

HILDA CARAMANTÍN SORIANO

Dinâmica populacional de *Scomber japonicus peruanus* (Jordán & Hubb, 1925) (Teleostomi: Scombridae) no litoral peruano, no período de 1990 a 2003

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Oceanografia Biológica
Orientadora: Profa. Dra. Luz Amelia Vega-Pérez

São Paulo

2006

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Dinâmica populacional de *Scomber japonicus peruanus* (Jordán & Hubb, 1925) (Teleostomi: Scombridae) no litoral peruano, no período de 1990 a 2003.

Hilda Caramantín Soriano

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Julgada em ____/____/____

Prof. Dr.

Conceito

Prof. Dr.

Conceito

Prof. Dr.

Conceito

Prof. Dr.

Conceito

Prof. Dr.

Conceito

A mi familia: mis padres Fernando e Gregoria;
mis hermanos (as): Doris, Rosa, Jorge, Maria,
Alicia; mis sobrinos (as): Wynn timer ann, Wendy
ann, Mery Ann, Wythny ann, Jorge Gerardo;
mis cuñados (as): Aida, Arturo y Pascual.

A Carlos, por su compañía, amor y comprensión
en esta etapa de mi vida.

A Claudia , Nelson y Santiago, mi nueva familia

SUMÁRIO

LISTADE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
AGRADECIMENTOS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	8
3. Caracterização da área de estudo.....	9
3.1. Estrutura Oceanográfica.....	11
3.2. Anomalias de macroescala.....	13
3.2.1. O ENSO e a Oscilação Sul.....	14
3.2.1.1. LA NIÑA.....	15
3.2.1.2. EL NIÑO.....	16
4. Material e métodos.....	21
4.1. Obtenção dos dados.....	21
4.1.1. Dados de Temperatura Superficial do Mar.....	21
4.1.2. Análises dos desembarques.....	22
4.1.3. Análises estatísticas.....	22
4.2. Captura em comprimento.....	23
4.3. Parâmetros de crescimento.....	24
4.4. Taxas de mortalidade e longevidade.....	29
4.4.1. Mortalidade total.....	29
4.4.2. Mortalidade natural.....	30
4.4.3. Mortalidade por pesca e taxa de exploração.....	31
4.4.4. Longevidade.....	31
4.5. Padrão de recrutamento.....	32
4.6. Avaliação do estoque.....	32
4.6.1. Análise de coorte de comprimento.....	32
4.6.2. Modelo de Beverton & Holt.....	34
4.6.3. Modelo de Thompson & Bell.....	35
4.6.4. Pontos de referência biológica.....	36
5. Resultados.....	38
5.1. Temperatura Superficial do Mar.....	38
5.2. Variações nas capturas.....	39
5.3. Estrutura em comprimento.....	40
5.4. Parâmetros de crescimento.....	41
5.5. Taxas de mortalidade e longevidade.....	43
5.6. Padrão do recrutamento.....	45
5.7. Avaliação do estoque.....	46
5.7.1. Análise de coorte em comprimento.....	46
5.7.2. Avaliação do rendimento.....	47
6. Discussão.....	50
6.1. Temperatura Superficial do Mar e variações nas capturas.....	50
6.2. Estrutura em comprimento.....	53

6.3. Parâmetros de crescimento.....	55
6.4. Taxas de mortalidade e longevidade.....	59
6.5. Padrão de recrutamento.....	61
6.6. Avaliação do estoque.....	64
7. Conclusões.....	70
8. Referências bibliográficas.....	71
9. Tabelas.....	95
10. Figuras.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar na região de Paita–Peru no período de 1990 a 2003.....	95
Tabela 2: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar na região de Chimbote–Peru no período de 1990 a 2003	96
Tabela 3: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar na região de Callao–Peru no período de 1990 a 2003.....	97
Tabela 4: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar na região de Pisco–Peru no período de 1990 a 2003.....	98
Tabela 5: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar na região de Ilo–Peru no período de 1990 a 2003.....	99
Tabela 6: Desembarques (t) anuais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1990 a 2003.....	100
Tabela 7: Desembarques (t) mensais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no litoral peruano no período de 1993 a 2003.....	101
Tabela 8: Desembarques (t) anuais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> nas regiões de Paita e Chimbote no período de 1990 a 2003.....	102
Tabela 9: Captura em número por classe de comprimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	103
Tabela 10: Parâmetros de crescimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidos pelo ELEFAN I, no período de 1996 a 2003.....	104
Tabela 11: Comprimento furcal médio (cm) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtido pelo método de Bahattacharya, no período de 1996 a 2003.....	104
Tabela 12: Parâmetros de crescimento anuais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidos por diferentes métodos, para o período de 1996 a 2003.....	105
Tabela 13: Valores anuais da idade teórica de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no comprimento zero (t_0) para o período de 1996 a 2003.....	105
Tabela 14: Chave/idade relativa de <i>Scomber japonicus peruanus</i> para o período de 1996 a 2003.....	106
Tabela 15: Valores da taxa de crescimento por classes de idade de <i>Scomber japonicus peruanus</i> para o período de 1996 a 2003.....	106
Tabela 16: Taxas anuais de mortalidade total (Z) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidas pela equação de Beverton & Holt e pela curva de captura, para o período de 1996 a 2003.....	107
Tabela 17: Taxa de mortalidade natural (M) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	107
Tabela 18: Taxas de mortalidade por pesca (F) e exploração (E) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	108
Tabela 19: Longevidade de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no	

período de 1996 a 2003.....	108
Tabela 20: Porcentagem anual de jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , capturados no litoral peruano, no período de 1996 a 2003.....	109
Tabela 21: Distribuição sazonal do número de indivíduos jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	109
Tabela 22: Número de indivíduos na população, taxas de mortalidade total e por pesca, taxa de exploração e biomassa média por classe de comprimento obtidos, pela análise de coorte em comprimento, para o período de 1993 a 2003.....	110
Tabela 23: Número de indivíduos na população (Nt), taxa de mortalidade por pesca (F), taxa de exploração(F/Z) e biomassa média, para padrões de pesca com diferentes taxas de mortalidade natural, de <i>S. japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	111
Tabela 24: Valores do rendimento por recruta (g), biomassa média por recruta (g) e porcentagem da biomassa em relação à biomassa virgem (Y/R, B/R e B/R Bv) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , no período de 1993 a 2003, em função da taxa de mortalidade por pesca (F) e do comprimento furcal de primeira captura (Cf50) igual a 26,40 cm.....	112
Tabela 25: Valores do rendimento por recruta (g), biomassa média por recruta (g) e porcentagem da biomassa em relação à biomassa virgem (Y/R, B/R e B/R Bv) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003, em função da taxa de mortalidade por pesca (F) e do comprimento furcal de primeira captura igual (Cfc) a 32 cm.....	113
Tabela. 26: Rendimento por recruta (Y/R) para padrões de pesca com diferentes taxas de mortalidade por pesca (F) e comprimento furcal de primeira captura (Cfc) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	114
Tabela. 27. Rendimento por recruta (Y/R) para padrões de pesca com diferentes taxas de mortalidade por pesca (F) e natural (M) comprimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	115
Tabela 28: Modelo de Thompson & Bell ajustado para <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	116
Tabela 29: Valores do rendimento total (t) e biomassa média (t) para diferentes fatores de conversão de mortalidade por pesca (F), calculados pelo modelo de Thompson & Bell, para <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	117
Tabela 30: Parâmetros de crescimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> obtidos por diversos autores.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Scomber japonicus peruanus</i> (Jordán & Hubb, 1925).....	119
Figura 2: Sistema de circulação na plataforma continental peruana :Correntes Subsuperficiais e Superficiais.....	120
Figura 3: Localização da área de estudo e portos de desembarque no litoral peruano.....	121
Figura 4: Fluxograma dos dados de <i>Scomber japonicus peruanus</i> utilizados no presente trabalho.....	122
Figura 5: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar no litoral peruano, no período de 1990 a 2003, nas regiões de: Paita (A) e Chimbote (B).....	123
Figura 6: Valores mensais da Temperatura Superficial do Mar no litoral peruano, no período de 1990 a 2003, nas regiões de: Callao (A), Pisco (B) e Ilo(C).....	124
Figura 7: Anomalias mensais da Temperatura Superficial do Mar no litoral peruano, no período de 1990 a 2003, nas regiões de Paita (A), Chimbote (B), Callao (C), Pisco (D) e Ilo (E).....	125
Figura 8: Desembarques (t) anuais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1990 a 2003.....	126
Figura 9: Desembarques (t) mensais de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1990 a 2003.....	126
Figura 10: Variação Sazonal dos desembarques(t) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1990 a 2003.....	127
Figura 11: Anomalias dos desembarques (t) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1990 a 2003.....	127
Figura 12: Relação entre os desembarques (t) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> e a Temperatura Superficial do Mar, no período de 1990 a 2003, nas regiões de Paita e Chimbote...	128
Figura 13: Distribuição de freqüência por classe de comprimento furcal de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	129
Figura 14: Comprimento furcal médio de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	130
Figura 15: Distribuição Sazonal do número de indivíduos jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	130
Figura 16: Probabilidade de captura de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	131
Figura 17: Curvas de crescimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> calculadas pelo sistema ELEFAN I para os períodos de: 1996 a 1998 (A) e 1999 a 2001(B).....	132
Figura 18: Curvas de crescimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> calculadas pelo sistema ELEFAN I para o período de 2002 a 2003 (C).....	133
Figura 19: Variação anual da taxa de crescimento (A) e do	

comprimento furcal assintótico (B) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	134
Figura 20: Curva de crescimento de von Bertalanffy ajustada a os parâmetros médios de crescimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidos pelo ELEFAN I e pelo método de Ford- Walford, no período de 1996 a 2003.....	135
Figura 21: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 1996.....	136
Figura 22: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 1997.....	136
Figura 23: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 1998.....	137
Figura 24: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 1999.....	137
Figura 25: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 2000.....	138
Figura 26: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 2001.....	138
Figura 27: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 2002.....	139
Figura 28: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no ano de 2003.....	139
Figura 29: Curva de captura e estimativa da taxa de mortalidade total de <i>Scomber japonicus peruanus</i> obtidas para o período de 1996 a 2003.....	140
Figura 30: Freqüência relativa anual de jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , capturados no litoral peruano, no período de 1996 a 2003.....	141
Figura 31: Distribuição do comprimento furcal dos indivíduos jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 2003.....	141
Figura 32: Distribuição sazonal do número de jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1996 a 1999	142
Figura 33: Distribuição sazonal do número de jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 2000 a 2003.....	143
Figura 34: Distribuição anual do número de indivíduos jovens de <i>Scomber japonicus peruanus</i> capturados nos verões de 1996 a 2003.....	144
Figura 35: Taxa de mortalidade por pesca por classe de comprimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidos pela análise de coorte de comprimento, para período de 1993 a	

2003.....	144
Figura 36: Taxa de exploração por classe de comprimento de <i>Scomber japonicus peruanus</i> , obtidos pela análise de coorte de comprimento, para o período de 1993 a 2003.....	145
Figura 37: Rendimento por recruta (Y/R) e biomassa por recruta (B/R) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> em função da mortalidade por pesca (F) e comprimento furcal de primeira captura de 26,40 cm, no período de 1993 a 2003.....	145
Figura 38: Rendimento por recruta (Y/R) e biomassa por recruta (B/R) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> em função da mortalidade por pesca e comprimento furcal de primeira captura de 32 cm, no período de 1993 a 2003.....	146
Figura 39: Rendimento por recruta (Y/R) para padrões de pesca com diferentes taxas de mortalidade por pesca (F) e comprimento furcal de primeira captura (Cfc), de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	146
Figura 40. Rendimento por recruta (Y/R) para padrões de pesca com diferentes taxas de mortalidade por pesca (F) e natural (M) de <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	147
Figura 41: Rendimento total e biomassa média para diferentes fatores de conversão de mortalidade por pesca (F), estimados pelo modelo de Thompson & Bell para <i>Scomber japonicus peruanus</i> no período de 1993 a 2003.....	148

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Profa. Dra. Luz Amelia Vega-Peréz, pela dedicada e esmerada orientação, compreensão, confiança e paciência nas explicações e discussões que foram muito valiosas. MUITO OBRIGADA.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Instituto del Mar del Perú (IMARPE), pelo fornecimento dos dados para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, pelas facilidades oferecidas para a realização deste trabalho.

A minha irmã Maria del Pilar, pela ajuda, motivação e incentivo para a realização de meus estudos de doutorado.

Ao Dr. Antonio Olinto Ávila-da-Silva, pelas valiosas sugestões no trabalho.

Aos funcionários da biblioteca e da secretaria de Pós-graduação do IOUSP, pela boa vontade e enorme eficiência com que sempre me atenderam: Cida, Cláudia, Cido, Dona Raí, Maria, Silvana e Ana Paula.

À Dra. Marizilda Magro, pela amizade e ajuda nas análises dos resultados.

À MSc Katya Patrícia Schinke, pela amizade, apoio e ajuda em todos os momentos.

À MSc Marilu Bouchon e ao MSc Miguel Ñiquen, pela amizade, carinho, troca de informações e todo o auxílio prestado.

Aos companheiros do laboratório de zooplâncton: Katya, Meiri e Juliano.

A meus colegas de Pós-graduação do IOUSP: Marinella, Juliana, Gabriela, Thais, Venâncio, André, Natalia, Andressa, Caroline, Clarice, que compartilharam comigo esta jornada.

Aos amigos do IMARPE: Gladys Cárdenas, Andrés Chipollini, José Pellón, Juan Carlos Jordan, Patrícia Moquillaza, Teobaldo Dioses, Arturo Ventosilla, Julio Mori, Alejandro Echevarría e Erasmo Diaz.

Aos amigos de Pós-graduação do Peru: Miriam, Georgina, Julia, Soledad, Flor del Carmen Flor Maria, Luis Ruben, Enrique Alejandro, Mariano, Pedro, Aníbal.....

A minha querida amiga Margarita Giron, pela amizade e por sua importante motivação.

A meus amigos da Universidade Ricardo Palma: Marielita, Raquel, Gabi, Karol, David e Daniel.

À Sra. Maria e o Sr. Luis, pelo carinho, amizade, companhia durante minha estada no Brasil.

A meus amigos: Egma, Adolfo, Jéssica, Maria chiquita.....

A Deus, pela sua graça que me sustento e fortaleceu nos momentos difíceis.

A todos que direta ou indiretamente tornaram possível a realização deste trabalho.

RESUMO

A dinâmica populacional de *Scomber japonicus peruanus* (cavalinha) foi estudada com base nos dados de captura da pesca comercial obtidos mensalmente, de janeiro de 1990 a dezembro de 2003, no litoral peruano ($3^{\circ}23'S$ - $18^{\circ}20'S$ e $72^{\circ}W$ - $84^{\circ}W$), dentro do projeto “Seguimiento de los recursos pelágicos en el litoral peruano” que vem sendo desenvolvido no Instituto del Mar del Perú – IMARPE. Nesse período, a Temperatura Superficial do Mar foi obtida mensalmente em cada uma das áreas de coleta.

A análise dos parâmetros de crescimento e as taxas de mortalidade, bem como o padrão de recrutamento da cavalinha, foram feitos a partir dos dados da pesca comercial correspondente aos anos de 1996 a 2003, enquanto na avaliação do estoque utilizaram-se os do período de 1993 a 2003.

A Temperatura Superficial do Mar variou de $13,60^{\circ}C$ (2001) a $29,34^{\circ}C$ (1998), sendo os valores mínimos encontrados em 1996 e 1999-2001 e máximos em 1992-1993 e 1997-1998. Os desembarques da espécie *Scomber japonicus peruanus* entre 1990 e 2003 variaram de 8.119 t a 387.659 t, sendo o valor médio 122.513 t. As médias dos desembarques mensais oscilaram entre 3.274 t e 16.853 t, com maiores valores registrados nos meses de novembro e dezembro de 1998, bem como em janeiro e março de 1999. As anomalias positivas máximas dos desembarques, que variaram de 134.985 t a 345.137 t, foram obtidas no período de 1997-1999 e em 2001, enquanto elevadas anomalias negativas nos anos de 1992 (-34.402 t) e 1993 (-32.894 t).

Os resultados mostraram que no período de 1993-2003 o comprimento médio furcal da cavalinha diminuiu de 30,50 cm para 26,70 cm, que o comprimento furcal de primeira captura (Cf_{50}) foi 26,40 cm e que o recrutamento ocorreu o ano todo, principalmente, no verão.

No período compreendido entre 1996 e 2003, o estudo do crescimento e mortalidade da cavalinha evidenciou que os valores do comprimento assintótico (C_{∞}) e os da taxa de crescimento (K), obtidos pelo ELEFAN I e os registrados pelo método de Ford-Walford, foram 42,40 cm e $0,40 \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. O comprimento igual a zero (t_0) foi $-0,37 \text{ ano}^{-1}$ e a amplitude de oscilação (C) 0,40, enquanto os valores de Winter Point (Wp) 0,60 e o do índice de performance (ϕ) 2,86. A taxa média de mortalidade total (Z) obtida pela análise da curva de captura linearizada e pelo método de Beverton & Holt, foi $2,30 \text{ ano}^{-1}$; a taxa de mortalidade por pesca (F) $1,97 \text{ ano}^{-1}$ e a taxa de exploração $0,86 \text{ ano}^{-1}$. A taxa anual de mortalidade natural (M) estimada pelo método de Rikhter & Efanov e pela equação de Pauly foi $0,50 \text{ ano}^{-1}$. A longevidade da cavalinha foi 7,60 anos.

A análise de coorte de comprimento e a aplicação dos modelos de rendimento por recruta de Beverton & Holt e o preditivo de Thompson & Bell, revelaram que o estoque de *Scomber japonicus peruanus* encontra-se sobre-explotado e próximo da capacidade máxima.

Palavras-Chave: *Scomber japonicus peruanus*, crescimento, taxas de mortalidade, estoque, El Niño e La Niña

ABSTRACT

The population dynamics of the *Scomber japonicus peruanus* (Chub mackerel) was studied based on commercial fishing data obtained monthly from January 1999 to December 2003 off the Peru coast ($3^{\circ}23'S-18^{\circ}20'S$ e $72^{\circ}W-84^{\circ}W$), within the "Tracking of pelagic resources off the Peru coast" project which is being carried out at the Instituto del Mar del Peru – IMARPE. During this period, Sea Surface Temperature data was obtained monthly in each one of the sampling areas.

The analysis of the growth parameters, mortality rates, as well as the recruitment pattern of the Chub mackerel was obtained from commercial fishing data from 1996 to 2003. For stock assessment the time range was from 1993 to 2003.

Sea Surface Temperature varied from $13.60^{\circ}C$ (2001) to $29.34^{\circ}C$ (1998) with minimum values being found in 1996 and 1999-2001 and maximum values in 1992-1993 and 1997-1998. The landing of the *Scomber japonicus peruanus* species between 1990 and 2003 varied from 8.119 t to 387.659 t, with an average of 122.513 t. The average of the monthly landings varied between 3.274 t and 16.853 t, with higher values registered on November and December 1998 as well as January and March 1999. The maximum positive anomalies of the landings, which varied from 134.985 to 345.137 t, were obtained in 1997 -1999 and in 2001. On the other hand, high negative anomalies were obtained in 1992 (-34.402 t) and 1993 (-32.894 t).

The results show that from 1993 to 2003 the mean fork length of the Chub mackerel decreased from 30,50 cm to 26,70 cm, the fork length of the first catch (Cf_{50}) was 26,40 and that recruitment occurred all year, especially during the summer.

Between 1996 and 2003, the growth and mortality study of the Chub mackerel showed that the asymptotic body length (Cf_{∞}) and the growth rate values (K) obtained by ELEFAN I and the ones

registered by the Ford-Walford method were 42.40 cm and 0.40 cm year⁻¹, respectively. The t-zero (length is 0) was -0.37 year⁻¹ and the amplitude (C) 0.40. The Winter Point (Wp) value was 0.60 and the performance index (ϕ) 2.86. The mean total mortality rate (Z), obtained by analyzing the linearized catch curve and by the Beverton and Holt method, was 2.30 year⁻¹. The rate of fishing mortality (F) was 1.97 year⁻¹ and the exploitation rate 0.86 year⁻¹. The annual rate of natural mortality (M) estimated by the Rikter and Efanov method and by the Pauly equation was 0.50 year⁻¹. The longevity of the Chub mackerel was 7.60 years.

The length based cohort analysis and the application of Beverton and Holt's yield per recruit models as well as Thompson and Bell's predictive model, revealed that the *Scomber japonicus peruanus* is over exploited and nearing it's maximum capacity.

Key-Words : *Scomber japonicus peruanus* , growth, mortality rates, stock, El Niño and La Niña.

1. INTRODUÇÃO

A pesca é uma atividade milenar de grande importância como fonte geradora de alimento, emprego e renda para vários segmentos da sociedade, especialmente no campo da comercialização do pescado e na indústria de seus insumos básicos (Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos, 1998).

Em 2002, a captura mundial de pescados foi estimada em 133 milhões de toneladas aproximadamente, das quais 84,5 milhões de toneladas são espécies marinhas. Dessas últimas, 43 milhões de toneladas correspondem às espécies pelágicas (Bailey, 1992; FAO, 2004). De acordo com Klyashtorin (2001), a captura de pequenos peixes pelágicos atingiu 22 milhões de toneladas no ano de 2000, evidenciando a importância desses organismos na economia pesqueira mundial.

O Pacífico sul-oriental é uma das áreas mais produtivas do mundo, especialmente as dos países como Chile, Peru e Equador, onde as pescarias de cerco das espécies *Engraulis rigens* (anchoveta), *Sardinops sagax sagax* (sardinha), *Trachurus picturatus murphy* (chicharro) e *Scomber japonicus peruanus* (cavalinha) atingem milhões de toneladas. Esse tipo de pescaria é destinado principalmente à produção de farinha e óleo de pescado, bem como de conservas para abastecer os mercados da Ásia e Europa (Espino, 1999).

No Peru, a atividade pesqueira vem sendo realizada desde a época pré-inca como fonte de alimento (Lecca, 1962). As culturas pré-incas Mochica e Chimu destacaram-se por terem desenvolvido a atividade pesqueira graças à construção de balsas de “totora”, capazes de acomodar várias dúzias de remadores e utensílios de pesca. Segundo Teixeira (1997), essas duas culturas utilizaram arpões e anzóis nas capturas de espécies como: *Engraulis sp.*, *Sarda chiliensis chiliensis* (bonito), *Mustelus sp.* (tollo), *Mugil sp.* (lisa), *Micropogonias sp.* (corvina) e *Stellifer sp.* (mojarrilla). De acordo com esse autor, ainda, os conhecimentos adquiridos sobre a atividade pesqueira foram transmitidos aos incas dos antigos povoados do norte peruano, que não apenas o mantiveram, mas o incrementaram e disseminaram pela vasta região andina da América do Sul.

Na época da Colônia, essa atividade passou a ter maior importância devido à utilização de embarcações e redes de pesca trazidas pelos espanhóis. Em contraposição, na época da República, transformou-se em uma atividade essencialmente artesanal e complementar à lavoura (Cotos, 1999).

Na década de 1930, devido à crescente demanda de pescado no mercado interno, fundou-se a “Compañia Nacional de Pesca” destinada à comercialização desse produto, surgindo assim um novo tipo de comércio no país (Lecca, 1962).

Durante a II Guerra Mundial, a demanda pela espécie *S. chiliensis chiliensis* aumentou consideravelmente, sendo sua

comercialização, na forma salgada, destinada exclusivamente ao abastecimento do mercado externo (Cotos, 1999). A partir de 1950, a pescaria pelágica industrial foi destinada à produção de farinha e óleo (Csirke & Gummy, 1996; Cotos, 1999), o que exigiu a utilização de embarcações motorizadas e de gelo para a conservação do pescado. Em 1959, a frota industrial peruana era composta de 426 embarcações, com capacidade de porão de 30 t a 60 t, passando para 1750 embarcações na década de 1960. Com a modernização das embarcações (81% contavam com equipamento acústico), houve redução do tempo de operação das redes e aumento do número de lances de pesca por dia (Lora, 1965; Tsukayama, 1983).

Em 1963, devido à pesca da anchoveta, o Peru chegou a ser o primeiro país pesqueiro no mundo. Nos anos seguintes, embora já não ocupasse o primeiro lugar no ranking mundial, as capturas continuaram sendo elevadas, chegando a uma média anual de 8,9 milhões de toneladas. O declínio das capturas da anchoveta iniciou-se em 1971 e atingiu o seu ponto crítico em 1973, quando não ultrapassaram 1,5 milhões de toneladas (Csirke *et al.*, 1996). Esse fato, exigiu do governo peruano a imposição de medidas destinadas a preservar o pouco desse recurso que ainda restava.

Com o colapso da anchoveta em 1972-1973, muitas empresas pesqueiras faliram ou diminuíram sua produção, o que trouxe como consequência a redução do número de embarcações. Desde então, a pesca no mar peruano passou a ser multiespecífica

e baseada principalmente na anchoveta, sardinha, chicharro e cavalinha. No ano de 1973 verificou-se o aumento das capturas da cavalinha, as quais se mantiveram em níveis elevados na década de 1980, passando a ser uma das quatro espécies de peixes de importância econômica para o país (Tsukayama, 1983; IMARPE & ITP, 1996).

A família Scombridae é constituída de 15 gêneros e 49 espécies, sendo a maioria caracterizada pela sua abundância e valor econômico (Collete & Nauen, 1983; Ravier & Fromentin, 2004). *Scomber japonicus* é um peixe pelágico que pode ser encontrado em profundidades de até 300 m nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (Kramer, 1969). Possui corpo robusto; linha lateral média ondulada; de 9 a 10 espinhos na primeira nadadeira dorsal e de 12 a 15 ossos interneurais abaixo da primeira nadadeira dorsal (Collette & Nauen, 1983).

A subespécie *Scomber japonicus peruanus*, conhecida como “cavalinha” ou “macarela”, caracteriza-se por apresentar o maxilar totalmente coberto pelo pré-orbital; a região antero-posterior do olho coberta por uma pálpebra adiposa; a primeira nadadeira dorsal com 8 a 10 espinhos e 5 pequenas “finlets” nas regiões dorsal e anal (Fig. 1).

A cavalinha é típica do litoral de países como Costa Rica, Equador, Peru e Chile, podendo ser encontrada até nas ilhas Galápagos (Chirichigno & Vélez, 1998). No litoral peruano, a espécie forma grandes cardumes principalmente em águas com

temperaturas de 17°C a 22°C e profundidades de 10 m a 30 m (Caramantín, 2001). Estudos feitos por Ñiquen & Bouchon (1995), mostraram que a abundância e distribuição da população de cavalinha vêm sofrendo mudanças significativas. De acordo com esses autores, ainda, na década de 1960 as capturas não ultrapassaram 13 mil t por ano, enquanto na década de 1980 atingiram 362 mil t. Nos anos seguintes, as capturas foram diminuindo até chegar a valores que oscilaram entre 9 e 22 mil t por ano, como aconteceu no ano de 1994.

Na literatura são inúmeros os trabalhos publicados sobre *S. japonicus* abordando aspectos relacionados com o seu crescimento (Blagoderov, 1973; Perrota, 1993a; González-Pajuelo *et al.*, 1996; Lorenzo-Nespereira & González-Pajuelo, 1993; Gluyas-Millán *et al.*, 1998; Hwang & Lee, 2005), alimentação (Shoji *et al.*, 1999; Sánchez & Shirasago, 2000; Goulas & Kontominas, 2005; Krutzikowsky & Emmett, 2005; Sever *et al.*, 2006), reprodução (Schafer, 1980; Gluyas-Millán & Quiñonez-Velazquez, 1997; Uriarte & Paulino, 2001; Shiraishi *et al.*, 2005; Watanabe & Yatsu, 2006), distribuição e abundância (Walsh & Martin, 1986; Vasilenko *et al.*, 1997; Sánchez-Velasco, 2004; Erzini, 2005) e avaliação do estoque (Watanabe, 1973; Bakken & Westgard, 1986; Lokwood, 1988; Weizhong *et al.*, 1997; Weizhong *et al.*, 1998; Rebik & Kukharev, 1998; Hiyama *et al.*, 2002; Katsukawa, 2005). Em contraposição, são poucos os trabalhos realizados sobre a espécie

S. japonicus peruanus, especialmente a que ocorre no litoral peruano, limitando-se aos de Miñano & Castillo (1971); Chaves (1976); Kotlyar & Abramov (1982); Mendo (1984); Peña *et al.* (1986); Buitron & Perea (1998); Dioses *et al.* (2002); Caramantín (1998, 2001), Caramantín-Soriano *et al.* (2003); Caramantín-Soriano *et al.* (2004a, 2004b); Caramantín-Soriano & Vega-Pérez (2005).

Diversos métodos de avaliação dos recursos pesqueiros vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de garantir a sustentabilidade desses recursos (Hilborn & Walters, 1992; Godo, 2003; Katsukawa, 2005). Os métodos de análises de população virtual e de coortes, por exemplo, são ferramentas de grande utilidade na avaliação do nível de exploração das espécies marinhas (González-Pajuelo *et al.*, 1996; Cadima, 2000; Maunder, 2002).

Em geral, o enfoque dado aos estudos de avaliação dos estoques pesqueiros objetiva a predição dos níveis ótimos de esforço de pesca e seus rendimentos sustentáveis (Hilborn & Walters, 1992; Freón & Misund, 1999; King, 1995). Vista sob uma nova perspectiva, a investigação pesqueira tem como finalidade avaliar as respostas das pescarias aos planos de manejos alternativos e às condições ambientais, auxiliando na tomada de decisões frente a um conjunto de incertezas (Torensen & Ostvedt, 2000; Zhao *et al.*, 2003; Halley & Stergiou, 2005).

O estudo da dinâmica populacional da espécie *S. japonicus peruanus*, que ocorre no litoral peruano, torna-se oportuno e necessário já que as informações obtidas podem contribuir para a elaboração de normas legais mais rígidas, que permitam garantir a exploração sustentável e a preservação deste importante recurso pesqueiro.

2. Objetivos

Com base na importância econômica da espécie *S. japonicus peruanus* (cavalinha) e perante a falta de informações sobre sua dinâmica populacional, o presente trabalho objetiva:

- Analisar a flutuação das capturas da cavalinha e sua relação com a Temperatura Superficial do Mar.
- Estudar o crescimento da cavalinha através da análise da distribuição de frequência do comprimento.
- Estimar as taxas de mortalidade.
- Avaliar o estado de exploração da cavalinha, utilizando a análise de coorte de comprimento e os modelos de rendimento por recruta de Beverton & Holt e Thompson & Bell.

3. Caracterização da área de estudo

O litoral peruano, localizado entre as regiões de Tumbes e Tacna ($03^{\circ}23'S$ - $18^{\circ}20'S$ e $72^{\circ}W$ - $84^{\circ}W$), possui uma área costeira de pouco mais de 1200 mn, com direção noroeste-sudeste, e uma plataforma continental definida pela isóbata de 200 m.

A plataforma continental caracteriza-se por ser estreita (3 a 5 mn) ao sul da região de San Juan ($15^{\circ}S$) e mais larga (65 mn) entre $7^{\circ}S$ e $10^{\circ}S$, sendo coberta em grande parte por areia e argila lodosa (Delgado & Gomero, 1995). Sua topografia é suave, clássica de margem tipo Pacífico, distinguindo-se pela complexidade do relevo, pela presença de “Canyons” e “Gullies” submarinos superpostos ao talude e pela placa de Nazca, que possui na parte central a cordilheira submarina de Nazca. A plataforma continental tem aproximadamente 200 m de profundidade, porém, em direção noroeste, apresenta profundidade de 50 m a 100 m e temperatura elevada, o que dá lugar a gradientes latitudinais ao sul e norte dos $6^{\circ} S$ (Teves & Evangelista, 1974; Machare *et al.*, 1986).

O litoral peruano, onde os gradientes de temperatura são mais intensos no verão e outono (isotermas de $24^{\circ}C$) e bastante irregulares no inverno e primavera, possui áreas de ressurgência costeira intensas entre $5^{\circ}S$ e $6^{\circ}S$ (Paita-Punta Falsa), $7^{\circ}S$ e $8^{\circ}S$ (Pimentel-Chicama), $11^{\circ}S$ e $12^{\circ}S$ (Huacho-Callao) e $14^{\circ}S$ e $15^{\circ}S$ (Baía Independencia e San Juan). Esta última, considerada a principal área de ressurgência porque a água apresenta

temperaturas baixas o ano todo (Zuta & Guillén, 1970; Moover & Boicurt, 1978; Comisión Permanente del Pacífico Sur, 1983).

As correntes que favorecem a ocorrência da ressurgência nessas áreas são: a Corrente de Cromwell, a Corrente Peruana Subsuperficial e a Água Temperada da Subantártida. De acordo com Moron (2000), em condições normais, a ressurgência inicia-se em profundidades de até 120 m e temperaturas de 14°C a 17°C, salinidade de 34,80 a 35, teores de oxigênio dissolvido de 2 mL/L a 4 mL/L, fosfatos de 1 µg-at/L a 2,5 µg-at/L e valores de silicatos de < 2 µg-at/L e > 30 µg-at/L.

No litoral peruano predominam os ventos alísios de SE, os quais possuem velocidades médias acima de 5 m/s e maior intensidade no inverno. Nas latitudes 4°S a 6°S dominam os ventos sul e sudoeste, que atingem velocidade média de 3,40 m/s, e nas latitudes 7°S e 10°S os ventos de sudeste, cujas velocidades médias variam de 2 m/s a 2,5 m/s. Ao sul da latitude 14°S, na região localizada entre Pisco e San Juan, dominam os ventos sudeste o ano todo. Esses ventos apresentam velocidade média de 4,80 m/s, podendo atingir velocidades superiores a 10 m/s (Guillén & Calientes, 1981).

3.1. Estrutura oceanográfica

O sistema de correntes do Peru faz parte da Circulação Anticiclônica do Pacífico Sul e é formado por correntes marginais superficiais e subsuperficiais (Fig. 2).

Correntes marginais superficiais:

- A Corrente Peruana (CP) ou de Humboldt, que se origina na região Antártica, é um fluxo permanente de água fria superficial, que percorre a costa peruana até os 6°S, onde desvia-se em direção oeste. Próximo à latitude 25°S, dá origem à Corrente Costeira Peruana (CCP) e à Corrente Oceânica Peruana (COP).
- A Corrente Costeira Peruana (CCP) caracteriza-se por apresentar águas frias (<17°C), salinidade relativamente baixa (34,8 a 35,1) e elevados teores de nutrientes (> 25 µM de PO₄; >15 µM de Si₂O₄ e NO₃) (Guillén & Calientes, 1981). Entre a costa e os 78°W, atinge velocidades de 5 cm/s a 15 cm/s, diminuindo sua intensidade em direção norte, nas grandes profundidades. A CCP Transporta um volume de água de aproximadamente 6 milhões de m³/s nos primeiros 200 m de profundidade, sendo o maior fluxo registrado entre abril e setembro (Wyrтки, 1967).
- A Corrente Oceânica Peruana (COP) possui temperaturas de 24°C a 28°C, salinidade acima de 35,20 e um volume de água

de 8 milhões de m³/s. Flui ao norte e oeste dos 82°W e pode atingir até 700 m de profundidade (Wyrтки, 1967).

Correntes marginais subsuperficiais:

- A Corrente Subsuperficial Peru-Chile ou Corrente Submarina tem sua origem na união da extensão da Corrente de Cromwell e da Contracorrente Sul-equatorial Subsuperficial. Caracteriza-se por apresentar temperatura e salinidade baixas; altos teores de oxigênio e nutrientes; velocidades de 4 cm/s a 10 cm/s e por fluir em direção sul, próximo à costa (Wooster & Gilmartin, 1961).
- A Contracorrente do Peru (CCP) tem a mesma origem da Corrente Subsuperficial Peru-Chile; possui temperatura acima de 22°C e teores de salinidade e de oxigênio baixos. Ocasionalmente, entre novembro e fevereiro, pode chegar até a superfície (Zuta & Guillén, 1970).
- A Extensão Sul da Corrente de Cromwell (ESCC) tem origem oceânica e atinge a região costeira entre os 3°S e 10°S. Caracteriza-se por apresentar temperaturas de 13°C a 16°C; salinidade de 34,80 a 35,10 e elevados teores de oxigênio (0,25 mL/L a 2 mL/L) (Zuta & Guillén, 1970; Moron, 2000).

Massas de água

De acordo com Zuta & Guillén (1970) e Moron (2000), as massas de água presentes na costa peruana são:

- Superficiais:

- ⇒ Água Subtropical Superficial (ASS): caracteriza-se por apresentar temperatura de 15°C a 28°C e salinidade acima de 35,1.
 - ⇒ Água Costeira Fria (ACF): massa de água com temperatura de até 13°C e salinidade entre 34,80 e 35,10.
 - ⇒ Água Equatorial Superficial (AES): possui temperatura de 19°C a 25°C e salinidade de 34 a 34,80. No verão, é freqüentemente encontrada ao norte dos 6°S.
 - ⇒ Água Tropical Superficial (ATS): caracterizada pela temperatura acima dos 25°C e salinidade inferior a 34.
- Subsuperficiais:
- ⇒ Água Temperada da Subantártida (ATSA): possui temperatura de 13°C a 15°C e salinidade de 34,60 a 34,80.
 - ⇒ Água Equatorial Subsuperficial (AESS): caracteriza-se por apresentar temperatura de 13°C a 15°C e salinidade de 34,90 a 35,10.
 - ⇒ Água Equatorial profunda (AEP): massa de água com temperatura de 7°C a 13°C e salinidade de 34,80 a 35,10.
 - ⇒ Água Antártica Intermédia (AAI): possui temperatura de 4°C a 7°C e salinidade de 34,40 a 34,60.

3.2. Anomalias de macroescala

El Niño de Oscilação Sul (ENSO) é um fenômeno de macroescala, que ocorre principalmente no Pacífico sul-oriental,

responsável pelas mudanças de curto, médio e longo prazos que afetam as áreas continentais da Ásia, Oceania e América. Os efeitos do ENSO no ecossistema marinho são bastante evidentes no Oceano Pacífico, especialmente no Pacífico Tropical Oriental (Equador, Peru e Chile) e no Pacífico Norte (Estados Unidos e Canadá).

O ciclo do ENSO inclui um período frio que corresponde à La Niña e um período quente denominado El Niño. Esses dois eventos caracterizam-se por ocorrerem de forma irregular, alternada e com intensidades variáveis.

No litoral peruano, El Niño impede a ressurgência, ocasionando a diminuição da produção primária em aproximadamente 50% (Chavéz *et al.*, 1989). Durante o El Niño 1982-83, por exemplo, muitas espécies de fitoplâncton típicas da Corrente Costeira Peruana foram substituídas por espécies provenientes das regiões oceânicas e equatoriais. Nos eventos El Niño de 1972-73, 1976 e 1997-1998 o aumento da temperatura afetou a distribuição da anchoveta, o que teve sérios reflexos na economia peruana.

3.2.1. O ENSO e a Oscilação Sul

Quando a pressão atmosférica aumenta no Pacífico Sul-Oriental (Ilha de Páscoa e Tahiti), a pressão diminui no Sudeste Asiático (Darwin-Austrália). Esses movimentos alternados, provocados pelo deslocamento das massas de ar, foram

identificados e estudados por Gilber Walker em 1924, que os denominou Índice de Oscilação Sul (IOS). A correlação das variações do IOS e a ocorrência do El Niño levaram à criação da sigla ENSO, que significa El Niño Souther Oscillation (Arntz & Fahrbach, 1996).

O ENSO é medido através do IOS, que representa a diferença de pressão atmosférica entre as ilhas de Tahiti e Darwin. Valores positivos de IOS correspondem à La Niña e estão associados à baixa pluviosidade no Pacífico, maior precipitação no Oceano Índico e temperaturas relativamente baixas em ambas as regiões. Em contraposição, valores negativos de IOS estão relacionados às anomalias positivas das temperaturas da água do mar na costa peruana e correspondem ao evento El Niño.

3.2.1.1. LA NIÑA

La Niña é um evento caracterizado por apresentar anomalias térmicas, com médias mensais de $-1,5^{\circ}\text{C}$ a -3°C ; por estar diretamente relacionado à intensificação das ressurgências costeira e equatorial; bem como pelos afastamentos da Água Subtropical Superficial para a região oceânica e da Água Equatorial Superficial para o norte. Durante La Niña, a ressurgência aflora a 30 ou 50 milhas da costa e, dependendo de sua intensidade, favorece a ascensão da termoclina. Os registros climáticos mostram que La Niña foi mais intensa nos anos de 1903-1904, 1906-1908, 1919-1918, 1938-1939, 1942-1943, 1948-

1949, 1954-1956, 1988-1989 e 1995-1996 (Kane, 1997; Couper-Johnston, 2000).

3.2.1.2. EL NIÑO

Dados paleoclimáticos mostram a existência do fenômeno El Niño no mar peruano 10.000 anos a.C. (Kaulicke, 1993). No litoral peruano, registros das fortes chuvas na época pré-inca indicam que os eventos El Niño vêm ocorrendo desde o desenvolvimento das culturas pré-incas Chavin (2500 a.C. - 200 d.C.), Vicus (550-600 d.C.) e Chimú (1200-1400 d.C.). Na região norte, provocaram fortes chuvas, tempestades e transbordamentos de rios, que destruíram cidades como as de Lambayeque, Nepeña, Casma, Piura e Trujillo. Em contraposição, causaram severas secas na região andina, no desenvolvimento da cultura Huari (700 - 1200 d.C.) e império inca (1438 -1533 d.C.) (Klauer, 2000).

Em 1525, o fenômeno El Niño foi confirmado pelo conquistador espanhol Francisco Pizarro ao navegar ao longo da costa peruana (Burgoa, 2005). Segundo Arntz & Fahrback (1996), em 1891, Carranza publicou um artigo no Boletim da Sociedade Geográfica de Lima (Peru), onde relata "...os marinheiros do Porto de Paita, que freqüentemente navegam ao longo da costa oeste da América do Sul em pequenas naus, costumam denominar de El Niño (Menino Jesus) uma contracorrente que aparece, em alguns anos, logo após o Natal...". A presença dessa contracorrente ao

longo da costa peruana foi observada em diversas ocasiões pelos pescadores locais e estava associada a fortes chuvas.

A primeira manifestação de El Niño é o enfraquecimento dos ventos alísios do sul e a intensificação dos ventos do oeste no Pacífico Central equatorial, o que gera massas de águas cálidas próximas à costa. Isso ocorre porque a AES, ao fluir para o sul, provoca a elevação da temperatura da água, o afundamento da termoclina e a diminuição da salinidade (Bjerknes, 1969).

El Niño caracteriza-se por apresentar dois picos de intensidade máxima; duração de 10 a 18 meses e periodicidade de ocorrência de 2 a 7 anos. A severidade desse evento depende de sua duração, extensão e meses de ocorrência (Moron, 2000). De acordo com Chirinos de Vildoso (1984); Quinn (1992); Klauer, 2000 e Moron (2000), no Mar peruano, no período de 1535 a 2003 foram registrados 16 eventos El Niño de importância: 6 de intensidade moderada e 10 fortes ou extraordinários:

El Niño de intensidade forte ou extraordinária

Os eventos El Niño fortes ou extraordinários caracterizam-se por gerar anomalias térmicas de até +10°C, cujos efeitos sobre a pesca, agricultura e comércio foram desastrosos para o país (Moron, 2000). Os principais ocorreram nos anos de 1878-1879, 1720, 1728, 1791, 1828, 1877-1879, 1891, 1925-1926, 1972-1973, 1982-1983 e 1997-1998.

Nos dois primeiros eventos, ocorreram chuvas fortes, que inundaram os estados de Lambayeque e Piura. Durante o El Niño de 1728, ocorreu um maremoto em Piura, que destruiu a cidade de Sechura. Os eventos de 1791, 1828 e 1877-1879 provocaram o transbordamento dos rios Piura e Santa, o que contribuiu para que a agricultura das cidades de Paita, Motupe, Santa e Chiclayo fossem devastadas (Zeta, 2002).

O El Niño de 1891 e 1925-1926, por exemplo, causaram grandes mudanças climáticas ao longo do litoral peruano, bem como a elevação da temperatura da superfície do mar nas regiões norte e central do país, que passou de 18,5°C para 26°C. Na região norte, verificou-se o aumento de chuvas torrenciais e de enchentes principalmente no verão e outono. Nessas duas estações, o índice de pluviosidade foi 300 vezes mais elevado que o índice médio normal (Chirinos de Vildoso, 1984).

Segundo Glantz (1996), a ocorrência de El Niño forte ou extraordinário de 1972-1973 no litoral peruano, que provocou o colapso na indústria pesqueira da anchoveta, chamou a atenção para a importância desse evento.

O El Niño de 1982-83, marcado pela elevação excepcional da temperatura da superfície do mar, teve efeitos devastadores na região norte do Peru. No final de setembro de 1982, próximo à cidade de Paita, a TSM passou de 16°C para 20°C em 24 horas. Três semanas depois atingiu 22°C e, em dois meses, chegou a 24°C. (Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática,

1996). Na região norte, a TSM apresentou anomalias que ultrapassaram os 8°C e precipitações que chegaram a ser 340 vezes superiores às normais. Em contraposição, na região sul, o índice de pluviosidade sofreu uma redução de até 32% (114 mm), o que provocou uma das secas mais severas dos últimos 50 anos (Arntz & Fahrbach, 1996).

No entanto, o El Niño de 1997-1998 é considerado o maior de todos os registrados até o momento, devido à sua intensidade extraordinária. Em março de 1997 as águas do Pacífico próximas à costa peruana começaram a esquentar e, no mês de abril, foi detectada a presença de uma massa de água aquecida, de 14 milhões de quilômetros quadrados. Pouco tempo depois, as imagens de satélite mostravam uma faixa quente de 10 mil quilômetros de extensão por 2 mil quilômetros de largura e 300 m de profundidade. Esses dois fatos mostraram que a ocorrência do El Niño não se restringe aos finais de ano. De acordo com Lama (2001), esse fenômeno ocasionou a queda considerável das exportações pesqueiras, com prejuízos da ordem de três bilhões de dólares, e a perda de centenas de vidas humanas.

Eventos El Niño de intensidade moderada

Os eventos El Niño de intensidade moderada ocorreram em 1911-1912, 1917, 1931-1932, 1939-1941, 1948-1949, 1957-1958. Nos três primeiros eventos, as anomalias positivas da TSM foram de até 3°C acima do normal, o que provocou chuvas torrenciais na

região norte do Peru e a penetração das águas quentes até 14°S. Durante os El Niño de 1939-1941 e 1948-1949, verificaram-se anomalias positivas da TSM, que oscilaram entre 4°C e 6°C, e a forte intrusão da AES ao sul do Peru, que elevou a temperatura das massas de água da região de Atico (17°S) até os 26,30°C. Durante o El Niño de 1939-1941 não foram registradas chuvas, exceto ao norte da região de Sechura (7,70°S), o que diminuiu os efeitos daninhos desse evento (Wooster, 1960). Em contraposição, durante o El Niño de 1957-1958, as chuvas fortes chegaram até a região central do Peru (12°S) (Chirinos de Vildoso, 1984).

4. Material e métodos

4.1. Obtenção dos dados

Os dados de captura comercial de *S. japonicus peruanus* (cavalinha) foram obtidos ao longo do litoral peruano (3°23'S-18°20'S e 72°W-84°W), entre janeiro de 1990 e dezembro de 2003, dentro do projeto “Seguimento de los recursos pelágicos en el litoral peruano” que vem sendo desenvolvido no Instituto del Mar del Perú (IMARPE) (Fig. 3).

Para a obtenção dos dados de captura comercial, amostragens diárias foram feitas em todas as áreas de captura, pela equipe de técnicos e pesquisadores do IMARPE, junto aos desembarques da frota comercial. Esses dados foram disponibilizados pela Diretoria do IMARPE para serem processados e utilizados na elaboração do presente trabalho. Os parâmetros da relação peso/comprimento da cavalinha, estimados por Caramantín (2001), para o período de 1990 a 1998, também foram utilizados neste estudo.

4.1.1. Dados de Temperatura Superficial do Mar

A Temperatura Superficial do Mar (TSM) foi obtida mensalmente em cada uma das áreas de coleta, localizada entre Paita (5°S) e Ilo (17°S), no período de 1990 a 2003. As anomalias mensais de TSM foram calculadas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$T_{ij} = \overline{T_{ij}} - \overline{T_i}$$

Onde:

T_{ij} = Anomalia da TSM do mês i do ano j

\overline{T}_{ij} = Média da TSM do mês i no ano j

\overline{T}_i = Média da TSM para o mês i quando considerados todos os anos de estudo (1990-2003).

4.1.2. Análises dos desembarques

No período de 1990 a 2003, as estimativas das anomalias anuais dos desembarques da cavalinha foram obtidas através da subtração anual, em cada ano, da média anual histórica (1975-1989). Na análise da variabilidade temporal dos desembarques e sua relação com a TSM, foi considerada somente a região compreendida entre Paita (5°S) e Chimbote (9°S).

4.1.3. Análises estatísticas

Nas análises estatísticas, foi utilizado o programa Computacional MINITAB (2000), sendo o conjunto de dados representado por histogramas e “interval plots”.

A significância da variação anual dos valores médios do comprimento da cavalinha foi verificada, utilizando-se o teste de análise de variância (Zar, 1999). A ANOVA, também foi utilizada para testar a significância da variação dos valores dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (K , Cf_{∞}) e da taxa de mortalidade total (Z).

4.2. Captura em comprimento

Os dados de captura comercial utilizados neste estudo, correspondem ao período de 1993 a 2003.

Para a obtenção dos dados de comprimento da cavalinha, foram feitas, em média, três amostragens diárias nos locais de captura (Fig. 2). Cada amostra, constituída de 3 ou 4 baldes de aproximadamente 20 litros, foi retirada aleatoriamente do total desembarcado. Todos os exemplares dessas amostras tiveram o seu comprimento furcal (Cf) medido. Dados de distribuição de freqüência de comprimento mensal, utilizando classes de comprimento de 1 cm, também foram obtidos.

Com relação aos dados de captura, estes foram ponderados para cada ano, região e área total. O peso mensal das amostras foi estimado a partir da relação peso/comprimento. Dividindo-se o peso do desembarque mensal pelo peso da amostra correspondente, obteve-se um fator de ponderação, que foi multiplicado pela freqüência absoluta de indivíduos em cada classe de comprimento. A somatória desses valores representou o número de indivíduos desembarcados no mês.

O número de indivíduos adultos existentes na área de estudo, entre 1996 e 2003, foi calculado utilizando-se dados mensais das distribuições de classes de freqüência de comprimento furcal de espécimes, com no mínimo de, 29 cm de Cf (IMARPE).

Para estimar o comprimento furcal em que 25%, 50%, 75% e 100% das cavalinhas estão vulneráveis à arte de pesca, foram utilizadas as curvas de probabilidade de captura.

4.3. Parâmetros de crescimento

Para a obtenção dos parâmetros de crescimento da equação von Bertalanffy (1957), utilizaram-se diversos métodos.

A taxa de crescimento (K) e o comprimento furcal assintótico ($C_{f_{\infty}}$) foram obtidos anualmente e para o período de 1996 a 2003, baseados nos dados de frequência de comprimento.

Estimativa dos parâmetros de crescimento:

- Método de Bhattacharya (1967) e Ford-Walford (1946).

O método de Bhattacharya consiste na identificação visual das frequências de comprimento de um determinado grupo etário. Este método decompõe cada distribuição de frequência de comprimento, formada por diversos grupos etários, em curvas normais superpostas, e calcula o comprimento médio para cada curva ou coorte.

Após a identificação do comprimento médio de cada coorte, os parâmetros de crescimento foram estimados pelo método de Ford-Walford. Esse método baseia-se na construção de um diagrama de dispersão, feito a partir dos dados de comprimentos furcais médios por grupos de idade (L_i) e da

idade seguinte (L_{i+1}), ajustando-se uma regressão linear de onde serão obtidos os parâmetros de crescimento K e Cf_{∞} .

- O Sistema ELEFAN I, inserido no programa FISAT da FAO-ICLARM (Guayanilo *et al.*, 1989), utiliza a distribuição de frequência de comprimento mensal para o período de 1996 a 2003. O método se baseia na análise de progressão modal, onde várias amostras de distribuição de frequência de comprimento são dispostas seqüencialmente e as progressões das modas servem para inferir o crescimento (Longhurst & Pauly, 1987). O software, estima os parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy em termos de sazonalidade (Pauly & Gaschutz, 1979):

$$Cf = Cf_{\infty} \left\{ 1 - \exp \left[-K \cdot (t - t_0) - \left(\frac{CK}{2\pi} \right) \cdot (\text{sen } 2\pi \cdot (t - t_s)) \right] \right\}$$

Onde:

Cf_{∞} = Comprimento furcal assintótico

K = Taxa de crescimento

t_0 = Idade teórica do peixe no comprimento zero

C = Amplitude de oscilação de crescimento, que pode variar de 0 a 1, relacionado às diferenças das temperaturas de inverno e verão às quais o peixe está submetido.

T_s = Corresponde à época do ano em que a taxa de crescimento do peixe é mais elevada. Está relacionada ao “Winter point” (Wp), que

representa o período do ano em que o crescimento do peixe é menor ($W_p = T_s + 0,5$).

Procedimentos executados pelo programa:

- ⇒ Reestruturação dos dados: objetiva identificar os picos (valores positivos) que representam diferentes coortes. Nesta fase, são realizados os seguintes passos:
 - Cálculo da média móvel das freqüências de cada classe de comprimento.
 - Divisão da freqüência da classe (valor observado) pela média móvel, que permite a obtenção da freqüência ajustada.
 - Cada freqüência ajustada é dividida pela média das freqüências ajustadas da amostra e subtraída de 1.
 - Reajuste final dos valores.
 - Os valores iguais a -1 são substituídos por 0 e, os negativos, multiplicados pela razão entre as somas dos valores positivos e negativos (Sparre & Venema, 1997).
 - Resultados apresentados em forma de planilha.

- ⇒ Utilizando essas planilhas, devem-se escolher os pontos iniciais “Starting Point” (SP), que são representados por uma determinada amostra e classe de comprimento (SL). Como as idades das coortes são desconhecidas, a curva é projetada a partir de SP. Isso ocorre porque o programa é incapaz de

estimar a t_0 (parâmetro que fixa a curva de crescimento ao eixo da abscissa).

⇒ A partir dos dados reestruturados do SP e dos valores iniciais para os parâmetros Cf_{∞} e K , o programa projeta uma nova planilha, onde são realçados os maiores valores de R_n para Cf_{∞} e K .

O índice de ajuste R_n é dado pela equação de Pauly (1987):

$$R_n = (10^{(ESP \cdot ASP)})$$

Onde:

ASP (“available sum of peaks”) = Representa a soma dos picos (valores positivos) presentes em todas as amostras.

ESP (“explained sum peaks”) = É a soma de todos os pontos (negativos ou positivos) sobre os quais passa cada curva.

No presente trabalho, foram escolhidas as curvas que apresentaram os maiores valores de R_n e maior número de coincidências entre os picos e as curvas. Isso, levando-se em consideração os dados de crescimento de *S. japonicus peruanus* disponíveis na literatura.

É interessante salientar que os parâmetros de crescimento obtidos neste trabalho pelos diferentes métodos, foram utilizados na estimação das taxas de mortalidade e introduzidos na avaliação do estoque da cavalinha.

A idade teórica em que o peixe apresenta um comprimento médio igual a zero (t_0), no instante do nascimento, foi calculada utilizando-se a fórmula de Pauly (1979):

$$\log (-t_0) = -0,392 - 0,275 \log C_{f_{\infty}} - 1,038 \log K$$

Onde:

$C_{f_{\infty}}$ = Comprimento furcal assintótico

K = Coeficiente de crescimento

A Taxa de crescimento da cavalinha, em função da idade, foi estimada a partir do incremento do seu tamanho por unidade de tempo (Sparre & Venema, 1997):

$$\frac{\Delta C_f}{\Delta t} = \frac{C_f(t + \Delta t) - C_f(t)}{\Delta t}$$

Onde:

$\frac{\Delta C_f}{\Delta t}$ = Taxa de crescimento

C_f = Comprimento furcal

t = Tempo (ou idade) expresso em unidades de anos.

Os valores de Índice de Performance de Crescimento (ϕ) (Munro & Pauly, 1983; Pauly & Munro, 1984) foram calculados utilizando-se a equação:

$$\phi = \log K + 2 \log C_{f_{\infty}}$$

Onde:

$C_{f_{\infty}}$ e K = Parâmetros de crescimento

4.4. Taxas de mortalidade e longevidade

As taxas de mortalidade total, natural e por pesca foram calculadas a partir das distribuições de frequência e dos parâmetros de crescimento.

4.4.1. Mortalidade total (Z)

A mortalidade total anual foi estimada utilizando-se a curva de captura linearizada e o modelo de Beverton & Holt (1956).

➤ *Curva de captura linearizada (Pauly, 1983)*

A estimativa da mortalidade total anual foi feita com base nos dados de frequência de classes de comprimento furcal, convertidos em idade, e nos parâmetros de crescimento Cf_{∞} e K da curva de von Bertalanffy (Pauly, 1984a, 1984 b; Sparre & Venema, 1997). A equação aplicada foi:

$$\ln C \frac{(Cf_1, Cf_2)}{\Delta t (Cf_1, Cf_2)} = C - Z \cdot t \frac{(Cf_1 + Cf_2)}{2}$$

Onde:

C= Número de indivíduos capturados em um intervalo de comprimento

Z= Mortalidade total

Δt = Tempo que um peixe leva em média para crescer desde o comprimento furcal Cf_1 ao comprimento Cf_2

Cf = Comprimento furcal

➤ **Modelo de Beverton & Holt (1959)**

A relação funcional do modelo de Beverton & Holt é:

$$Z = \frac{(Cf_{\infty} - L')}{(L_m - L')}$$

Onde:

Z= Mortalidade total

K e Cf_{∞} = Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy

L'= Comprimento no qual 100% dos indivíduos estão vulneráveis à arte de pesca.

L_m= Comprimento médio dos indivíduos maiores que L'.

4.4.2. Mortalidade natural (M)

Para estimar a mortalidade natural utilizaram-se os seguintes métodos:

➤ **Método empírico de Pauly (1980)**

A equação empírica de Pauly relaciona a mortalidade natural (M) com a taxa de crescimento (K), o comprimento assintótico (Cf_{∞}) e a temperatura média do ambiente.

A formula é:

$$M = 0.8 \cdot \exp [-0,0152 - 0,0279 \ln Cf_{\infty} + 0,6543 \ln K + 0,463 \ln T]$$

➤ **Método empírico de Rikhter & Efanov (1976)**

A fórmula matemática proposta por esses autores é:

$$M = \frac{1,521}{(t_{50}^{0,720}) - 0,155}$$

Onde:

t_{50} = Idade da primeira maturação sexual.

4.4.3. Mortalidade por pesca (F) e taxa de exploração (E) (Sparre & Venema, 1997).

A taxa de mortalidade por pesca em comprimento foi estimada pela diferença entre a mortalidade total e a natural.

A taxa de exploração (E) foi calculada em função de: $E = F/Z$

4.4.4. Longevidade

A longevidade da espécie *S. japonicus peruanus* foi estimada com base na fórmula de Pauly & Munro (1984):

$$T_{\max.} = \frac{3}{K}$$

Onde:

K = Taxa de crescimento

4.5. Padrão de recrutamento

O padrão de recrutamento da espécie estudada, no período de 1996 a 2003, foi analisado a partir das distribuições de freqüência de classes de comprimento furcal de indivíduos de 10 a 28 cm de Cf.

4.6. Avaliação do estoque

4.6.1. Análise de coorte de comprimento (Jones, 1981).

O método da análise de coorte de comprimento permite reconstruir numericamente, a partir de dados de captura e estimativas das taxas de mortalidade natural e por pesca, a estrutura da população e prever sua evolução sob diferentes cenários de pesca (Jones, 1990; Pereiro, 1992). Para poder aplicar esse método usaram-se os seguintes dados: classe de comprimento, parâmetros de crescimento K e $C_{f\infty}$, bem como as taxas de mortalidade total e natural.

A análise de coorte de comprimento permite obter:

- O número de sobreviventes existentes no mar por classe de comprimento furcal:

$$N_{Cf} = N_{(Cf+1)} \cdot \text{Fator } M_{Cf} + C_{Cf} \cdot \text{Fator } M_{Cf}$$

Onde:

$N_{(Cf+1)}$ = Número de sobreviventes da classe de comprimento furcal subsequente.

$$\text{Fator } M_{Cf} = \left[\frac{Cf_{\infty} - Cf_1}{Cf_{\infty} - Cf_2} \right]^{M/2K}$$

C_{Cf} = Número de indivíduos capturados por classe de comprimento furcal.

K e L_{∞} = Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy.

M = Mortalidade natural.

➤ A taxa de exploração por classe de comprimento furcal:

$$\frac{F}{Z}^{Cf} = \left[\frac{C_{Cf}}{N_{Cf} - N_{Cf+1}} \right]$$

➤ Mortalidade por pesca por classe de comprimento furcal:

$$F = M \cdot \left[\frac{F}{Z} / \left(1 - \frac{F}{Z} \right) \right]$$

➤ Número médio de sobreviventes capturados por classe de comprimento furcal:

$$\bar{N}_{Cf} = \left[\frac{N_{Cf} - N_{Cf+1}}{Z} \right]$$

Onde:

\bar{N}_{Cf} = Número médio de sobreviventes capturados por classe de comprimento.

N_{Cf} = Número de sobreviventes por classe de comprimento furcal.

$N_{(Cf+1)}$ = Número de sobreviventes da classe de comprimento furcal subsequente.

Z = Mortalidade total

$\frac{F}{Z}$ = Taxa de exploração

- Taxa de sobrevivência por classe de comprimento furcal:

$$S_t = e^{-Zt}$$

Onde:

Z_t = Taxa de mortalidade total no intervalo de tempo t ($Z \cdot \Delta t$)

- A biomassa média por classe de comprimento furcal dos indivíduos foi estimada pela expressão:

$$\bar{B}_{Cf} = \bar{N}_{Cf} \cdot \bar{W}_{Cf}$$

Onde:

\bar{W}_{Cf} = Peso médio do corpo por classes de comprimento furcal

\bar{N}_{Cf} = Número médio de sobreviventes capturados por classe de comprimento furcal

4.6.2. Modelo de Beverton & Holt (Sparre & Venema, 1997).

O modelo de Beverton e Holt foi aplicado com a finalidade de avaliar o rendimento potencial da cavalinha, em função dos efeitos de eventuais mudanças nos níveis de mortalidade por pesca (F) e do comprimento de primeira captura.

- O rendimento por recruta (Y/R) em equilíbrio foi calculado pela equação:

$$\frac{Y}{R} = F \cdot A \cdot W_{\infty} \cdot \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+K} + \frac{3U^2}{Z+2K} - \frac{U^3}{Z+3K} \right]$$

- A biomassa por recruta (B/R):

$$\frac{B}{R} = A \cdot W_{\infty} \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+K} + \frac{3U^2}{Z+2K} - \frac{U^3}{Z+3K} \right]$$

Onde:

Cf_c = Comprimento furcal de primeira captura

Cf_r = Comprimento furcal de recrutamento

$$U = 1 - \left(\frac{Cf}{Cf_{\infty}} \right)$$

$$A = \left[\frac{Cf_{\infty} - Cf_c}{Cf_{\infty} - Cf_r} \right]^{M/2K}$$

F = Taxa de mortalidade por pesca

M = Taxa de mortalidade natural

W_{∞} = Peso total assintótico

Z = Taxa de mortalidade total

K e Cf_{∞} = Parâmetros de crescimento

4.6.3. Modelo de Thompson & Bell (Sparre & Venema, 1997)

O modelo de Thompson e Bell é utilizado para avaliar, a longo prazo, os possíveis efeitos dos níveis de mortalidade por pesca sobre o rendimento da pescaria e da biomassa do estoque.

Para aplicar esse modelo é necessário:

- Fornecimento de dados de entrada obtidos a partir da análise de coorte de comprimento. Esses dados são: captura média anual; peso médio (kg) por classe de comprimento; mortalidade natural e por pesca (F -referencial), bem como o número de indivíduos de menor classe de comprimento presente no mar.

- Cálculo dos resultados na forma de previsões do rendimento da pescaria e da biomassa do estoque.

O modelo permite obter:

- ⇒ O número médio de indivíduos por classe de comprimento furcal.

$$C_{cf} = N_{cf} - N_{(cf+1)}/Z$$

- ⇒ A biomassa média por classe de comprimento furcal.

$$\bar{B} = \bar{W} \cdot \bar{N}$$

Onde:

\bar{N} = Número médio de sobreviventes por classe de comprimento furcal.

\bar{W} = Peso médio por classe de comprimento furcal

4.6.4. Pontos de referência biológica

Os pontos de referência biológica ou de referência para gestão, são valores de mortalidade por pesca ou de biomassa que têm como finalidade procurar a longo prazo a exploração sustentável dos estoques (Cadima, 2000; Maunder, 2002).

No presente trabalho, os pontos de referência biológica F_{max} e $F_{0.1}$, foram utilizados nas análises de Beverton & Holt, bem como na de Thompson & Bell..

O valor de F_{max} foi estimado em função da mortalidade por pesca, onde o rendimento máximo por recruta é alcançado. O

ponto de referência biológica $F_{0.1}$ corresponde à mortalidade por pesca onde a inclinação da curva de rendimento por recruta atinge 10% do seu valor inicial (Jensen, 2000 ; Maunder, 2002).

Na figura 4 é apresentado o fluxograma dos dados de *S. japonicus peruanus* utilizados na elaboração do presente trabalho.

5. RESULTADOS

5.1. Temperatura Superficial do Mar

No período de 1990 a 2003, a Temperatura Superficial do Mar (TSM) no litoral peruano variou de 13,60°C (2001) a 29,34°C (1998). Na região entre Paita (5°S) e Chimbote (9°S), a TSM oscilou entre 15,30°C e 29,34°C, enquanto na área localizada entre Callao (12°S) e Ilo (17°S) foi de 13,60°C para 26,40°C, sendo os valores mínimos de TSM registrados em 1996, 1999 e 2001 e os máximos em 1992-1993 e 1997-1998 (Figs. 5A-B e 6A-C). Os resultados obtidos mostraram também que, de um modo geral, a TSM atingiu maiores valores em janeiro, fevereiro e março e os menores em agosto e setembro (Tabelas 1 a 5).

As anomalias negativas da TSM no período de estudo oscilaram entre -0,01°C e -3,21°C, atingindo as maiores variações negativas nas regiões de Paita (5°S), Callao (12°S) e Pisco (14°S) nos meses de fevereiro (-2,22°C), março (-2,60°C), abril (-3,21°C), maio (-2,40°C) e dezembro (-1,92°C) de 1996 e 1999 (Fig. 7A-E). Em contraposição, as anomalias positivas variaram de +0,04°C a +8,03°C, sendo as máximas registradas nas regiões de Paita, Chimbote e Callao nos meses de janeiro (+8,03°C), fevereiro (+7,02°C), março (+6,94°C), novembro (+6,96°C) e dezembro (+7,84°C) de 1997-1998 (Fig. 7A-E). Os resultados revelaram, também, que os valores médios das anomalias negativas da TSM variaram de -0,55°C (2000) a -1,65°C (1999) e os das anomalias positivas de +0,53°C (1993) a +5,19°C (1998).

A evolução mensal da TSM e de suas anomalias no período de estudo confirmaram a ocorrência de dois eventos El Niño: um de intensidade moderada (1992-1993) e um forte ou extraordinário (1997-1998). Revelaram, também, a presença de um evento La Niña em 1996 e de outro em 1999-2001 (Figs. 5A-B, 6A-C e 7A-E).

5.2. Variações nas capturas

No litoral peruano, entre 1990 e 2003, os desembarques anuais da espécie *S. japonicus peruanus* oscilaram entre 8.119 t e 387.659 t, sendo o valor médio 122.513 t. No período de 1990 a 1992, os maiores desembarques foram registrados em 1990 (47.891 t) e os menores em 1992 (8.119 t), ano em que representaram 0,47 % da captura total da espécie no período de estudo. A partir de 1993 houve um aumento progressivo dos desembarques, que atingiram o ponto máximo em 1999 (387.659 t), o que constitui 22,60% da captura total da espécie. Nos anos seguintes, os desembarques caíram sensivelmente, não ultrapassando 25.865t em 2002, recuperando-se novamente até chegar a 125.874 t em 2003 (Tabela 6 e Fig.8).

No período de 1990 a 2003, as médias dos desembarques mensais da cavalinha oscilaram entre 3.074 t e 16.853 t, sendo os maiores valores registrados em novembro e dezembro de 1998, bem como nos meses de janeiro e março de 1999 (Tabela 7 e Fig. 9). Os resultados obtidos mostraram, ainda, que os desembarques por estações do ano não apresentaram tendências significativas

(ANOVA: $P = 0,43$). No entanto, nos verões e primaveras de 1990 a 2003, esses desembarques representaram 70,35% da captura total da espécie (Fig. 10).

As anomalias dos desembarques da cavalinha evidenciaram a ocorrência de máximos desembarques positivos em 1997-1999 e 2001, que variaram de 134.985 t a 345.137 t, e de elevadas anomalias negativas nos anos de 1992 (-34.402 t) e 1993 (-32.894 t). (Fig. 11).

Nas regiões de Paita e Chimbote, onde os desembarques da cavalinha representaram 55,45% de sua captura total no período de 1990 a 2003, os desembarques anuais atingiram em média 67.936 t. Durante o El Niño 1992-1993 houve uma diminuição drástica nos desembarques da espécie, que não ultrapassaram 8.730 t, e um aumento significativo que chegou a 327.890 t, no El Niño 1997-1998. O mesmo aconteceu durante os eventos La Niña de 1996 e 1999-2001, onde os desembarques atingiram 39.724 t e 397.763 t, respectivamente (Tabela 8 e Fig. 12). Contudo, não houve diferença significativa (ANOVA: $P = 0,85$) entre os desembarques obtidos nos eventos El Niño e La Niña.

5.3. Estrutura em comprimento

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que a população de *S. japonicus peruanus*, no período de 1993 a 2003, foi constituída de espécimes com comprimento furcal de 10 cm a 41 cm, sendo as classes de 27 cm a 30 cm de Cf as mais freqüentes

(Tabela 9 e Fig. 13). A frequência relativa dos exemplares com 27 cm a 28 cm e os de 29 cm a 30 cm de Cf variaram de 0,68% (1994) a 23,19% (1997) e de 3,83% (1993) a 23,33% (2002), respectivamente (Fig. 13).

Em geral, as médias (30,50 cm a 26,70 cm) e medianas (30,10 cm a 26,50 cm) dos comprimentos furcais diferiram significativamente entre os anos estudados (ANOVA: $P < 0,005$) (Fig. 14).

No período de 1996 a 2003 verificou-se a ocorrência de indivíduos adultos com mais de 29 cm de Cf o ano todo, sendo a maior frequência registrada na primavera (55,51%) e a menor no outono (4,28%). Em contraposição, no verão e inverno a frequência de espécimes adultos foi 19,12% e 21,09%, respectivamente (Fig. 15).

A análise da curva de probabilidade de captura da cavalinha para o período de 1996 a 2003, revelou que o comprimento furcal de primeira captura (Cf_{50}) foi 26,40 cm, sendo os espécimes com comprimento furcal de 27,80 cm (Cf_{75}) e 30 cm (Cf_{100}) os mais vulneráveis à arte de pesca (Fig. 16).

5.4. Parâmetros de crescimento

O Sistema ELEFAN I

Os parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy obtidos pelo ELEFAN I para *S. japonicus peruanus*, no período de 1996 a 2003, são apresentados na tabela 10.

Os valores de Cf_{∞} oscilaram entre 40,20 cm e 45,60 cm de Cf , enquanto os de K entre $0,38 \text{ ano}^{-1}$ e $0,40 \text{ ano}^{-1}$, sendo os maiores valores registrados no período de 2001 a 2003. A amplitude de oscilação (C) variou de 0,38 a 0,60; o Winter Point (Wp) de 0,40 a 0,70 e o índice de performance (ϕ) de 2,79 a 2,92 (Tabela 10). Para o período total, a amplitude de oscilação (C) foi 0,40, o valor de Winter Point (Wp) 0,60 e o índice de performance (ϕ) 2,86. Os valores de Cf_{∞} e K para o período total foram 42,50 cm de Cf e $0,40 \text{ ano}^{-1}$, respectivamente.

As análises das curvas de crescimento evidenciaram a presença de sete coortes completas e de mais de uma coorte formada por alguns meses. Assumindo-se que cada coorte represente um ano de idade, pode-se inferir que a longevidade da cavalinha é de pouco mais de sete anos (Figs. 17 e 18).

Método de Bahattacharya e método de Ford-Walford.

As análises de progressão modal, feitas pelo método de Bhattacharya, identificaram 5 grupos modais com comprimento médio furcal de: 17,10 cm a 18,40 cm (grupo I); 23,90 cm a 25,60 cm (grupo II); 26,30 cm a 34,50 cm (grupos III e IV) e 32,60 cm a 35,40 cm (grupo V) (Tabela 11).

O comprimento assintótico e a taxa de crescimento obtida pelo método de Ford-Walford variaram de 41,50 cm a 44,90 cm de Cf e de $0,37 \text{ ano}^{-1}$ a $0,40 \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. O valor de Cf_{∞} para o período total foi 42,40 cm de Cf e o valor de K $0,40 \text{ ano}^{-1}$.

(Tabela 12). Verificou-se que não houve diferença significativa entre os valores de K e Cf_{∞} (ANOVA: Cf_{∞} : $P = 0,98$; K : $p = 0,61$) obtidos pelo ajuste de Ford-Walford e os registrados pelo ELEFAN I (Fig. 19).

No período de 1996 a 2003, a idade em que a cavalinha apresentou comprimento igual a zero (t_0) foi de $-0,40 \text{ ano}^{-1}$ a $-0,37 \text{ ano}^{-1}$, sendo $-0,37 \text{ ano}^{-1}$ a idade para o período total (Tabela 13).

A curva de crescimento de von Bertalanffy ajustada aos parâmetros médios de crescimento, obtidos pelo ELEFAN I e pelo método de Ford-Walford para o período total (1996 a 2003), originou a seguinte equação: $Cf = 42,40[1 - e^{-0,40(t-0,37)}]$ (Fig. 20).

A idade relativa de *S. japonicus peruanus* para o período total, mostrou que a espécie atingiu um ano de idade com 18,20 cm de Cf, dois anos com 25,80 cm de Cf e três anos com 31,41 cm de Cf. No caso dos exemplares com Cf entre 35,10 cm e 41,50 cm, as idades relativas foram de 4 a 8 anos, respectivamente (Tabela 14).

Os valores da taxa de crescimento da cavalinha por classes de idade variaram de $0,78 \text{ cm ano}^{-1}$ a $18,20 \text{ cm ano}^{-1}$, sendo as taxas máximas registradas nos três primeiros anos de idade (Tabela 15).

5.5. Taxas de mortalidade e longevidade

A taxa de mortalidade total (Z) calculada pelo método da curva de captura linearizada, para o período de 1996 a 2003,

variou entre 1,68 ano⁻¹ (1996) e 3,35 ano⁻¹ (1998), sendo o valor médio 2,51 ano⁻¹ (Tabela 16). Isso, permite inferir que a idade em que a cavalinha passou a ser explorada pela pesca oscilou entre dois e três anos (Figs. 21 a 29). O valor de Z obtido pela equação de Beverton & Holt (1956) oscilou entre 1,71 ano⁻¹ (1996) e 3,28 ano⁻¹ (1998), atingindo uma média de 2,50 ano⁻¹. Para o período total, o valor de Z variou de 2,25 ano⁻¹ a 2,35 ano⁻¹ (Tabela 16).

As taxas de mortalidade total obtidas pela análise da curva de captura linearizada e pelo método de Beverton & Holt não mostraram diferenças significativas entre si (ANOVA: $P = 0,53$). A taxa anual de mortalidade natural (M) estimada pelo método de Rikter & Efanov foi 0,50 ano⁻¹, enquanto a obtida pela equação de Pauly (1980) variou de 0,52 ano⁻¹ a 0,54 ano⁻¹, sendo 0,51 ano⁻¹ a mortalidade natural para o período total (Tabela 17).

A taxa de mortalidade por pesca (F) oscilou entre 1,16 ano⁻¹ e 2,78 ano⁻¹, sendo o valor médio de 2 ano⁻¹. Em contraposição, a taxa de exploração (E) variou de 0,68 ano⁻¹ a 0,84 ano⁻¹, tendo valor médio de 0,79 ano⁻¹ (Tabela 18).

A longevidade da cavalinha, estimada pelo método de Pauly, foi de 7,60 anos (Tabela 19).

5.6. Padrão de recrutamento

A porcentagem de juvenis de *S. japonicus peruanus* calculada anualmente, para o período de 1996 a 2003, variou de 24,77% (2002) a 75,05% (1999) (Tabela 20 e Fig. 30).

O estudo do recrutamento da cavalinha, feito com espécimes de 10 cm a 28 cm de Cf, mostrou que a maioria apresentava de 25 cm a 28 cm de Cf (Fig. 31). As estimativas do padrão de recrutamento evidenciaram a ocorrência de juvenis o ano todo, porém, com picos de abundância na primavera e verão.

A distribuição sazonal dos indivíduos jovens de *S. japonicus peruanus*, capturados no litoral peruano entre 1996 e 1999, é mostrada na figura 32. As maiores freqüências de juvenis foram obtidas no verão de 1999 (80,24%) e nas primaveras dos anos de 1998 (66,29%) e 1996 (59,31%). Em contraposição, a freqüência de jovens foi bastante reduzida no outono (1,78%) e inverno (3,80%) de 1998 e no inverno (2,56%) e primavera (2,28 %) de 1999 (Tabela 21). No período de 2000 a 2003, a maior freqüência dos indivíduos jovens foi registrada nos verões, especialmente no de 2003 (38%). Nas primaveras, as freqüências variaram de 3,24% (2003) a 33% (2000), nos outonos de 4,83% (2001) a 25,21% (2003) e nos invernos de 21,83% (2002) a 35,0% (2001) (Tabela 21 e Fig. 33). Os resultados obtidos mostraram que, de um modo geral, a máxima freqüência anual de recrutas ocorreu no verão de 1999 (80,24%) (Fig. 34).

5.7. Avaliação do estoque

5.7.1. Análise de coorte em comprimento.

Os resultados da análise de coorte em comprimento obtidos para *S. japonicus peruanus*, no período de 1993 a 2003, mostraram que a captura média anual em número foi 472 mil indivíduos e, a captura em peso, 121 mil t. Os valores médios de biomassa total e número de espécimes que podem ser encontrados na área de estudo, ao longo do ano, foram 193 mil t e 15.80 milhões de indivíduos, respectivamente (Tabela 22).

No período de estudo, o número de recrutas na classe de 28 cm de Cf foi de 381 mil indivíduos e o número médio de espécimes estimados de 58 mil indivíduos, o que corresponde a uma biomassa de 14 mil t (Tabela 22).

A taxa de mortalidade total da cavalinha variou de 0,50 ano⁻¹ a 3,07 ano⁻¹. As taxas de mortalidade por pesca e de exploração variaram de 0,00 ano⁻¹ a 2,57 ano⁻¹ e de 0,00 ano⁻¹ a 0,84 ano⁻¹, respectivamente. O valor médio da taxa de exploração para as classes de comprimento furcal entre 26 cm e 28 cm foi 0,62 ano⁻¹ e o valor da taxa de mortalidade por pesca 0,94 ano⁻¹. Para exemplares acima de 28 cm de Cf, a taxa de exploração foi 0,67 ano⁻¹ e a taxa de mortalidade por pesca, 1,38 ano⁻¹. Os resultados revelaram também que a classe mais explorada foi a de 30 cm de Cf, com mortalidade por pesca de 2,57 ano⁻¹ (Tabela 22, Figs. 35 e 36).

A análise de coorte em comprimento da cavalinha, feita com base nas taxas de mortalidade natural (M) de 0,40; 0,45; 0,55 e 0,60 ano⁻¹, revelou que houve um aumento da taxa de exploração de até 7,46% (M = 0,40 ano⁻¹) em relação ao valor de M utilizado neste trabalho (0,50 ano⁻¹) (Tabela 23). Os resultados mostraram, também, que utilizando valores de M de 0,55 ano⁻¹ e 0,60 ano⁻¹ houve um incremento dos valores médios da biomassa total e do número de espécimes de 4,52% a 9,44 % e de 7,58% a 15,92 %, respectivamente. Por outro lado, a utilização de valores de M de 0,40 ano⁻¹ e 0,45 ano⁻¹ acarretaria a redução de 6,42 % para 10,03 % da biomassa média e de 8 % para 14,21% do número de espécimes (Tabela 23).

5.7.2. Avaliação do rendimento

As análises de rendimento (Y/R) e biomassa-por-recruta (B/R) de Beverton & Holt feitas para a cavalinha no período de 1996 a 2003, utilizando-se os parâmetros: K= 0,40; T₀ = -0,37; M = 0,5; W_∞ = 820 g e C_{f_r} = 18,20 cm, mostraram que usando o comprimento furcal de primeira captura (C_{f₅₀}) de 26,40 cm, o rendimento máximo (135,88 g) por recruta seria atingido com mortalidade por pesca de 1,90 ano⁻¹, e biomassa correspondente a 11% da biomassa do estoque virgem. A taxa de mortalidade por pesca de 0,60 ano⁻¹, equivalente ao F_{0,1}, resultaria em um rendimento por recruta de 122,03 g, que corresponde a 31% do estoque original (Tabela 24 e Fig. 37).

No caso do C_{fc} ser igual a 32 cm (comprimento mínimo da legislação em vigor), o rendimento máximo de 147,13 g seria atingido com uma mortalidade de pesca de 4 ano^{-1} , reduzindo a biomassa para 7% da biomassa do estoque virgem. O valor de $F_{0.1}$ igual a $0,90 \text{ ano}^{-1}$ resultaria em um rendimento de 130,86 g por recruta, mantendo 25% da biomassa de indivíduos do estoque original (Tabela 25 e Fig. 38)

Em geral, os maiores valores de rendimento máximo por recruta foram obtidos com o C_{fc} de 28 cm e 32 cm, sendo 147,13 g o rendimento máximo alcançado com uma mortalidade de pesca acima de 4 ano^{-1} (Tabela 26 e Fig. 39).

Utilizando-se o comprimento furcal de primeira captura de 26,40 cm e 32 cm e as taxas de mortalidade natural de 0,45, 0,55 e $0,60 \text{ ano}^{-1}$, verificou-se a redução do Y/R com o incremento da taxa de mortalidade natural. (Tabela 27 e Fig. 40).

As estimativas da análise do modelo de Thompson & Bell, feitas a partir dos resultados da análise de população virtual em comprimentos de *S. japonicus peruanus*, mostraram que caso sejam mantidas as atuais taxas de mortalidade, serão explorados anualmente 121 mil t capturadas de uma biomassa de 193 mil t. (Tabela 28).

As simulações feitas com diferentes valores de mortalidade por pesca (Fator de conversão de F) revelaram que quando o valor diminui 20%, a produção anual e a biomassa média total seriam de 127 mil t e 211 mil t, respectivamente. Isso corresponderia a um

aumento de 8% da biomassa e a uma diminuição de 1% do rendimento (Fig. 39). Em contraposição, quando a mortalidade por pesca é incrementada em 20%, obtém-se o máximo rendimento da pescaria, que aumentaria em apenas 0,90% o rendimento e reduziria a biomassa média total em 6% (Tabela 29 e Fig. 41).

A aplicação dos modelos de rendimento por recruta de Beverton & Holt e o preditivo de Thompson & Bell, revelaram que o nível de esforço atual de *S. japonicus peruanus* estaria próximo da capacidade máxima do estoque, e que o aumento do esforço de pesca pode acarretar o rápido declínio da biomassa.

6. DISCUSSÃO

6.1. Temperatura Superficial do Mar e variações nas capturas

Estudos recentes sobre pesca vêm mostrando a diminuição da abundância dos principais estoques comerciais nos oceanos Pacífico e Atlântico, devido à sobrepesca e às mudanças climáticas (Torensen & Ostvedt, 2000; Garcia-Franco *et al.*, 2001; Godo, 2003; Mullon *et al.*, 2005; Tian *et al.*, 2006). Mudanças climáticas, como as provocadas pelo El Niño, por exemplo, podem afetar a ocorrência, distribuição e abundância das espécies pelágicas (Cushing, 1982; Wooster & Bayley, 1989; Freón & Misund 1999; Kim & Kand, 2000; Borja *et al.*, 2002; Ravier & Fromentin, 2004).

Na região da Baja Califórnia, durante o El Niño 1992-93, foram registrados os menores desembarques de *Engraulis rigens* e o crescimento significativo das capturas da espécie *Scomber japonicus* (Garcia-Franco *et al.*, 2001). De acordo com Alheit & Bernal (1992) e Sampaio (1999), em países como o Peru, a pesca de *E. rigens* diminui consideravelmente em anos de El Niño e aumenta nos anos de ocorrência de La Niña. Essa mesma tendência foi observada nas capturas de *Sardinops caeruleus* na Baía Magdalena (Palomares-García *et al.*, 2003).

Fuenzalida & Cubillos (1990) e Uraga *et al.* (1996), estudando as espécies *S. japonicus* e *Sardinops sagax* que ocorrem nas regiões do Chile e da Baja Califórnia, respectivamente, verificaram que a relação inversa existente entre os desembarques

dessas espécies e a Temperatura Superficial do Mar (TSM) esteve associada ao evento El Niño. A análise dos valores da TSM registrados na área de estudo, compreendida entre Paita e Ilo, evidenciaram que El Niño 1997-1998 e La Niña 1996 e 1999-2001 favoreceram o incremento das capturas de *S. japonicus peruanus*. Fato que não aconteceu no El Niño 1992-1993, uma vez que as capturas da cavalinha diminuíram sensivelmente, não ultrapassando as 17 mil toneladas (Tabela 6).

Por outro lado, estudos feitos sobre a avaliação dos estoques pelágicos mostraram que as variações da TSM, aliadas aos padrões de circulação e ressurgência, afetaram as capturas desses estoques (Santander & Flores, 1986; Alheit & Bernal, 1992; Borja *et al.*, 2002; Lluch-Belda *et al.*, 2005).

A espécie *S. japonicus*, que ocorre na Argentina o ano todo, é mais numerosa em águas com temperaturas de 15°C a 18°C (Perrota *et al.*, 1998; Perrota *et al.*, 2001). Em países como Chile e Peru, a cavalinha também mostrou preferência por águas com temperaturas de 16,5°C a 18°C e de 15°C a 20°C, respectivamente (Kotlyar & Abramov, 1982; Fuenzalida & Cubillos, 1990; Caramantín-Soriano, 2004a).

Loeb & Rojas (1988) associaram o incremento das capturas da espécie *S. sagax sagax* no litoral peruano à intensificação da Água Subtropical Superficial (ASS) durante os El Niño 1982-1983 e 1997-1998. Essa mesma associação foi observada na espécie *S. japonicus peruanus*, no litoral peruano, por Santander & Sandoval

del Castillo (1981) e Dioses *et al.* (2002). No presente trabalho, foi verificado o predomínio da ASS durante o evento El Niño 1997-1998, o que pode ter contribuído para o incremento dos desembarques da cavalinha.

As áreas de ressurgência estão diretamente relacionadas com a diminuição ou aumento de até 50% da pescaria pelágica (Pauly *et al.*, 1989; Freón & Misund, 1999; FAO, 2002). Estudos feitos para avaliar a distribuição das espécies pelágicas no mar peruano entre fevereiro de 1997 e março de 1998, utilizando-se métodos hidroacústicos, mostraram que a cavalinha ocorreu ao longo da costa entre 2 mn e 110 mn (IMARPE, 1997a; 1997b; 1998; 1999). Nessa mesma área, entre janeiro de 1999 e março de 2000, foram detectadas elevadas concentrações da cavalinha além das 100 mn (IMARPE, 2000; 2001). Resultados semelhantes foram obtidos no presente trabalho, uma vez que capturas elevadas de cavalinha foram obtidas na região costeira e além de 100 mn, principalmente entre as regiões de Paita (5°S) e Chimbote (9°S), em novembro e dezembro de 1998 e nos meses de janeiro e março de 1999.

Estudos feitos a partir de dados de TSM e de capturas de *Clupea arengus* nas águas da Noruega, bem como de *Sardinops melanostictus* nas águas do Japão, mostraram que o declínio dos estoques dessas espécies foi decorrente das mudanças climáticas, oceânicas e da sobrepesca (Torensen & Ostvedt, 2000; Somma, 2003; Mullon *et al.*, 2005; Tian *et al.*, 2006). Esse mesmo fato foi

verificado para as espécies *S. japonicus* e *E. ringens* que ocorrem nas águas do Equador, Peru e Coréia (Patterson *et al.*, 1993; Csirke *et al.*, 1996; Kim & Kand, 2000).

As mudanças observadas nos desembarques de *S. japonicus peruanus* ao longo do litoral peruano, no período de 1990 a 2003, permitem inferir que a sobrepesca, aliada aos eventos El Niño e La Niña, seriam as principais causas da flutuação populacional dessa espécie.

6.2. Estrutura em comprimento

S. japonicus é uma espécie pelágica que pode atingir pouco mais de 48 cm de comprimento furcal, sendo os exemplares adultos registrados principalmente nos meses de verão e primavera (Kramer, 1969; Lorenzo-Nespeira, 1992; Lorenzo-Nespeira & Gonzáles-Pajuelo, 1993; Kiparissis *et al.*, 2000). De acordo com Perrota (1995), no Mar da Argentina, exemplares adultos de *S. japonicus* de 29 cm a 47 cm de comprimento total ocorrem com maior frequência na primavera e verão. Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo, uma vez que espécimes adultos de *S. japonicus peruanus*, de 29 cm a 41 cm de Cf, são encontrados principalmente na primavera.

As mudanças na estrutura das populações de peixes pelágicos podem ser provocadas pela temperatura e pela exploração intensa de pesca (Freón & Misund, 1999; Toresen & Ostvedt, 2000; Stergiou, 2002). Segundo Kuikka *et al.* (1996),

Lucena *et al.* (2004) e Kamukuru *et al.* (2005), a retirada seletiva de peixes grandes e o tamanho da malha das artes de pesca utilizadas, podem provocar a diminuição do comprimento dos peixes.

Estudos feitos no Mar do Norte, nos últimos 30 anos, mostraram que a sobrepesca de peixes de interesse comercial vem provocando a redução do seu comprimento médio total em até 50% (Zwanenburg, 2000). De acordo com Ratz *et al.* (1999), o comprimento médio da espécie *Gadus morhua* do Oceano Atlântico vem diminuindo há décadas devido à sobrepesca. Em 1959, o comprimento médio dos espécimes com idade 4 a 5 anos era de 61 cm e, em 1980, de 53 cm.

Chaves (1976) encontrou espécimes de *S. japonicus peruanus* com comprimento furcal máximo de 48 cm na região norte do Peru. Kotlyar & Abramov (1982) estudando as cavalinhas do litoral peruano, com base nos dados obtidos durante a expedição do “Profesor Mesgatset” (1972-1973), registraram espécimes com até 46 cm de Cf. Em contraposição, no presente estudo, o comprimento furcal máximo atingido pela cavalinha não ultrapassou 41 cm de Cf. Ao que tudo indica o elevado esforço de pesca a que foram submetidos os espécimes maiores, ao longo do tempo, pode ter contribuído para a diminuição do comprimento furcal da cavalinha.

Lucena *et al.* (2004) verificaram que elevadas capturas de exemplares pequenos de *Scomberomorus brasiliensis* da região

nordeste do Brasil, feitas com redes de espera com malhagem entre 60 mm e 90 mm, foram responsáveis pela diminuição do tamanho médio dessa espécie.

Tsukayama (1983), estudando a pescaria dos peixes pelágicos no litoral peruano, verificou a utilização de redes de cerco de malhagem de 13 mm na captura de espécimes jovens de *S. japonicus peruanus*. De acordo com Sueiro (2005), o tamanho inadequado da malha da rede de cerco seria um dos fatores responsáveis pelo incremento da captura de juvenis de *S. japonicus peruanus* no mar peruano. Embora as embarcações industriais, destinadas à captura da cavalinha, sejam obrigadas a utilizar somente redes de cerco com abertura de malha de 38 mm (PRODUCE, 2004), no período de estudo foram registradas elevadas capturas de exemplares jovens com mais de 10 cm de Cf, principalmente, nos anos de 1997 e 1998. Esses resultados, indicam que as embarcações utilizaram redes com abertura de malha menor que a exigida pelo Ministério de Pesqueria del Peru. Isso justificaria, em parte, a diminuição do tamanho médio da cavalinha registrado no presente trabalho.

6.3. Parâmetros de crescimento

O crescimento nos peixes, definido como a expressão quantitativa do seu desenvolvimento, é um processo que se inicia após a eclosão e acompanha o peixe até o final de sua vida (Nikolski, 1969; Fonteles, 1989). Esse crescimento é registrado nos

otólitos, escamas, espinhos de nadadeiras, vértebras, raios de vértebras, ossos operculares e dentes (Remmert, 1982; Mancera-Rodríguez & Castro-Hernández, 2004; Cutrim & Da Silva-Batista, 2005). Em peixes de regiões tropicais, é muito difícil estimar a idade a partir da leitura dos otólitos. Nesse caso, a utilização de métodos baseados na análise de coortes de comprimento é o mais indicado (Jones, 1981; Pereiro, 1992; Sparre & Venema, 1997).

De um modo geral, o crescimento de um organismo é influenciado por fatores como: temperatura, salinidade, ciclo reprodutivo e a disponibilidade de alimento (Freón & Misund, 1999; Lappalainen & Malinen, 2005). Para Martinez-Palacios *et al.* (1996), a temperatura da água do mar é um dos fatores que mais afetam o metabolismo e o crescimento dos peixes.

Robards *et al.* (2002), estudando o crescimento de *Ammodytes hexapterus* (Ammodytidae) na região do Pacífico, verificou a existência de uma relação direta entre a taxa de crescimento e a temperatura. De acordo com Hiyama *et al.* (2002), o crescimento da espécie *S. japonicus*, da China e do Japão, foi influenciado pelo aumento da temperatura do mar. Para Perrota *et al.* (2001), o crescimento de *S. japonicus* nas águas da Argentina foi maior em áreas que possuem temperaturas elevadas e disponibilidade de alimento.

Pauly & Tsukayama (1983) e Bellido *et al.* (2000) relataram que o crescimento sazonal em peixes pelágicos tem relação estreita

com os parâmetros de crescimento Winter point (Wp) e Amplitude de oscilação (C). Palomares *et al.* (1987), baseados nos valores de Wp (0,7) e de C (0,27) obtidos para *E. rigens* que ocorre no litoral peruano, concluíram que a espécie teve crescimento mais lento no inverno, o que coincidiu com o pico principal de desova. No presente estudo, a obtenção de uma amplitude de oscilação de 0,40 e Winter point de 0,60 para o período total (1996-2003), indicam que o crescimento da cavalinha foi menor no verão. Coincidentemente, nessa estação do ano a atividade reprodutiva da espécie é maior (Caramantín, 2001).

Estudos feitos sobre a idade e crescimento de *S. japonicus* mostraram que o seu crescimento é relativamente curto (Perrota, 1993b; Kiparissis *et al.*, 2000). Em geral, a taxa de crescimento dessa espécie pode variar de 0,17 ano⁻¹ a 0,41 ano⁻¹ (Dawson, 1986; Gluyas-Millán & Quiñonez-Velazquez, 1997; Cucalón-Zenck, 1999). Mendo (1984), estudando o crescimento de *S. japonicus peruanus* da região norte do litoral peruano, através da leitura de otólitos, verificou que essa espécie possui taxa de crescimento de 0,40 ano⁻¹. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram o relato do autor acima citado, uma vez que a taxa de crescimento da cavalinha para o período de 1996 a 2003 também foi de 0,40 ano⁻¹.

A taxa de crescimento de *S. japonicus peruanus*, que ocorre na região norte do mar peruano, atinge 44,0% de Cf_{∞} no primeiro ano de vida e 64,1% de Cf_{∞} no segundo ano (Mendo, 1984).

Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo, já que a taxa de crescimento relativa da cavalinha foi de 42,0% e 61,1% de Cf_{∞} no primeiro e segundo anos de vida, respectivamente.

De acordo com Pauly & Munro (1984), os erros nas estimativas dos parâmetros de crescimento (Cf_{∞} e K) dos peixes podem ser avaliados pelo índice de performance de crescimento (ϕ), sendo que esse índice teria valores similares nas espécies de uma mesma família (Monreau *et al.*, 1986). Cucalón-Zenck (1999), com base em dados de frequência de comprimento furcal da espécie *S. japonicus* do Golfo do Equador, estimou um índice de performance médio de 2,95. Resultados semelhantes (2,86) foram obtidos para a cavalinha do mar Peruano, o que seria um indício de que os espécimes dessas duas áreas pertencem ao mesmo estoque.

Aguayo *et al.* (1986), Dawson (1986), Menz & Pizarro (1988) e Culcalón-Zenck (1999) relataram que os valores de Cf_{∞} e K de *S. japonicus peruanus*, das águas do Equador e Chile, variaram de 38 cm a 45 cm e de 0,16 ano⁻¹ a 0,41 ano⁻¹, respectivamente (Tabela 30). Os valores de Cf_{∞} e K obtidos para a cavalinha, no presente estudo, encontram-se dentro da amplitude dos valores acima citados ($Cf_{\infty} = 42,40$ cm e $K = 0,40$ ano⁻¹).

6.4. Taxas de mortalidade e longevidade

A biomassa de um estoque pesqueiro varia de acordo com o tamanho da população e, principalmente, com a morte dos seus componentes (Sparre & Venema, 1997; Gluyas-Millán & Quiñonez Velazquez 1997; Cutrin & Da Silva-Batista, 2005; Wang & Liu, 2006). Segundo Sparre & Venema (1997) e King (1995), a mortalidade natural e a mortalidade por pesca seriam as responsáveis pela redução da biomassa de um estoque.

Nos estoques de peixes comerciais, que normalmente requerem estimativas de mortalidade natural para avaliar seus níveis de exploração, a mortalidade natural é difícil de ser avaliada, por ser específica e constante para cada estoque (Kiparissis *et al.*, 2000; Cadima, 2000; Zheng, 2003; Tanasichuk, 2000; Kamukuru *et al.*, 2005; Wang & Liu, 2006).

As curvas de captura para estimar os valores de mortalidade total de *S. japonicus peruanus* apresentaram correlação com os pontos mais próximos da reta, indicando que não houve grandes variações interanuais no seu recrutamento. Esses resultados mostram que as curvas de captura permitem a obtenção de estimativas razoáveis de mortalidade total.

Os valores das taxas de mortalidade total, por pesca e de exploração de *S. japonicus peruanus*, obtidos neste estudo, revelaram que a espécie sofreu pesca intensa no período de 1996 a 2003. Além disso, a taxa de exploração ($0,77 \text{ ano}^{-1}$) indica que a

espécie vem sendo explorada além da sua capacidade sustentável. Isso, porque valores acima de $0,50 \text{ ano}^{-1}$ são indicativos de sobre-exploração (Gulland, 1983).

Estudos realizados nos mares da Argentina e do Equador mostraram que os valores da mortalidade natural de *S. japonicus* variaram de $0,40 \text{ ano}^{-1}$ a $0,54 \text{ ano}^{-1}$ (OLDEPESCA, 1986; Perrota, 1993b). A taxa de mortalidade natural de *S. japonicus peruanus* no período de 1996 a 2003 foi de $0,50 \text{ ano}^{-1}$, valor que esteve dentro da amplitude registrada pelos autores acima citados.

De acordo com Taylor (1958) e Beverton (1963), os peixes mais velhos possuem comprimento máximo equivalente a 95% do seu comprimento assintótico. No presente trabalho, o maior espécime de cavalinha encontrado nas amostras foi provavelmente o mais velho, já que os comprimentos máximo (41 cm de Cf) e assintótico (42,4 cm de Cf) foram muito próximos.

Gluyas-Millán & Quiñonez-Velazquez (1997), estudando os otólitos de *S. japonicus* do Golfo da Califórnia, verificaram que a longevidade dessa espécie é de até 9 anos, sendo de 8 anos para a cavalinha das águas do Equador (Cucalón-Zenck, 1999). A longevidade da espécie aqui estudada foi estimada em 7,6 anos, valor que esteve muito próximo dos obtidos pelos autores acima citados e pelas análises das curvas de crescimento do sistema ELEFAN I (mais de sete coortes).

6.5. Padrão de recrutamento

O recrutamento é um processo pelo qual o número de indivíduos de uma coorte entra pela primeira vez na área de pesca, tornando-se susceptíveis às artes de pesca (Milton *et al.*, 1996; Sparre & Venema, 1997; Cadima, 2000). Segundo Borja *et al.* (2002), Kawai *et al.* (2002) e Yatsu *et al.* (2005), o recrutamento representa o nascimento efetivo dos indivíduos para uma população comercialmente explorada, sendo o principal responsável pela manutenção do equilíbrio da população.

De acordo com Gluyas-Millán & Gómez-Muñoz (1993), na região da Baja Califórnia, o recrutamento de *S. japonicus* ocorre com maior intensidade no verão e com um ou dois anos de vida. No entanto, nas águas Argentinas é um processo que acontece tanto no verão como na primavera (Perrota, 1993b). No presente trabalho, verificou-se que o recrutamento da cavalinha no litoral peruano ocorreu o ano todo, principalmente no verão, e os recrutas tinham de um a três anos de idade e de 14 cm a 28 cm de Cf.

As flutuações do recrutamento dos peixes marinhos são provocadas, em geral, por processos como: turbulência, ressurgência e mudanças da Temperatura Superficial do Mar, entre outros (Cushing, 1982; Wooster & Bayley, 1989; Beamish, 1995; Zhao *et al.*, 2003; Skogen, 2005). Para De Anda *et al.* (1994) e Borja *et al.* (2002), a turbulência seria um dos fatores reguladores do recrutamento das espécies *Sardinops sagax* (Golfo da Califórnia) e *Scomber scombrus* (Atlântico nordeste),

respectivamente. Segundo Borja *et al.* (1998), Freón & Misund (1999), Cole (1999), Williams & Quinn (2000) e LLuch-Belda *et al.* (2005), a temperatura é um dos fatores que influenciam a distribuição e o recrutamento das espécies pelágicas. Yatsu *et al.* (2005) verificaram que nas regiões sul e central do Japão o recrutamento da espécie *Sardinops melanostictus* foi afetado, principalmente, pela Temperatura Superficial do Mar. Paramo *et al.* (2003) registrou maior número de juvenis da espécie *Opisthonema oglinum*, no mar da Colômbia, em anos onde a temperatura da água foi mais elevada.

Espécies como *S. japonicus* constituem populações complexas, cujos padrões de distribuição e recrutamento são influenciados basicamente pela temperatura (Francis *et al.*, 1998). Estudos feitos a partir de dados de captura-comprimento e idade de *S. japonicus*, dos mares da China e do Japão, mostraram que os juvenis são mais abundantes entre junho e agosto, quando a temperatura do mar é relativamente alta (Nishida, 1997; Hiyama *et al.*, 2002). Em contraposição, no Mar da Argentina os juvenis de *S. japonicus* são mais numerosos em águas com temperaturas de até 19°C (Perrota *et al.*, 2001). Ñiquen & Bouchon (2004) verificaram que no litoral peruano, durante os eventos El Niño 1997 e 1998 houve incremento da porcentagem de juvenis na população de *S. japonicus peruanus*.

Autores como Cole (1999), Dimmlich *et al.* (2004) e Skogen (2005) relataram que o sucesso do recrutamento dos peixes

pelágicos está estreitamente relacionado à intensificação da ressurgência. De acordo com Lorenzo-Nespeira & González-Pajuelo (1996), nas Ilhas Canárias (Espanha) a espécie *S. japonicus* desova em áreas de ressurgência costeira, garantindo com isso o sucesso do seu recrutamento. Fato semelhante foi observado por Perrota *et al.* (2001), na espécie *S. japonicus* que ocorre no mar da Argentina.

A maioria dos peixes pelágicos juvenis é encontrada em áreas de ressurgência costeira, devido à maior disponibilidade de presas de pequeno tamanho (Cushing, 1990; Borja *et al.*, 1998; Ringuelette *et al.*, 2002; Paramo *et al.*, 2003). Nas áreas de ressurgência costeira da Espanha foram registradas concentrações elevadas de espécimes jovens de *S. japonicus*, com comprimento de 14 cm a 18 cm (Hernández, 1991). Esse fato também foi observado no litoral peruano, embora o comprimento dos jovens da espécie *S. japonicus peruanus* tenha sido maior (20 cm a 24 cm de Cf) (IMARPE, 1991).

Os resultados obtidos, no presente trabalho, evidenciam a influência de El Niño (1997-1998) e La Niña (1999-2000) no incremento de recrutas da espécie *S. japonicus peruanus* na área de estudo. Esse aumento de recrutas durante o evento La Niña seria consequência da intensificação da ressurgência, que teria favorecido a sobrevivência dos juvenis. No entanto, a elevação da temperatura da água provocada pelo El Niño teria estimulado a maturação das gônadas e o prolongamento do período das desovas da cavalinha.

6.6. Avaliação do estoque

De acordo com Mullon *et al.* (2005), o atual nível de esforço de pesca mundial implica principalmente na redução da biodiversidade. Para Jackson *et al.* (2001) e Myers & Worm (2003), a expansão das pescarias comerciais tem levado à redução dos estoques de algumas espécies marinhas, com conseqüentes impactos econômicos.

Levantamentos recentes feitos pela FAO (2004), revelaram que 52% dos estoques de peixes marinhos de importância comercial encontram-se em nível máximo de exploração, 21% moderadamente explorados, 16% sobre-explorados, 7% severamente esgotados, e 1% em estado de recuperação. Esses levantamentos evidenciaram, também, que aproximadamente 75% das principais áreas pesqueiras do mundo estariam totalmente exploradas. Segundo Somma (2003), espécies pelágicas que eram abundantes foram disseminadas (*Clupea harengus*), várias reduzidas a níveis que comprometeram sua recuperação (atuns do Atlântico) e outra colocadas na lista das espécies em perigo de extinção (espécies de salmão do Pacífico e Atlântico).

Hiyama *et al.* (2002), estudando a análise populacional da espécie *S. japonicus* da China e do Japão no período de 1975 a 1999, verificaram que a taxa de mortalidade dos exemplares adultos foi de até 2,40 ano⁻¹ e concluíram que, nesse período, a espécie tinha sofrido sobrepesca. Fato semelhante foi observado nos adultos de *S. japonicus* que ocorrem no Pacífico, onde houve

elevada pressão de pesca no período de 1993 a 1999 (Kawai *et al.*, 2002). Essa mesma tendência foi observada no presente estudo, já que os espécimes adultos de *S. japonicus peruanus* tiveram uma taxa de exploração média de 0,67 ano⁻¹ e mortalidade por pesca média de 1,38 ano⁻¹.

A baixa produção pesqueira dos recursos marinhos pode ser atribuída principalmente ao elevado esforço de pesca, principalmente de jovens, à redução do estoque adulto desovante e às condições ambientais (Hilborn & Walters, 1992; Zhao *et al.*, 2003; Mullon *et al.*, 2005).

As falhas de recrutamento registradas nas espécies *Sardinops sagax* da Califórnia e *Sardinops harengus* do Mar da Noruega, foram provocadas pela excessiva pressão pesqueira e pela elevada Temperatura Superficial do Mar (Jacobson & Maccall, 1995; Godo, 2003). No entanto, Patterson *et al.* (1993) atribuíram as falhas ocorridas no recrutamento de *S. japonicus*, nas águas do Equador, à ocorrência do fenômeno El Niño. No presente trabalho, os elevados valores de mortalidade por pesca dos indivíduos jovens registrados na área de estudo (Tabela 22), ao que tudo indica, teriam afetado negativamente o recrutamento da espécie *S. japonicus peruanus* no período de 1993 a 2003, pondo em risco a continuidade do estoque.

A análise de população virtual de *Sardinella brasiliensis* revelou que uma super-estimativa da mortalidade natural leva a uma sub-estimativa da mortalidade por pesca, acontecendo o

contrário quando é feita a sub-estimativa da mortalidade natural (Cergole, 1996). Essas relações também foram observadas no presente estudo, já que quando a mortalidade natural da cavalinha foi aumentada, houve uma redução da mortalidade por pesca de até 7,25%.

Modelos preditivos e de rendimento por recruta vêm sendo amplamente utilizados na avaliação dos estoques pesqueiros, para a tomada de medidas de manejo que permitam garantir a sustentabilidade desses estoques (King, 1995; Maunder, 2002; Jennings, 2005; Sakuramoto, 2005). Os modelos de rendimento por recruta de Beverton & Holt e do preditivo de Thompson & Bell, por exemplo, são ferramentas de grande utilidade nos planos de manejo dos estoques de peixes de importância comercial (García-Franco *et al.*, 2001; Katsukawa, 2005).

Estudos feitos a partir da análise de rendimento por recruta de *Scomberomurus commerson*, que ocorre nas águas da Índia, mostraram que a espécie está próxima do máximo sustentável, devido à sobrepesca (Devaraj *et al.*, 1999). Esse mesmo fato foi observado em *Scomberomorus brasiliensis* da região nordeste do Brasil (Lessa *et al.*, 2004). As curvas de rendimento por recruta de *S. japonicus peruanus*, obtidas no presente trabalho mostram claramente que o valor atual de mortalidade por pesca ($1,37 \text{ ano}^{-1}$; $C_{f50} = 26,40 \text{ cm de Cf}$) está próximo à capacidade de suporte do estoque, o que reduziria a biomassa do estoque virgem a 16%.

De acordo com Jensen (2000), não existe uma boa relação entre o rendimento e a mortalidade por pesca dos estoques pesqueiros, quando a mortalidade natural é elevada em relação ao crescimento. No presente trabalho, verificou-se que valores elevados de mortalidade natural, introduzidos no modelo de Beverton & Holt, resultariam em um maior esforço de pesca para maximizar o rendimento. Isso colocaria em risco a biomassa do estoque virgem da cavalinha porque, com uma mortalidade natural de $0,60 \text{ ano}^{-1}$, sofreria redução de até 1%.

O ponto limite de referência biológica $F_{0.1}$ é freqüentemente utilizado no manejo pesqueiro das populações pelágicas com a finalidade de garantir a preservação de seus estoques, especialmente, quando há indicações de sobre-exploração (Maunder, 2002). Para Jensen (2000), o $F_{0.1}$ é o nível ótimo de esforço de pesca aplicado como uma medida de regulamentação na gestão das pescarias, sendo os valores de $F_{0.1}$ registrados para as espécies *Clupea arenagus* e *Thunus albacares* de $0,24 \text{ ano}^{-1}$ e $1,06 \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. No presente trabalho, o valor de $F_{0.1}$ necessário para prevenir a sobrepesca do estoque da cavalinha indica que as taxas de mortalidade por pesca ideais seriam de $0,60 \text{ ano}^{-1}$, e que não devem exceder os $2,50 \text{ ano}^{-1}$.

Cergole (1996), estudando o estoque da espécie *Sardinella brasiliensis* da costa sudeste do Brasil, a partir do modelo de Thompson & Bell, verificou que um aumento de esforço de pesca não seria recompensado com um aumento no rendimento. Ávila-

da-Silva (2002), utilizando esse mesmo método de avaliação, constatou que o nível de esforço de pesca de *Lopholatilus villarii* (Malacanthidae) da margem continental da costa brasileira, entre os paralelos 22°S e 28°S, esteve além da capacidade de suporte do seu estoque, sendo necessário utilizar apenas 10% do seu nível de esforço atual, para prevenir a sobrepesca.

As estimativas obtidas no presente trabalho, aplicando-se o modelo de predição de Thompson & Bell, mostraram que a taxa de mortalidade atual de *S. japonicus peruanus* também está próxima ao máximo rendimento sustentável. Esses resultados permitem inferir que a diminuição da pressão de pesca resultaria em grandes ganhos na biomassa média total da população da cavalinha.

Com base nos resultados obtidos, que mostram a situação de sobre-exploração em que se encontra a espécie *S. japonicus peruanus*, é necessário que sejam aplicadas medidas urgentes de ordenamento para garantir sua proteção e a sustentabilidade do estoque. Uma das recomendações seria que a fiscalização da pesca fosse mais efetiva, para que se cumpra a portaria D.S. 024-2001, editada pelo Ministério de Pesca del Peru, que entrou em vigência o dia 12 de junho de 2001. Essa portaria regulamenta o tamanho mínimo de captura da cavalinha em 32 cm de comprimento furcal e malhagem da rede de cerco, que neste caso seria de 38 mm.

Por outro lado, os resultados obtidos apontam a necessidade de aprofundar os estudos da dinâmica populacional

do estoque de *S. japonicus peruanus*, baseados na dinâmica da frota de cerco e na avaliação do estoque desovante.

7. Conclusões

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que:

- Os desembarques anuais de *S. japonicus peruanus* sofreram variações marcadas ao longo do período de estudo, especialmente nos anos de 1992 (8.119 t), 1998 (380.526) e 1999 (387.6.59).
- Os desembarques da espécie *S. japonicus peruanus* e sua relação com a Temperatura Superficial do Mar indicam que El Niño 1997-1998 e La Niña 1996 e 1999-2001 favoreceram o incremento das capturas.
- O comprimento médio furcal da cavalinha no período de 1993 a 2003 diminuiu de 30,50 cm para 26,70 cm.
- O recrutamento de *S. japonicus peruanus* é um processo que ocorreu o ano todo, principalmente no verão.
- O comprimento furcal assintótico da cavalinha no período de 1996 a 2003, foi 42,40 cm, a taxa de crescimento $0,40 \text{ ano}^{-1}$, e a taxa de mortalidade natural $0,50 \text{ ano}^{-1}$. A longevidade estimada para a espécie foi de 7,60 anos.
- Os resultados obtidos mostraram que o estoque de *S. japonicus peruanus* foi sobre-explotado e que está próximo da sua capacidade máxima.

8. Referências bibliográficas

- AGUAYO, M.; STEFFENS, H. & WITTERSHEINM, Y. 1986. Determinación de edad y crecimiento de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) en la zona comprendida entre Africa y Coquimbo. *Inst. Fomet. Pesq.-Chile*, 91p.
- ALHEIT, J. & BERNAL, P. 1992. Effects of physical and biological changes on the biomass yield of the Humboldt current ecosystem. In: Sherman K, Alexander LM, Gold B (Ed.). Large marine ecosystems: stress, mitigation and sustainability. AAAS Press, Washington, DC, p. 252–267.
- ARNTZ, W.E. & FAHRBACH, E. 1996. El Niño-Experimento climático de la naturaleza. Berlim: Springer-Verlag, 297p.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O. 2002. A evolução da pesca de linha de fundo e a dinâmica de população do peixe batata, *Lopholatilus villarii* (Teleostomi: Malacanthidae) na margem continental da costa brasileira entre os paralelos 22°S e 28 S°. Tese de doutorado Universidade de São Paulo. 217 p.
- BAILEY, R.S. 1992. The global pelagic fish resource and its biological potential. In *Pelagic Fish, The Resource and its Exploitation*, pp. 1-20 [J. R. Burt, R. Hardy and K. J. Whittle, editors]. Oxford: Fishing News Books.
- BAKKEN, E. & WESTGARD, T. 1986. Intermixture of the North sea and western mackerel stocks, determined by analyses of Norwegian tagging data. ICES: International Council for the Exploration of the Sea. doc. C.M. 1977/J:14.
- BEAMISH, R. J. 1995. Climate change and northern fish populations. *Fish. Aquat. Sci.* (121):200-450.
- BELLIDO, J.M.; PIERCEA, G.J.; ROMEROB, J.L. & MILLÂN, M. 2000. Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) in the Gulf of Cádiz (SW Spain). *Fish. Res.*, 48:107-115.

- BERTALANFFY, L.V. 1957. Quantitative laws in the metabolism and growth. *Q. Rev. Biol.*, 32(3):217-230.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J. 1959. A review of the lifespan and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics, apud WOLSTENHOLME, G. E; O'CONNOR, C. M., (Ed). The lifespan of animals. CIBA fundation, colloquia on ageing, 5:142-180.
- _____ 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 154:47-67.
- BHATTACHARYA, C.G. 1967. A simple method of resolution of distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 28:115-135.
- BJERKNES, J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Ver.*, 97:163-172.
- BLAGODEROV, A.I. 1973. A contribution to the study of linear growth of Japanese mackerel, *Scomber japonicus*. *Fish Biol. Oceanogr.*, 4:135-141.
- BORJA, A.; URIARTE, A; EGAÑA, J.; LORENZO, M & VALENCIA, V. 1998. Relationships between anchovy (*Engraulis encrasilocus*) recruitmen and in the Bay of Biscay (1967-1996). *Fish Oceanogr.*, 7(314):375-380.
- BORJA, A.; URIARTE, A. & EGAÑA, J. 2002. Environmental factors and, recruitment of mackerel, *Scomber scombrus* L. 1758, along the north-east Atlantic coast of Europe. *Fish Oceanogr.*, 11(2):116-177.
- BUITRON, B. & PEREA, A. 1998. Estimación de la fecundidad parcial de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) a inicios de otoño 1998. *Infmes Inst. Mar Peru*, 135: 143-146.
- BURGOA. A.W. 2005. ¿La llegada de francisco Pizarro al Perú, ocurrió durante un episodio del fenómeno de el Niño?. FIUMSA, Lima. Disponible em

<http://www.fiunsa.edu.bo/social/experimentosAB>. Acesso em: 25 nov. 2005.

- CADIMA, E. 2000. Manual de avaliação de recursos pesqueiros. Documento técnico sobre as pescas. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 393:10-125.
- CARAMANTÍN, H., 1998. Algunos aspectos reproductivos y su relación con el factor de condición de *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubb, 1925) (Teleostomi: Scombridae) en la zona norte y centro del litoral peruano durante 1990-1991. Tesis de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma de Lima, Perú. 105 p.
- _____ 2001. Efecto de la variabilidad ambiental en los aspectos reproductivos de la Caballa *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubb, 1925) en el litoral peruano durante 1990-1998. Tese de maestrado. Facultad de Ingenieria. Universidad Nacional Federico Villareal de Lima, Peru. 136 p.
- CARAMANTÍN-SORIANO, H.; VEGA-PÉREZ, L. A; ÑIQUEN, M. & CHIPOLLINI, A. 2003. Mudanças no comportamento reprodutivo de *Scomber japonicus peruanus* (Teleostomi: Scombridae) durante o evento El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E SAÚDE, 3., 2003, Santos, São Paulo. Anais...Santos: CBPAS, CD-ROM, p. 71-75.
- CARAMANTÍN-SORIANO, H.; VEGA-PÉREZ, L.A. & ÑIQUEN, M. 2004a. Ocorrência de *Scomber japonicus peruanus* (Teleostomi: Scombridae) no litoral peruano nos outonos de 1997 e 1998. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E SAÚDE, 4., 2004, Santos, São Paulo. Anais...Santos: CBPAS, CD-ROM, p.58-60.
- _____ 2004b Efeitos do El Niño e La Niña nos desembarques de *Scomber japonicus peruanus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E

- SAÚDE, 4., 2004, Santos, São Paulo. Anais...Santos: CBPAS, CD-ROM, p. 61-63.
- CARAMANTÍN-SORIANO, H. & VEGA-PÉREZ, L.A. 2005. Crescimento e mortalidade de *Scomber japonicus peruanus* (Jordán & Hubb, 1925) na costa peruana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E SAÚDE, 5., 2005, Santos, São Paulo. Anais...Santos: CBPAS, CD-ROM, p. 123-126.
- CHAVES, D. 1976. Algunos aspectos biológicos de la Caballa, *Scomber japonicus peruanus* en el área de Paita y su relación con el factor de condición. Tesis de licenciatura, Universidade Mayor de San Marcos, Lima, 60 p.
- CHAVÉZ, F.P.; BARBER, R.T. & SANDERSON, M.P. 1989. The potential primary production of the Peruvian upwelling ecosystem, 1953-1984. In: PAULY, D. MUCK, P. MENDO, J. SUKAYAMA, I. (Ed.) The Peruvian upwelling ecosystem. *ICLARM: Conference Proc*, 18:50-53.
- CHIRICHIGNO, N. & VÉLEZ, J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 496p. (Edição especial).
- CHIRINOS DE VILDOSO, A. 1984. El Niño: eventos desde 1891 hasta 1958, con énfasis en la bibliografía peruana. *Rev. Com. Perm. Pac. Sur*, 15: 363-392.
- CERGOLE, M.C. 1996. Avaliação do estoque da sardinha-verdadeira, *sardinella brasiliensis* da costa sudeste do Brasil, período 1977 a 1990. Tese de doutorado Universidade de São Paulo. 244 p.
- COLE, J. 1999. Environmental conditions, satellite imagery and clupeoid recruitment in the Northern Benguela upwelling system. *Fish. Oceanogr.*, 8:25-38.

- COLLETTE, B. & NAUEN, C. 1983. Species catalogue. United Nations Development Programme. *FAO Fish. Synop.*, 2(125): 55-65.
- COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR. 1983. Seminário regional sobre recursos pesqueros y sus pesquerias em el Pacifico Sudeste. *Rev. Com. Perm. Pac. Sur*, 13:11-33.
- COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS. 1998. O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do país. 408 p.
- COTOS, H. 1999. La pesca en el Perú, Callao: Chimpum-Callao. Disponível em: <http://chimpum-callao.com/historia/pesca.html>. Acesso em: mar. 2005.
- COUPER-JOHNSTON, R. 2000. The weather phenomenon that changed the world El Niño. 1. ed. London: Hodder & Stoughton. 354p.
- CSIRKE, J. & GUMMY, A. 1996. Analysis of the Bioeconomics of Peruvians Pelagic Fisheries Dedicated to the Production of Fish, Flour, and Oil. *Boln. Inst. Mar Peru*, 115 (2): 2-20.
- CSIRKE, J.; GUEVARA-CARRASCO, R.; CARDENAS, G.; ÑIQUEN, M. & CHIPOLLINI, A. 1996. Situación de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con particular referencia a las regiones norte y centro de la costa peruana. *Boln. Inst. Mar Peru*, 15(1):1-23.
- CUCALÓN-ZENCK, E. 1999. Growth and length-weight parameters of Pacific mackerel (*Scomber japonicus*) in the Gulf of Guayaquil. *NAGA*, 22(3): 32-36.
- CUSHING, D.H. 1982. Climate and fisheries. London: Academia Press, 373 p.
- _____ 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the macht/mismatch hypotesis. *Adv.Mar.Biol.*, 26:249-294.

- CUTRIM, L. & DA SILVA-BATISTA, V. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 35(1) 2005: 85 – 92.
- DAWSON, 1986. The interpretation of otolith structure for the assessment of age and growth of some pelagic fishes from the coast of Ecuador. *Bol. Client. Tec. Inst. Nac. de Pesca de Ecuador*. 9(1):1-24.
- DE ANDA, J.A.; SEIJO, J.C. & MARTINEZ, S. 1994. Reclutamiento y vanabilidad ambiental en la pesquería de sardina monterrey (*Sardinops sagax*) del Golfo de California, Mexico. *Invest. Pesq. (Chile)* 38:23-36.
- DELGADO, C. & GOMERO, R. 1995. Atlas sedimentológico de la Plataforma Continental peruana. *Boln. Inst. Mar Peru*, 110: 5-31.
- DEVERAJ, M.; MOHAMAD, H.; MUTHIANSH, C. & PILLAI, N. 1999. Assessment of the exploited seefish stocks in the Indian water. *J. Mar. Biol.*, 41:62-84.
- DIMMLICH, W.F.; BREED, W.G.; GEDDES, M. & WARD, T.M. 2004. Relative importance of gulf and shelf waters for spawning and recruitment of Australian anchovy, *Engraulis australis*, in South Austrália. *Fish. Oceanogr.* 13(5): 310–323.
- DIOSES, T.; DÁVALOS, R & ZUZUNAGA, J. 2002. El Nino 1982-1983 and 1997-1998: Effects on peruvians jack mackarel and peruvian chub mackarel. *Investnes. mar. Valparaiso*, 30(1):185-187.
- ERZINI K. 2005. Trends in NE Atlantic landings (Souther Portugal): identifying the relative importance of fisheries and variables, *Fish Oceanogr.*, 14(3):195-209.
- ESPINO, M. A. 1999. El Niño 1997-1998. Su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. *Revta. Perú Biol.*, 35 p.

- FAO. 2002. The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA), Roma: Roma: Food and Agriculture Organization, 148 p.
- FAO. 2004. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA), Roma: Food and Agriculture Organization, 168p.
- FONTELES, A.A. 1989. Recursos pesqueiros: Biología e dinâmica populacional. Brasil: Ciará, 296 p.
- FRANCIS, R.C.; HARE, S.R.; HOLLOWED, A.B. & WOOSTER, W.S. 1998. Effects of interdecadal climate variability on the ecosystem of the NE Pacific Oceanic. *Fish. Oceanogr.*, 7(1):1-21.
- FREÓN, P. & MISUND, O. 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. London: Fishing New Books. 348 p.
- FUENZALIDA, R. & CUBILLOS, R. 1990. Relación entre la temperatura superficial del mar y desembarques industriales en el área de Iquique (1976-1986), *Invest. Cient. Tech.*, 1:48-54.
- GARCIA-FRANCO, W.; COTA-VILLAVICENCIO, A. & SANCHEZ-RUIZ, F. 2001. Diagnóstico de la pesquería de peces pelágicos menores en la Costa Occidental de Baja California, México. *INP, Ciencia pesquera* 14: 113-119.
- GLANTZ, M.H. 1996. Current of change: El Niño's impact on climate and society. Cambridge: University of Cambridge, 194 p.
- GLUYAS-MILLÁN, M. G. & GÓMEZ-MUÑOZ, V. 1993. Composición por tallas y edades de la macarela *Scomber japonicus* de Bahía Viscaíno, *Sci. Mar*, 8(1):33:38.
- GLUYAS-MILLÁN, M. G. & QUIÑONEZ-VELAZQUEZ, C. 1997. Age, growth and reproduction of Pacific mackerel *Scomber japonicus* in the Gulf of California. *Sci. Mar*, 6(3): 837-847.
- GLUYAS-MILLÁN, M.; CASTONGUAY, M. & QUIÑONEZ-VELAZQUEZ, C. 1998. Growth of juvenile Pacific mackerel,

- Scomber japonicus* in the Gulf of California, *Sci. Mar*, 62(3): 225-231.
- GODO, O.R. 2003. Fluctuation in stock properties of north-east Arctic cod related to long-term environmental changes, *Fish Fisheries*., 4:121-137.
- GONZÁLES-PAJUELO, J. M.; LORENZO-NESPEIRA, J. M. & MÉNDEZ-VILLAMIL, M. 1996. Determinación del estado de explotación de la breca *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) en aguas de Gran Canarias a través del análisis de cohortes en longitud. *Boln. Inst. Esp. Oceanogr.*, 12(2):115-130.
- GOULAS, A. & KONTOMINAS, M. 2005. Effect of Salting and Smoking-Method on the Keeping Quality of Chup Mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and Sensory Attributes. *Food Chemistry*., 93:511-520.
- GUAYANILO, J. R.; SORIANO, M. & PAULY, D. 1989. A draft guide to the compleat ELEFAN. ICLARM Software 2,70. *ICLARM contr.*, (435): 71 p.
- GULLAND, J.A. 1983. World resources of fisheries and their management. In: KINNE, O (Ed.) *Marine Ecology* 5(2), 839-1061.
- GUILLÉN, O. & CALIENTES, R. 1981. Productividad y afloramiento frente a las aguas costeras peruanas. *Boln. Inst. Mar Peru*, p. 130-143 (Edición especial).
- HALLEY, J.M & STERGIOU, C.I. 2005. The implications of increasing variability of fish landings. *Fish Fisheries*, 6:266-276.
- HERNÁNDEZ, J.J. 1991. Ecología trófica de la caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1780). Tese de doutorado. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España, 229p.

- HILBORN, R. & WALTERS, C.J. 1992. Quantitative fish stock assessment: choice dynamics and uncertainty. New York: Chapman and Hall, 570 p.
- HIYAMA, Y.; YODA, M. & OHSHIMO, S. 2002. Stock size fluctuations in chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and the Japan/East Sea. *Fish Oceanogr.*, 11(6):347-353.
- HWANG, S. D. & LEE, T. W. 2005. Spawning dates and early growth of chub mackerel *Scomber japonicus* as indicated by otolith microstructure of juveniles in the inshore nursery ground. *Fish. Sci.*, 71: 1185–1187.
- IMARPE. 1991. Evaluación de los principales recursos pelágicos en la costa peruana. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 101: 3-69.
- IMARPE & ITP. 1996. Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú, Callao, p. 39-41.
- IMARPE. 1997a. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC SNP-1 9702-03 y BIC Humboldt 9704. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 127, 91 p.
- IMARPE. 1997b. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC Humboldt 9709-10 entre Matarani y Paita. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 130, 87p.
- IMARPE. 1998. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 135, 204p.
- IMARPE. 1999. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC José Olaya Balandra 9811-12 de Isla Lobos de Tierra a Morro Sama. *Infmes. Inst. Mar Peru*, 146, 103p.
- IMARPE. 2000. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC José Olaya Balandra y BIC SNP-2 9911-12 de Punta Falsa a Punta Caballas. *Infmes Inst. Mar Peru*, 157:37-71.

- IMARPE. 2001. Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BIC José Olaya Balandra, BIC SNP-2, L/P IMARPE V y L/P IMARPE IV 0103-04 de Tumbes a Tacna. *Infmes. Ejecutivo Inst. Mar Peru*, 29p.
- JACKSON, J.B.; KIRBY, M.X. & BERGER, W.H. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Sci.* 293:629–638.
- JACOBSON, L.D. & MACCALL, A. 1995. Stock–recruitment models for Pacific sardine (*Sardinops sagax*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52:566–577.
- JENSEN, A. L. 2000. Harvest reference points for the Beverton and Holt dynamic pool model. *Fish. Res.*, 47:93-96.
- JENNINGS, S. 2005. Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish Fisheries.*, 6: 212–232.
- JONES, R. 1981. The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish. Circ*; 734:1-60.
- JONES, R. 1990. Length-cohort analysis: The importance of choosing the correct growth parameters. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 46:133-139.
- KANE, R.P. 1997. Relacionamento da oscilação Niño-Do sul do EL e temperatura de superfície do mar pacífico com Rainfall em várias regiões do globo. *Monthly Weather Review*, 125(8):1792-1800.
- KAMUKURU, A.T.; HECHT, T. & MGAYA, Y.D. 2005. Effects of exploitation on age, growth and mortality of the blackspot snapper, at Mafia Island, Tanzania. *Fish. Manag. Ecol.*, 12:45-55.
- KATSUKAWA, T. 2005. Evaluation of current and alternative fisheries management scenarios based on spawning-per-recruit (SPR), revenue-per-recruit (RPR), and yield-per-recruit (YPR) diagrams. *ICES J. Mar Sci.*, 62: 841-846.

- KAULICKE P. 1993. Evidencias paleoclimáticas en asentamientos del Alto Piura durante el período Intermedio Temprano. *Boln. IFEA: l'Institut Français d'Études Andines*, 22 (1):285-286.
- KAWAI, H.; YATSU, A.; WATANABE, C.; MITANI, T.; KATSUKAWA, T. & MATSUDA, H. 2002. Recovery policy for chub mackerel stock using recruitment-per-spawning. *Fish. Sci.*, 68:963-971.
- KLAUER, A. 2000. EL Niño -La Niña: El fenómeno océano-atmosférico del Pacífico Sur, un reto para la ciencia y la historia. 1.ed. Lima: Nueva historia, 76p.
- KLYASHTORIN, L. B. 2001. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches: the possibility of forecasting. *FAO Fish Tech.*, 410: 86 p.
- KIM, S. & KAND, S. 2000. Ecological variations and El Niño effects off the southern coast of the Korean Peninsula during the last three decades. *Fish. Oceanogr.*, 9(3): 239-247.
- KING, M. 1995. Fisheries biology assessment and management. Oxford: Fishing New Books, 341p.
- KIPARISSIS, S.; TSERPES, G. & TSIMENIDIS, N. 2000. Aspects on the demography of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) in the Hellenic seas. *Belg. J. Zool.*, 130:3-7.
- KOTLYAR, A.N. & ABRAMOV, A.A. 1982. Some biological properties of Peruvian mackerel *Scomber japonicus peruanus* (Scombridae). *J. Ichthyol.*, 22:91-101.
- KRAMER, T. 1969. Synopsis of the biological data on the Pacific mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn (North cost Pacific). *FAO Fish. Synop.*, 40:6-15
- KRUTZIKOWSKY, G.K. & EMMETT, R.L. 2005. Diel differences in surface trawl fish catches off Oregon and Washington. *Fish. Res.* 15: 25-36.
- KUIKKA, S.; SUURONEN, P. & PARMANNE, R. 1996. The impacts of increased cod end mesh size on the northern Baltic herring

- fishery: ecosystem and market uncertainties. *ICES J. Mar. Sci.*, 53: 723–730.
- LAMA, A. 2001. No es El Niño, pero se parece. TIERRÁMERICA Online, Brasil, ago. 2001. Disponível em: <http://www.tierramerica.net/2002/0217/acentos.htm>. Acesso em: 12 set. 2005.
- LAPPALAINEN, J. & MALINEN, T. 2005. Temperature dependent growth and yield of pikeperch, *Sander lucioperca*, in Finnish lakes. *Fish. Manag. Ecol.*, 12, 27–35
- LECCA, R. 1962. Desarrollo de la industria pesquera. In: SIMPOSIO DE PESCARIA, 1962. Lima. Anais...Peru: UAM. V.1, p.1-6
- LESSA, R.P.; NÓBREGA, M.F. & BEZERRA-JUNIOR, J.L. 2004. Dinâmica de populações e avaliação de estoques dos recursos pesqueiros da região Nordeste. Relatório. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva, Subcomitê Nordeste, REVIZEE-Score NE, 246p.
- LOEB, V.J. & ROJAS, O. 1988. Interannual variation of ichthyoplankton composition and abundance relations off northern Chile, 1964-83. *Fish. Bull. U.S.*, 86:1-24.
- LOKWOOD, S.J. 1988. The mackerel. Its biology, assessment and the management of a fishery. England: Fishing Book News, 181p.
- LONGHURST.A. R. & PAULY, D. 1987. Ecology of tropical oceans. San Diego: Academic Press, 407 p.
- LORA, J. 1965. Crecimiento de la flota pesquera industrial al 31 de diciembre de 1963. *Infmes. Inst. Mar del Peru*, 2:38p.
- LORENZO-NESPEIRA, J.M. 1992. Crecimiento de la caballa *Scomber japonicus* (houuttuyn, 1782) en aguas del archipiélago

- Canario. Tese de doutorado. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España, 145p.
- LORENZO-NESPEIRA, J.M. & GONZALEZ-PAJUELO, J.M. 1993. Determinación de la talla de primera madurez y periodo reproductivo de la caballa *Scomber japonicus* (houuttuyn, 1782) de las islas Canarias. *Boln. Inst. esp. Oceanogr.*, 9(1):15-21.
- _____ 1996. Growth of the chub mackerel *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) off the Canary Islands determined by length-frequency analysis. *Boln. Inst. esp. Oceanogr.*, 12(2):83-90.
- LLUCH-BELDA, D.; LLUCH-COTA, D.B. & LLUCH-COTA, S.E. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. *Fish. Oceanogr.* 14(6): 458-467.
- LUCENA, F.; LESSA, R.; KOBAYASHI, R. & LIMA-QUIORATO, A. 2004. Aspectos biológicos-pesqueiros da serra, *Scomberomorus brasiliensis*, capturada com rede-de-espera no nordeste do Brasil. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 37:93-104.
- MACHARE, J.; SEBRIER, M.; HUAMAN D. & MERCIER, L. 1986. Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boln. Soc. Geol.*, 76:45-77.
- MANCERA-RODRÍGUEZ, N. & CASTRO-HERNÁNDEZ, J. 2004. Age and growth of *Stephanolepis hispidus* (Linnaeus, 1766) (Pisces: Monacanthidae), in the Canary Islands area. *Fish. Res.*, 66:381-386.
- MARTINEZ-PALACIOS, C; CHAVEZ-SANCHEZ, M.C. & ROSS, L.G. 1996. The effects of water temperature on food intake, growth and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther) juveniles. *Aquat. Res.*, 27:455-461.
- MAUNDER, N. 2002. The relationship between fishing methods, fisheries management and the estimation of maximum sustainable yield. *Fish fish.*, 3:251-260.

- MENDO, J. 1984. Edad, crecimiento y algunos aspectos reproductivos y alimenticios de la caballa, *Scomber japonicus peruanus*. *Boln. Inst. Mar Peru*, 8(4): 101-156.
- MENZ, A & PIZARRO, S. 1988. The fishery, biology and bionomic of the Pacific Macherel (*Scomber japonicus*) in Ecuador. INPE: Instituto Nacional de Pesca de Ecuador, *Bol. Cient. Tec.*, 9(10):16-48.
- MILTON, D.A.; RAWLINSON, J.F. & BLABER, J.M. 1996. Recruitment patterns and factors affecting recruitment of five species of short-lived clupeoids in the tropical South Pacific. *Fish. Res.*, 26: 239-255
- MINITAB. 2000. Minitab Statistical Software Release 13.0. Disponible em: <http://www.minitab.com.htm>. Acceso em: 25 jan. 2004.
- MIÑANO, J. & CASTILLO, J. 1971. Primeros resultados de la investigación biológica pesquera de la "caballa" *Scomber japonicus peruanus* (Chimbote). *Infmes. Inst. Mar Peru*, n. IM-84.
- MONREAU, J.; BAMBINO, C. & PAULY, D. 1986. A comparison of four indices of overall growth performance, based on 100 tilapia populations (Fam. Cichlidae). In: MACLEAN, J.L.; DIZON, L.B. & HOSILLOS, L.V. (Ed.). The first Asian fisheries forum. *Asian Fish. Society*, p.201-206.
- MOOVER, C. & BOICURT, W.C. 1978. Prograde and retrograde fronts. In: BOWMAN, M.J. & W.E. ESAIAS (Ed.). Oceanic fronts in coastal processes, Berlin: Springer-Verlag, p. 43-58.
- MORON, O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana, *Boln. Inst. Mar Peru*, 19(1-2): 179-204.
- MULLON, C.; FREÓN, P. & CURY, P. 2005. The dynamics of collapse in world fisheries. *Fish Fisheries*, 6:11-120.
- MUNRO, J.L. & PAULY, D. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1(1):5-6.

- MYERS, R.A. & WORM, B. 2003. Rapid worldwide depletion of large predatory fish communities. *Nature* 423, 280–283.
- NIKOLSKI, G.V. 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Edinburgh Oliver Boyd, 323 p.
- NISHIDA, H. 1997. Long term fluctuation in the stock of jack mackerel and chub mackerel in the western part of Japan Sea. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.*, 61:316-318.
- ÑIQUEN, M. & BOUCHON, M. 1995. Estadísticas de las pesquería pelágica en la costa peruana. *Boln. Inst. Mar Peru*, 323p.
- ÑIQUEN, M & BOUCHON, M. 2004. Impact of EL Niño of pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep-Sea Res. (Part. II)* 51:563-574.
- OLDEPESCA. 1986. Bases biológicas y marco conceptual para el manejo de los recursos pelágicos en el Pacífico Suroriental. *Doc. Pesca*, 1:181 p.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE A MUDANÇA CLIMÁTICA. 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, p. 137-181.
- PALOMARES, M.L.; MUCK, P.; MENDO, J.; CHUMAN, E.; GOMEZ, O.; & PAULY, D. 1987. Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. In PAULY, D. & Tsukayama, I. (Ed.) The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM Studies and Reviews 15, 351 p. IMARPE, Callao, Peru; GTZ, GmbH Eschborn, Federal Republic of Germany; ICLARM, Manila, Philippines.
- PALOMARES-GARCÍA, R.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, A.; DE SILVA-DÁVILA, R.; FUNES-RODRÍGUEZ, R.; CARBALLIDO-CARRANZA, M.A.; AVENDAÑO-IBARRA, R.; HINOJOSA-

- MEDINA, A. & LÓPEZ-IBARRA, G.A. 2003. Biological effects of El Niño 1997-98 on a shallow subtropical ecosystem: Bahía Magdalena, Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3):455-466.
- PARAMO, J.; QUIÑONES, R.A.; RAMIREZ, A. & WIFF, R. 2003. Relationship between abundance of small pelagic fishes and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information. *Aquat. Living Resour.*, 16: 239-245
- PATTERSON, K.P.; PITCHER, T.J. & STOKES, T.K. 1993. A stock collapse in a fluctuating environment: the chub mackerel *Scomber japonicus* (Houttuyn) in the eastern central Pacific. *Fish. Res.*, 18:199-218.
- PAULY, D. 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. *ICLARM Stud. Rev.*, (1): 35.
- _____ 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Cons. Expl. Mar.*, 39 (2):175-192.
- _____ 1983. Length-covered catch curves. A. Powerful tool fisheries research in the tropics. *INCLARM Fishbyte* (Part I) 2(3):9-10.
- _____ 1984a. Length-covered catch curves. A. Powerful tool fisheries research in the tropics. (Part II) *INCLARM fishbyte*, 2(3):17-19.
- _____ 1984b. Length-covered catch curves. A. Powerful tool fisheries research in the tropics. (Part III) *ICLARM Fishbyte*, 2(3):9-13.
- _____ 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. *ICLARM Conf. Proc.*, (13): 7-34.
- PAULY, D. & GASCHUTZ, G., 1979. A simple method for fitting oscillating length grow data, with a program for pocket

- calculators. *ICES: International Council for the exploration of the sea*, CM 1979/G:24, 26 pp. (mimeo).
- PAULY, D. & TSUKAYAMA, I. 1983. On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) from 1961 to 1979. p. 987-1004. In: SHARP, S. & CSIRKE, J. (Ed.) Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources, San José, Costa Rica, 18-29 April 1983. *FAO Fish. Rep.* 3(291).
- PAULY, D. & MUNRO, J.L. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2(1):21.
- PAULY, D.; MUNRO, J.L.; MENDO, J. & TSUKAYAMA, I. 1989. The peruvian upwelling ecosystem: Dynamics and interactions. *ICLARM, Conference proceeding* 18, 438p.
- PEÑA, N. ALHEIT, J. & NAKAMA, M.E. 1986. Fecundidad parcial de la caballa del Perú (*Scomber japonicus peruanus*). *Boln. Inst Mar Peru*, 10(4):93-104.
- PEREIRO, J. A. 1992. Verificación y extensión de la metodología del análisis de distribuciones de tallas para la estimación de tasas instantáneas de mortalidad por pesca y de la producción por recluta de un stock explotado en estado de equilibrio. *Inst. Esp. Oceanog.*, 10:103p. (Edición especial).
- PERROTA, R.G. 1993a. Comparación mediante el empleo de los caracteres merísticos de caballas originarias de varias regiones geográficas (Cataluña, Islas Canarias y Sudamérica). *INIDEP Mar Del Plata: Inst. Nacional Invest. Desarrollo Pesquero*, 2:7-17.
- _____ 1993b. Estudio biológico y pesquero de la caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). *INIDEP Mar Del Plata: Inst. Nacional Invest. Desarrollo Pesquero*, 2:31-44.
- _____ 1995. Caballa (*Scomber japonicus*). Muestreo de desembarques en el Puerto de mar del Plata (38°LS-57°30'W).

- Temporadas de pesca 1991/92 y 1992/93. *INIDEP Mar Del Plata: Inst. Nacional Invest. Desarrollo Pesquero*, 4:3-22.
- _____2000. Caballa (*Scomber japonicus*). Muestreo de desembarques en el
- PERROTA, R.G.; PERTIERRA, J.P.; VIÑAS, M.D.; MACHI, G. & TRINGALI, L. S. 1998. Una aplicación de los estudios ambientales para orientar la pesquería de la caballa (*Scomber japonicus*) en el mar del Plata. *INIDEP Mar Del Plata: Inst. Nacional Invest. Desarrollo Pesquero*, 23:1-24.
- PERROTA, R.G.; VIÑAS, M.; HERNANDEZ, D. & TRINGALI, L. 2001. Temperature conditions in the Argentine chub mackerel (*Scomber japonicus*) fishing ground: implications for fishery management. *Fish. Oceanogr.*, 10(3):275-283.
- PRODUCE, 2004. Reglamento de Ordenamiento Pesquero de Jurel y Caballa. Disponible en: <http://www.produce.gob.pe/produce/normas.htm>. Acceso em: 20 nov. 2004.
- QUINN, W.H. 1992. A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A.D. 622–1990 incorporating Nile River flood data. In: Diaz, H.F. & Markgraf. V. (E.d). *El Niño: Historical and Paleoclimatical Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 119–150.
- RATZ, H.J.; STEIN, M. & LLORET, J. 1999. Variation in Growth and Recruitment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off Greenland During the Second Half of the Twentieth Century. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 25: 161–170.
- RAVIER, C. & FROMENTIN, J. 2004. Are the long-term fluctuations in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) population related to environmental changes?. *Fish. Oceanogr.*, 13(3):145–160.

- REBIK, S. T. & KUKHAREV, N. N. 1998. Chub mackerel biology and stock assessment in the area of the Somali-Arabian upwelling. PARADI: International Conference for the Paradi Association and The Fisheries Society of Africa, Grahamstown (South Africa), p. 163-164.
- REMMERT, H. 1982. ECOLOGIA. Ed. Universidade de São Paulo, 335 p.
- RIKHTER, V.A. & EFANOV, V.N. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fishes populations. *Ocean Res.*, ICNAF 76/VI/8:121p.
- RINGUETTE, M.; CASTONGUAY, M.; RUNGE, J. & GREGOIRE, F. 2002. Atlantic mackerel (*Somber Scombrus*) recruitment fluctuations in relation to copepod production and juvenile growth. *J. Fish. Aquat. Sci. Can.*, 59: 646-656.
- ROBARDS, M; ROSE, G. & PLATT, J. 2002. Growth and abundance of Pacific sand lance, *Ammodytes hexapterus*, under differing oceanographic regimes. *Environ. Biol. Fish.*, 64:429-441.
- SAKURAMOTO, S. 2005. Does the Ricker or Beverton and Holt type of stock-recruitment relationship truly exist?. *Fish. Sci.*, 71: 577-592
- SAMPAIO, G. 1999. O El Niño e você-fenômeno climático. Brasil:TRANSTEC, 116 p.
- SÁNCHEZ-VELASCO, L. & SHIRASAGO, B. 2000. Larval Feeding of *Scomber japonicus* (Pisces: Scombridae) in the Gulf of California and Its Relation to Temperature and Chlorophyll Satellite Data. *Pacif. Sci.* 54(2): 127-136.
- SÁNCHEZ-VELASCO, L.; AVALOS-GARCÍA, C.; RENTERÍA-CANO, M. & SHIRASAGO, B. 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña) *Deep-Sea Res. (Part. II)* 51: 711-722.

- SANTANDER, H. & SANDOVAL DE CASTILLO, O. 1981. Algunos indicadores biológicos del Ictioplancton. In Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton. Montevideo:UNESCO, p. 89-103.
- SANTANDER, H. & FLORES, R. 1986. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. *FAO Fish. Rep.* 291:835-867.
- SCHAFER, K. 1980. Sinopsis sobre los datos biológicos del stornino (caballa), *Scomber japonicus* Houttutn, 1782 em el Océano Pacífico. *Rev. Com. Perm. Pac. Sur*, 11:247-278.
- SEVER, T.M.; BAYHAN, B.; BILECENOGLU, M. & MAVILI, S. 2006. Diet composition of the juvenile chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Aegean Sea (Izmir Bay, Turkey). *J. Appl. Ichthyol.* 22:145-148.
- SHIRAISHI, T.; OHTA, K.; YAMAGUCHI, A.; YODA, M.; CHUDA, H. & MATSUYAMA, M. 2005. Reproductive parameters of the chub mackerel *Scomber japonicus* estimated from human chorionic gonadotropin-induced final oocyte maturation and ovulation in captivity. *Fish. Sci.*, 71(3): 531-542.
- SHOJI, J.; MAEHARA, T. & TANAKA, M. 1999. Diel vertical movement and feeding rhythm of Japanese Spanish mackerel larvae in the central Seto Inland Sea. *Fish. Sci.*, 65(5): 726-730.
- SKOGEN, M.D. 2005. Clupeoid larval growth and plankton production in the Benguela upwelling system. *Fish. Oceanogr.* 14(1):64-70.
- SOMMA, A. 2003. Conseqüências ambientais e custos econômicos do esgotamento dos recursos oceânicos mundiais *Rev. Eletrônica do Departamento de Estado dos EUA*, 8(1):15-17.
- SPARRE, P. & VENEMA, S.C. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1 (Rev. 2): 407 p.

- STERGIOU K.I. 2002. Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management: Resharpener Ockham's razor. *Fish. Res.* 55: 1-9.
- SUEIRO, J. C. 2005. Al borde del colapso. ICSF: Colectivo Internacional de Apoyo al Pescador Artesanal, *SAMUDRA Rep.*, 41: 29-33.
- TANASICHUK, R.W. 2000. Age-specific natural mortality rates of adult Pacific herring (*Clupea pallasii*) from southern British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57:2258–2266.
- TAYLOR, C. C. 1958. Cod growth and temperature. *Journal de Conseil, Conseil International Pour L'Exploration de la Mer*, 23: 366–370.
- TEIXEIRA, L.C. 1997. Tahuantinsuyo: O estado imperial inca. São Paulo. Disponível em <http://www.luzcom.com.br/inca.htm>. Acesso em: nov. 2004.
- TEVES, N. & ENVANGELISTA, E. 1974. Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos. *Boln. Soc. Geol. Perú*, T.53: 59-74.
- TIAN, Y.; KIDOKORO, H. & WATANABE, T. 2006. Long-term changes in the fish community structure from the Tsushima warm current region of the Japan/East Sea with an emphasis on the impacts of fishing and climate regime shift over the last four decades. *Prog. Oceanogr.*, 68: 217–237
- TORSEN, R. & OSTVEDT, O.J. 2000. Variation in abundance of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus*, Clupeidae) throughout the 20th century and the influence of climatic fluctuation. *Fish. Ser.*, 1:231-256.
- TSUKAYAMA, I. 1983. Recursos pelágicos y sus pesquerías en el Perú. *Rev. Com. Pac. Sur*, (13): 25-63.
- URAGA, F. R.; ALVARADO-CASTILLO, R. & CARMONA-PIÑA, R. 1996. The sardine fishery along the westwern coast of Baja California, 1981 to 1994. *Rept Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest.*, (37):188-192.

- URIARTE, A. & PAULINO, P. 2001. Migration of adult mackerel along the Atlantic European shelf edge from a tagging experiment in the South of the Bay of Biscay in 1994. *Fish. Res.* 50:129-139.
- VASILENKO, A.V.; PAVLYCHEV, U.P. & IVANOV, A.N. 1997. Abundance dynamics and distributional patterns of fish aput, the epipelagic zone of Pacific subarctic front during the summer. *Biol. Res.*, 23(4): 215-226.
- WALSH, M. & MARTIN, J.H. 1986. Recent changes in the distribution and migration of the western mackerel stock in relation to hydrographic changes. *J. Mar Sci.*, 17:10-17.
- WANG, Y. & LIU, L. 2006. Estimation of natural mortality using statistical analysis of fisheries catch-at-age data. *Fish. Res.* 78:342-351.
- WATANABE, T. 1973. The recent trend in the stock size of the Pacific population of the common mackerel off Honshu, Japan, as viewed from egg abundance. Canada: Secretary of State Ottawa, 13 p.
- WATANABE, C. & YATSU, A. 2006. Long-term changes in maturity at age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in relation to population declines in the waters off northeastern Japan. *Fish. Sci.*, 78:323-332.
- WEIZHONG, C.; CHANGSONG, L. & LIANFU, L. 1997. Estimation of the maximum sustainable yield for chub mackerel and round scad in the East China Sea by the surplus production models fitting expert system. *J. Fish China*, 21(4):404-408.
- WEIZHONG, C; FEN, H. & LIPING, Y. 1998. Stock assessment of *Scomber japonicus* from the East China Sea with virtual population analysis. *J. Fish China*, 22 (4): 334-339.
- WILLIAMS, E.H. & QUINN, T.J. 2000. Pacific herring, *Clupea pallasii*, recruitment in the Bering Sea and north-east Pacific

- Ocean, II: relationships to environmental variables and implications for forecasting. *Fish. Oceanogr.*, 9:(4): 300-315.
- WOOSTER, W.S. 1960. El Niño. *Rep. Calif. Coop. Ocean. Fish Invest.*, 7:43-6
- WOOSTER, W.S. & GILMARTIN, M. 1961. The Peru-Chile under current. *J. Mar. Res.*, 19:97-22.
- WOOSTER, W.S & BAYLEY, K.M. 1989. Recruitment of marine fishes revisited. In: BEAMISH, R. J; MCFARLANE, G.A. Effects of Ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. *Fish. Aquat. Sci.*, 108: 153-159.
- WYRTKI, K. 1967. Circulation in the easter tropical ocean with special references to upwelling and under currents. *J. Geophys. Jpn*, 4(2):1-75p.
- YATSU, A.; WATANABE, T.; ISHIDA, M.; SUGISAK, H. & JACOBSON, L.D. 2005. Environmental effects on recruitment and productivity of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and chub mackerel *Scomber japonicus* with recommendations for management. *Fish. Oceanogr.* 14(4): 263–278.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 663p.
- ZARDOYA, R.; CASTILHO, C.; GRANDE, L.; FAVRE-KREY, S.; CAETANO, S.; MARCATO, G.; KREY & T. PATARNELLO. 2004 Differential population structuring of two closely related fish species, the mackerel (*Scomber scombrus*) and the chub mackerel (*Scomber japonicus*), in the Mediterranean Sea. *Molecular Ecology*, 13:1785-1798.
- ZETA, R. 2002. El mercurio peruano y el diario de lima: dos fuentes para el estudio del fenómeno de “el Niño” en 1791. PCLA Online, Lima, Jun. 2002. Disponible em:

<http://www.metodista.br/unesco/PCLA/revista11.htm>.

Acesso: 21 jan. 2005.

- ZHAO, X.; HAMRE, J.; LI, F.; JIN, X & TANG, Q. 2003. Recruitment, sustainable yield and possible ecological consequences of the sharp decline of the anchovy (*Engraulis japonicus*) stock in the Yellow Sea in the 1990s. *Fish. Oceanogr.*, 12:(4/5): 495–501.
- ZHENG, J. 2003. Uncertainties of natural mortality estimates for eastern Bering Sea snow crab *Chionoecetes opilio*. *Fish. Res.*, 65: 411–425.
- ZUTA, E. & GUILLÉN, O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Boln. Inst. Mar Peru*, 2(5): 161-323.
- ZWANENBURG, K.C.T. 2000. The effects of fishing on demersal fish communities of the Scotian shelf. *ICES J. Mar. Sci.* 57:503-509.