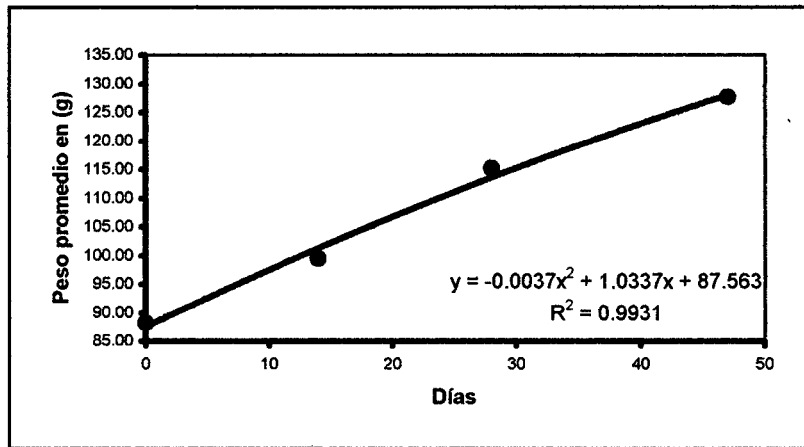
Figura N° 20 relación de peso y tiempo



TRATAMIENTO B

Densidad 7.4 kg/m³
 y = Peso (g)
 x = Tiempo de eval.

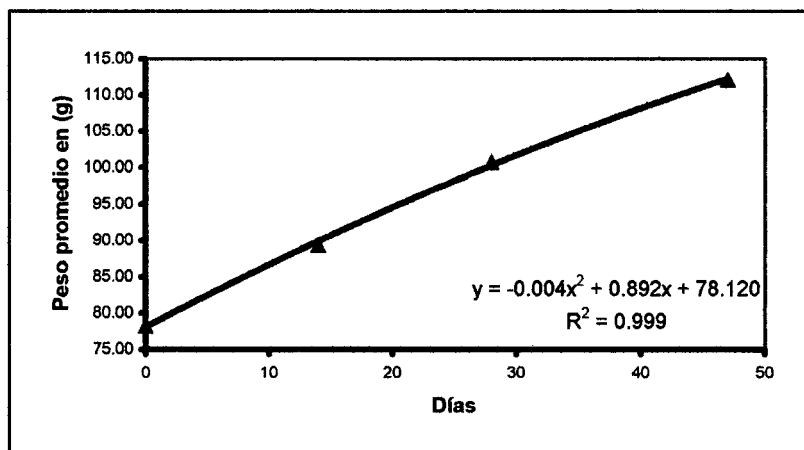
Figura N° 21 relación de peso y tiempo



TRATAMIENTO C

Densidad 9.1 kg/m³
 y = Peso (g)
 x = Tiempo de eval.

Figura N° 22 relación de peso y tiempo



ETAPA DE ENGORDE

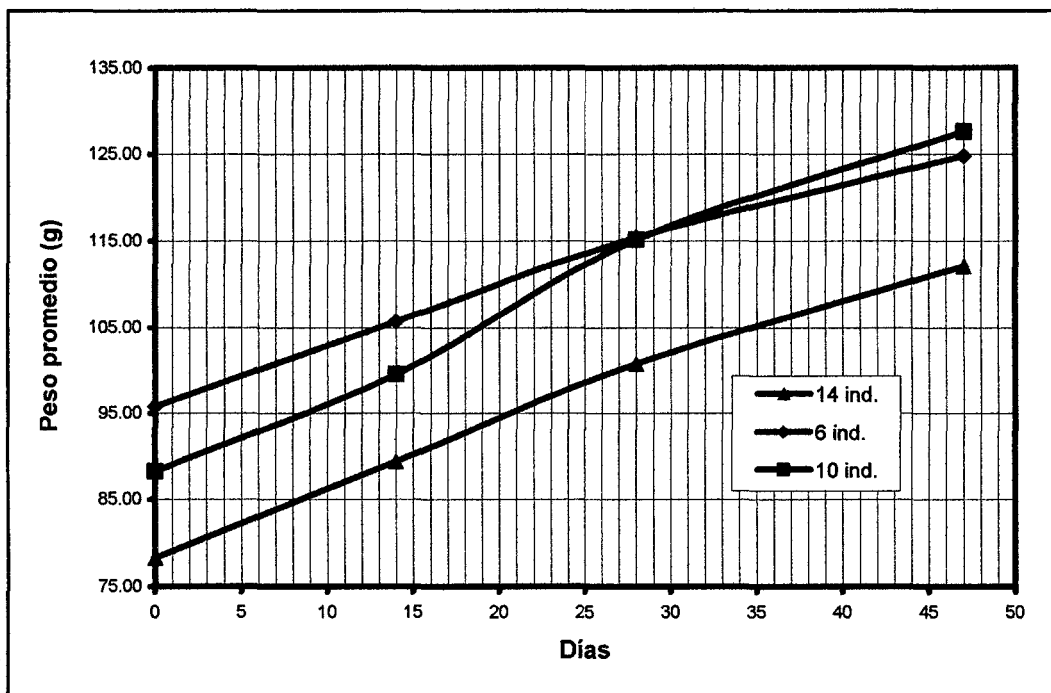
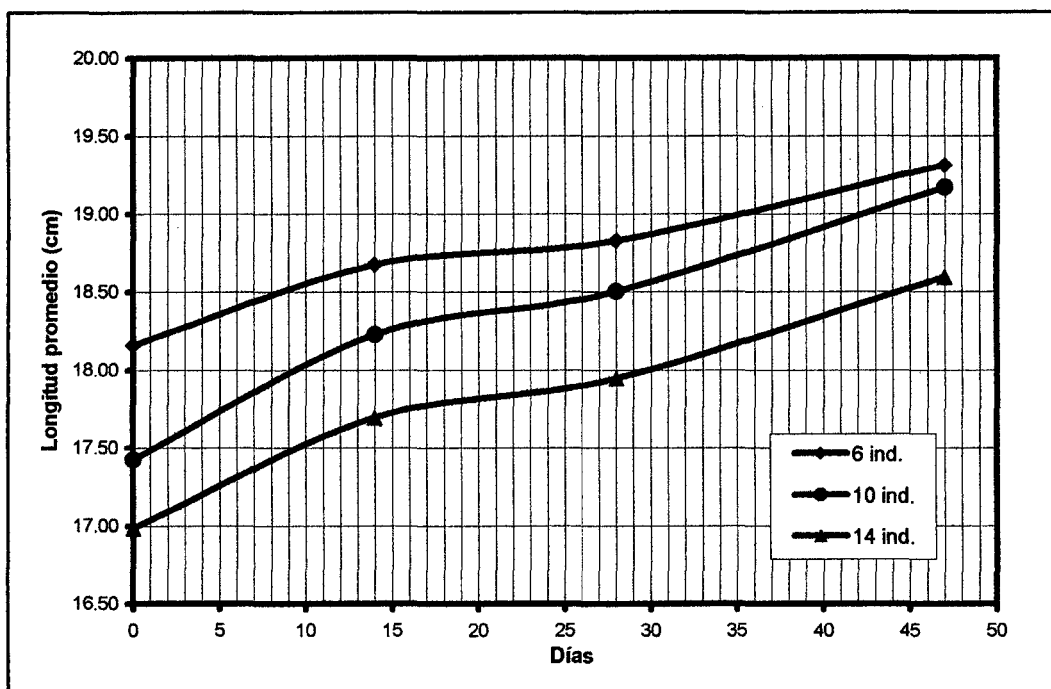


Figura N° 23 Medias de longitud y peso de tilapia roja, obtenidos con tres diferentes densidades de carga.

Tabla N° 20
Evaluación del Índice de conversión del alimento durante 47 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	I.C.A.	d.s		I.C.A.	d.s		I.C.A.	d.s		
01/11 al 14/11	2.43	± 0.42	a	1.84	± 0.21	a	1.75	± 0.45	a	0.26
15/11 al 28/11	1.81	± 0.37	a	1.27	± 0.14	a	1.71	± 0.59	a	0.14
29/11 al 18/12	2.37	± 1.65	a	2.61	± 0.78	a	2.63	± 0.50	a	0.95
01/11 al 18/12	2.37	± 0.30	a	1.79	± 0.13	a	1.97	± 0.26	a	0.10

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

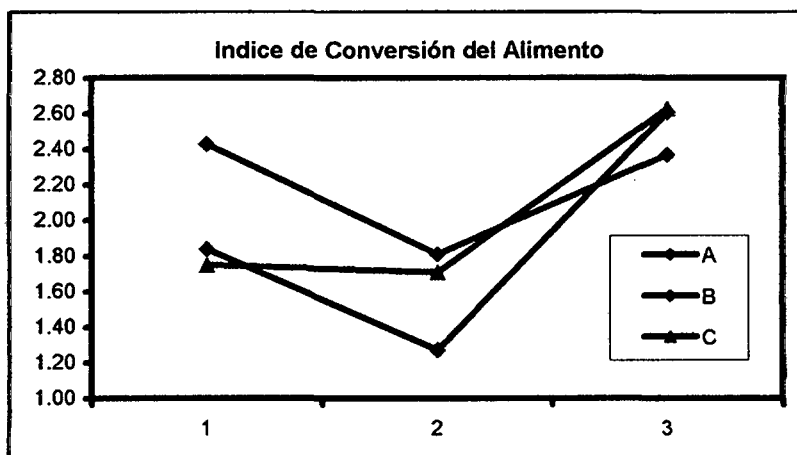


Tabla N° 21
Evaluación de la tasa de crecimiento diario (g/día) durante 47 días según los tratamientos.

FECHA	TRATAMIENTO A			TRATAMIENTO B			TRATAMIENTO C			p
	T.C.D	d.s		T.C.D	d.s		T.C.D	d.s		
01/11 al 14/11	0.77	± 0.17	a	0.81	± 0.10	a	0.79	± 0.20	a	0.97
15/11 al 28/11	0.99	± 0.12	a	1.16	± 0.25	a	0.81	± 0.24	a	0.18
29/11 al 18/12	0.40	± 0.20	a	0.65	± 0.16	a	0.63	± 0.12	a	0.30
01/11 al 18/12	0.71	± 0.04	a	0.86	± 0.09	a	0.74	± 0.09	a	0.14

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

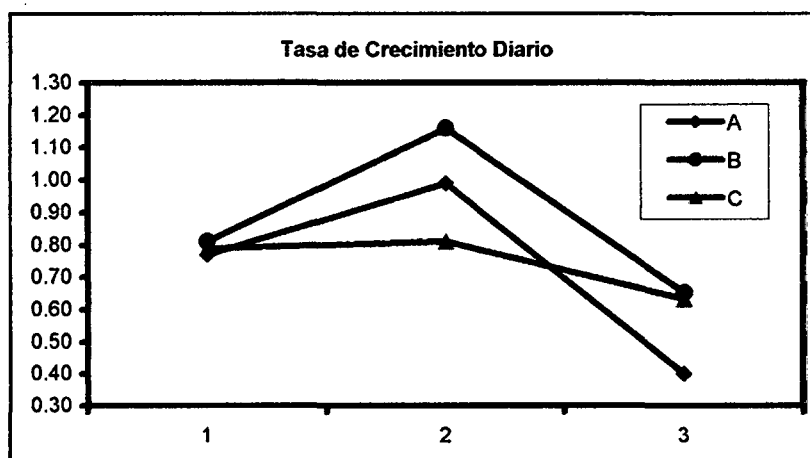


Tabla N° 22
Evaluación de la ganancia de peso durante 47 días en la etapa de engorde.

FECHA	TRATAMIENTO A		TRATAMIENTO B		TRATAMIENTO C		p
	G.P.	d.s	G.P.	d.s	G.P.	d.s	
01/11 al 14/11	14	9.94 ± 2.39 a	14	11.33 ± 1.46 a	14	11.10 ± 2.75 a	0.938
01/11 al 28/11	28	19.70 ± 3.77 a	28	26.99 ± 4.00 a	28	22.47 ± 4.94 a	0.464
01/11 al 18/12	47	29.08 ± 3.61 b	47	39.45 ± 4.20 a	47	33.84 ± 4.12 a	0.012
PROMEDIO		19.57 ± 0.86 a		25.92 ± 2.69 a		22.47 ± 3.59 a	0.07

a, b, c valores con letras similares (sentido horizontal) son estadísticamente iguales (prueba de Tukey)

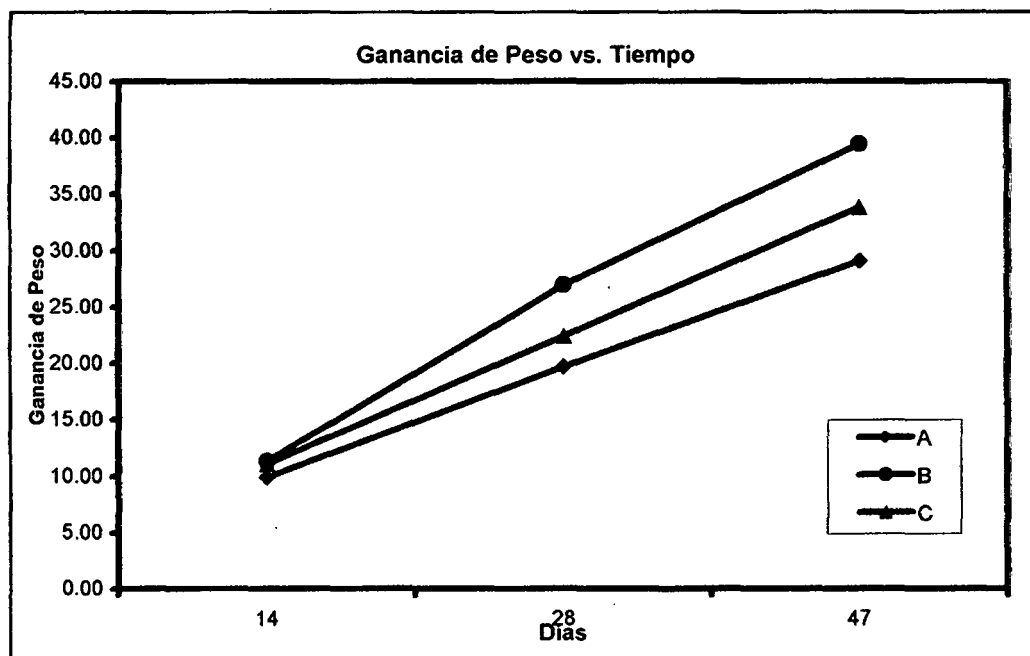
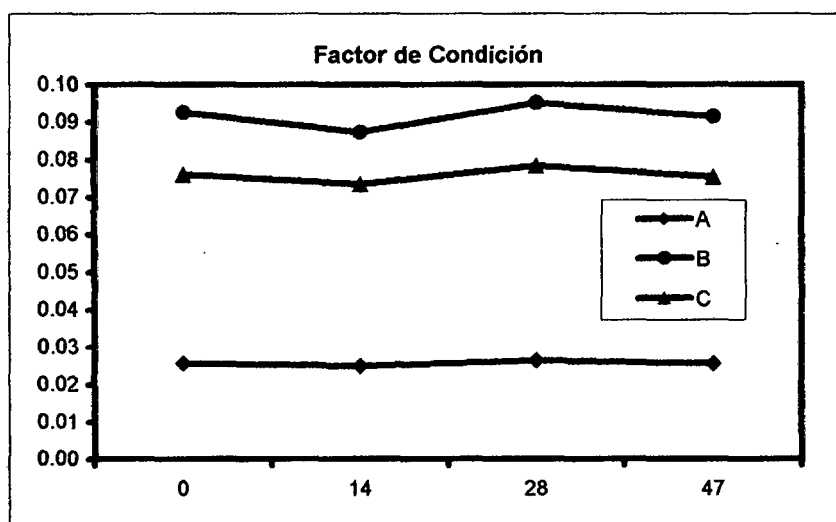


Tabla N° 23 Factor de Condición

	TRAT. A	TRAT. B	TRAT. C
0	0.026	0.093	0.076
14	0.025	0.087	0.074
28	0.026	0.095	0.078
47	0.026	0.091	0.075



ETAPA DE ENGORDE

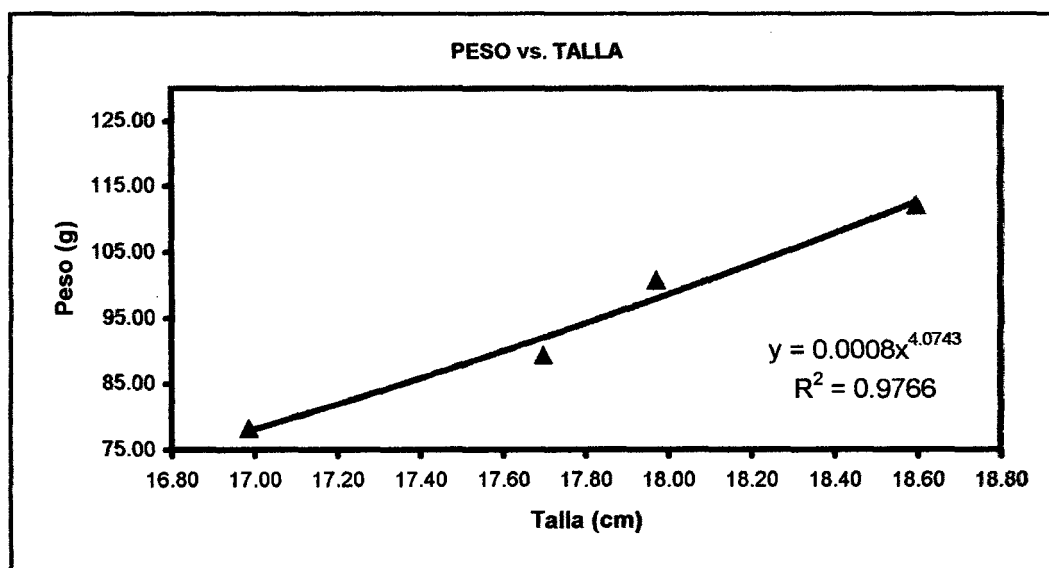
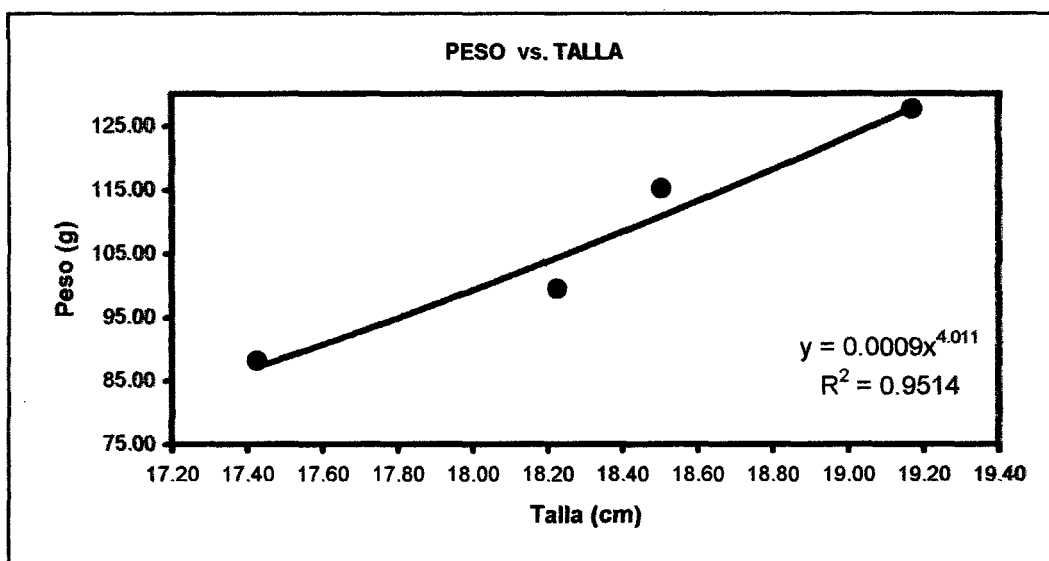
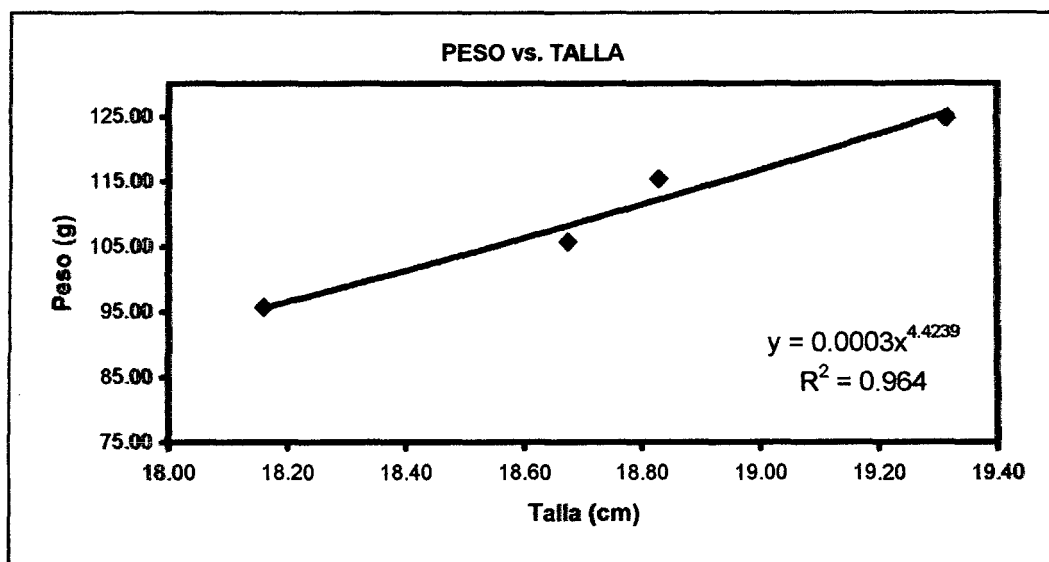


Figura N° 24 Curva de crecimiento para cada tratamiento durante la etapa de engorde a diferentes densidades de carga.

ANEXO

TABLA DE ALIMENTACIÓN

Tipo de Alimento	Proteínas (%)	Peso Unitario(g)	Tasa Alimenticia Recomendada (%)	Dosis por Día	Tamaño (mm.) / Características
Tilapia Pre - Inicio 1	45	Post-Larva a 0.5	20.0 a 10.0	15 a 10	< 2.5 *
Tilapia Pre - Inicio 2	45	0.5 a 1	20.0 a 10.0	15 a 10	1.5 x 0.8 *
Tilapia Inicio 1	35	< 1	10.0 a 8.0	8 a 6	1.5 x 0.8 *
Tilapia Inicio 2	35	1 a 20	8.0 a 4.5	6 a 4	2.0 x 2.0 **
Tilapia Crecimiento 1	32	20 a 100	4.5 a 3.0	4 a 3	3.0 x 3.0 **
Tilapia Crecimiento 2	32	100 a 200	3.0 a 2.5	4 a 3	4.0 x 4.0 **
Tilapia Engorde	28	> 200	2.5 a 1.0	3 a 2	6.0 x 6.0 **

(*) *Lento Hundimiento*

(**) *Flotante*

Beneficios

- Mayor Disponibilidad Energética: 100% gelatización de almidón, texturización de proteínas, mayor digestibilidad, altos niveles de grasa.
- Alta versatilidad: Flotante, lento hundimiento.
- Mejora en la conversión alimenticia: Ausencia de bacterias, mayor tiempo de almacenamiento manteniendo su calidad, ausencia de finos, uniformidad del alimento, mejoramiento de la calidad del agua.

PRODUCTOS - TILAPIA

Tilapia Pre - Inicio 1

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	38.5%.
Proteínas, mín.	45.0%.
Grasa, mín.	2.5%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	10.0%.
Fibra, máx.	3.0%.

Tilapia Pre - Inicio 2

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	30.0%.
Proteínas, mín.	45.0%.
Grasa, mín.	4.0%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	8.0%.
Fibra, máx.	3.0%.

Tilapia Inicio 1

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	38.50%.
Proteínas, mín.	35.0%.
Grasa, mín.	2.5%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	10.0%.
Fibra, máx.	4.0%.

Tilapia Inicio 2

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	38.5%.
Proteínas, mín.	35.0%.
Grasa, mín.	2.5%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	10.0%.
Fibra, máx.	4.0%.

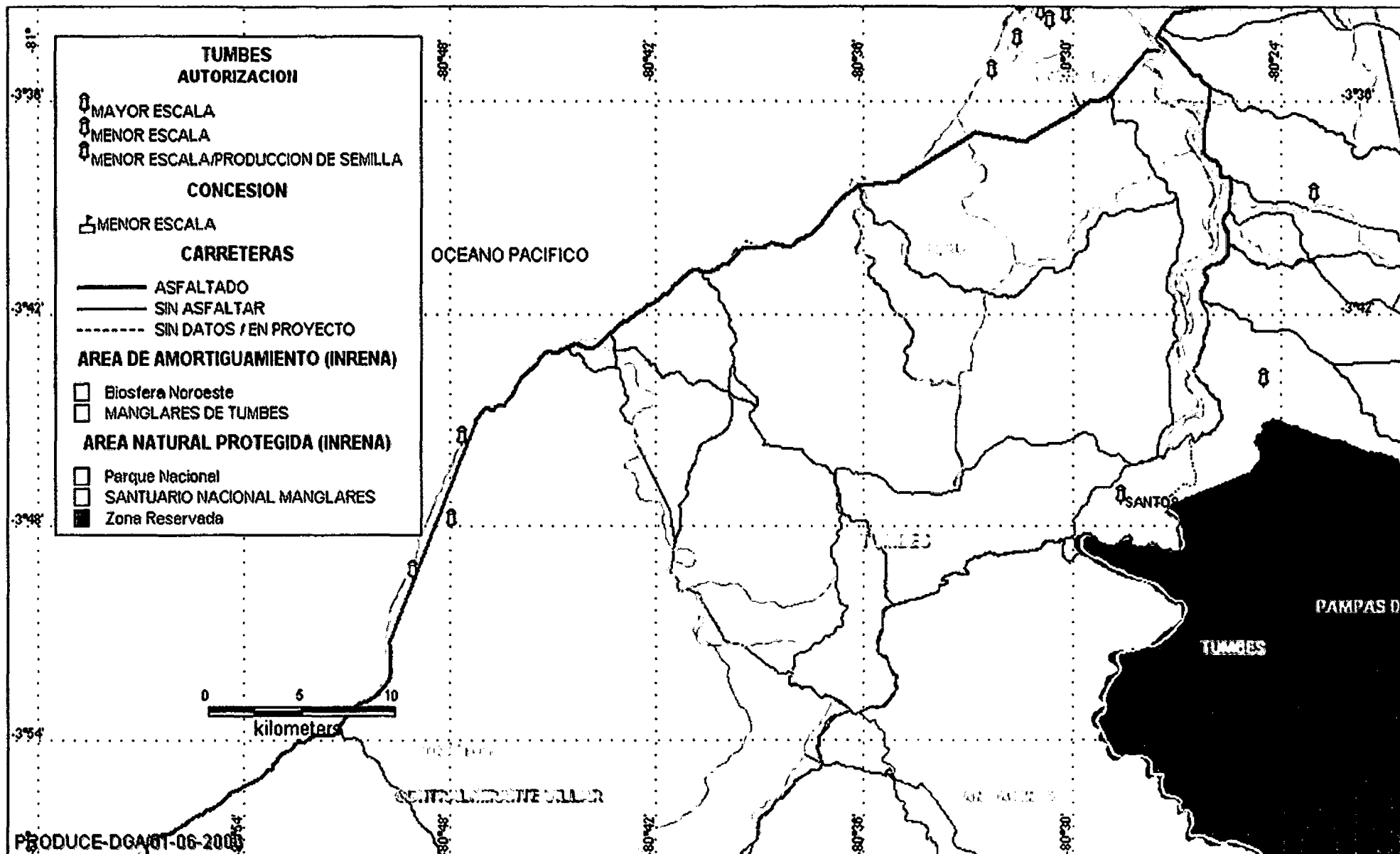
Tilapia Crecimiento 1

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	41.50%.
Proteínas, mín.	32.0%.
Grasa, mín.	2.5%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	10.0%.
Fibra, máx.	4.0%.

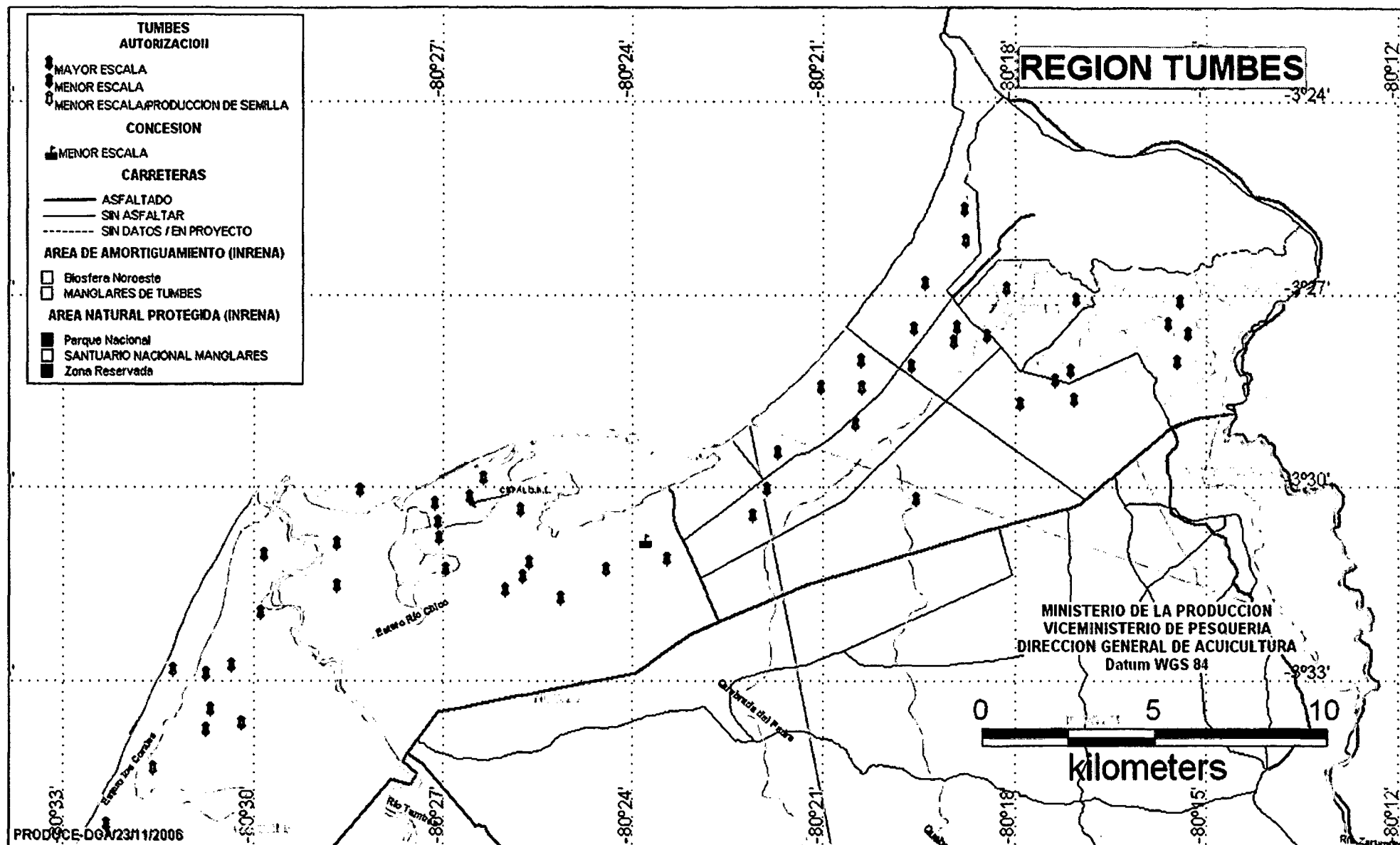
Tilapia Crecimiento 2

Análisis Químico Proximal	
Carbohidratos, mín.	41.50%.
Proteínas, mín.	32.0%.
Grasa, mín.	2.5%.
Cenizas, máx.	10.0%.
Humedad, máx.	10.0%.
Fibra, máx.	4.0%.

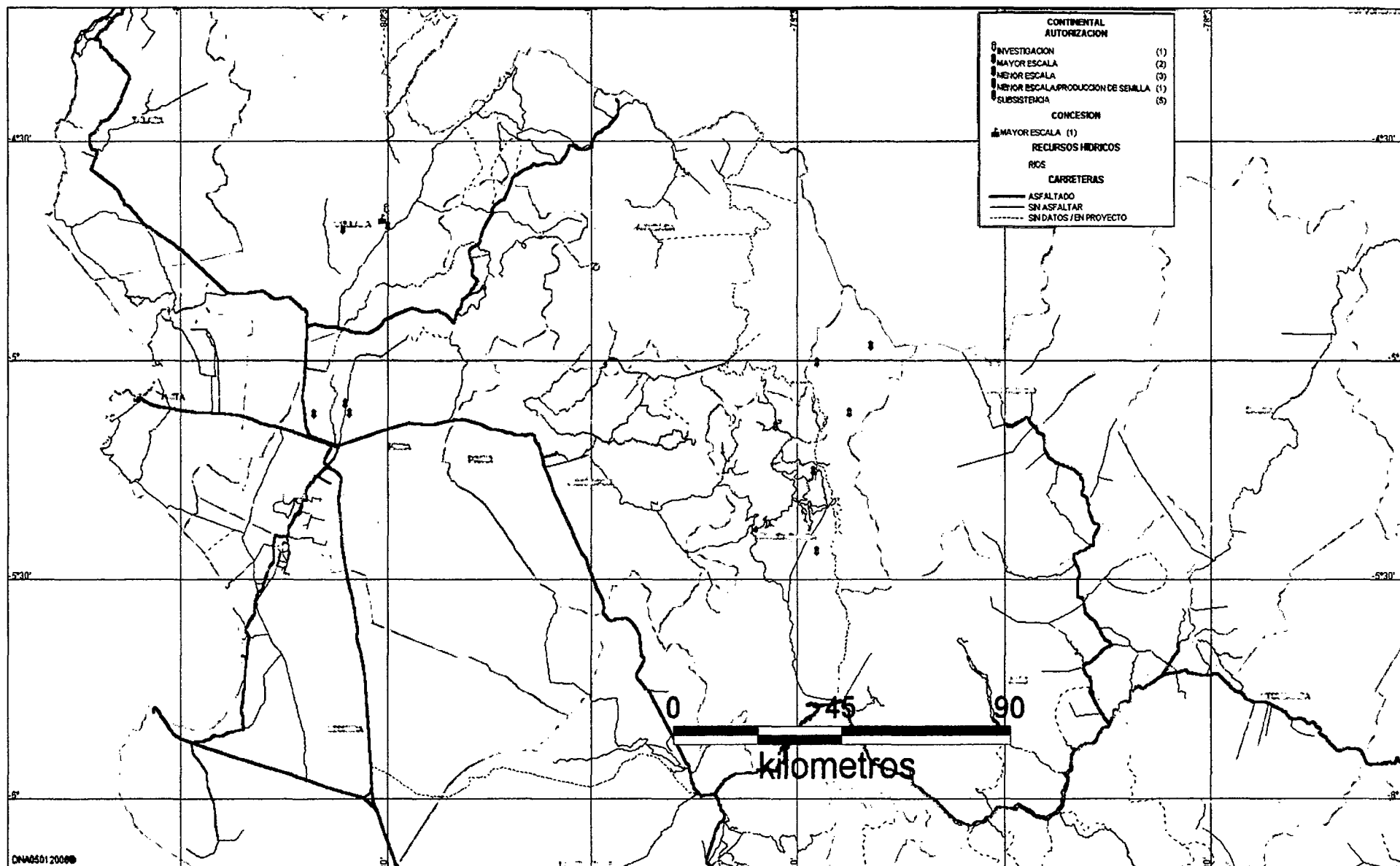
CASTRATO ACUICOLA TUMBES MARICULTURA (ZONA SUR)



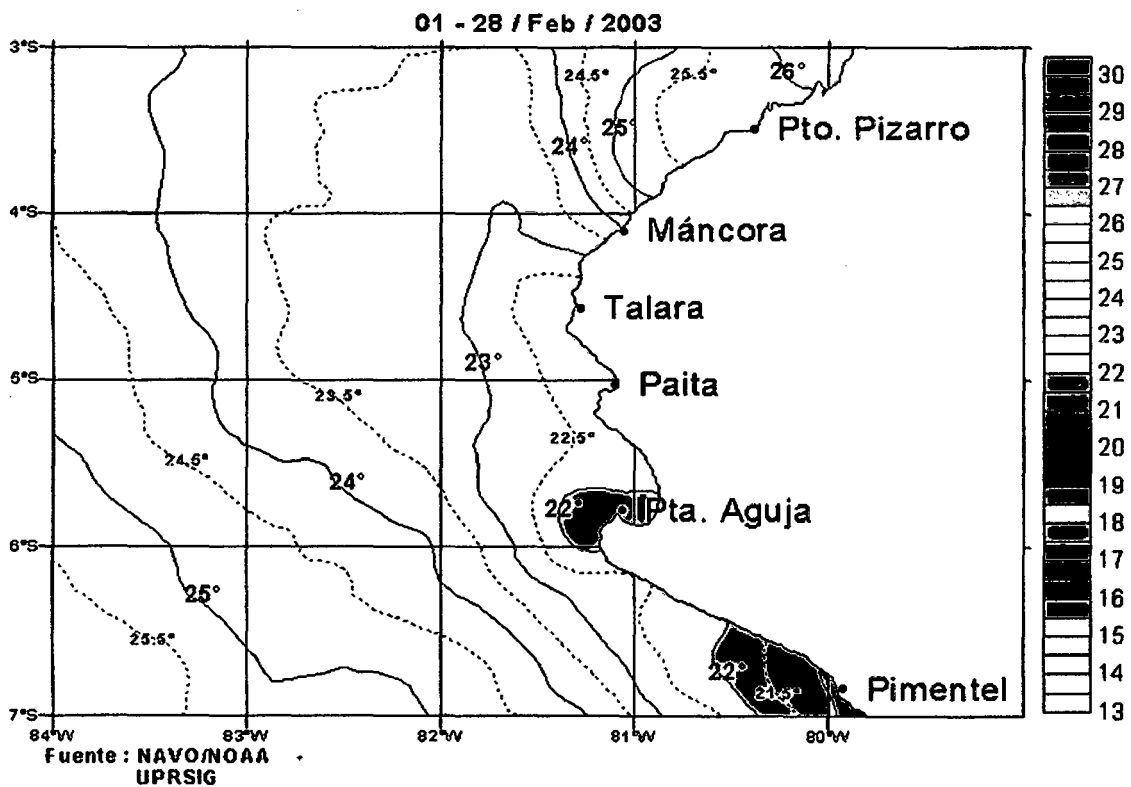
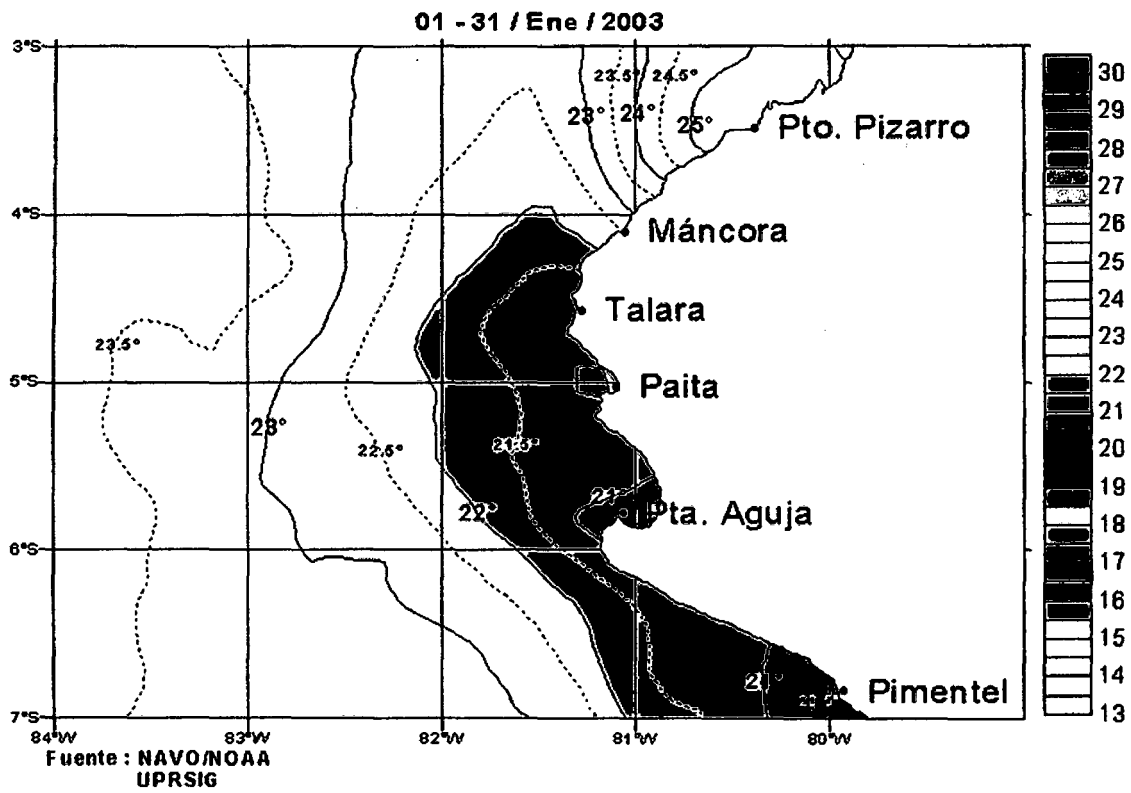
TUMBES MARICULTURA



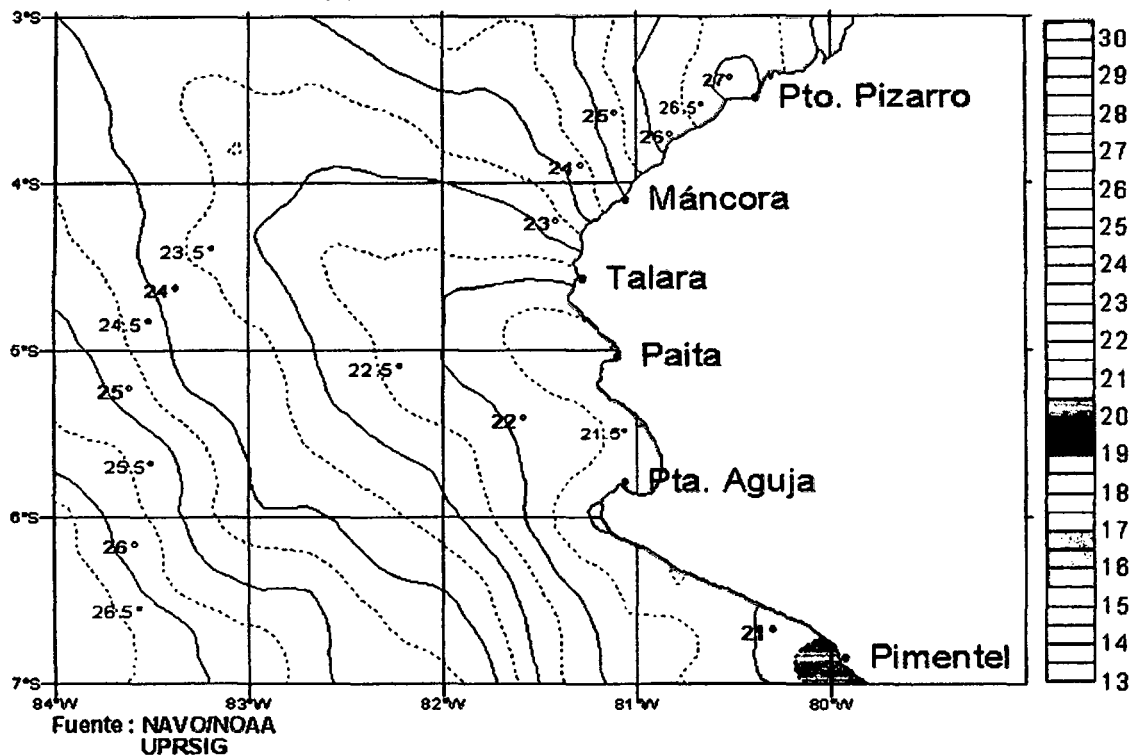
PIURA – CONTINENTAL



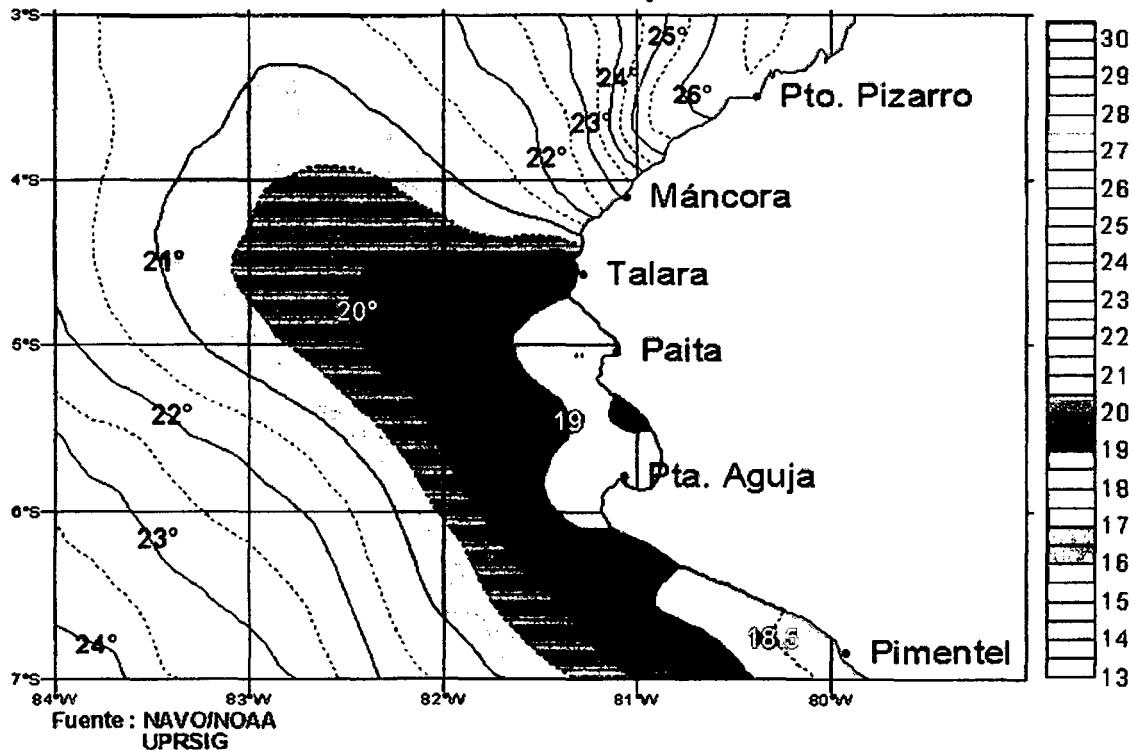
Temperaturas superficiales del agua de mar en zona norte del Perú (TUMBES)



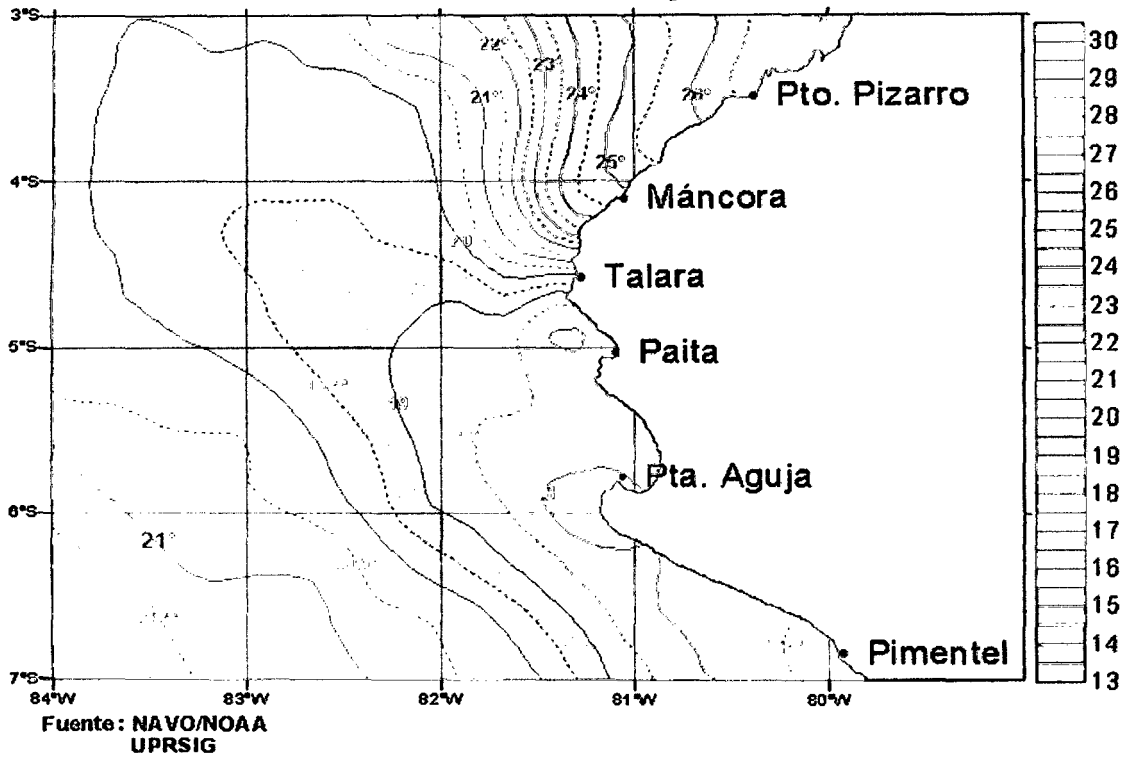
TSM Zona Paíta 01 - 31 Marzo 2003



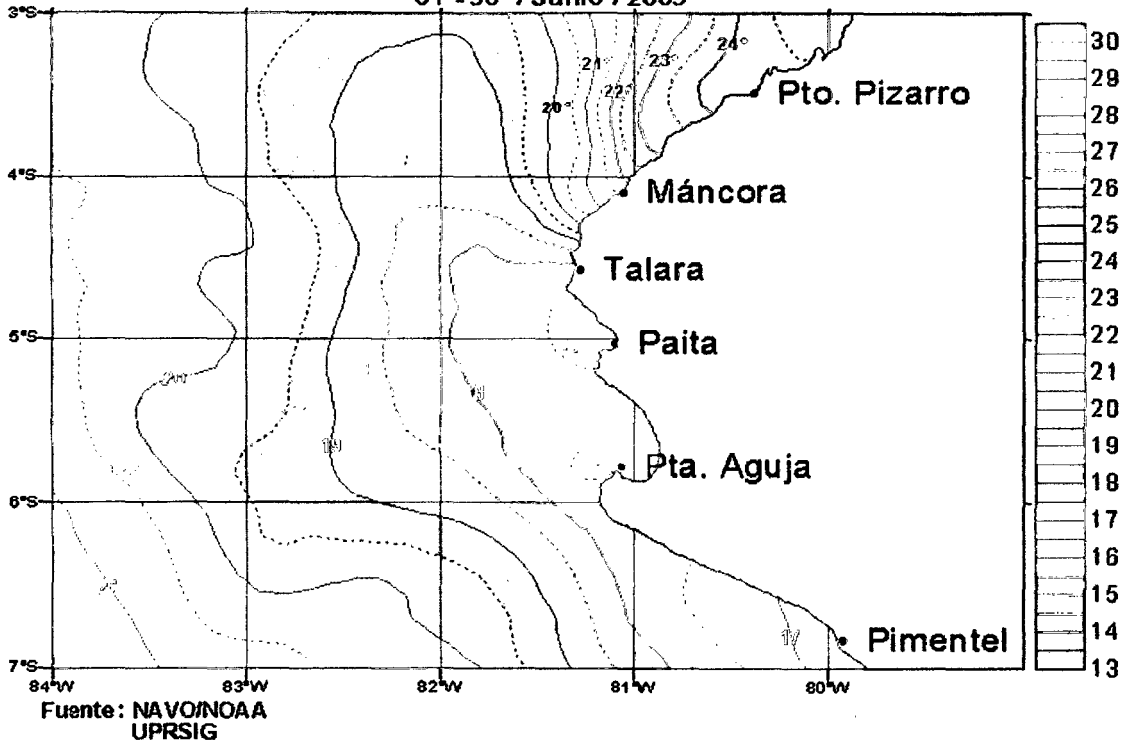
TSM Zona Paíta 01 - 30 April 2003



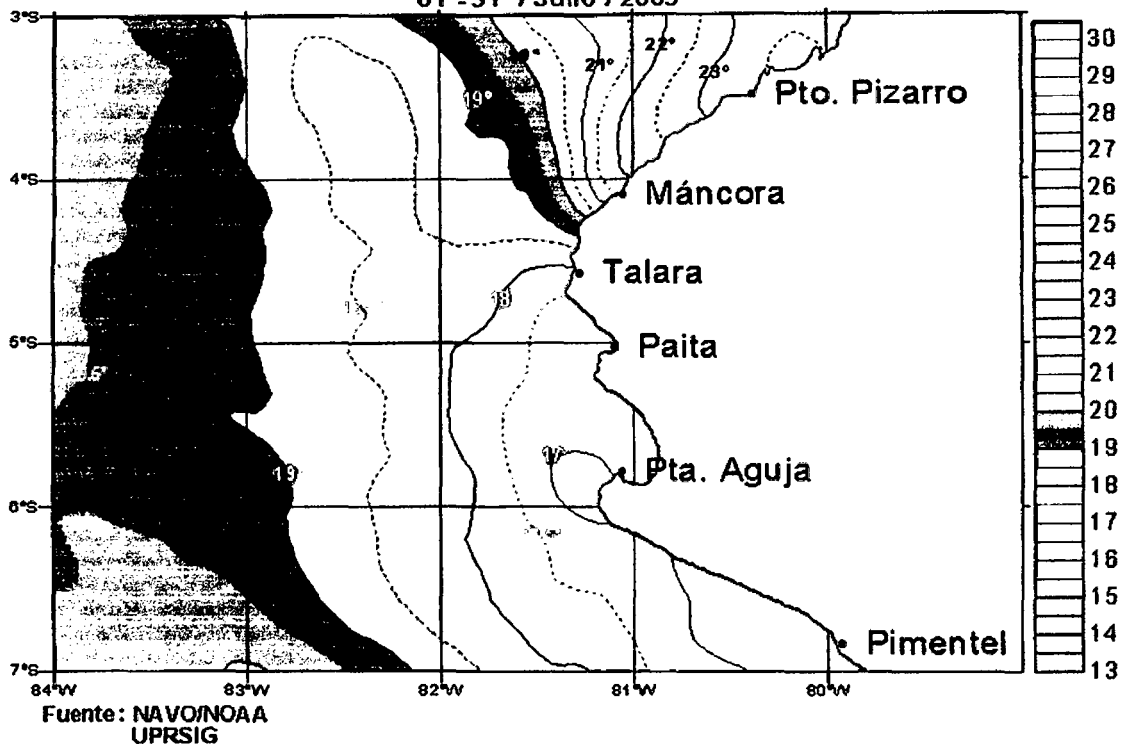
TSM Zona Paíta 01 - 31 Mayo 2003



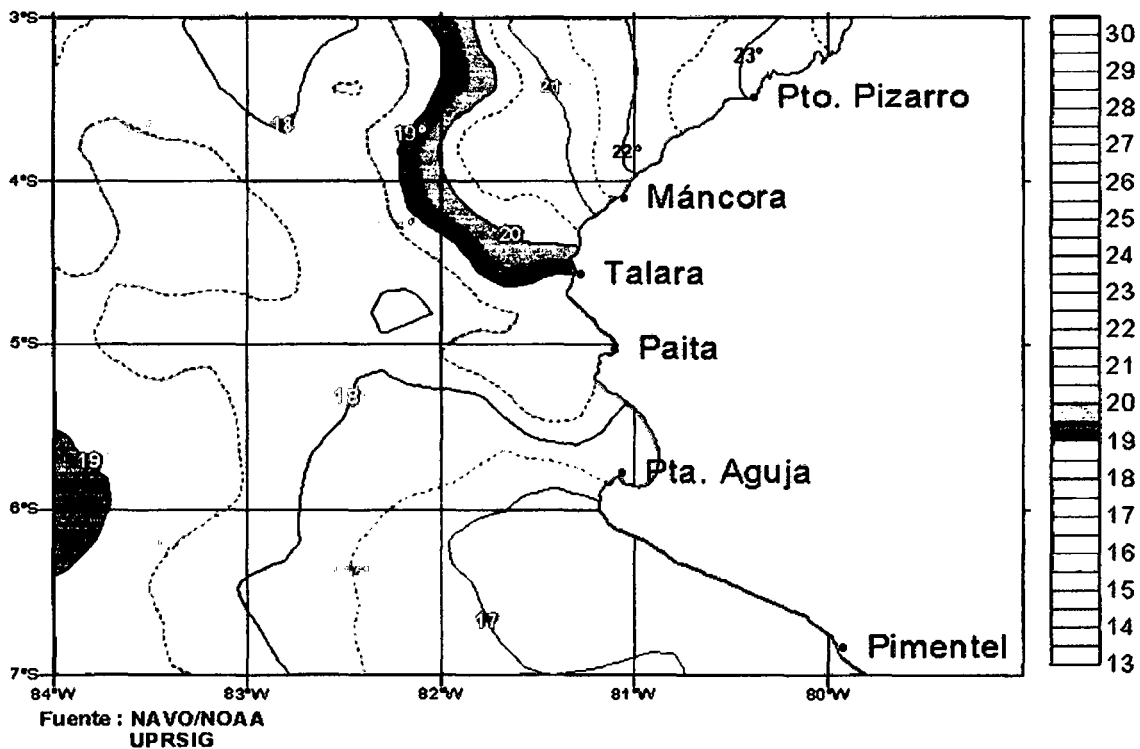
TSM Zona Paíta
01 - 30 / Junio / 2003



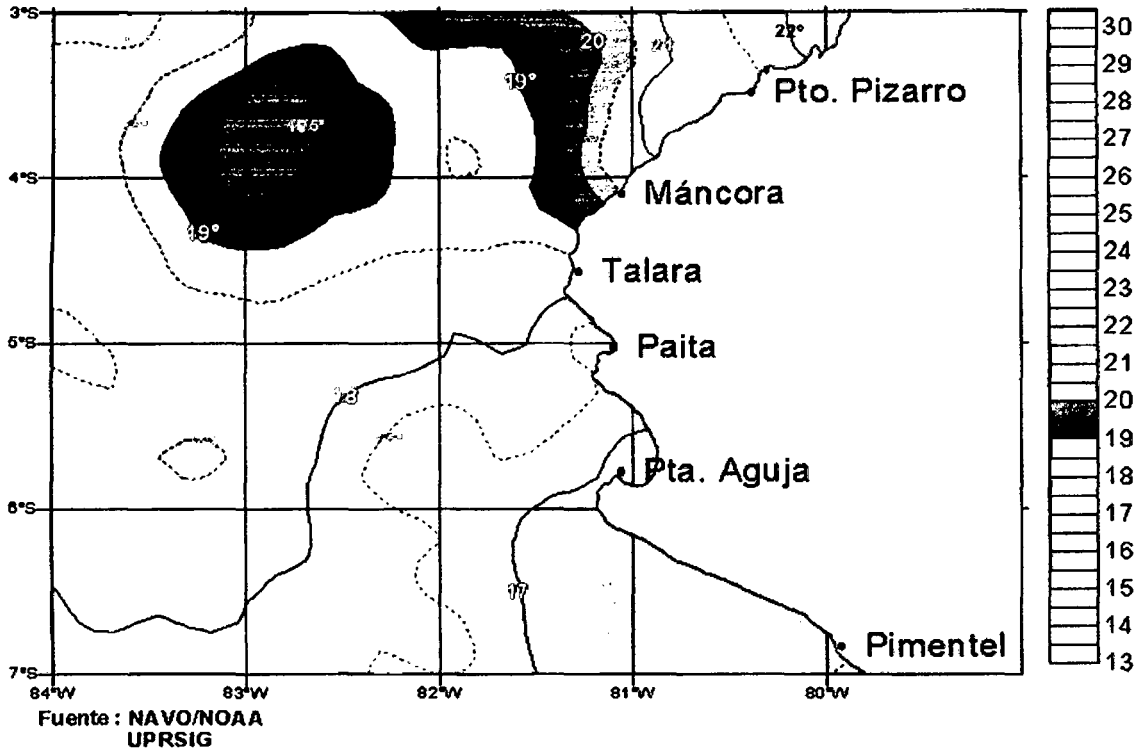
TSM Zona Paíta
01 - 31 / Julio / 2003



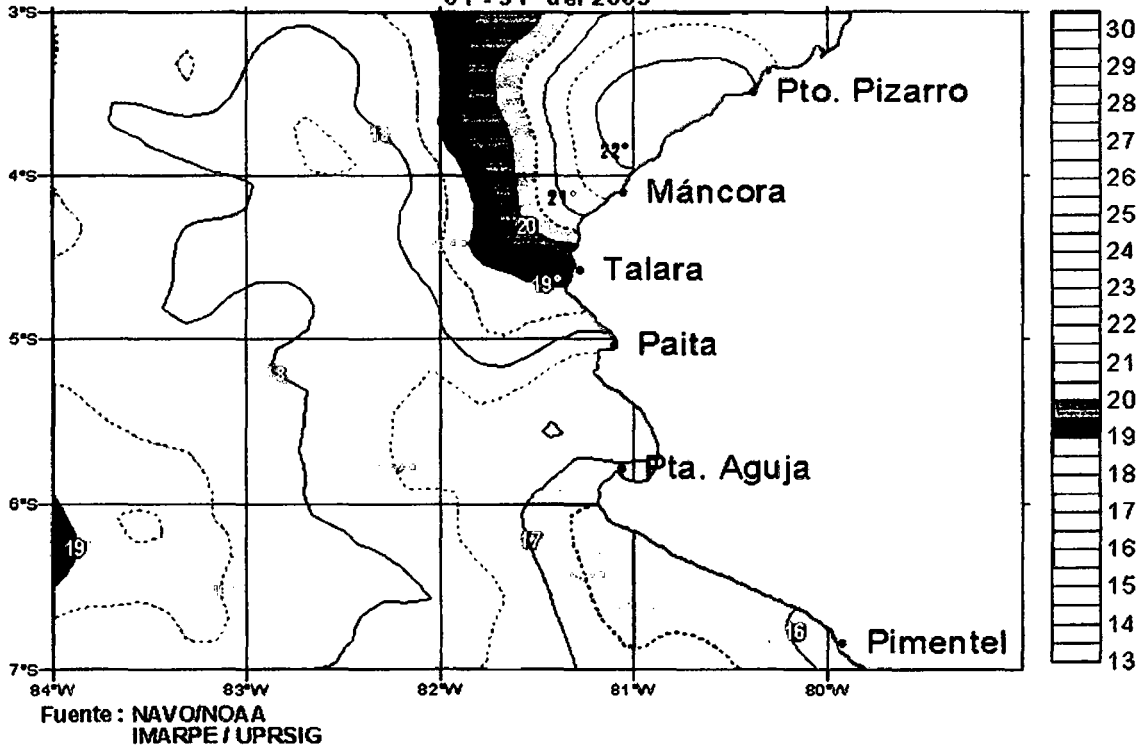
TSM 01 - 31 / Agosto / 2003

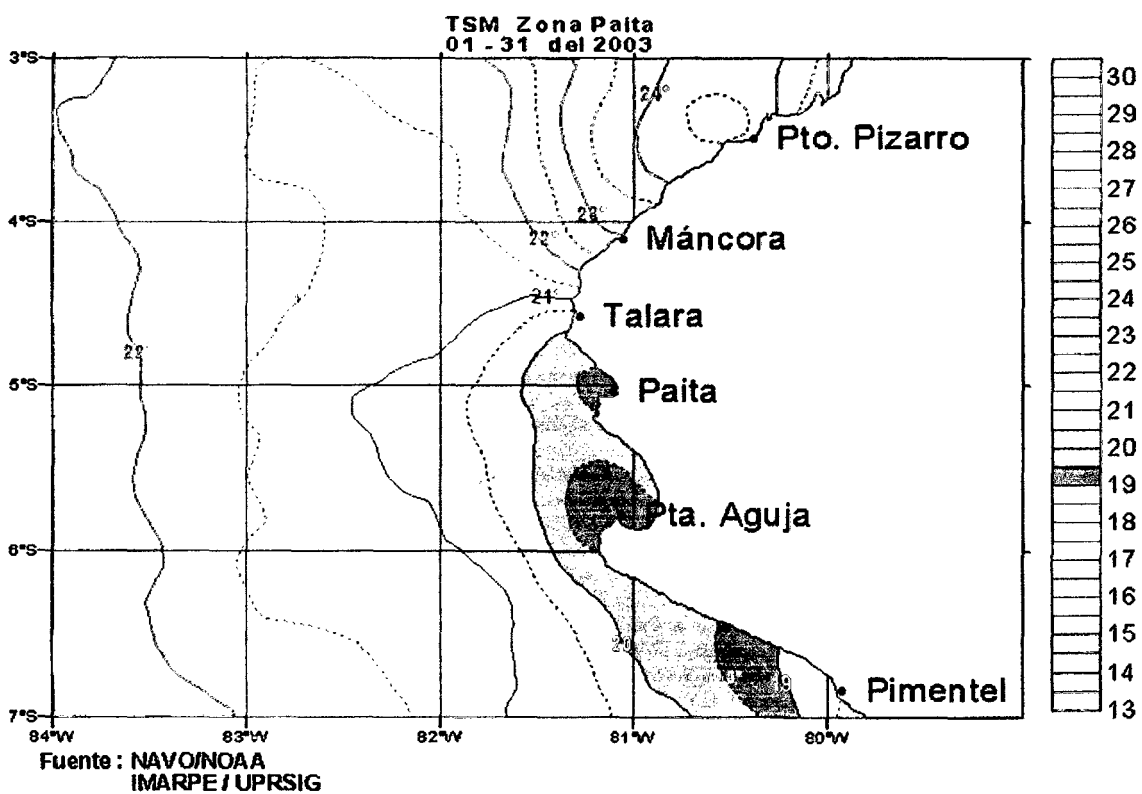
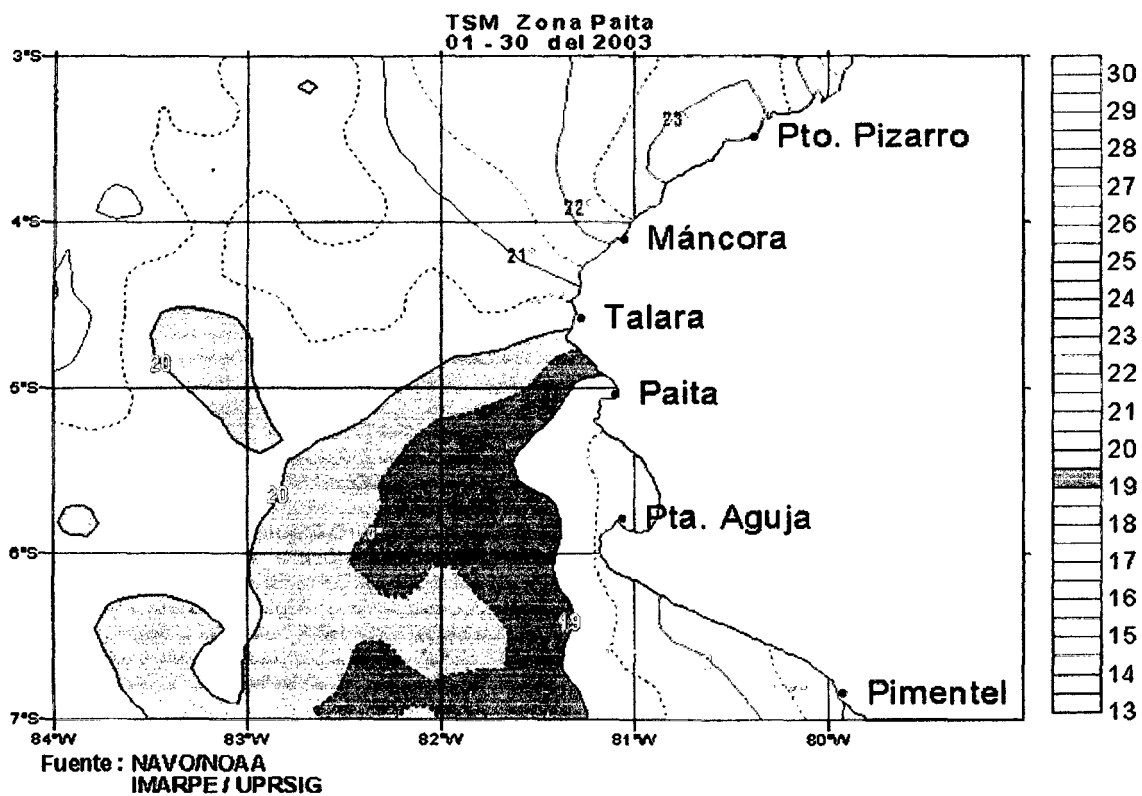


TSM 01 - 30 / Setiembre / 2003

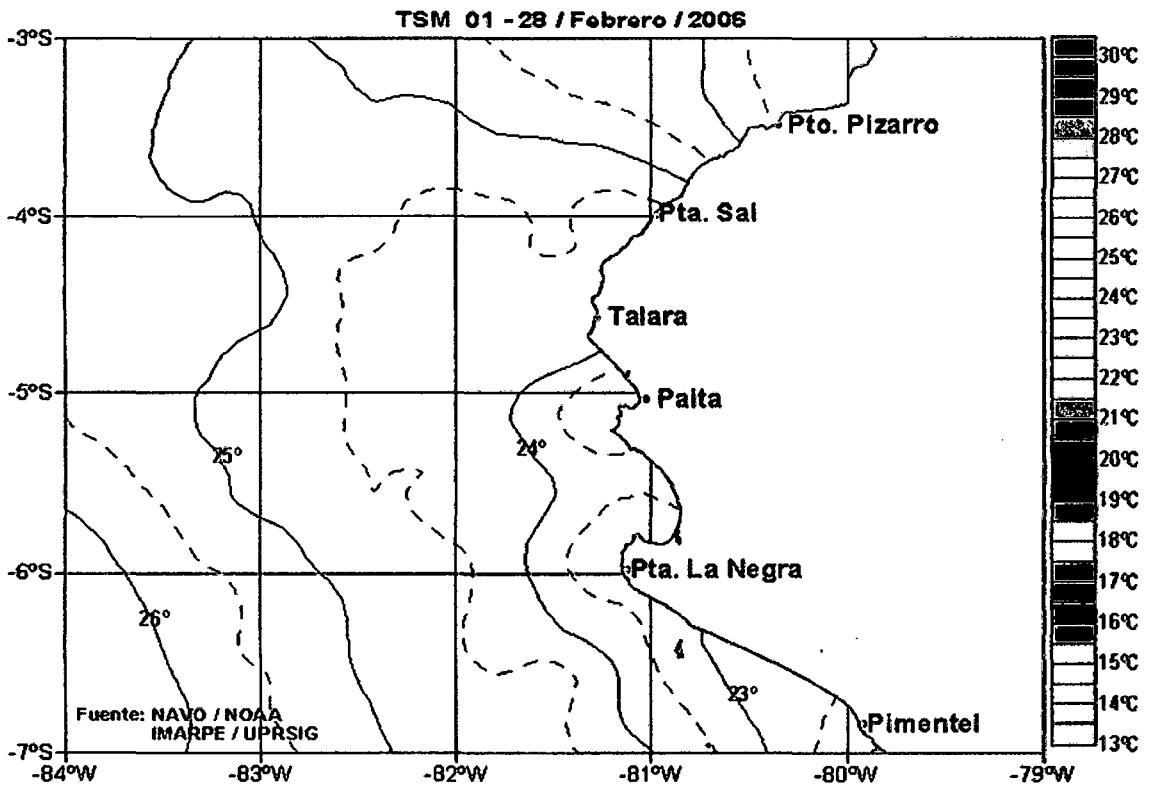
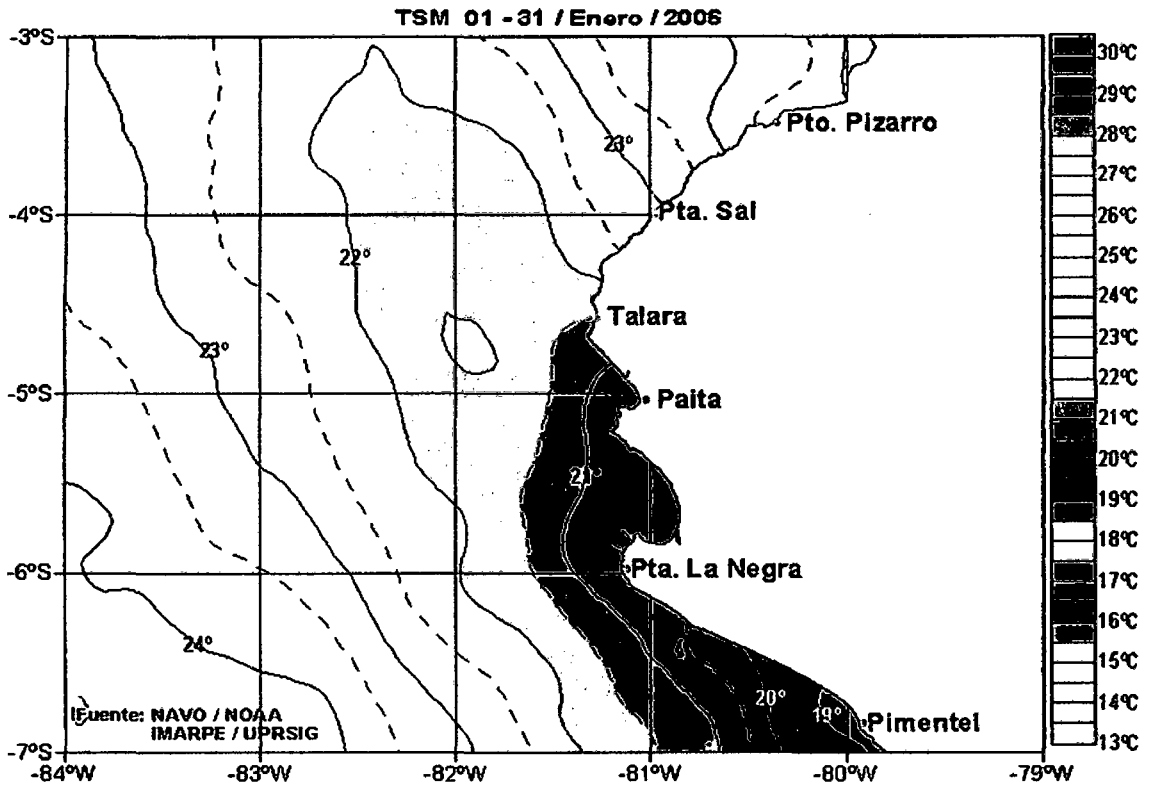


TSM Zona Paita
01 - 31 del 2003

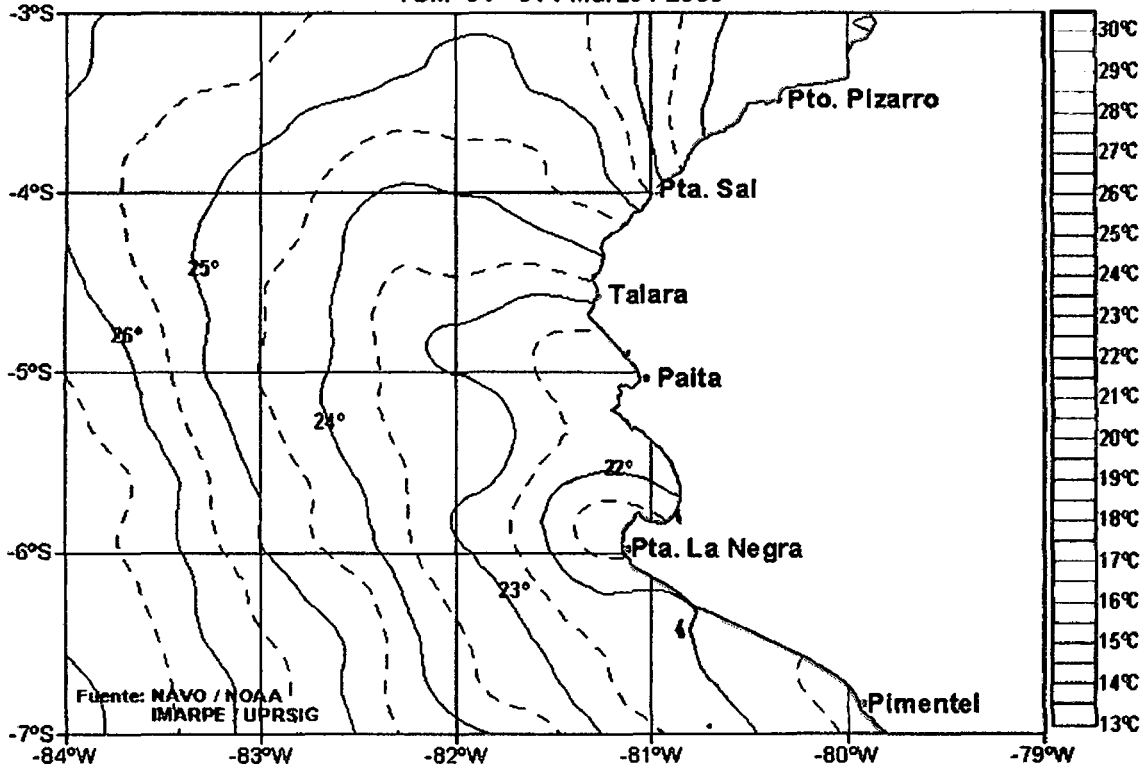




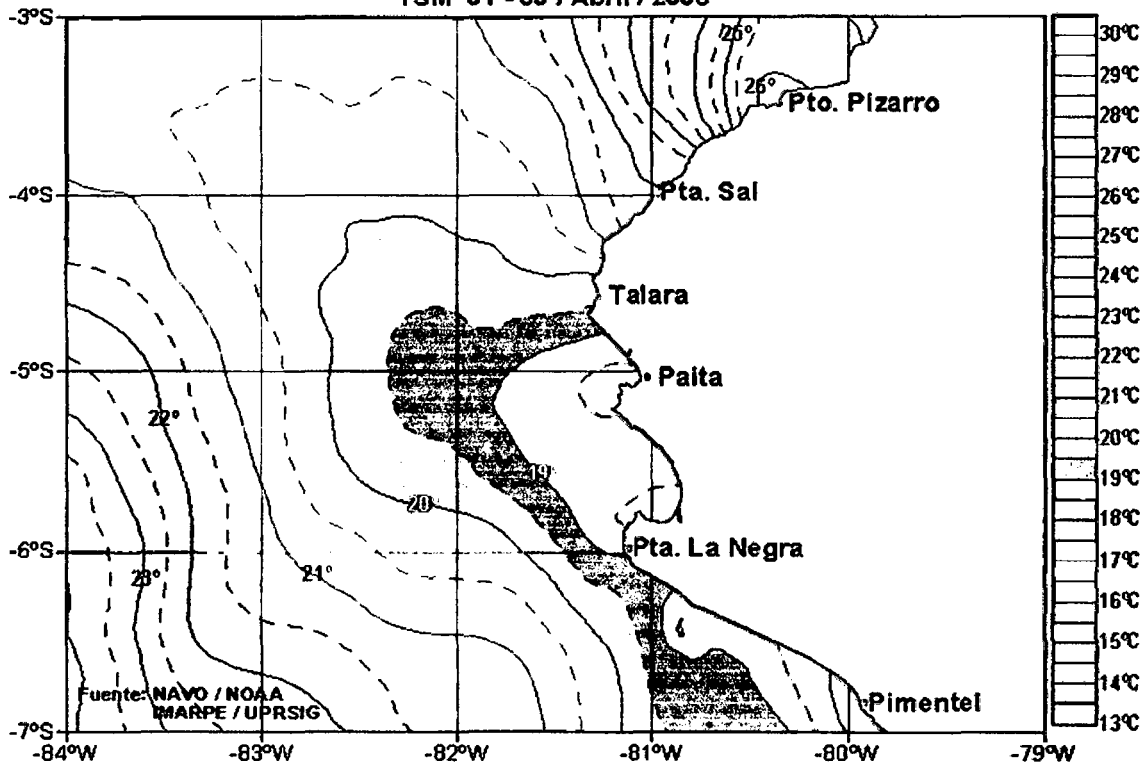
2006



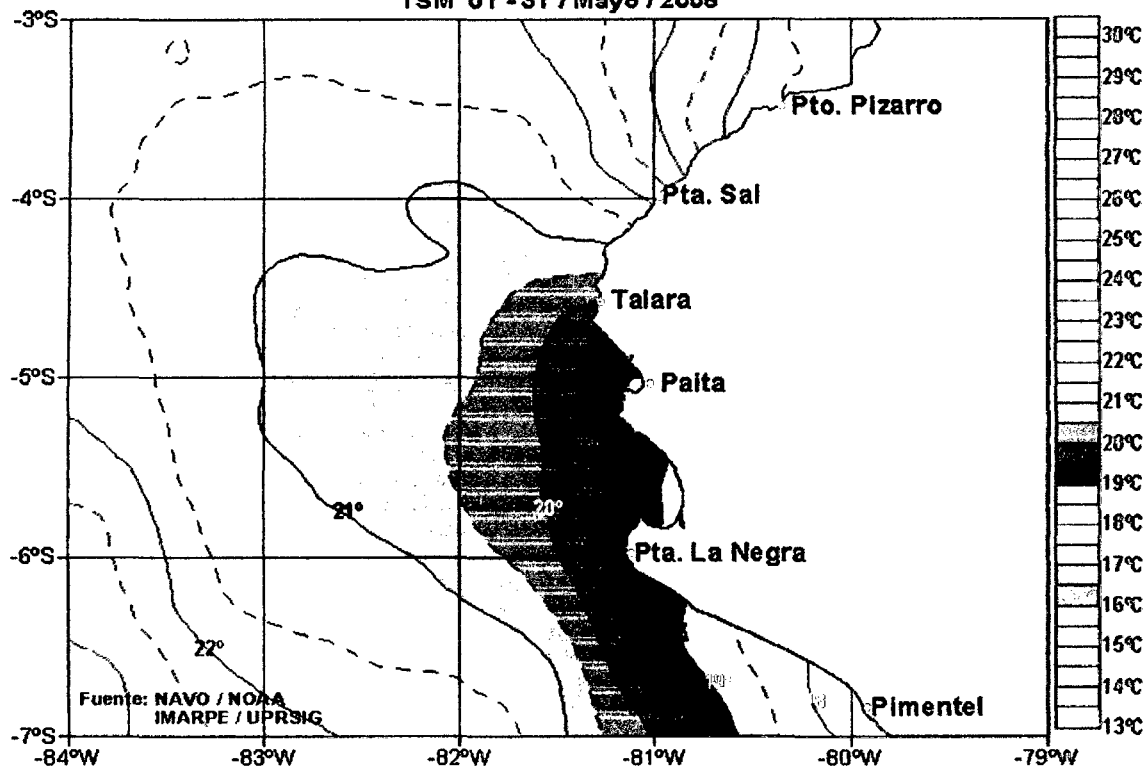
TSM 01 - 31 / Marzo / 2006



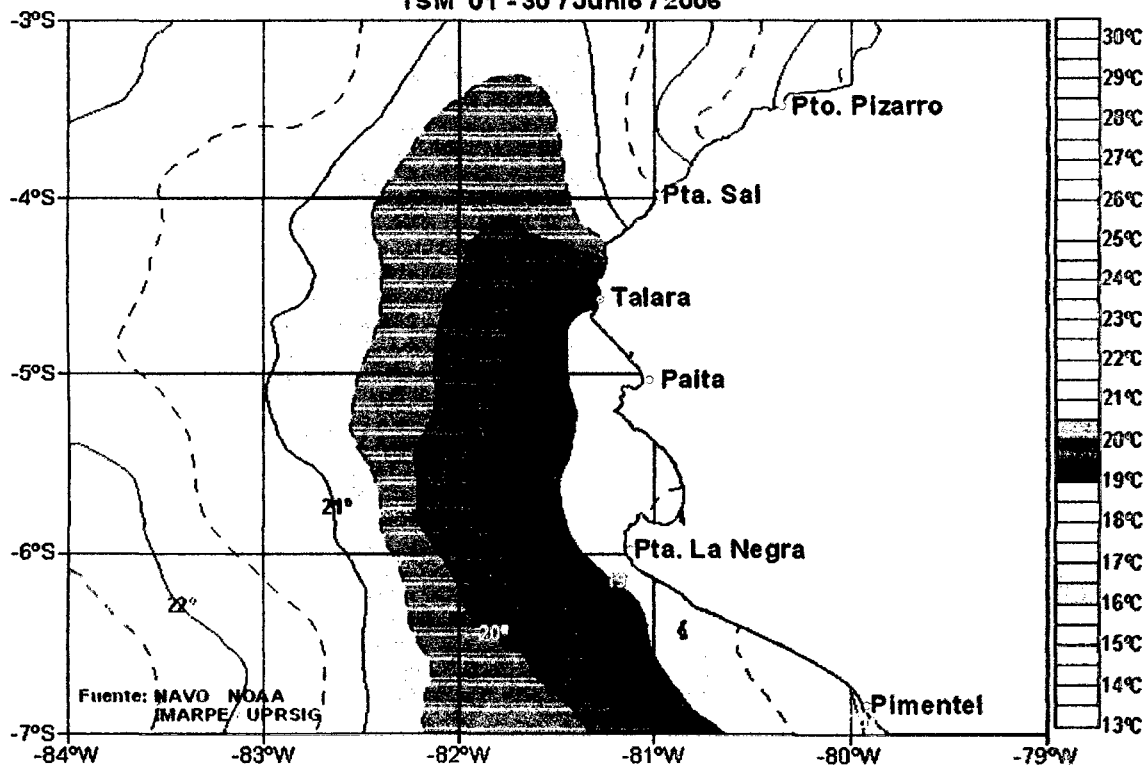
TSM 01 - 30 / Abril / 2006



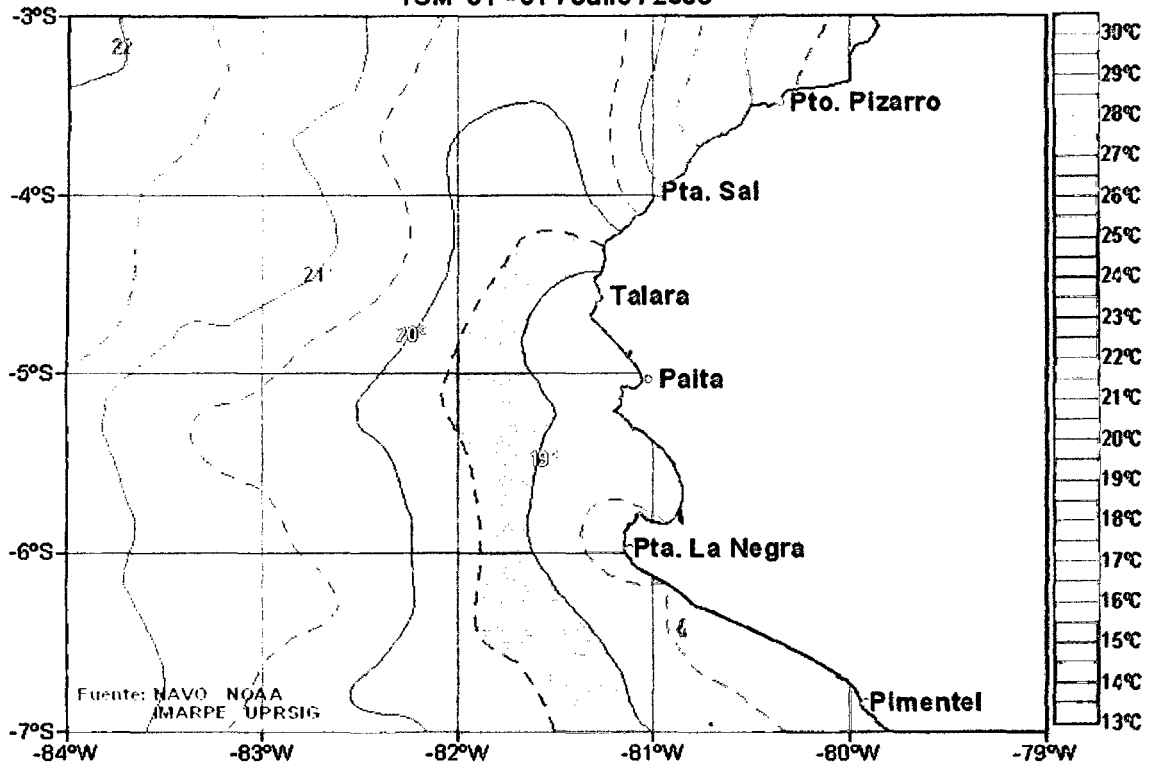
TSM 01 - 31 / Mayo / 2006



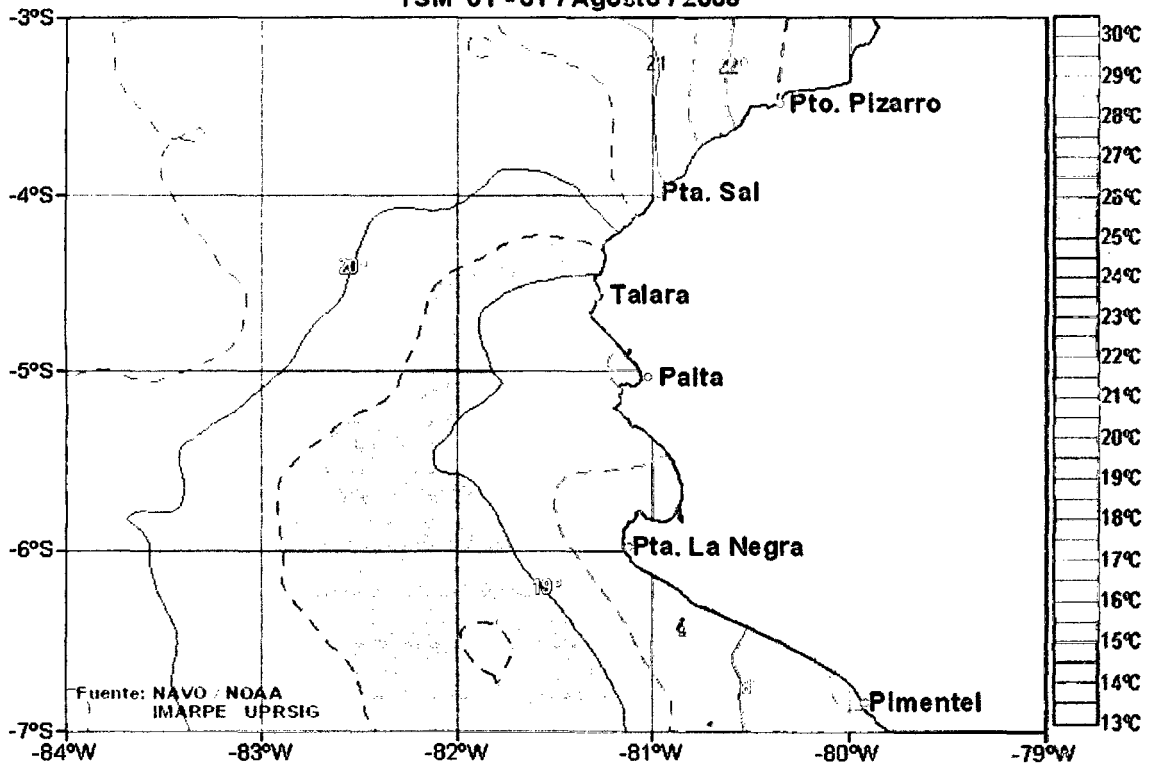
TSM 01 - 30 / Junio / 2006



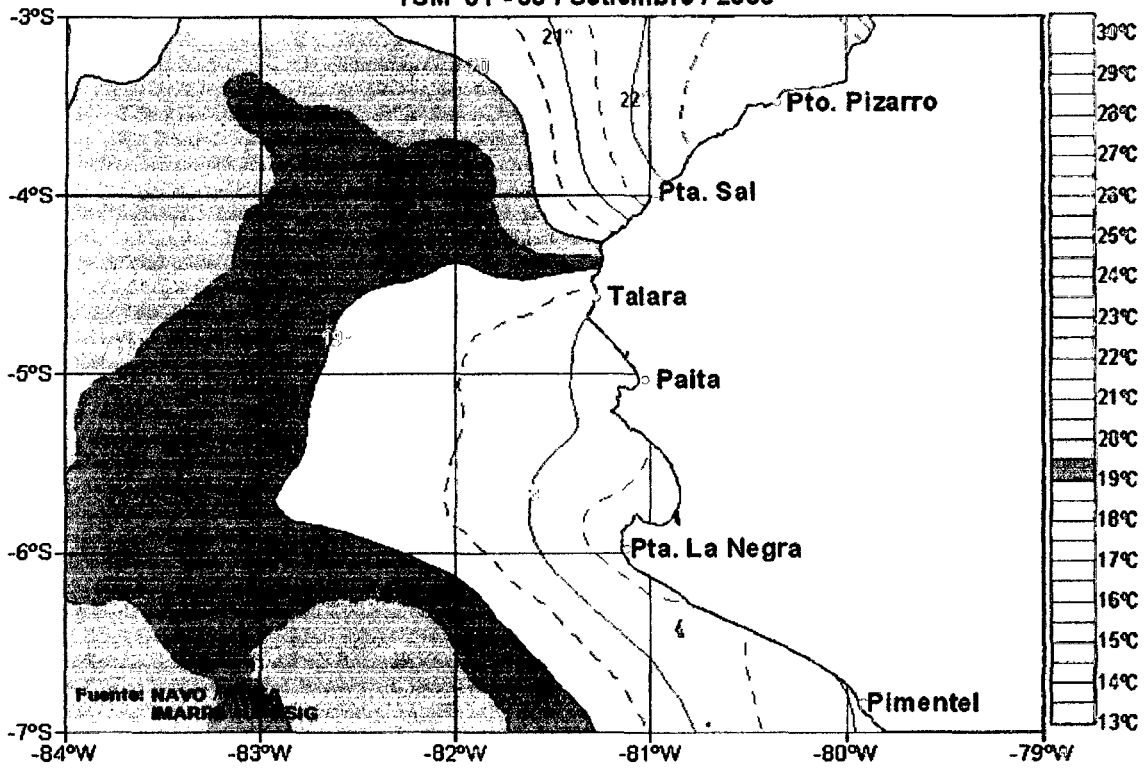
TSM 01 - 31 / Julio / 2006



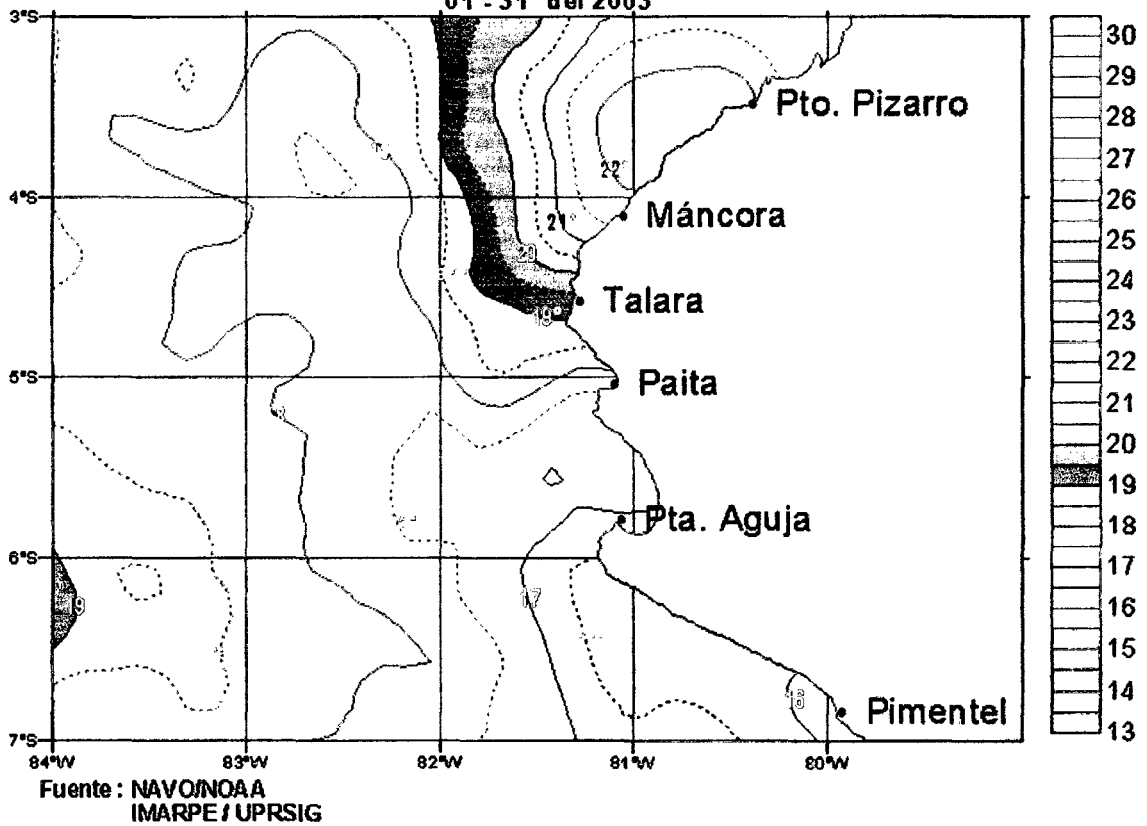
TSM 01 - 31 / Agosto / 2006

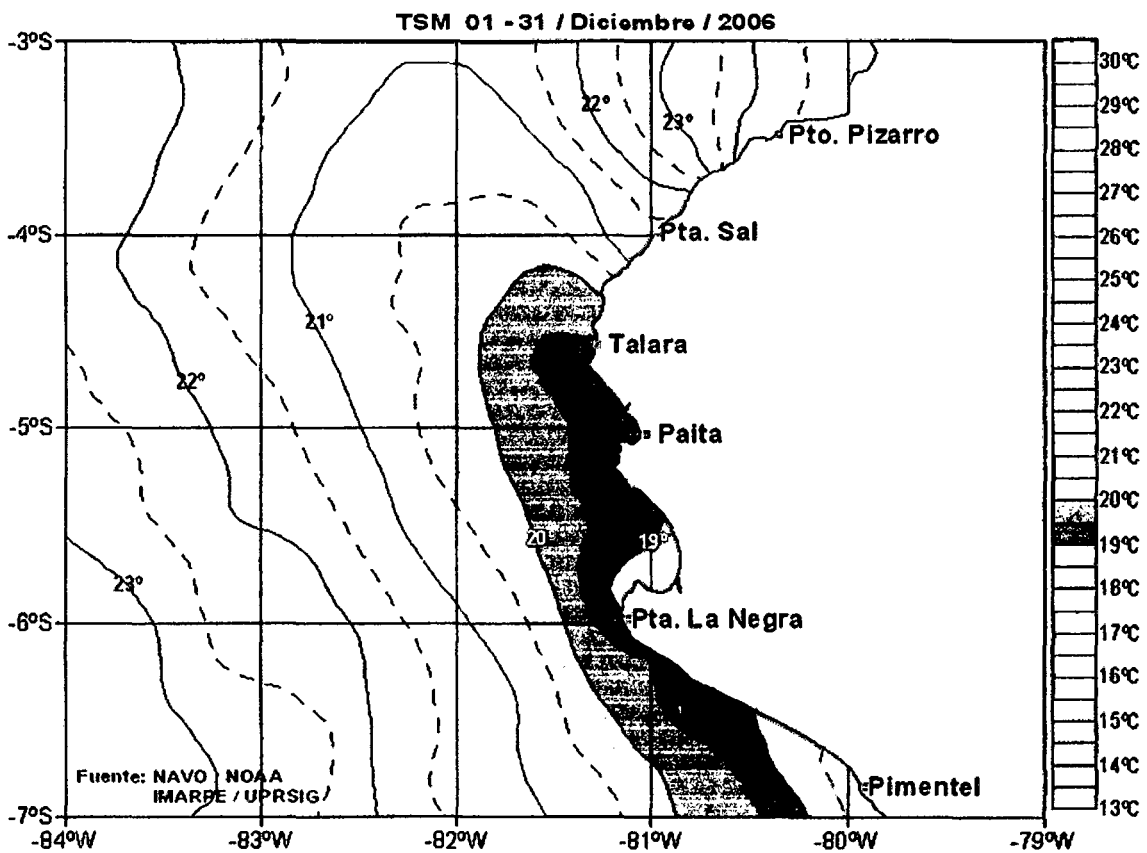
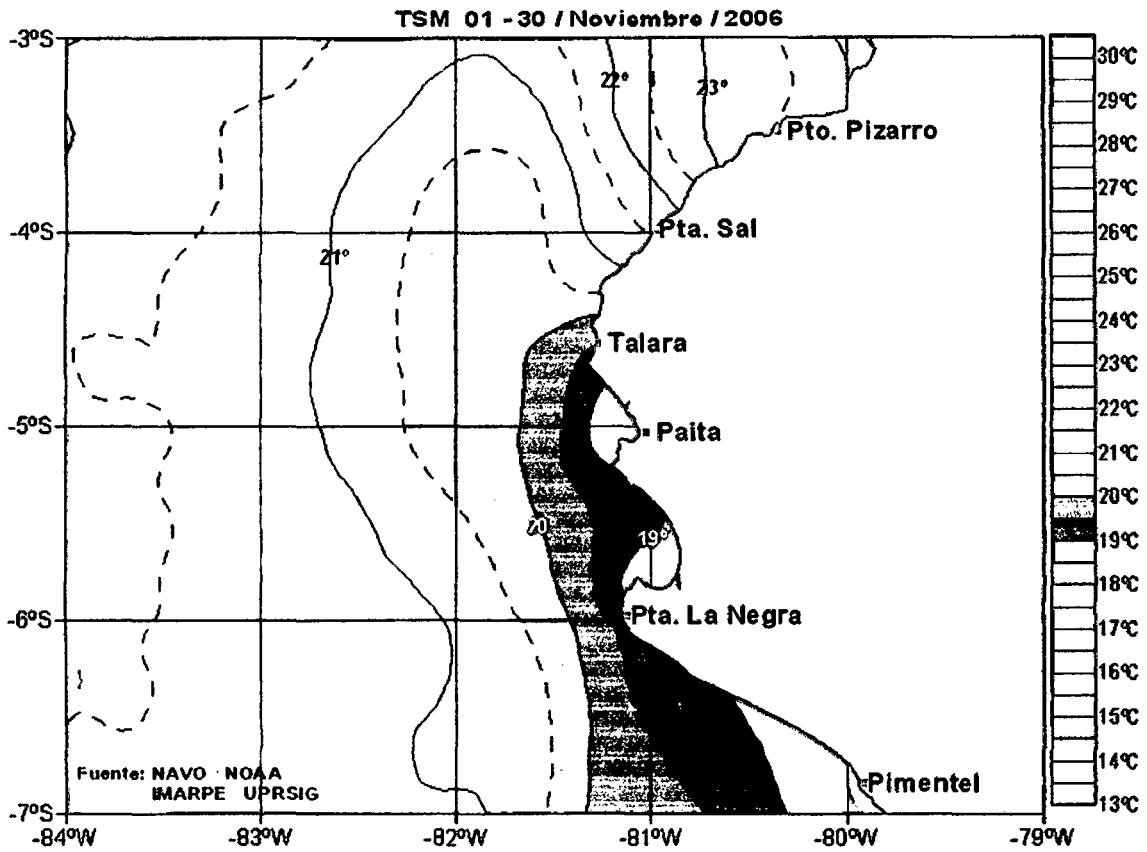


TSM 01 - 30 / Setiembre / 2006

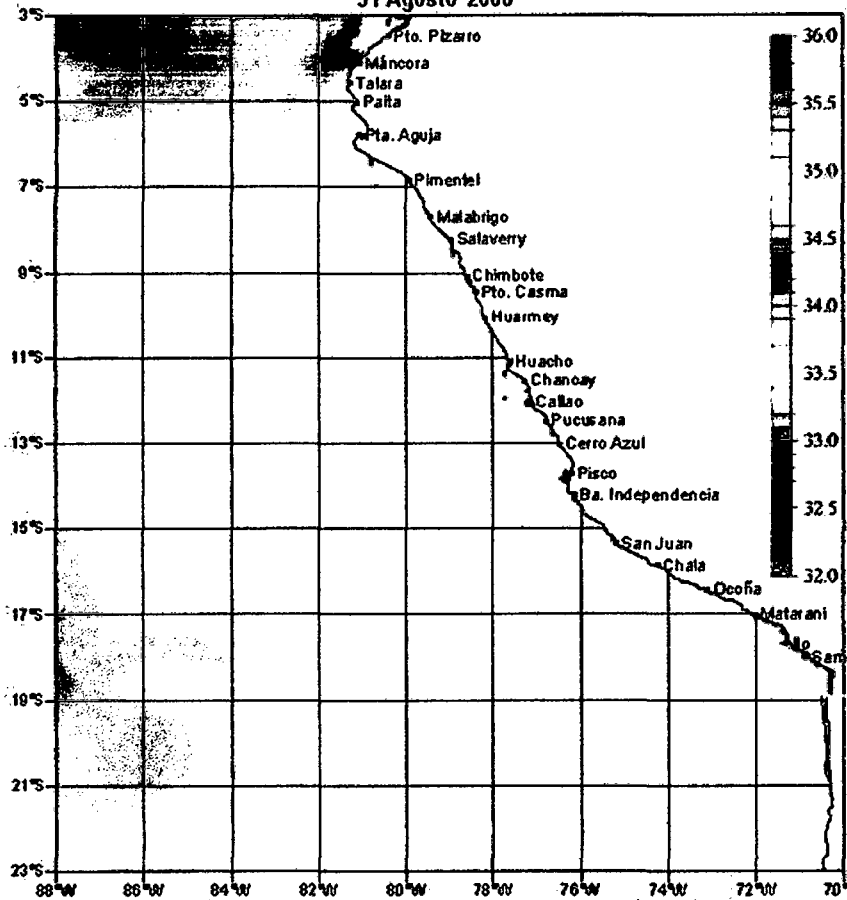


TSM Zona Paita
01 - 31 del 2003



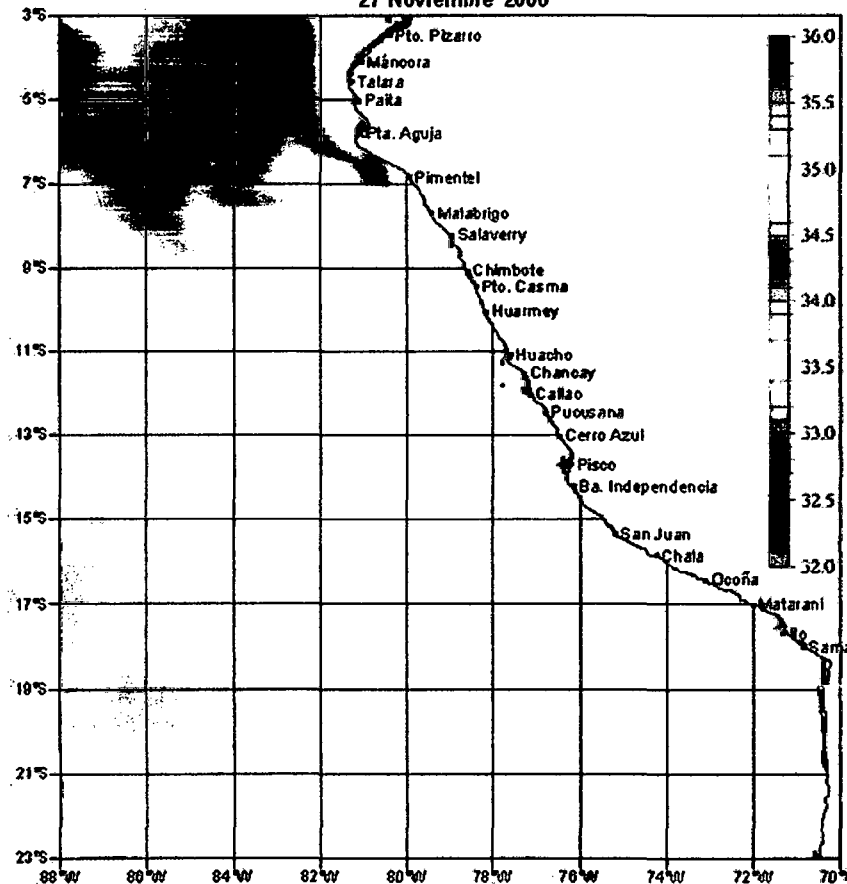


SALINIDAD
31 Agosto 2006



Fuente: Naval Research Laboratory global Navy Coastal Ocean Model gfb8_2f
Unidad de Percepción Remota & SIG - INVARPE

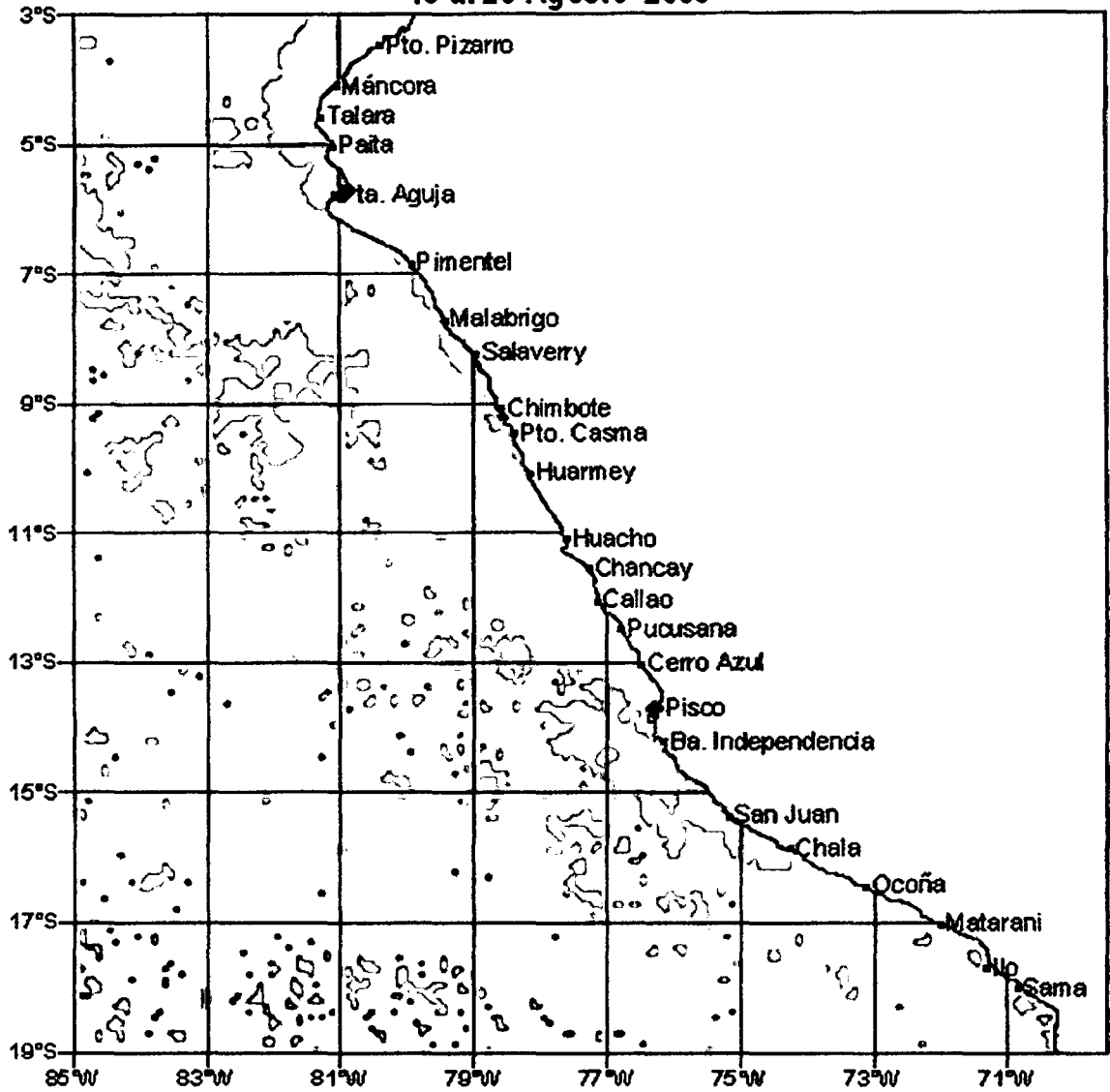
SALINIDAD
27 Noviembre 2006



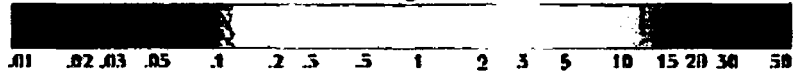
Fuente: Naval Research Laboratory global Navy Coastal Ocean Model gfb8_2f
Unidad de Percepción Remota & SIG - INVARPE

COLOROFA "A"

13 al 20 Agosto 2006



Concentración de Clorofila-a (mg/m³)



Fuente: Coddard Space Flight Center and ORBIMAGE NASA (Aqua - MODIS 9 km)
Unidad de Percepción Remota & SIG - IMARPE

TILAPIA ROJA

Distribución y características de los sistemas de cultivo

A nivel nacional el total de áreas habilitadas para el cultivo de tilapia es de 74,66 ha, de las cuales el 77,08 por ciento (57,55 ha) se encuentran en las regiones de Piura y San Martín. De este total, 39 son autorizaciones y 3 concesiones. Cabe señalar que de la totalidad de áreas habilitadas, sólo 46,08 ha (61,72 por ciento) están destinadas al cultivo exclusivo de tilapia, mientras que las áreas restantes también autorizan el cultivo de otras especies, principalmente peces amazónicos.

En el Perú, los sistemas de producción de tilapia más utilizados son en estanques y, en menor grado, en jaulas y tanques.

Los estanques rústicos son excavados en tierra y poseen estructuras especiales para el llenado y vaciado de agua en forma individual. Tanto la alimentación de agua como el drenaje se efectúan preferentemente por gravedad para minimizar los costos por concepto de energía y simplificar, en la medida de lo posible, la operación del sistema.

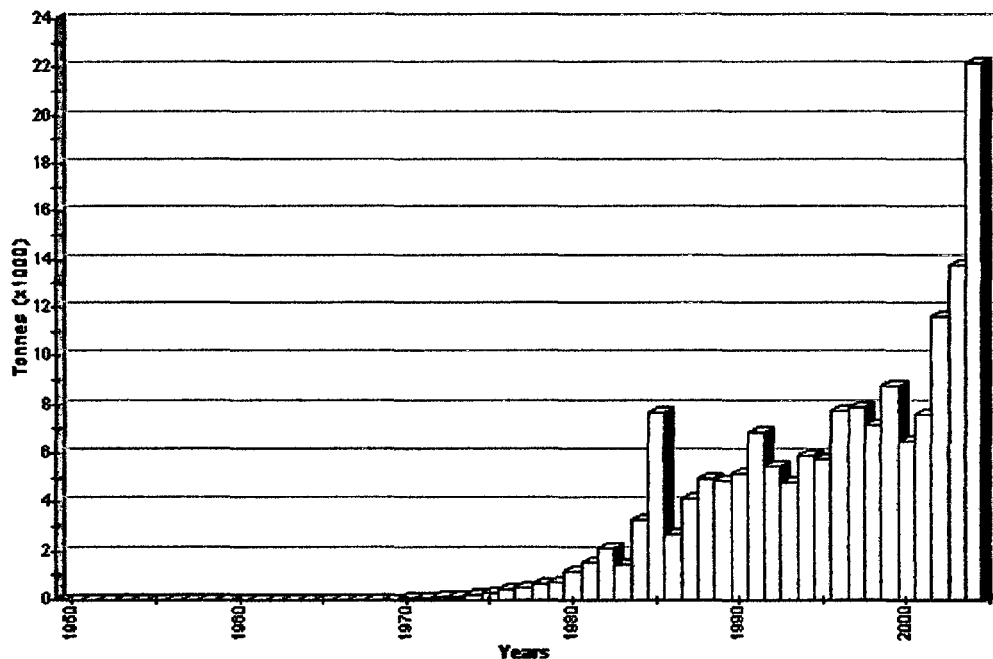
El engorde se efectúa en estanques cuya superficie se recomienda sea mayor a 0,5 ha, los cuales, en algunos casos, deben ser revestidos. Después del proceso de producción, los estanques necesitan de un mantenimiento, que demanda, en la mayoría de casos, el arado de los mismos para mejorar su calidad en el fondo. En el caso específico de estanques destinados a la reproducción, se debe tener consideraciones adicionales como, por ejemplo, el material del fondo de los estanques.

Por su parte, las jaulas requieren de una menor inversión de capital comparado con los estanques; son unidades productivas de fácil manejo, costos de cosecha bajos y de fácil tratamiento de la población, en caso que se detecte la presencia de enfermedades y parásitos. Su principal ventaja consiste en aprovechar diversos ríos y embalses de aguas calientes que, por su naturaleza y dimensiones o características, no podrían ser utilizados sin modificar su cauce, forma o construcción. En Latinoamérica, Brasil es el mayor productor de tilapia en jaulas.

El tamaño de las jaulas depende de la naturaleza del cultivo. Las jaulas para la reproducción y alevinaje suelen ser pequeñas para facilitar su manejo y tener mejor acceso a los peces en forma individual. Para el engorde, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 y 20 m³ cuando la producción se efectúa con tecnología relativamente sencilla, mientras que en producciones industriales tecnificadas los volúmenes de las jaulas fluctúan entre 50 y 100 m³.

Producción

El gráfico abajo muestra la producción acuícola total en Perú según las estadísticas FAO:



(fuente: Estadística Pesquera de la FAO, Producción en Acuicultura).

La producción acuícola en el año 2003 ascendió a 13 292,73 toneladas de las cuales 3 279,86 (24.67 por ciento) son de origen continental y 10 012.87 (75,33 por ciento) de origen marítimo (cuadro 3). En aguas continentales predomina el cultivo de dos especies introducidas: la trucha (91,32 por ciento) y la tilapia (3,71 por ciento), seguidas de la gamitana (2,62 por ciento) y el paco (1,15 por ciento) y otras especies, en su mayoría de origen amazónico, cuyo nivel de producción es muy poco significativo. Por su parte, la producción de la maricultura se concentra primordialmente en dos especies: *Argopecten purpuratus* (73,02 por ciento), *Penaeus vannamei* (26,88 por ciento) y, en mucho menor proporción, *Crassostrea gigas* (0,10 por ciento). Casi la totalidad de la producción se comercializa en estado congelado y fresco; no estilándose el curado (salpreso, seco salado o ahumado).

Cuadro 3. Producción estimada según especie año 2003.

Producción según especie (2003)		
ESPECIE	TOTAL (toneladas)	%
A, Origen Continental	3 279,86	24,67
Trucha	2 995,22	91,32
Tilapia	121,64	3,71
Gamitana	85,77	2,62
Paco	37,64	1,15
Sabalo	9,30	0,28
Boquichico	7,34	0,22
Camarón de Malasia	6,67	0,20
Pacotana	5,60	0,17
Carpa	5,08	0,15
Otros*	5,59	0,17
B, Origen Marítimo	10 012,87	75,33
Concha de Abanico	7 311,51	73,02

Langostino	2 691,32	26,88
Ostras del Pacífico	9,79	0,10
Otros	0,25	0,00
TOTAL (A+B)	13 292,73	100,00

(*) Incluye: Lisa, Carachama, Pejerrey y Camarón de Río.

Fuente: PRODUCE, Anuario Estadístico 2003.

En el Perú, su cultivo se ha extendido significativamente en la selva alta, especialmente en el departamento de San Martín. En la costa norte se están iniciando algunas experiencias importantes, vinculadas al aprovechamiento de represas y reservorios en los proyectos de irrigación del Chira-Piura y San Lorenzo. Una de ellas, es la realizada por FONDEPES en la represa de Poechos, donde se llevó a cabo un cultivo en jaulas flotantes. Otras experiencias recientes incluyen el desarrollo en el departamento Piura, donde la empresa American Quality ha realizado una importante inversión.

En la selva alta del Perú, principalmente en la región San Martín, la tilapia ha ganado gran nivel de aceptación entre los consumidores locales. En los últimos años, la tilapia se comercializa también en el mercado limeño y se encuentra distribuido bajo distintas presentaciones en los principales supermercados de la capital. Por ejemplo, se tiene que en supermercados limeños como Santa Isabel, el precio al consumidor de filete fresco (marca "Vita Fish") es de US\$ 5/kg; mientras que el pescado entero (tilapia azul marca "Piscis") se vende a US\$ 3/kg (pescado grande de aproximadamente 600 gr.) y a US\$ 2,5/kg (pescado chico de aproximadamente 300 a 350 gr.). Estos precios constituyen un atractivo interesante como alternativa a la exportación, quedando por evaluar el tamaño del mercado y establecer estrategias para su rápido crecimiento, tal como lo logrado en Brasil, México y Colombia.

TILAPIA ROJA

El cultivo de esta especie se realizará mediante sistemas semintensivos en estanques de tierra de 2,450 m² como unidad mínima, además de estanques de tierra de 300 y 2,000 m² para la etapa de preengorde.

Para el sistema intensivo se contempla la construcción de tanques circulares de concreto de 50 m². La profundidad promedio de los estanques es de 1.30 m, con una columna de agua de 0.80 m.

Los tanques de concreto se construirán con un diámetro de 8 m, un desagüe central y una pendiente de fondo del 15%, con sus respectivos sistemas permanentes de aducción de agua y aire.

La fuente de agua puede ser, en ambos casos, tanto de origen superficial como de subsuelo; en los estanques será utilizada exclusivamente para mantener los niveles de agua constantes, mientras que en los tanques de concreto se realizará un recambio del 100% cada tres días, y del 30% los días restantes.

En los estanques de tierra para preengorde se utilizarán densidades de 20 alevines por m² a partir de un tamaño de 10 g, mientras que en los de engorde la densidad será de 3 tilapias por m² a partir de un tamaño entre 80 y 100 g. En el sistema intensivo de tanques de concreto se sembrarán alevines a una densidad de 50 por m² a partir de un tamaño de 0.4 g. Se emplea un menor tamaño para abaratar los costos de alevines.

La alimentación, en ambos sistemas, será a base de concentrado con niveles de proteínas entre 24 y 30% en estanques de tierra y de 45% en el sistema intensivo. Para el cultivo en estanques de tierra, se establecerá un programa de fertilización mensual con productos de origen orgánico (estiércol de bovino) e inorgánico (NPK 15–15–15) a razón de 1,000 kg/ha/mes y 15–30 kg/ha/mes respectivamente. El suministro de alimento concentrado será ajustado según la tabla de alimentación de la especie, previo muestreo quincenal de la población. La conversión alimenticia promedio durante el ciclo de cultivo es de 1.5:1, con

una mortalidad máxima del 10%. El ciclo de cultivo será de 6 meses, hasta obtener una talla comercial de aproximadamente 350 g en intensivo y 400 g en semintensivo.

El sexado se realizará a los dos primeros meses en el caso de estanques de tierra y a los tres meses en tanques de concreto, con el objeto de sostener un cultivo monosexo.

Especie/Modelo	Tilapia 1	Tilapia 2	Tilapia 3
Sistemas de producción	Semintensivo	Semintensivo	Intensivo
Estructura	Estanques de tierra	Estanques de tierra	Tanques circ. de concreto
Flujo de agua	Estacionario	Estacionario	Continuo
Superficie total de cultivo • pre-engorde (m ²) • engorde (m ²)	- 2,450	1,200 8,000	- 150
Número estanques/tanques • pre-engorde • engorde	- 1	4 4	- 3
Alevines a sembrar (Nº)	7,350	24,000	7,500
Tamaño (g)	10	10	0.4
Densidad de siembra • pre-engorde (peces/m ²) • engorde peces/(m ²)	- 3	20 3	- 50
Fertilizantes • orgánico (kg/mes) • inorgánico (kg/mes)	260 8	780 12	- -
Alimentos (kg/ciclo)	3,969.00	12,960.00	3,543.75
Tipo alimento (% proteína)	24–30	24–30	45
Sobrevivencia (%)	90	90	90
Conversión alimenticia	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Peso individ. en cosecha (g)	400	400	350
Duración ciclo (meses)	6	6	6
Ciclos por año	2	2	2
Producción total (kg/año)	5,292.0	17,280.0	4,725.0
Productividad (t/ha/año)	18.5	18.7	315

DENSIDAD DE SIEMBRA

La cantidad de peces a sembrar por metro cuadrado depende en forma importante del mercado que se pretenda manejar (*no nos canseremos de repetir que cualquier proyecto de tipo agropecuario fracasará si no se ha considerado objetivamente la comercialización del producto, así como las formas de pago, posibles clientes y competencias, junto con las posibilidades de industrialización que presenta nuestro producto*) y del caudal de agua disponible que pueda entrar al estanque

Lo ideal es aprovechar al máximo el área del estanque, tener más cantidad de peces por metro cuadrado, con esto nos evitamos la construcción y el manejo de otros estanques. Para cada región **la densidad de siembra es totalmente diferente**, porque las propiedades físico-químicas del suelo y agua cambian considerablemente de un lugar a otro, de una finca o la otra. Por ejemplo, no es igual la temperatura, ni la calidad del agua o suelos en una finca distante a otra por 2 kilómetros, si comparamos los análisis de suelos de cada finca, habrán diferencias en algunos elementos químicos, así como de acidez y alcalinidad. Además la temperatura del agua puede cambiar, esto por citar solo unos ejemplos. Entonces no nos debemos regir por tablas establecidas en cuanto a la densidad de población.

Lo mejor que se puede hacer es retar poco a poco a los peces, es decir sembrar por debajo de lo que considerablemente se estima de acuerdo al caudal de agua que entre al estanque e ir subiendo la población cosecha tras cosecha, la experiencia que tenga el mismo piscicultor lo llevara hasta un limite máximo de siembra. Sembrar por ejemplo inicialmente 2 peces por metro cuadrado y si se nota que no hay problemas por falta de oxígeno o por un crecimiento retardado de los peces, retar al estanque en la próxima siembra a 3 peces por metro y así sucesivamente. Sin embargo es necesario conocer alguna de las tablas de densidad de siembra para tener una referencia. Esta tabla se adapta a un monocultivo con especie mojarra roja. Es de anotar estas

densidades son posibles con un recambio constante de agua y por supuesto aguas de excelente calidad.

Tabla de referencia para siembra de alevinos de Mojarra roja en estanques con recambio constante de agua

Entrada de agua	Densidad de siembra
1 – 3 litros/segundo	Hasta 4 peces por metro cuadrado
6 – 10 litros/segundo	Hasta 15 peces por metro cuadrado
40 - 60 litros/segundo	Hasta 20 peces por metro cuadrado.

<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB487S/AB487S05.htm>

Tilapia roja

La producción en los sistemas super-intensivos se logra con densidades altas de siembra de hasta 35 animales/m² 6 m³, intercambios de agua cercanos al 40% diario, dependencia de equipos de aireación y un área de aproximadamente 150 ha en espejo de agua.

A.- III CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA
EN EL PACÍFICO SUDESTE. PERÚ, BICS HUMBOLDT Y SNP-2 0005-06.

B.- OPERACIÓN PERÚ ANTAR X. FITOPLANCTON EN EL ESTRECHO DE
BRANSFIELD Y ALREDEDORES DE LA ISLA ELEFANTE
EN VERANO 1999 Y VARIACIONES 1988-1999.

INFORME N° 163

CONTENIDO

Condiciones oceanográficas frente a las costas del Perú en mayo 2000 <i>María del Carmen Grados, Darwin Loarte, Renán Alegre</i>	7
Avistamiento de cetáceos en el mar peruano y su relación con algunos parámetros oceanográficos en mayo 2000 <i>José Carlos Márquez, Milena Arias-Schreiber</i>	19
Oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a del mar peruano en mayo 2000 <i>Georgina Flores, Nélica Carrasco, Miguel Sarmiento</i>	25
Macrozoobentos de áreas someras del mar peruano entre 3°30'S y 12°S en mayo 2000 <i>Luis Quipúzcoa, Williams Yupanqui, Robert Marquina</i>	35
El Fitoplancton en superficie del mar peruano durante el otoño 2000 <i>Flor Chang, Sonia Sánchez, Elcira Delgado, Patricia Villanueva, César Fernández</i>	43
Zooplancton e ictioplancton durante el Crucero Oceanográfico Regional Conjunto 0005-06 <i>Margarita Girón</i>	47
El Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante durante el verano austral 1999 y sus cambios durante 1988-1999 <i>Sonia Sánchez, Patricia Villanueva</i>	59

predominantes fueron de componente S y SE. Asimismo, donde se presentaron los fuertes gradientes de presión, se registraron también las mayores velocidades del viento ocasionando estados del mar 1, 2 y 3 en estas zonas. Al norte de 4°S, se presentaron vientos de componente norte asociados a la banda secundaria de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Presión atmosférica

La presión atmosférica presentó uno de sus mayores gradientes entre 80.5°W a 81.5°W y 10.5°S a 11.0°S; originando en esta región que el mar presentara estados 2 y 3, las primeras horas del día 16 de mayo. Otro fuerte apiñamiento de las isóbaras se observó entre 81.0°W a 81.5°W y 5°S a 6°S, frente a Punta Falsa y Paita, por lo cual en esta zona se registraron las mayores velocidades del viento y estados del mar entre 1 y 2. A nivel sinóptico, se observó un desplazamiento hacia el norte del Anticiclón del Pacífico Sur, característica propia de la temporada del año.

Distribución superficial de la temperatura y salinidad

En mayo, la TSM estuvo entre 14.3 °C frente a Punta Mendieta y 25.7 °C a 10 mn de Puerto Pizarro. El frente ecuatorial se presentó al norte de los 4°S, formando un frente hídrico moderado con gradientes de 1°C/6 mn. La distribución térmica al norte de Máncora (4°S) se debió a la configuración de la línea de costa y al aporte estuarino de los ríos de la zona y del Golfo de Guayaquil (Fig. 2).

La distribución de las isotermas fue paralela a la costa con 15 °C a 23 °C, observándose una modificación sustantiva con relación a marzo, debido al fortalecimiento de los vientos alisios. La isoterma de 20 °C, borde exterior de las aguas netamente costeras (ZUTA y URQUIZO 1972) se presentó de Talara hacia el sur. Esta banda de aguas costeras tuvo una máxima aproximación a las costas de Ilo y mayor amplitud frente a Pisco (>200 mn). Valores <17 °C se ubicaron desde 11°S hasta 16°30'S, con mayor amplitud, hasta 90 mn frente a San Juan, presentando pequeños núcleos en sectores muy costeros frente a Pacasmayo, Salaverry-Chimbote y Supe-Quilca.

Por el sector oceánico, ocurrió el desplazamiento de la lengua cálida estacional con temperaturas >20 °C. La advección de estas aguas hacia las costas fue más intensa en Chicama, Chimbote y Atico con valores próximos a los 24 °C.

Las anomalías térmicas (ATSM) respecto a los promedios mensuales de REYNOLDS (1985) presentaron valores extremos entre +4° y -3.1 °C, con valores predominantes de +1 °C y -1.5 °C (Fig. 3). Los máximos valores positivos se registraron dentro de las 100 mn de Atico, asociados con la presencia de aguas cálidas. Las ATSM disminuyeron hacia el norte con dirección a la costa y presentaron valores ligeramente negativos en el sector oceánico y en las 60 mn (en promedio) adyacentes a las costas desde Supe hasta San Juan. En este último caso, los valores de anomalías (>-2°C) se asociaron a procesos de surgencia costera. En general, la carta de anomalías indica condiciones cercanas a lo normal hasta las 200 mn de la costa.

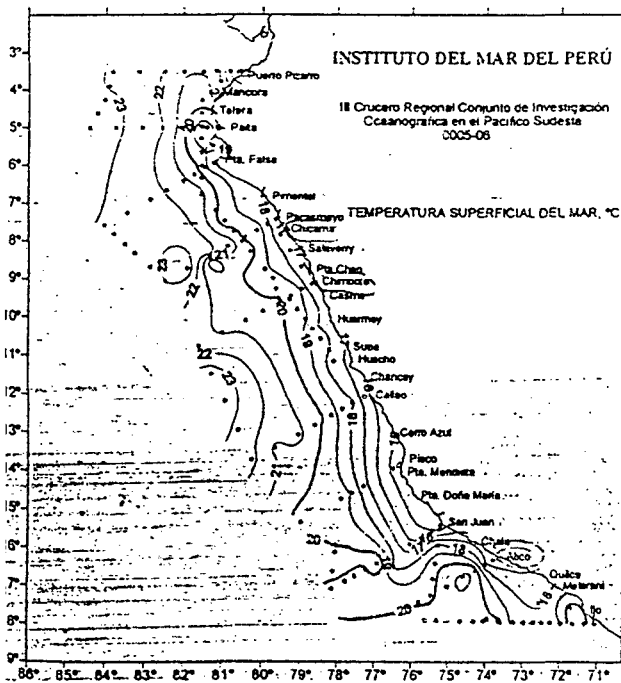


FIGURA 2. Temperatura Superficial del Mar (°C) frente al Perú durante el Cruceiro Oceanográfico BIC Humboldt y BIC SNP -2 0005-06.

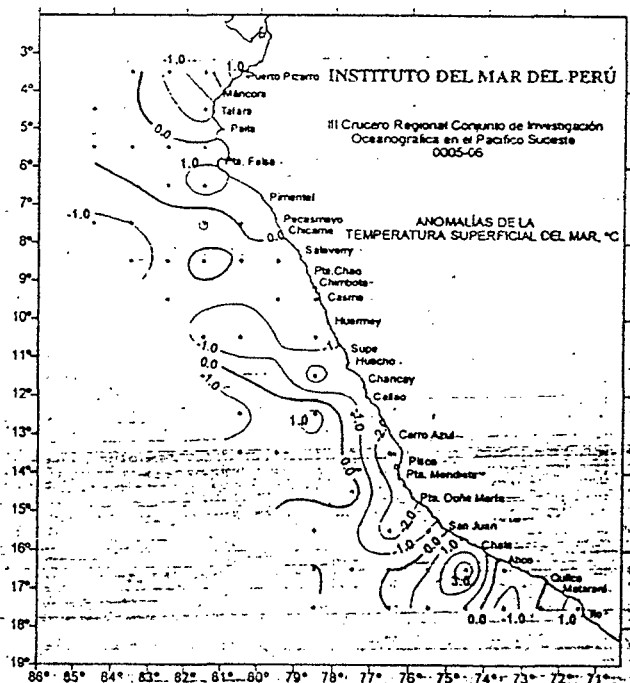


FIGURA 3. Anomalías Térmicas (°C) durante el Cruceiro Oceanográfico BIC Humboldt y BIC SNP -2 0005-06.

La salinidad superficial del mar (SSM) fue de 32.554 ups frente a Puerto Pizarro a 35.519 ups a 120 mn de San Juan. Masas de agua con valores propios de las Aguas Tropicales Superficiales (<33,7 ups) se hallaron de Máncora a frontera norte, producto del aporte continental de las precipitaciones, descargas de ríos y de los sistemas estuarinos de la región (Fig. 4).

Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) de 33.7 a 34.8 ups se ubicaron de Máncora al norte. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se registraron por fuera de las 25 mn y tuvieron un núcleo de máxima de hasta 35.5 ups a 120 mn de San Juan. Las Aguas Costeras Frías (ACF) se presentaron dentro de las 60 mn en promedio desde Talara hasta Ilo.

Un frente halino se observó en el mar peruano y estuvo ubicado al norte de Talara por la concurrencia de las ATS, AES y ACF con un gradiente de 0.1 ups/6 mn. Remolinos y meandros se presentaron por fuera de las 100 mn de Chicama, Chimbote, San Juan y Atico por la interacción de masas de agua propias de la Corriente Costera Peruana (CCP) y de la presencia previa de masas de ASS.

Distribución termohalina subsuperficial

Batimetría de las isotermas de 20 °C y 15 °C

La isoterma de 20 °C identifica la parte media de la termoclina en la zona al norte de los 6°S y está asociada a la base de la termoclina oceánica. En mayo del 2000 se le

encontró de 10 a 50 m (Fig. 5). De los 16°S al sur, la profundidad de la isoterma de 20 °C aumentó por la influencia de las masas de aguas oceánicas; asimismo, las profundidades de 10 y 40 m en el sur indicaron la interacción de las ATSA (Aguas Templadas de la Subantártica) y ASS.

La isoterma de 15 °C se ubicó en la base de la termoclina, y en el margen costero del litoral norte se encontró a profundidades mayores de 180 m, disminuyendo a 100 m en Chicama (Fig. 6).

La depresión en el sector oceánico y en el norte está asociada con el calentamiento dado por las ASS y la ESCC, respectivamente. En la zona costera, y especialmente de Chicama a Ilo, la ubicación de la isoterma de 15°C representa los procesos de surgencia de aguas subsuperficiales.

Distribución vertical de la temperatura y salinidad

Zona Norte (Puerto Pizarro, Paita, Punta Falsa)

La estructura térmica en la zona norte se caracterizó por presentar en la capa más superficial una termoclina muy intensa por fuera de 60 mn (Punta Falsa), 90 mn (Paita) y 160 mn (Puerto Pizarro) sobre los 50, 55 y 60 m de profundidad, conformada por las isotermas de 15 °C-16 °C a 22 °C con un gradiente de 1 °C/4 m, 1 °C/8 m y 1 °C/3 m, respectivamente.

En la zona costera de Puerto Pizarro, la temperatura (Fig. 7a) mostró la presencia de aguas del norte de 21° a 24 °C sobre los 20 m de profundidad; por debajo, se presentó

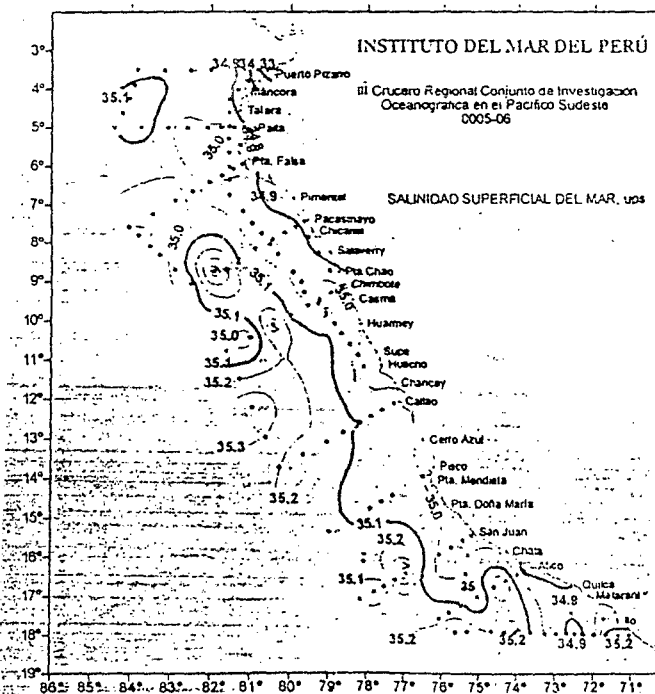


FIGURA 4. Distribución de la Salinidad Superficial del Mar (ups) en el mar peruano durante el Cruce Oceanográfico BIC Humboldt y BIC SNP 2000-06.

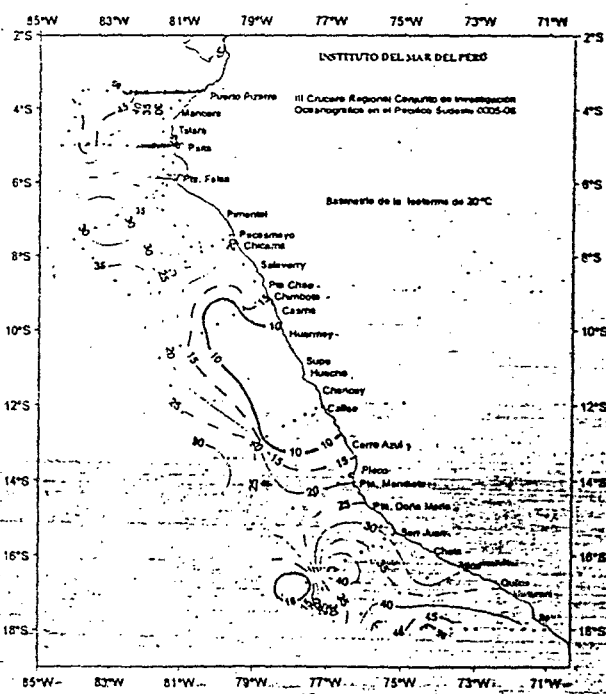


FIGURA 5. Profundidad (m) de la isoterma de 20 °C en el mar peruano. Cruce Oceanográfico BIC Humboldt y BIC SNP 2000-06.

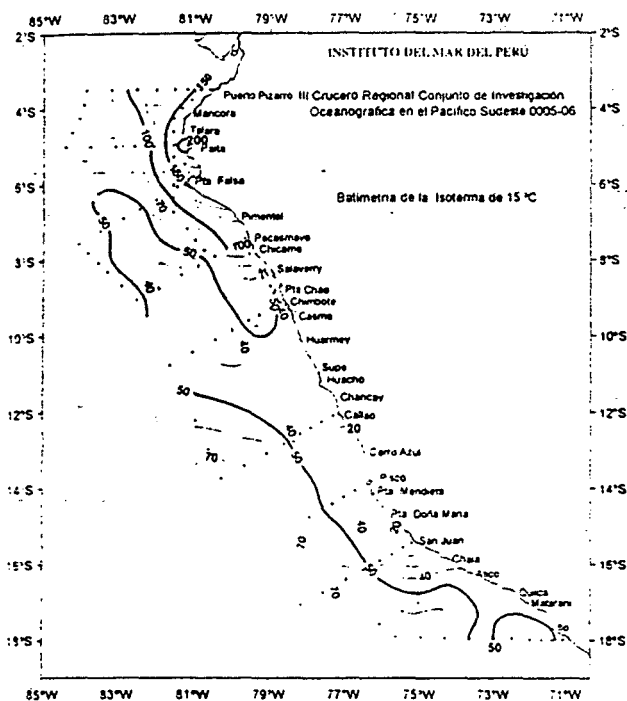


FIGURA 6. Profundidad (m) de la Isoterma de 15 °C en el mar peruano. Crucero Oceanográfico BIC Humboldt y BIC SNP -2 0005-06.

un estrato estable hasta los 100 m, donde se ubicó la isoterma de 15 °C que presentó una profundización hasta 145 m, por la presencia del ramal norte de la Corriente SurEcuatorial (CSE).

La estructura térmica frente a Paita (Fig. 7b) mostró dentro de las 90 mn la separación de las isotermas por la mezcla de las ACF y las ASS, y por la influencia de la CSE. Entre 80 m y 230 m se observó la profundización de las isotermas de 16° a 14°C, siendo ésta la sección donde se presentó la ESCC con mayor intensidad. Frente a Punta Falsa (Fig. 7c), la configuración térmica fue muy similar a la de Paita, aunque con procesos de mezcla y presencia de la CSE menos intensa que en los 5°S.

La isoterma de 15 °C se presentó a 60 mn de la costa, a una profundidad media de 130 m (Paita) y 100 m (Punta Falsa) siendo estos valores 58 m y 31 m más profundos que lo normal (ZUTA 1990).

El estrato por debajo de los 200 m fue muy estable frente a Puerto Pizarro y semejante en Paita y Punta Falsa, donde en el margen costero se apreciaron flujos hacia el norte.

La estructura halina frente a Puerto Pizarro indicó la presencia de ATS y AES sobre 25 m de profundidad y hasta 50 mn de la costa (Fig. 8a); y ACF con 35.0 ups por fuera de las 60 mn. Además, las ACE como una delgada capa superficial sobre los 30 m de profundidad y 90 mn de Paita (Fig. 8b), y hasta las 200 mn de Punta Falsa (Fig. 8c), con mínima de 34,8 ups en la sección. Por debajo de estas masas de agua y entre 25 y 120 m y desde 20 a 200 mn se apre-

ció un gran núcleo ASS de moderada intensidad (35.1 a 35.2 ups) frente a Puerto Pizarro que fue disminuyendo en amplitud e intensidad hacia los 6°S. Entre 100 y 300 m se apreció el aporte del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) que disminuyó hacia el sur (Fig. 8a).

Zona Central (Chicama, Chimbote, Callao)

La estructura térmica en la zona centro mostró en la capa más superficial una termoclina fortalecida fuera de las 90 mn, conformada por las isotermas 15° a 22 °C (Chicama, Fig. 9a) y moderada (15°-20 °C) para Chimbote y Callao por encima de los 50, 40 y 80 m formando gradientes de 1 °C/4 m, 1 °C/5 m y 1 °C/10 m, respectivamente.

La configuración de la isoterma de 15 °C muestra que el límite sur de la CSE se ubicó frente a Chimbote (Fig. 9b) aproximándose a la superficie frente al Callao (Fig. 9c) influenciada por el proceso de afloramiento costero que se observó fortalecido a los 12°S. Esta isolinéa se presentó en las 60 mn adyacentes a la costa a una profundidad media de 60 m (Chimbote) y 30 m (Callao), siendo 14 m menos profunda que lo normal (ZUTA 1990). Por debajo de los 200 m, la distribución de las isotermas fue más homogénea apreciándose el aporte de las aguas más frías de las Aguas Intermedias Antárticas (AIAA) en los niveles más profundos (Fig. 11b).

El campo halino en la zona central mostró la influencia de las ASS sobre los primeros 70 m en las tres secciones realizadas, notándose con mayor intensidad en el sector oceánico de Chicama (Fig. 10a) y sector costero de Callao (Fig. 10c), donde se presentaron máximas de 35,5 y 35,4 ups, respectivamente. En las proximidades al litoral ocurrieron ACF en Chicama con una mínima de 34,8 ups y ACF y Aguas de Mezcla (AM) en Chimbote (Fig. 10b) y Callao.

Entre 100 y 300 m, se presentó un flujo hacia el norte entre las 120 y 160 mn en las secciones de Chicama y Chimbote que estaría asociado a la mezcla de Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA), que presentaron su límite sur a una profundidad de 100 m a 200 mn de Callao.

Zona sur (Pisco, San Juan, Atico e Ilo)

De Pisco a Ilo (Fig. 11) se notó la capa de mezcla por fuera de las 170 mn en Ilo (Fig. 11d) y San Juan (Fig. 11b) con un espesor de 50 m (Ilo) y 35 m (San Juan). La estructura termohalina tuvo una distribución muy compleja debido a la interacción de ACF, ASAA y ASS, con la base de la termoclina costera (15° C) aflorando a la superficie en San Juan, a diferencia de las secciones de Pisco e Ilo, donde afloró la base de la termoclina oceánica.

En Pisco (Fig. 11a), la distribución vertical de las isotermas estuvo formada por una débil termoclina en los 60 m más superficiales de toda la sección, y presentó homogeneidad de los 100 m a 500 m observados. Este estrato presentó la divergencia de las isotermas de 13-14°C (Pisco y

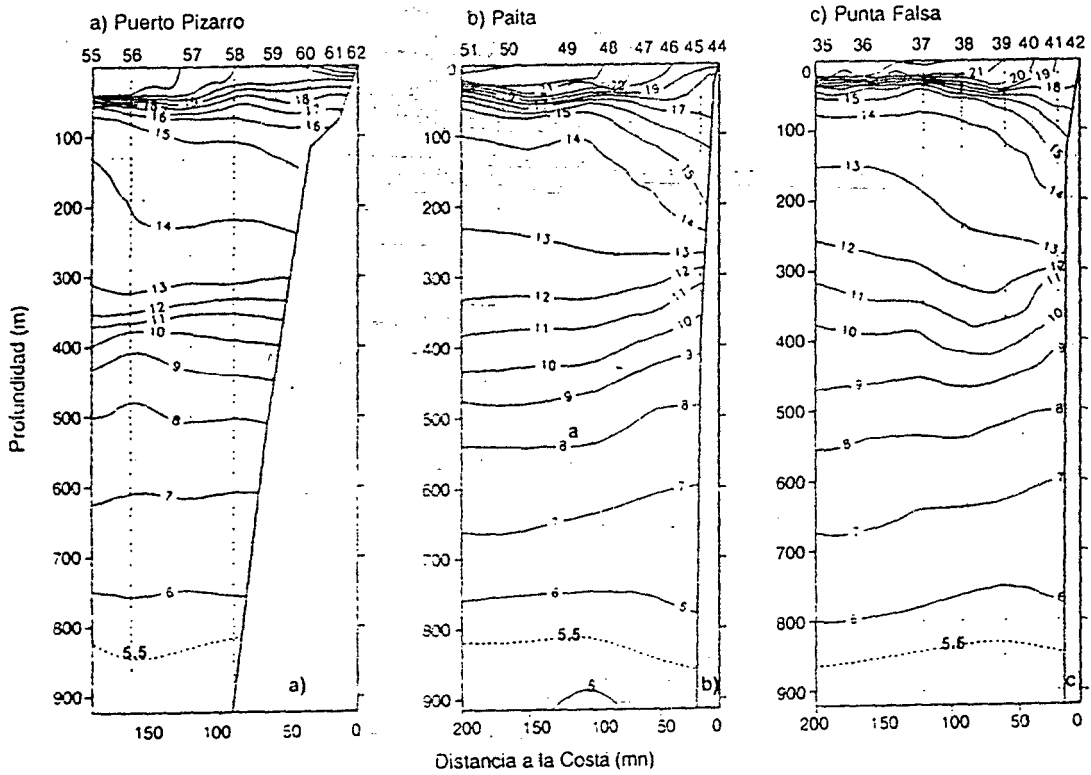


FIGURA 7. Distribución Vertical de la Temperatura (°C) en (a) Puerto Pizarro (22-23/05/2000); (b) Paita (20-22/05/2000) y (c) Punta Falsa (18-20/05/2000) Cruceiro Oceanográfico 0005-06.

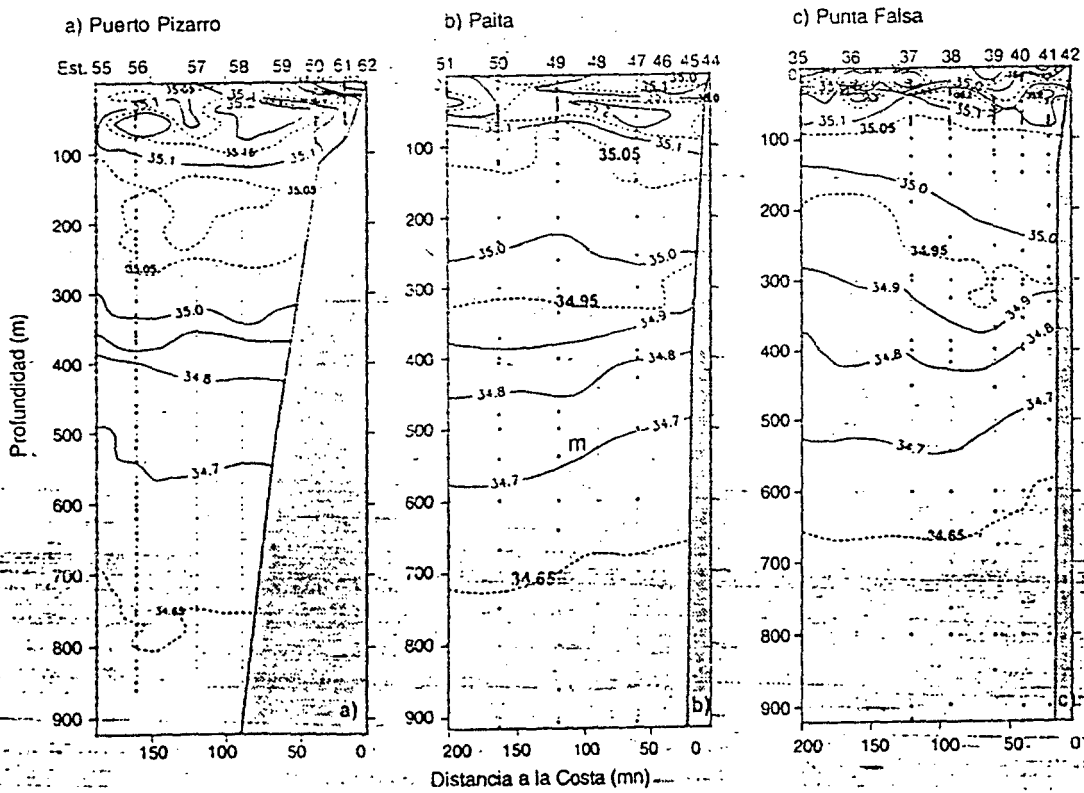


FIGURA 8. Distribución Vertical de la Salinidad (ups) en (a) Puerto Pizarro (22-23/05/2000); (b) Paita (20-22/05/2000) y (c) Punta Falsa (18-20/05/2000) durante el Cruceiro Oceanográfico 0005-06.

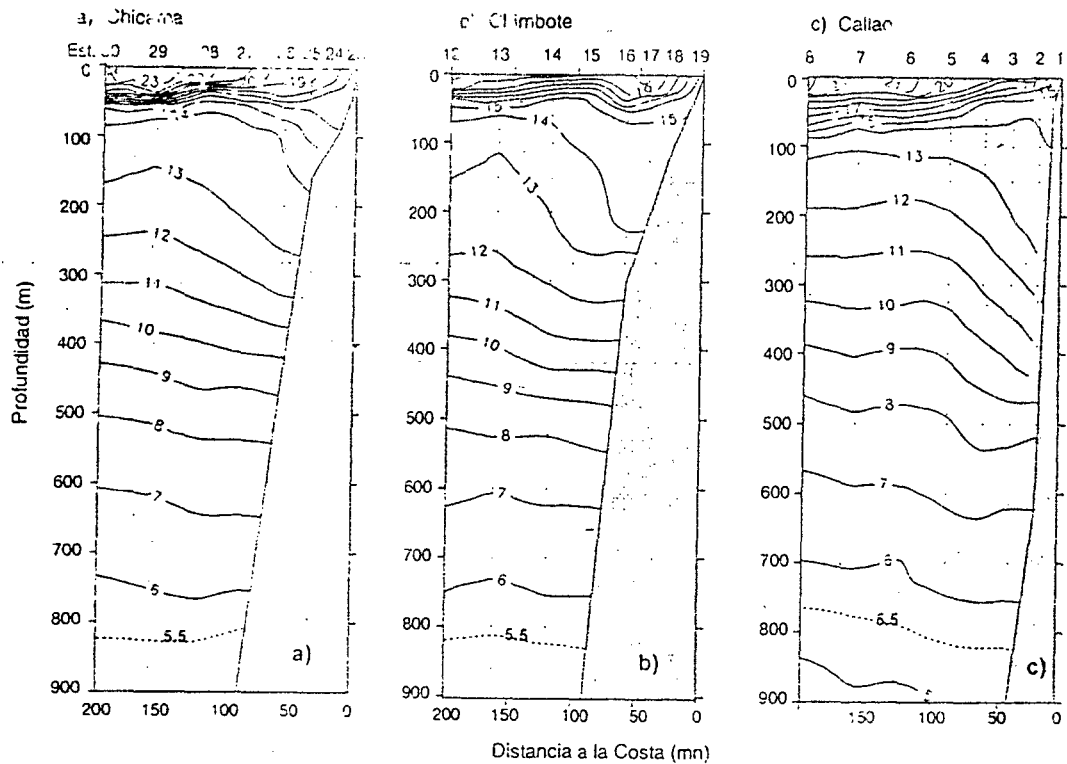


FIGURA 9. Distribución Vertical de la Temperatura (°C) en: (a) Chicama (17-18/05/2000), b) Chimbote (15-16/05/2000) y (c) Callao (13-14/05/2000) Crucero Oceanográfico 0005-06.

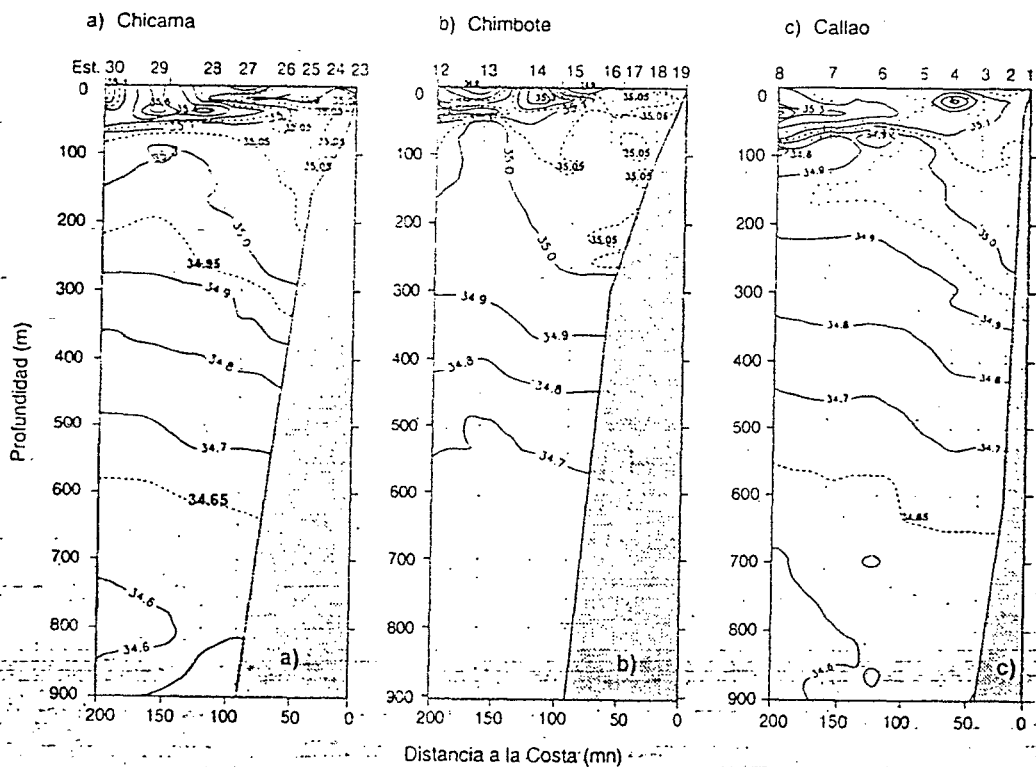


FIGURA 10. Distribución Vertical de la Salinidad (ups), (a) Chicama (17-18/05/2000), (b) Chimbote (15-16/05/2000), y (c) Callao (13-14/05/2000). Crucero Oceanográfico 0005-06.

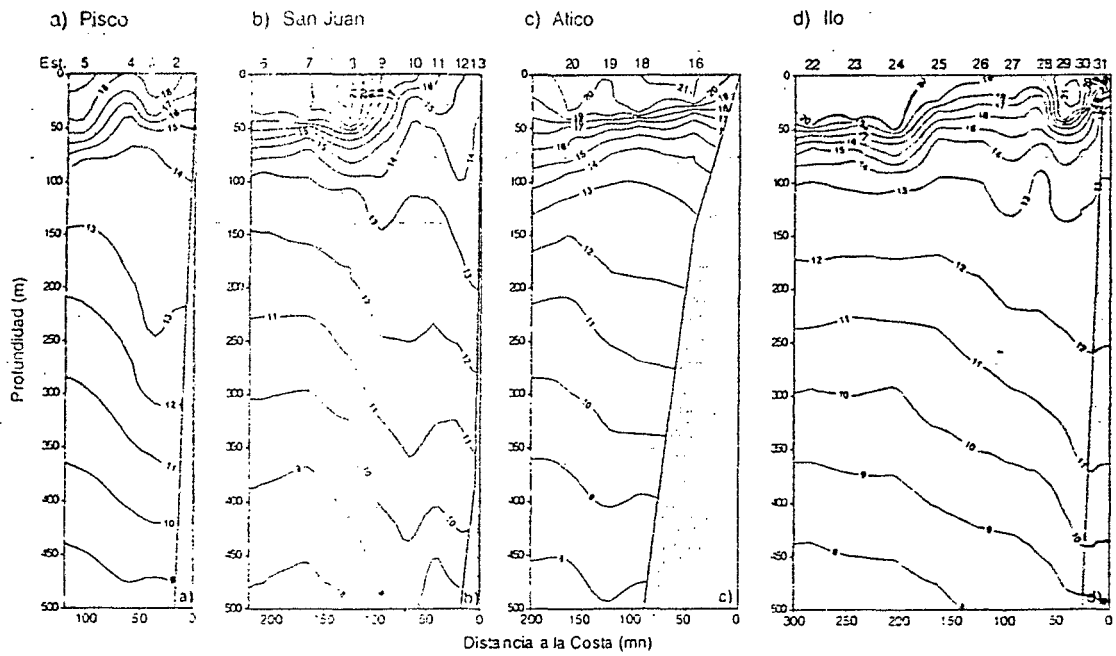


FIGURA 11. Distribución Vertical de la Temperatura (°C) (a) Pisco (31/05/2000). (b) San Juan (29-31/05/2000). (c) Atico (18-23/05/2000) y (d) Ilo (27-28/05/00). Crucero Oceanográfico 0005-06.

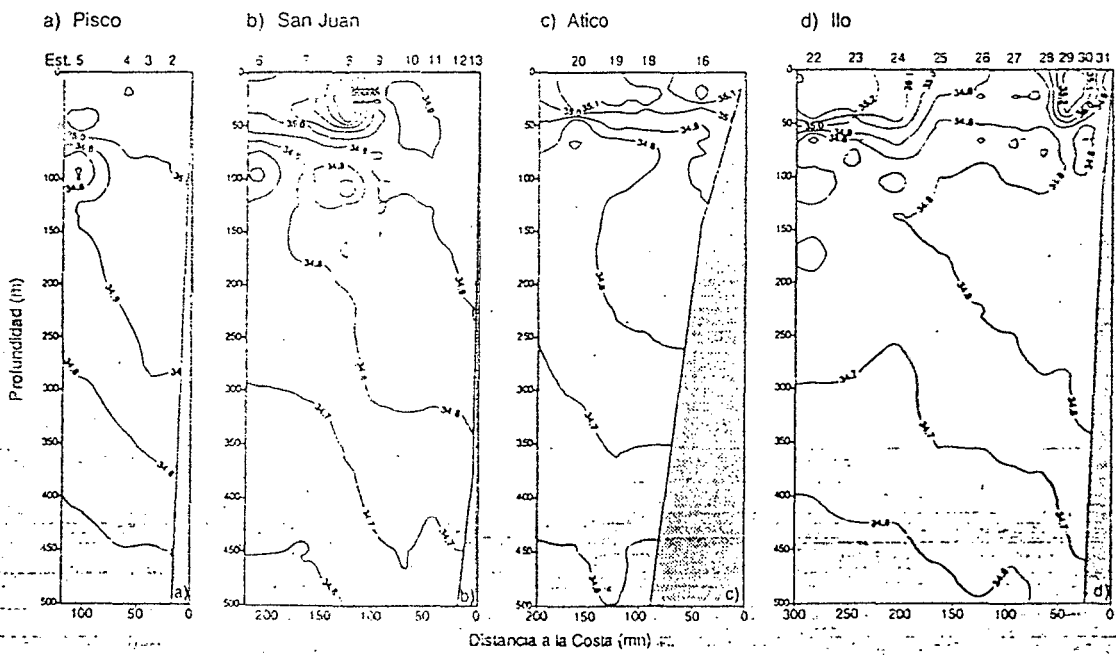


FIGURA 12. Distribución Vertical de la Salinidad (ups) (a) Pisco (31/05/2000). (b) San Juan (29-31/05/2000). (c) Atico (18-23/05/2000) y (d) Ilo (27-28/05/00). Crucero Oceanográfico 0005-06.

n Juan), con hundimiento de isotermas de 14 °C a 10 °C Pisco y San Juan, y, de 12 °C a 10 °C en Ilo, indicando presencia de flujos hacia el sur. GRADOS (1989) señala la divergencia de isotermas a profundidades de 100 m en el zócalo continental, podría deberse a remolinos propios de la dinámica del extremo sur del Perú. Asimismo, se aprecian flujos subsuperficiales hacia el norte a 100 mn de costa (Fig. 12a), 40 y 160 mn de San Juan (Fig. 12b) y Ati (Fig. 12c) y a 200 mn de Ilo (Fig. 12d), asociados con las procedentes del borde norte de la Subantártica con valores mínimos de salinidad de 34.6 y 34.7 ups y relativamente altas concentraciones de oxígeno ubicados alrededor 100 m de profundidad.

masas de agua

Los diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) (Fig. 13) muestran las principales masas de agua asociadas con las corrientes marinas del Perú hasta 900 m de profundidad. En mayo 2000 se presentaron ATS, AES, ASS y ACF en las capas más superficiales, en tanto que, en subsuperficie ocurren AESS, ASAA, Aguas Templadas de la Subantártica (SA) y AIAA.

Las ATS presentaron 22° a 25°C y >33.0 ups, con un espesor menor a 25 m de profundidad. En la región, su límite inferior ocurrió hasta 4°S, siendo esto normal.

Las AES con 20° a 24 °C y 33.8 a 34.7 ups ocurrían debajo de las ATS sobre los 25 m de profundidad y se extendieron hasta los 4°S.

En la zona costera prevalecieron las ACF con 14 °C a 19 °C y de 34.8-34.9 ups a 35.1 ups. Los mínimos valores halinos (34.7 ups) observados en la zona sur se asociaron al afloramiento de ATSA al sur de 15°S, y pueden presentarse aun más al norte según la intensidad del flujo de las aguas procedentes del borde norte de la Subantártica que llegan a la superficie. En mayo 2000, las ACF tuvieron mayor presencia en la costa central.

Aguas oceánicas (T > 20°C y S > 35.1 ups) ocurrieron en sectores oceánicos en el norte para aproximarse a la costa hacia el sur y llegar al litoral en Ilo. Esta masa de agua tenía la máxima intensidad (35.5 ups), espesor (100 m) y extensión en Puerto Pizarro. A 150 mn de Chicama y a 120 mn de San Juan se apreciaron tenores de 35.4 ups con un espesor de 50 m.

En subsuperficie, se presentaron las AESS entre 50 y 100 m con un espesor que disminuyó hacia el sur. En ellas se identificaron con 15°-13 °C y 35.1 a 34.9 ups. Estas aguas homotérmicas, de relativa salinidad y alto contenido de oxígeno se observó (Fig. 13b) como una línea recta dentro de las capas más superficiales que, en su desplazamiento hacia el sur, al interactuar con las aguas procedentes del norte disminuyeron sus tenores de salinidad y oxígeno.

Las ATSA destacaron en la base de la termoclinas subsuperficial permanente de Callao al sur (Fig. 11) y en todas las secciones del sur y sobre 150 m de profundidad,

ahondándose mar afuera; se caracterizaron por un mínimo de salinidad sobre las AESS (Fig. 12). Presentaron 34.9 a 34.6 ups y 15 °C a 12 °C.

Las AIAA (Fig. 13b) se presentaron debajo de 600-700 m de profundidad con valores >7°C y 34.6 a 34.45 ups y se distinguieron por un mínimo de salinidad.

Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC)

En mayo 2000, la ESCC se desplazó hasta Chimbote, a diferencia de 1999, cuando se observó hasta Punta Falsa. En las secciones de Puerto Pizarro, Paita y hasta Chimbote se notó la influencia de la ESCC entre los 60 y 200 m de profundidad y hasta 90 mn de la costa, debilitándose hacia el sur. En esta capa de agua, se presentaron altos valores de oxígeno de 1.0 a 2.0 mLxL⁻¹ en gran amplitud en Puerto Pizarro (FLORES *et al.* este informe). En Paita, la ESCC estuvo muy fortalecida para el período con valores de oxígeno de 1 a 2 mLxL⁻¹ que alcanzaron 320 m de profundidad.

DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales, de normales a moderadamente frías, que ocurrieron en 1999, favorecieron la activación del afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes y determinaron áreas propicias para la distribución y desarrollo de algunas especies marinas.

Así, a mediados de la primavera 1999, cuando la variación del ambiente indicaba condiciones muy cercanas a lo normal, se produjo el fortalecimiento de los vientos alisios reactivando la surgencia costera e incrementando las ATSM. Así, las medias mensuales de la TSM, ATSM y SSM de noviembre 1999, indicaron que el borde exterior de las ACF (18 °C) tuvieron máxima amplitud en Paita (100 mn), Pimentel y Callao (hasta 70 mn) con focos de surgencia en Chancay, San Juan e Ilo.

De diciembre 1999 a abril del 2000 (GRADOS y BOUCHON 2000), se apreciaron condiciones ambientales normales con calentamientos de carácter temporal a mediados del verano por el acercamiento de aguas del oeste (VÁSQUEZ y TELLO 2000), lo que favoreció la mayor disponibilidad del recurso pelágico. GRADOS y BOUCHON (2000) señalan que en los primeros cinco meses del 2000, los desembarques de los principales recursos pelágicos en toda la costa peruana totalizaron 4,5 millones de toneladas, siendo el mayor aporte de anchoveta con 4,2 millones de toneladas (94,6%) que mostraron buenos rendimientos, especialmente en marzo, cuando se observó una de las capturas más altas de los últimos veinticinco años.

A nivel de macroescala, en abril 2000 (BAC No. 115), los vientos fueron ligeramente más intensos sobre la región, en consistencia con el incremento del IOS a 1,2 para disminuir a 0,2 en mayo debido a la persistencia de vientos ecuatoriales del este, más intensos por el incremento de la PAS en el Pacífico Oriental. En mayo, la CPPS (BAC No.

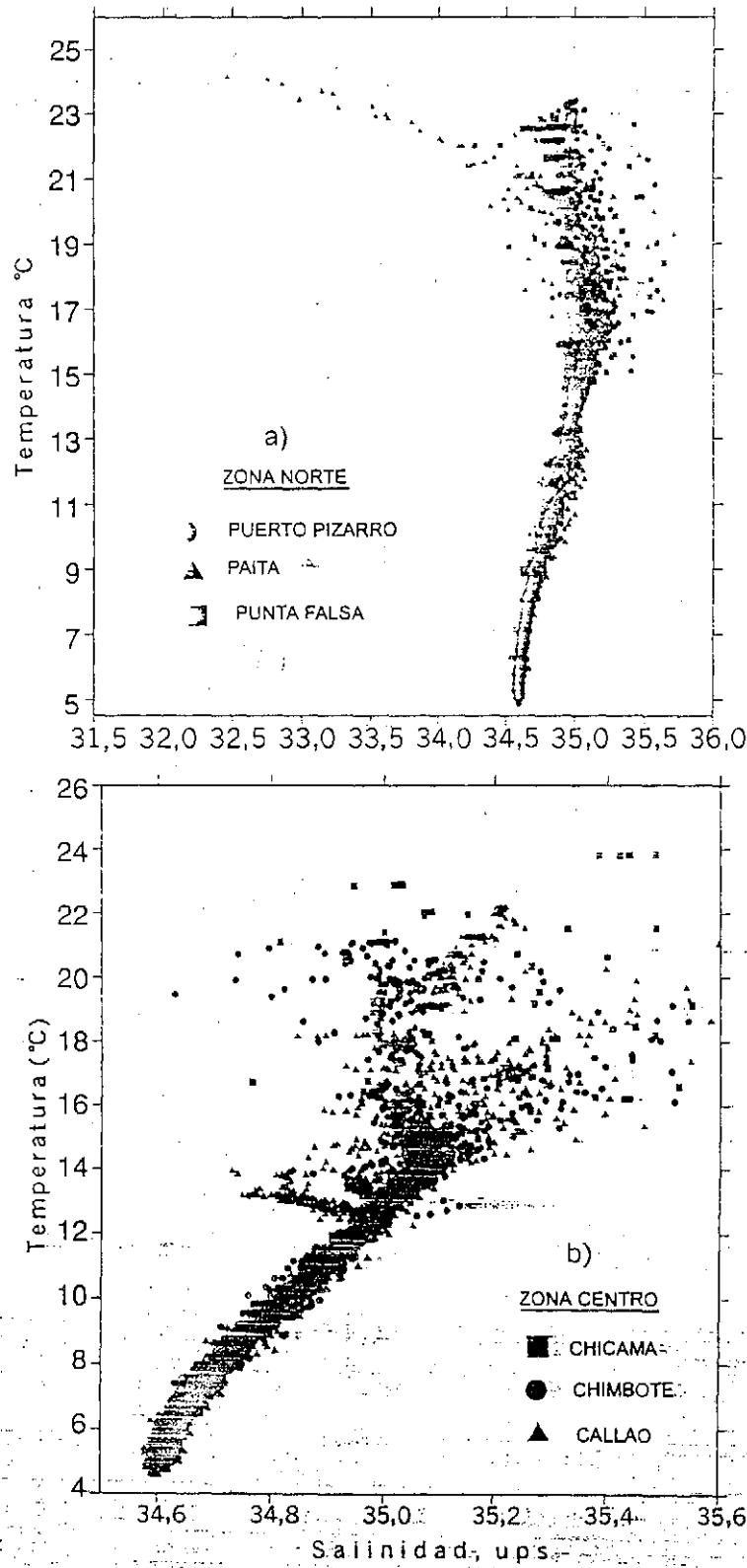


FIGURA 13. Diagrama de T-S frente a la costa peruana durante mayo 2000. Crucero Oceanográfico 0005-06: (a) Zona Norte, (b) Zona Centro.

16) indicó que el Pacífico Ecuatorial continuó mostrando la tendencia generalizada a la reducción de las anomalías negativas de la TSM, con parches de aguas cálidas que se preservaron los meses anteriores y que continuaron perdiendo intensidad y extensión en las regiones Niño 3.4 y Niño-Asimismo, la variable atmosférica ZCIT, apareció bien configurada para el mes y se localizó entre 7°N y 10°N, mientras que a nivel subsuperficial, la termoclina ecuatorial del Pacífico Oriental se ubicó a niveles normales (75 m).

Estos hechos indican que el sistema de corrientes equatoriales en el Pacífico Oriental tuvo condiciones normales en mayo 2000, y al estar asociadas al sistema de corrientes hacia los polos que son dominantes bajo las capas superficiales en el Perú y norte de Chile, influyeron en la presencia de condiciones ambientales casi normales en el mar peruano a mediados de otoño 2000. BRINK *et al.* (1983) demostraron que gran parte del flujo a 100 mn cerca de las costas del Perú se dirige hacia los polos, lo que incluso se cumple sobre el zócalo, donde la deriva de los vientos y el forzamiento hacia el Ecuador está confinado a niveles de 100 m de profundidad. En mayo 2000, la configuración de las termoclinas subsuperficiales denotan estos hechos con procesos de surgencia sobre los 80 m de profundidad.

En mayo 2000, la CSE o ESCC se presentó ligeramente fortalecida para la época. LUKAS (1986), KNAUSS (1960) y WOOSTER y GILMARTIN (1961) mencionan que el mal costero tiene un máximo superficial a 4°S y un máximo subsuperficial a 6°S y es el origen de la CSP o Corriente de Gunther o ESCC que fluye paralela al zócalo continental a 5 y 25 mn mar afuera a 5 y 10 cm/s entre 50-300 m de profundidad. El segundo ramal fluye al sureste de las islas Galápagos y se ubica a 50-150 mn alrededor de 7°S formando la Contracorriente Peruano-Chilena (CPC) que prevalece hasta 35°-40°S (STRUB *et al.* 1996) siendo máxima en la primavera y mínima en otoño y al parecer, no se observó durante el crucero, según la información disponible.

La información analizada da cuenta que durante el año de 2000, no se presentó el evento "La Niña" en el Perú, sino condiciones casi normales que prevalecieron casi todo el año.

Se ha visto entonces, que los eventos cálidos y fríos del ciclo ENOS son muy irregulares en términos de frecuencia, duración y amplitud a macroescala y a mesoescala. En relación a ello, MCPHADEN (1999) señala que estas variaciones pueden atribuirse a la interacción no-lineal de la variabilidad de alta frecuencia del clima con la dinámica del océano-atmósfera de baja frecuencia. Aún no son suficientes los esfuerzos internacionales para predecir el clima. Se espera, sin embargo, que la información obtenida en los últimos años y las nuevas tecnologías permitan conocer mejor la dinámica del clima para, finalmente, mejorar los modelos de pronóstico. En este marco, los cruceros regionales son un aporte valioso para comprender los mecanismos e interrelaciones de la oceanografía global con la dinámica regional.

CONCLUSIONES

1.- En mayo 2000, el ambiente marino frente al Perú presentó condiciones casi-normales con anomalías predominantes de +1°C a -0,5°C.

2.- La temperatura superficial del mar estuvo comprendida entre 14,3°C y 25,7°C (en Punta Mendieta y a 10 mn de Puerto Pizarro).

3.- La salinidad superficial presentó valores de 32,554 ups a 35,519 ups con presencia de masas de agua de ATS, AES, ASS, ACF y de mezcla.

4.- La ESCC estuvo ligeramente fortalecida para el período, y tuvo su límite sur en Chicama.

5.- Procesos de surgencia costera se apreciaron de Chicama a Chimbote (dentro de las 40 mn de la costa) y entre Callao e Ilo. Valores menores de 18°C se ubicaron en sectores costeros dentro de las 60 mn indicando la zonas de surgencia costera.

Referencias

- BRINK, K., D. HALPERN, A. HUYER y R. SMITH. 1983. The Physical Environment of the Peruvian Upwelling System. *Progr. Oceanogr.* 12. pp.:285-305.
- CPPS. 2000. Boletín de Alerta Climática. No. 115 y 116.
- GRADOS, C. 1989. Variabilidad del Régimen Hídrico del Codo Peruano-Chileno. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar. 9-13 mayo. 1988. Comisión Permanente del Pacífico Sur. *Rev. Pacífico Sur (Número Especial)*.
- GRADOS, C. 2000. Aspectos Oceanográficos del sistema de Humboldt en el Perú de 1999 a marzo del 2000. Informe Interno.
- GRADOS, C. y M. BOUCHON. 2000. Aspectos Oceanográficos del Sistema de Humboldt en el Perú durante 1999 y 2000 y la Pesquería Pelágica. Informe interno.
- GUILLÉN, O., y R. CALIENES. 1981. Upwelling off Chimbote. In *Coastal Upwelling*, FA Richards, ed., AGU, Washington DC:312-326.
- IMARPE. 1999. II Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Informe Ejecutivo.
- IMARPE. 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Informe Ejecutivo.
- KNAUSS, J. 1960. Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Research*. 6: pp.:265-285.
- LUKAS, R. 1986. The Termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. *Progs. Oceanogr.* 16, 63-90.
- MCPHADEN, M. 1999. Genesis and Evolution of the 1997-1998 El Niño. *Science* 283:950-954.
- MORÓN, O. y C. ROBLES. 2001. Aspectos hidroquímicos durante la evaluación de la merluza peruana en el otoño 2000. *Inf. Inst. Mar Perú* 160: 99-106.
- REYNOLDS, R. 1985. A monthly average climatology of sea surface temperature. Technical Report. NWS 31/NMC/NOAA.
- STRUB, P., J. MESIAS y C. JAMES. 1995. Altimeter observations off the Peru-Chile Countercurrent. *Geophysics Res. Lett.*, 22(3), 211-214.
- STRUB, T., J. MESIAS, V. MONTECINO, J. RUTLLANT y S. SALINAS. 1996. Coastal Ocean Circulation off Western South America. *The Sea*, Vol. 10B.
- VÁSQUEZ, L. y E. TELLO. 2000. Condiciones Oceanográficas durante el Crucero BIC José Olaya 0002-04 de Evaluación Hi-

de posiciones (Fig. 1), colectándose 508 muestras para oxígeno disuelto, 491 para nutrientes y 342 de clorofila-a. Las muestras de agua se tomaron con la botella Niskin para la determinación de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a. Las muestras de oxígeno disuelto fueron analizadas a bordo, aplicando el método de WINKLER modificado por CARRIT y CARPENTER (1966).

Las muestras de agua para nutrientes fueron colectadas en frascos de polietileno de 250 mL de capacidad y congeladas hasta su análisis en el laboratorio de la sede central del IMARPE. Las determinaciones de nutrientes se realizaron por el método de STRICKLAND y PARSONS (1972) y UNESCO (1983), empleando el espectrofotómetro Lambda 40 marca Perkin Elmer.

Las muestras de clorofila-a fueron analizadas a bordo en base al método fluorométrico de YENTSH y MENZEL (1963) y HOLM-HANSEN *et al.* (1965). El equipo utilizado fue un Turner Designs 10 AU Fluorometer.

RESULTADOS

Distribución superficial

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en la superficie del mar varió desde 1,61 mL/L frente al Callao, a 5 mn; hasta 5,83 mL/L frente a Punta Falsa, 200 mn. Las áreas de afloramiento se ca-

racterizaron por presentar concentraciones bajas de oxígeno en el Callao, Chicama y Chicama. Las concentraciones < 5 mL/L, indicadoras de Aguas Costeras Frías (ACF) predominaron al sur de Pimentel dentro de las 120 y 40 mn paralelas a la costa. Núcleos de 5 mL/L se localizaron frente a Punta Falsa a 60 y 200 mn y en Chicamote a 180 mn (Fig. 2).

Nutrientes

La concentración de nutrientes en la superficie del mar tuvo un rango de 0.41-2.92 ug-at/L de fosfatos; 0.70-21.43 ug-at/L de silicatos; 0.30 - 16.56 ug-at/L de nitratos y de 0.08-2.17 ug-at/L de nitritos. Las máximas concentraciones de nutrientes en la superficie del mar estuvieron en relación con los procesos de surgencia.

La isolínea de 1.0 ug-at/L de fosfatos se distribuyó en un área bastante amplia dentro de las 60 y 180 mn (Fig. 3). Dos núcleos con valores de 2.0 ug-at/L se localizaron muy cerca a la zona costera en Callao y el otro frente a Punta Falsa a 90 mn.

Los silicatos presentaron tres núcleos con concentraciones de 10 ug-at/L en Callao, Chicama-Pimentel y frente a Punta Falsa. Un núcleo de 20 ug-at/L se localizó frente a Puerto Pizarro debido a los aportes terrígenos asociados con salinidades de 32.5 y 34.8 ups (Fig. 4).

La distribución de nitratos fue muy semejante al patrón estacional (CALIENES *et al.* 1985), aunque los conteni-

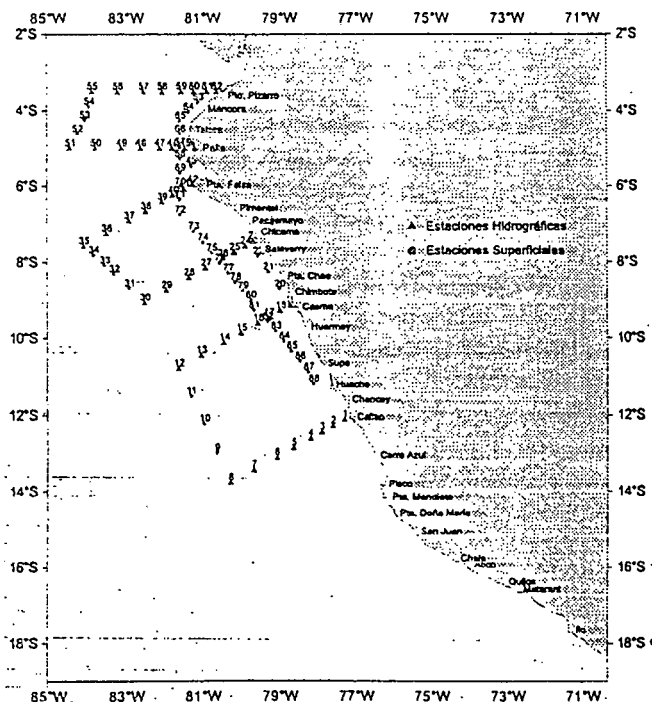


FIGURA 1. Carta de localización de estaciones oceanográficas. III Crucero Regional. Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005. 12-25 mayo 2000.

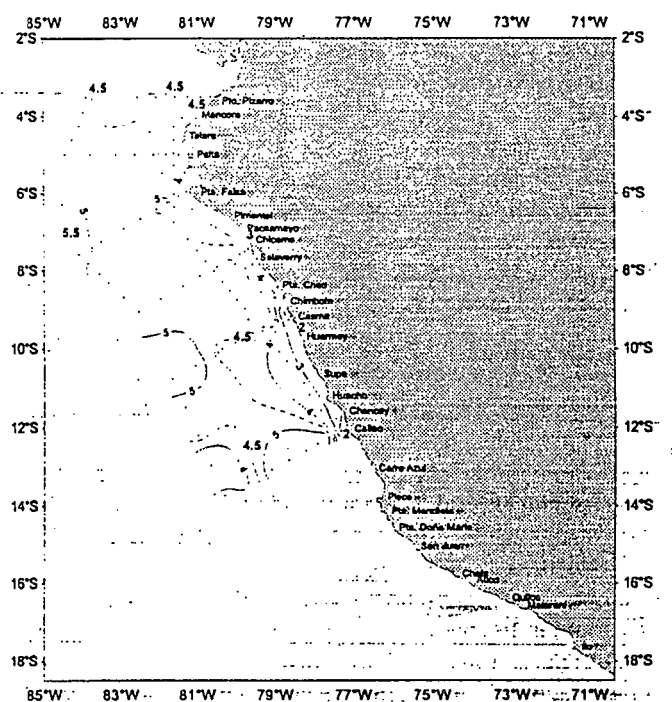


FIGURA 2. Distribución de oxígeno disuelto (mL/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional. Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

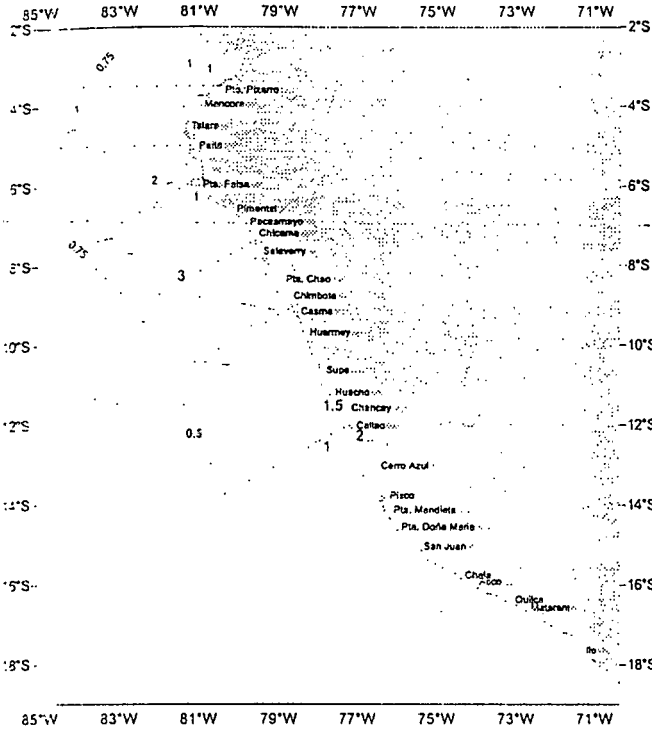


FIGURA 3. Distribución de fosfatos (ug-at/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

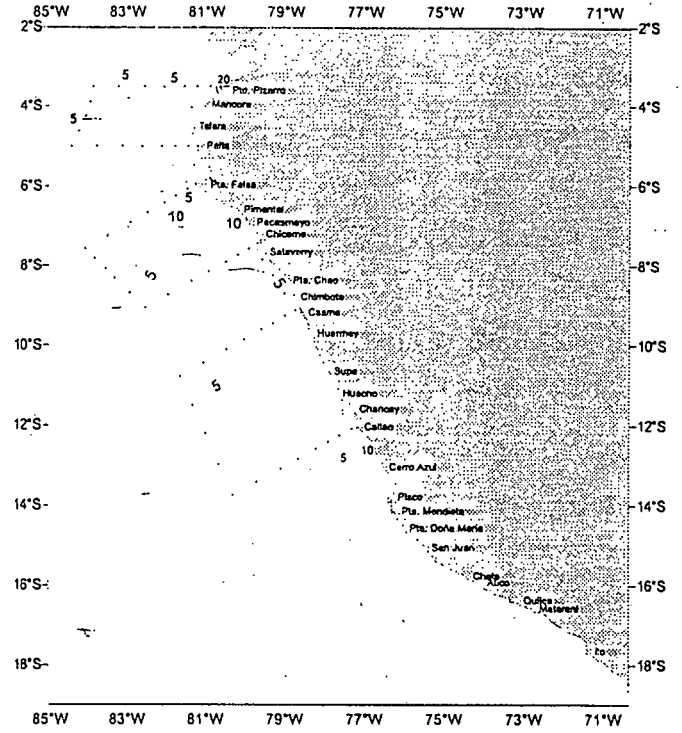


FIGURA 4. Distribución de silicatos (ug-at/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

rios de 10 ug-at/L se hallaron entre Chimbote. Salaverry-Puerto Pizarro hasta las 160 mn, una extensión mayor al patrón de otoño (Fig. 5).

Los nitritos tuvieron una distribución normal en toda el área de estudio; el máximo se localizó frente a Chimbote con 2.0 ug-at/L (Fig. 6).

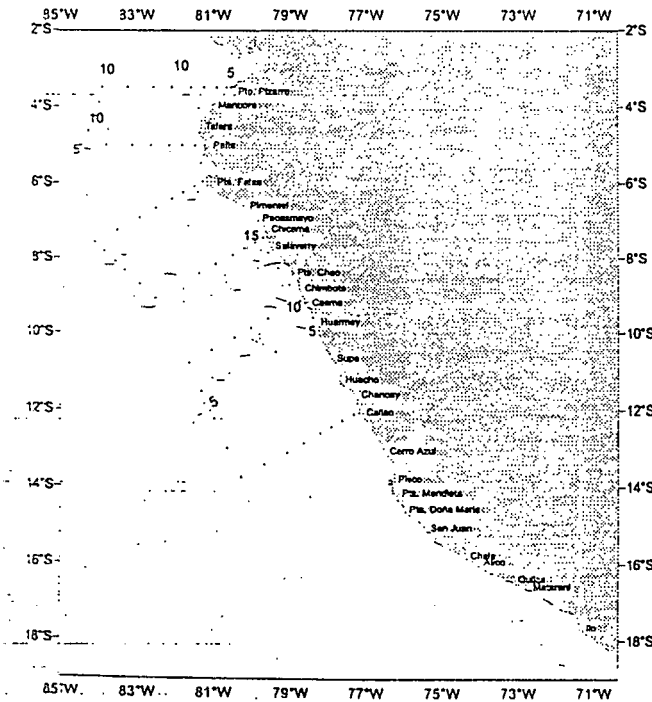


FIGURA 5. Distribución de nitratos (ug-at/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

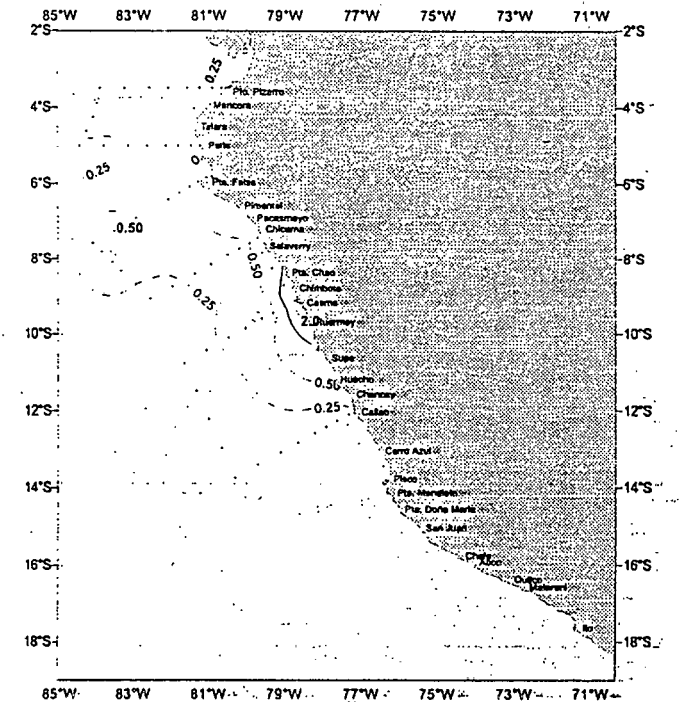


FIGURA 6. Distribución de nitritos (ug-at/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

Clorofila-a

En los valores de clorofila-a, el rango fue de 0,15–11,94 ug/L (Est. 6 y 18). En la superficie del mar tuvo concentraciones de 1,0 ug/L dentro de las 90 y 180 mn. sobresaliendo en las áreas del Callao, Chimbote, Chicama, Paita-Puerto Pizarro (3 y 10 ug/L) asociadas a valores de transparencia del agua de mar entre 5 a 9 m y oxígeno de 5 mL/L (Figs. 7 y 8).

Distribución vertical de oxígeno, nutrientes y clorofila "a"

Zona norte: Puerto Pizarro, Paita y Punta Falsa

En Puerto Pizarro y Paita, las isoxígenas de 1 a 2 mL/L se localizaron entre 60 y 250 m de profundidad indicando la presencia de la ESCC. Estas isoxígenas en Paita estuvieron asociadas al hundimiento de las isotermas de 13 °C y 15 °C en la parte costera, en su desplazamiento hacia el sur de Paita se fueron debilitando, encontrándose en Punta Falsa en menor intensidad (Fig. 9a y b).

La sección de Puerto Pizarro y Paita se caracterizó por presentar núcleos con bajas concentraciones de nutrientes en la capa de 0–50 m. Respecto a los silicatos, el alto valor de 20 ug-at/L encontrado a 5 mn en Puerto Pizarro se debió a aportes terrígenos asociados a salinidades de 33 ups (Figs. 10 y 11).

En Punta Falsa se registraron pequeños núcleos de

fosfatos con valores <1.0 ug-at/L en la capa de 0 a 30 m; los silicatos tuvieron una distribución irregular con altas y baja concentraciones. Los nitratos tuvieron una distribución normal con valores >5 ug-at/L (Fig. 12).

Respecto a la clorofila-a, en la capa de 0-30 m se hallaron concentraciones de 1-3 ug/L dentro de las 90 mn en: Puerto Pizarro, de 1-8 ug/L en Paita dentro de las 60 mn, localizándose el valor más alto a 5 mn; sin embargo, en Punta Falsa las concentraciones de clorofila-a (2.0 ug/L) se hallaron en la capa de 0 a 40 m, siendo más bajas que en Puerto Pizarro y Paita (Figs. 15a, b y c).

Zona central: Chicama, Chimbote y Callao

En Chicama y Chimbote la oxiclina estuvo por encima de los 50 m, más superficial que en la sección Callao. En Chicama y Chimbote la ESCC se encontró debilitada dentro de las 50 mn; y por fuera 150 y 200 mn fue superficial a 60 m (Figs. 9d, e y f).

La mínima de oxígeno (0.5 mL/L) en Chimbote se profundizó cerca de la costa hasta 200 m y fue más superficial (60 m) entre 150 y 200 mn.

En Chimbote, el avance de las ASS llegó hasta las 60 mn, en donde las concentraciones de nutrientes fueron pobres (fosfatos <1.0 ug-at/L; silicatos y nitratos <5 ug-at/L (Fig. 13).

En el Callao, los máximos valores de nutrientes estuvieron dentro de las 20 a 35 mn y en la capa de 0–40 m, fue

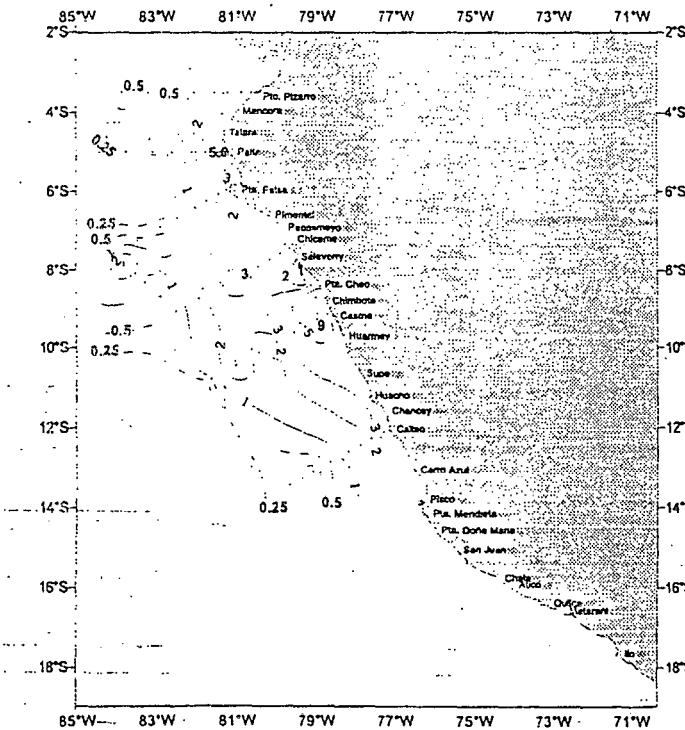


FIGURA 7. Distribución de clorofila-a en la superficie del mar. III Crucero Regional-Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

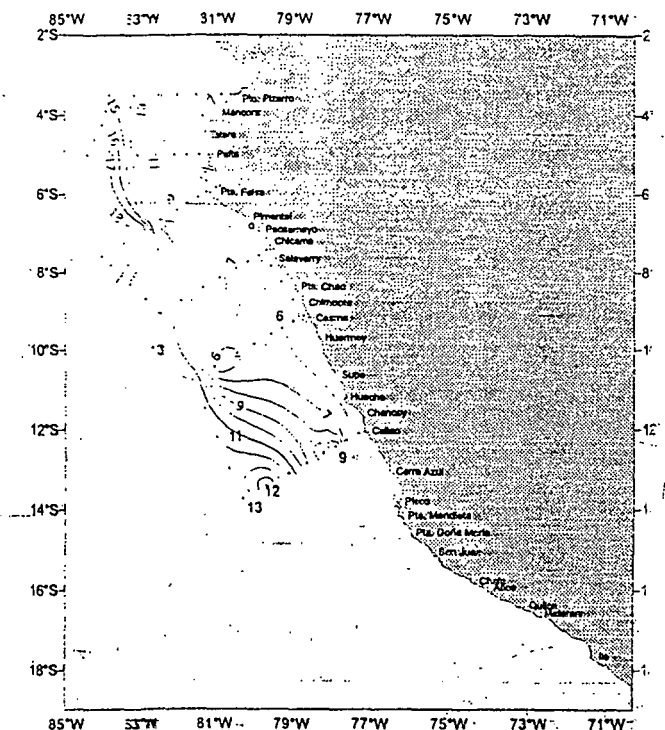


FIGURA 8. Distribución de transparencia del agua de mar. III Crucero Regional-Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

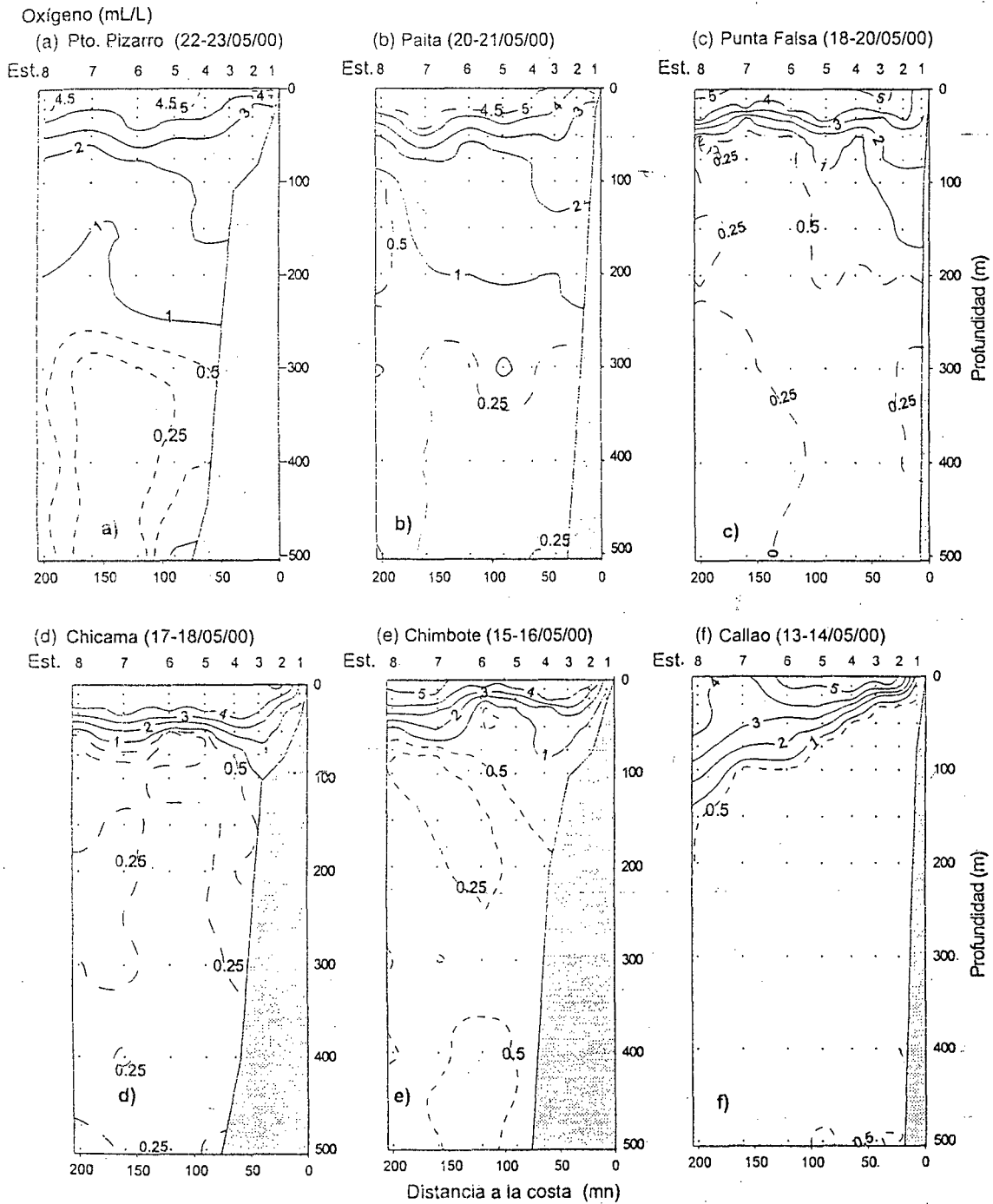


FIGURA 9. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en: a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote y f) Callao. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

Sección Puerto Pizarro (22-23 mayo 2000)

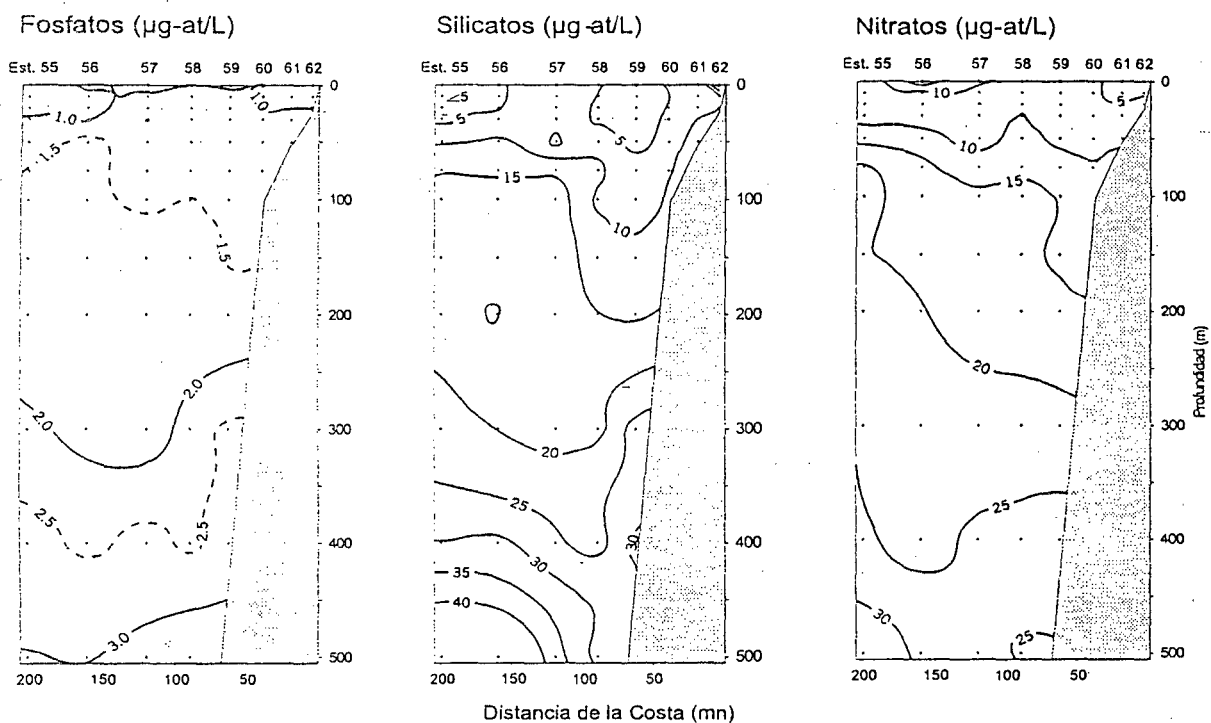


FIGURA 10. Distribución vertical de nutrientes. Sección Puerto Pizarro 22-23 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste. BIC Humboldt 0005.

Sección Paíta (20-21 mayo 2000)

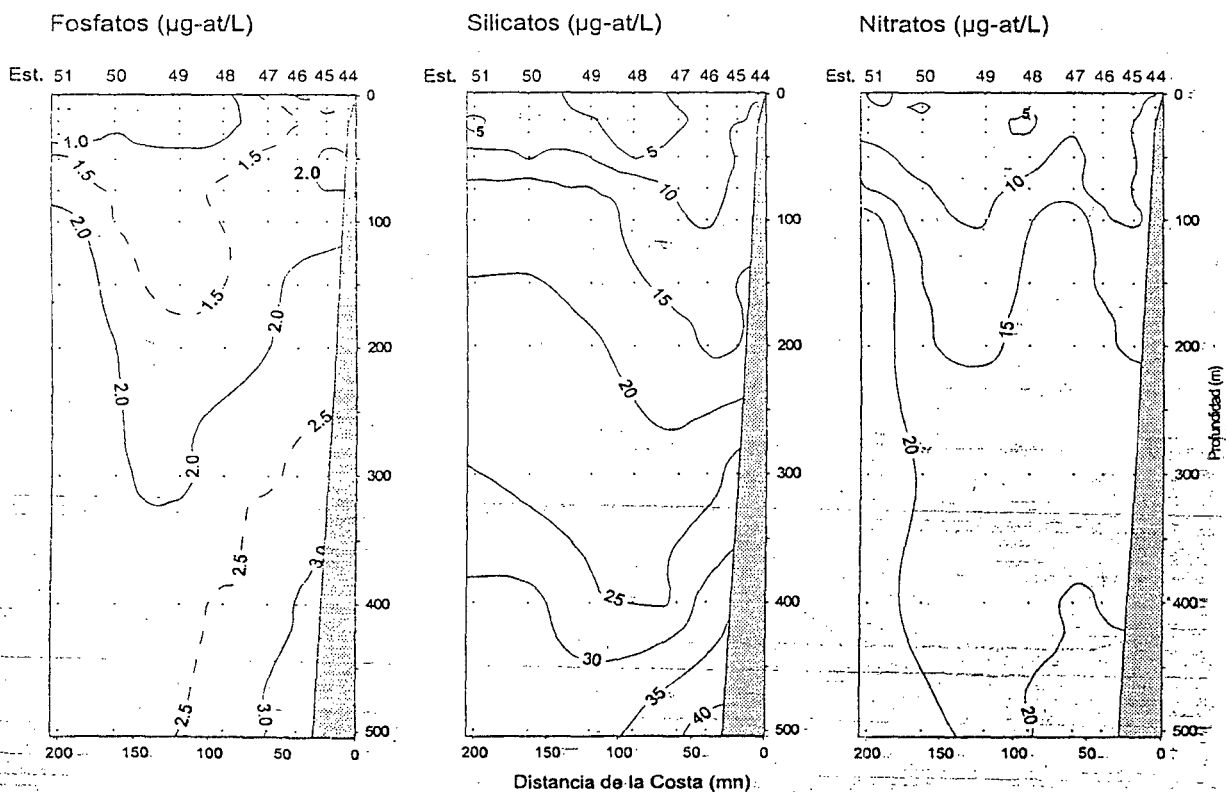


FIGURA 11. Distribución vertical de nutrientes. Sección Paíta 20-21 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú. BIC Humboldt 0005.

Sección Punta Falsa (18-20 mayo 2000)

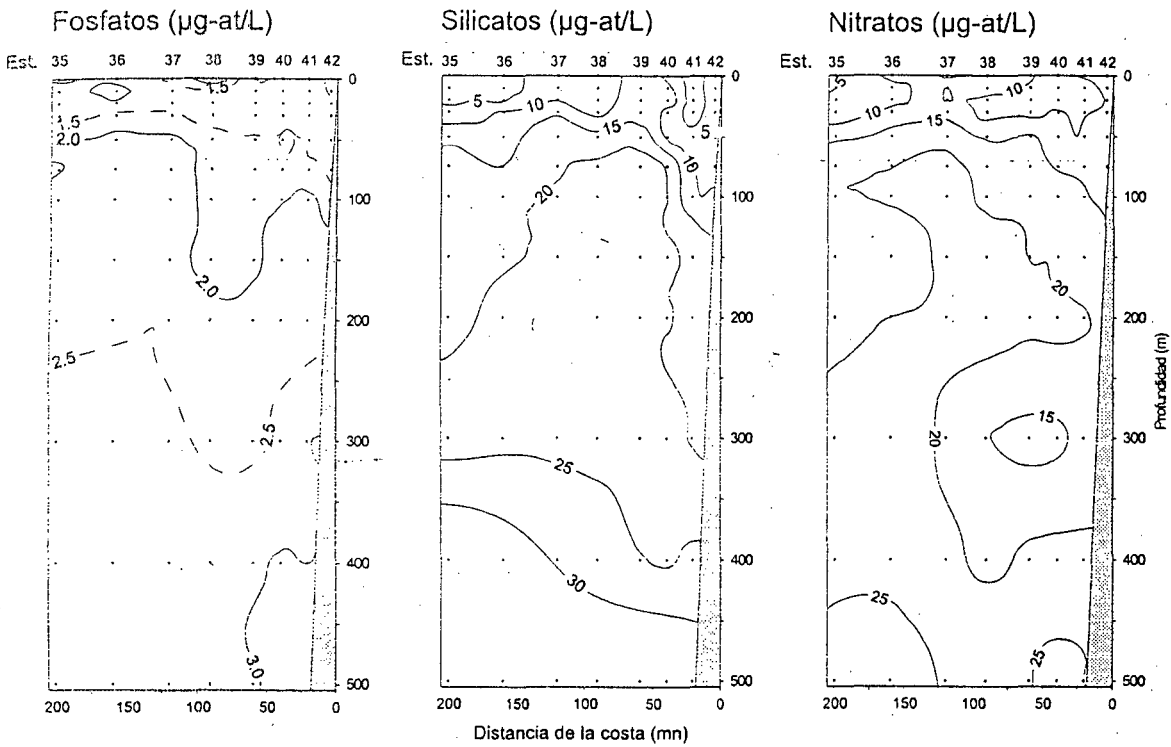


FIGURA 12. Distribución vertical de nutrientes. Sección Punta Falsa 18-20 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú. BIC Humboldt 0005.

Sección Chimbote (15-16 mayo 2000)

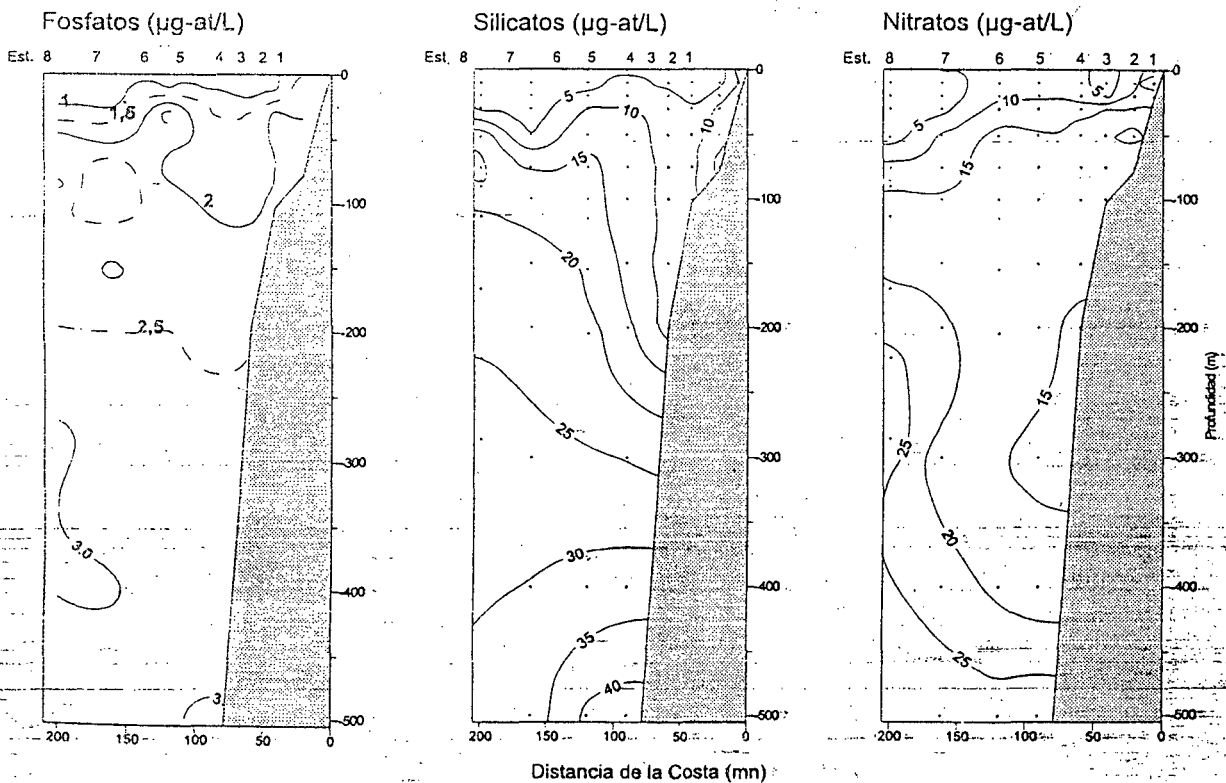


FIGURA 13. Distribución vertical de nutrientes. Sección Chimbote 15-16 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú. BIC Humboldt 0005.

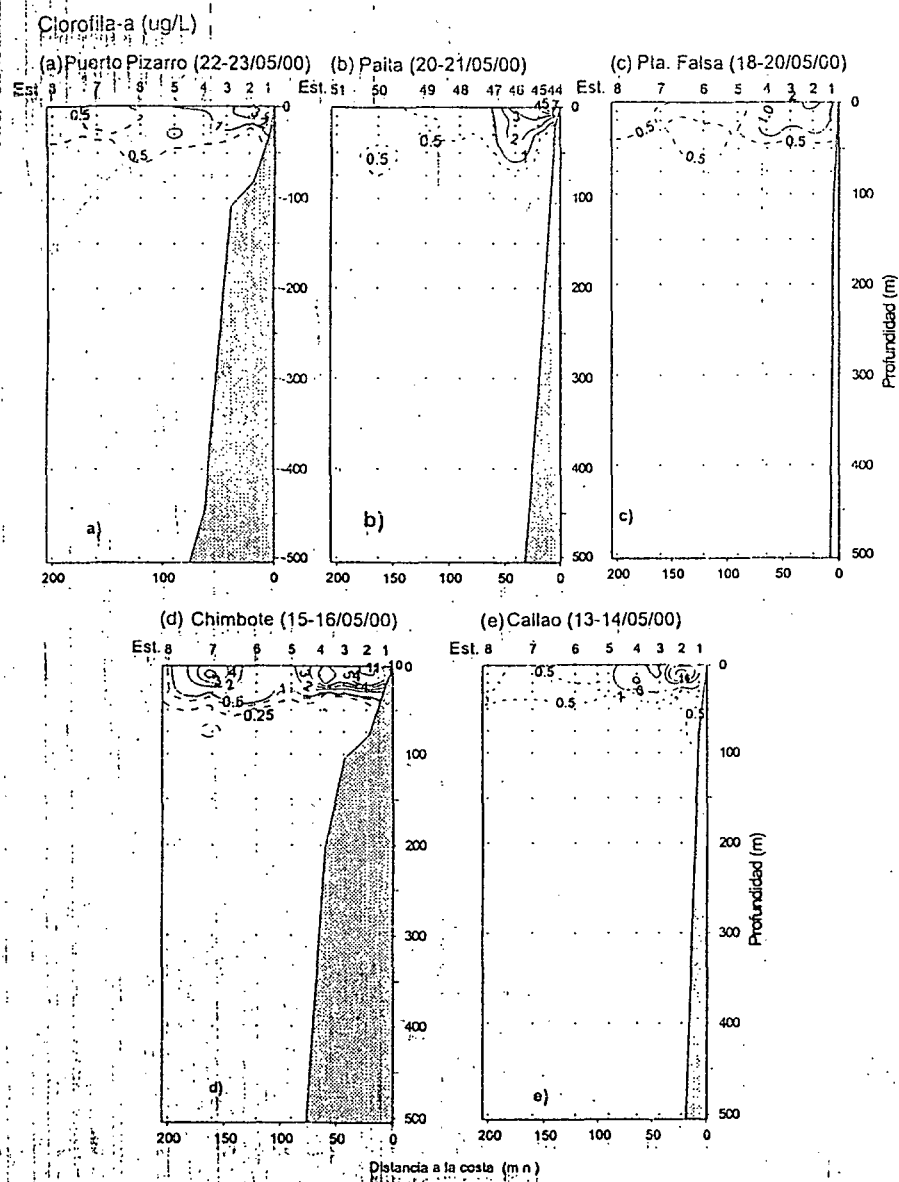


FIGURA 15. Distribución vertical de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) en a) Puerto Pizarro, b) Paita, c) Punta Falsa, d) Chimbote, e) Callao, III Crucezo Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste 0005, Perú, BIC Humboldt, 0005.

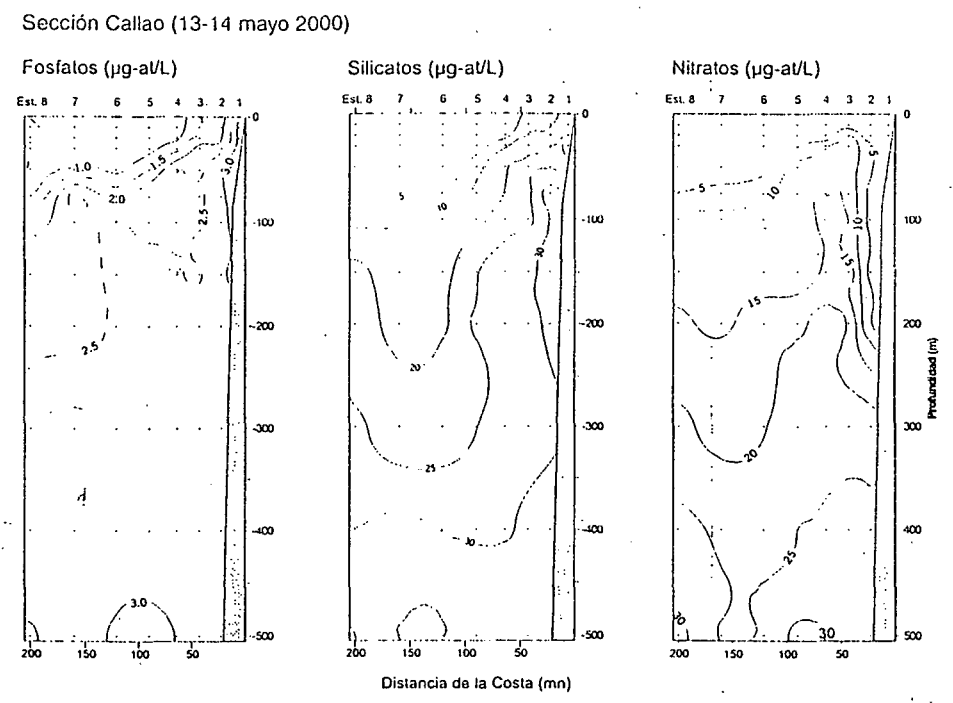


FIGURA 12. Distribución vertical de nutrientes, Sección Callao 13-14 mayo 2000. III Crucezo Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

En estas áreas las concentraciones fueron menores debido a las mezclas de agua ACF y ASS (Fig. 14).

En Chimbote, en la capa de 0-10 m se localizaron los máximos de clorofila-a (4, 6 y 11 $\mu\text{g/L}$) asociados a concentraciones de 4,75 a 5,41 mL/L de oxígeno (Fig. 15d). En el Callao la clorofila-a presentó el máximo en la capa superficial entre los 10-20 m con valores de 16,19 y 3,59 $\mu\text{g/L}$ (Fig. 15e).

DISCUSIÓN

Los registros de las condiciones hidroquímicas (oxígeno, nutrientes y clorofila-a) en El Niño 1997-98 mostraron variaciones en relación con las masas de agua AES y ASS en las diferentes etapas del evento, reduciéndose la extensión de las áreas de mayor concentración a lo largo de la costa. Para el período Post-Niño, estuvieron en relación a la variación de los parámetros físicos y de circulación de las masas de agua.

Comparando con los cruceros regionales de los otoños 1998 y 1999, se tiene que en el Crucero Regional BIC Humboldt y EP Yuta 9805-06 (CÓRDOVA *et al.* 1998) la distribución de oxígeno fue diferente observándose una intensa mezcla de aguas cálidas (AES: 4,8-4,9 mL/L y ASS: 5,5 mL/L) y procesos costeros con aguas de alta productividad y 5 mL/L de oxígeno entre Puerto Pizarro y Salaverry al norte (4° - 8°S) y entre Callao-San Juan (12° - 16°S), la parte central fue pobre. Los nitratos en la superficie del mar aumentaron.

En el Crucero Regional BIC José Olaya Balandra 9905 (CÓRDOVA *et al.* 1999) el rango de oxígeno disuelto en la superficie del mar se caracterizó por valores de 6,94-7,0 mL/L . Las concentraciones $>5 \text{ mL/L}$ estuvieron en relación con los procesos de fotosíntesis en Salaverry, Callao e Ilo. Las áreas de afloramiento con altas concentraciones de nutrientes y bajos contenidos de oxígeno se localizaron en Chicama, Callao, Pisco-Atico; así mismo, se observó un repliegue de las ASS.

Para el presente crucero BIC Humboldt 0005, se trabajó en el área del Callao a Puerto Pizarro. Los resultados indicaron que los nutrientes (fosfatos y silicatos) mostraron valores bajos comparados con el patrón estacional (CALIENES *et al.* 1985), debido al debilitamiento del afloramiento costero dentro de las 40 millas. Sin embargo, los nitratos sí tuvieron dentro de los rangos normales, al igual que la clorofila-a, indicando una alta productividad en toda el área de estudio y asociados a concentraciones de oxígeno de 4 a 5 mL/L y transparencia de 5 a 9 m. Los valores de transparencia hallados (10 a 18 m) estuvieron asociados a las concentraciones pobres de nutrientes y clorofila.

En la distribución vertical de clorofila-a se encontraron las concentraciones fueron altas (1,0-11,0 $\mu\text{g/L}$). En los cruceros BIC J. Olaya 9905 y BIC Humboldt 0005 las máximas concentraciones se hallaron dentro de las 50 y 70 mn.

La ESCC se presentó en el verano (Crucero BICs José Olaya y BIC SNP-2 0001-02) y comienzos de otoño (Crucero BIC SNP-2 0004-05) hasta Punta Falsa; sin embargo, en pleno otoño (Crucero BIC Humboldt 0005) la ESCC se encontró fortalecida entre Puerto Pizarro y Paita debilitándose hacia el sur (Punta Falsa y Chicama).

CONCLUSIONES

1.- En la superficie del mar el rango de oxígeno varió de 1,61 a 5,83 mL/L . Las concentraciones $<3 \text{ mL/L}$ indicadoras de aguas de afloramiento se localizaron frente a Callao, Chimbote y Chicama.

2.- En el Crucero BIC Humboldt 0005, la ESCC se encontró bien fortalecida en Puerto Pizarro y Paita, debilitándose en Punta Falsa y Chicama, característica que no ocurrió en el Crucero BIC J. Olaya 9905, ya que en Paita y Punta Falsa la ESCC se debilitó.

3.- El borde superior de la mínima de oxígeno (0,5 mL/L) presentó una distribución variable encontrándose a una profundidad máxima hasta 500 m en Puerto Pizarro y Paita, 260 m en Punta Falsa y 200 m en Chicama y Chimbote, como efecto de la ESCC.

4.- La distribución de nutrientes se halló muy relacionada a las características de las masas de agua ACF y ASS. En la distribución vertical la sección Callao se caracterizó por presentar concentraciones altas de fosfatos (3,0 $\mu\text{g-at/L}$) y silicatos (20-30 $\mu\text{g-at/L}$) cerca de la costa.

5.- En la superficie del mar, la biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a presentó buenas concentraciones mayores de 1,0 $\mu\text{g/L}$ dentro de las 90 y 180 mn. La sección Chimbote se caracterizó por presentar 3 máximos de clorofila (4,0; 6,0 y 11,0 $\mu\text{g/L}$) en la capa de 0 a 10 m de profundidad.

Referencias

- CALIENES, R., O. GUILLÉN y LOSTAUNAU. 1985. Variabilidad espacio temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar 10 (1) 1-44.
- CARRIT, D. y J. CARPENTER. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determination dissolved oxygen in sea water. J. Mar. Res. 24:286-318.
- CÓRDOVA, J., C. ROBLES y M. SARMIENTO 1999. Condiciones hidroquímicas del mar peruano durante el otoño 1999. Informe interno del Área de Hidroquímica y Productividad.
- CÓRDOVA, J. y M. SARMIENTO. 2001. Condiciones hidroquímicas del mar peruano durante el crucero de evaluación hidroquímica de recursos pelágicos BICs J. Olaya y SNP-2 0001-02. Informe interno del Área de Hidroquímica y Productividad.
- FLORES, G., J. LEDESMA y J. SOLÍS. 1999. Condiciones hidroquímicas del mar peruano a finales de la primavera 1998. Inf. Inst. Mar Perú 146: 95-103.
- HOLM-HANSEN, A., O. LORENZEN, R. HOLMES y J. STRICKLAND. 1965.