

Review

The Pacific Decadal Oscillation

NATHAN J. MANTUA^{1*} and STEVEN R. HARE²

¹*University of Washington, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Oceans,
Seattle, WA 98195-4235, U.S.A.*

²*International Pacific Halibut Commission, P.O. Box 95009, Seattle, WA 98195-2009, U.S.A.*

(Received 19 May 2001; in revised form 16 August 2001; accepted 16 August 2001)

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

- Introdução
- Características da PDO
 - Padrões espaciais
 - Escalas de variabilidade temporal
 - Reconstruções paleoclimáticas
- Impactos da PDO
- Ecossistemas marinhos
- Dinâmica e previsibilidade
- Discussão e conclusões

INTRODUÇÃO

- Nas 2 últimas décadas do século XX, o pacífico extratropical vinha num estado contínuo de Niño, apesar da ausência de eventos tropicais de Niño na maior parte do período;
- Essa situação se iniciou em 1976/77 no Pacífico Norte (PN) e foi reportada como uma mudança de regime por Miller et al. (1994) ao fazer a primeira representação detalhada de mudanças climáticas;
- Ebbesmeyer et al. (1991) quantificaram mudanças em 40 variáveis (climáticas e biológicas), mostrando estatisticamente essa mudança de regime;
- Foram observações na pesca de salmão, num contexto histórico de 70 anos, que formeceram as melhores evidências entre mudanças interdecadais no PN e a pesca na mesma região.

INTRODUÇÃO

- Mantua et al. (1997) nomearam esse modo de variabilidade do Pacífico Norte como PDO, embora outros estudos nomearam de outras formas;
- No início se discutia sobre esse padrão ser um ENOS estendido, mas assim que os estudos começaram a surgir foram apontados 3 principais diferenças entre ENOS e PDO:

1° - Os eventos PDO do séc.XX persistiam por 20 – 30 anos, enquanto o ENOS por 6 – 18 meses;

2° - A assinatura da PDO era mais visível nos extratropicais (principalmente PN), com assinatura secundária nos trópicos, o oposto do ENOS;

3° - Mecanismos que causavam a PDO não eram conhecidos enquanto os que causavam o ENOS eram relativamente bem entendidos;

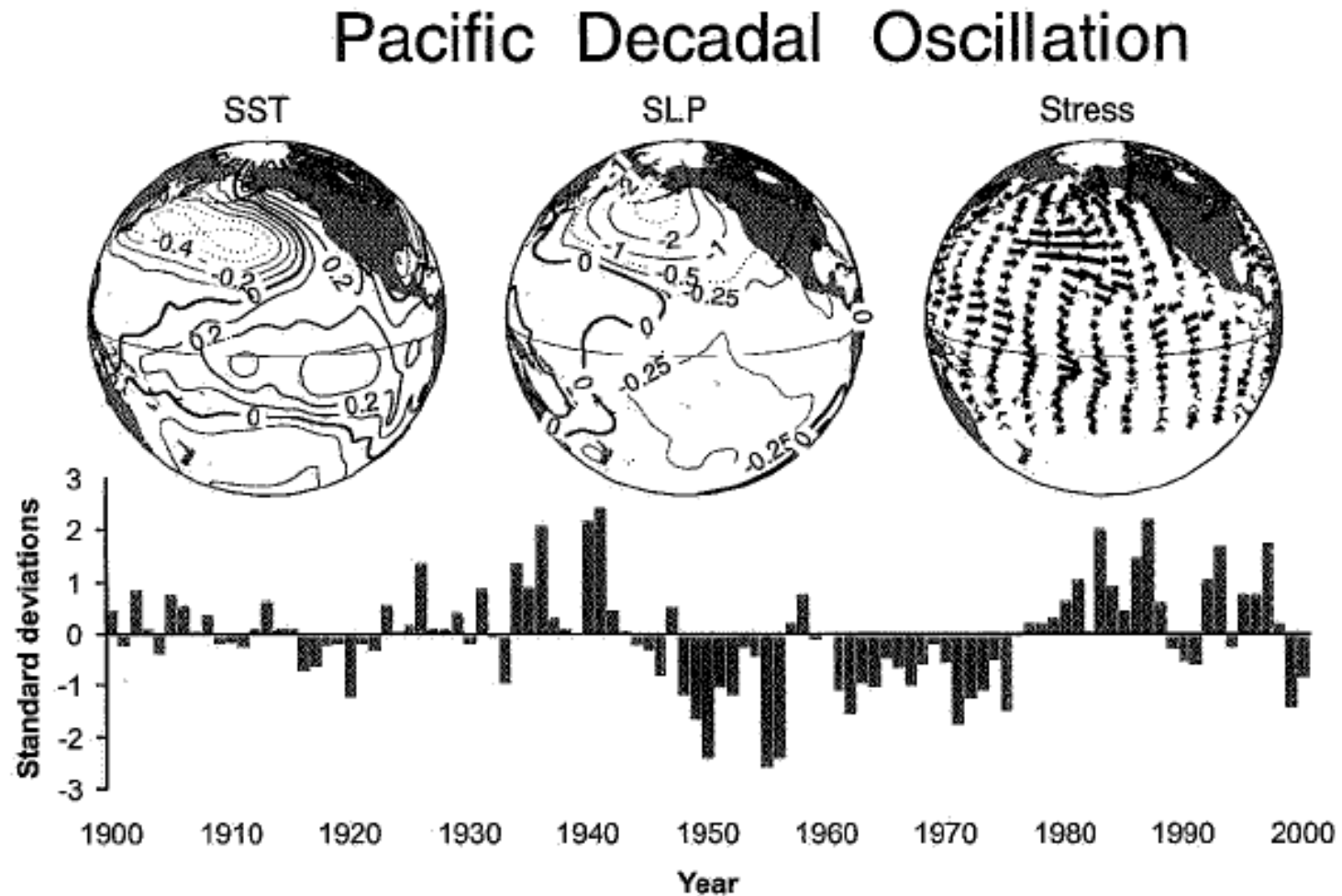
Estudos do final do séc.XX apontaram simetria entre o modo PDO e ecossistemas do PN: salmão, aves marinhas, zooplâncton, peixes de fundo, etc.

- Estudos sobre a dinâmica da PDO foram feitos (sugerindo uma interação ar-mar) mas seu comportamento permanece misterioso.

INTRODUÇÃO

- Alguns estudos independentes encontraram dois ciclos completos da PDO no século passado:
 - Regime frio: 1890-1924 e 1947-1976
 - Regime quente: 1925-1946 e 1977-fim do séc. XX
- Um índice para a PDO foi desenvolvido por Hare (1996) e Zhang (1996), também usado por Mantua et al. (1997), é a componente principal de uma análise de EOF não rotacionada de anomalias residuais mensais da TSM do Pacífico Norte, ao norte de 20°N para o período de registro de 1900-1993. (Residual é definido como a diferença entre as anomalias observadas e as média mensal global de anomalia de TSM)

CARACTERÍSTICAS DA PDO – PADRÕES ESPACIAIS



Pacific Decadal Oscillation

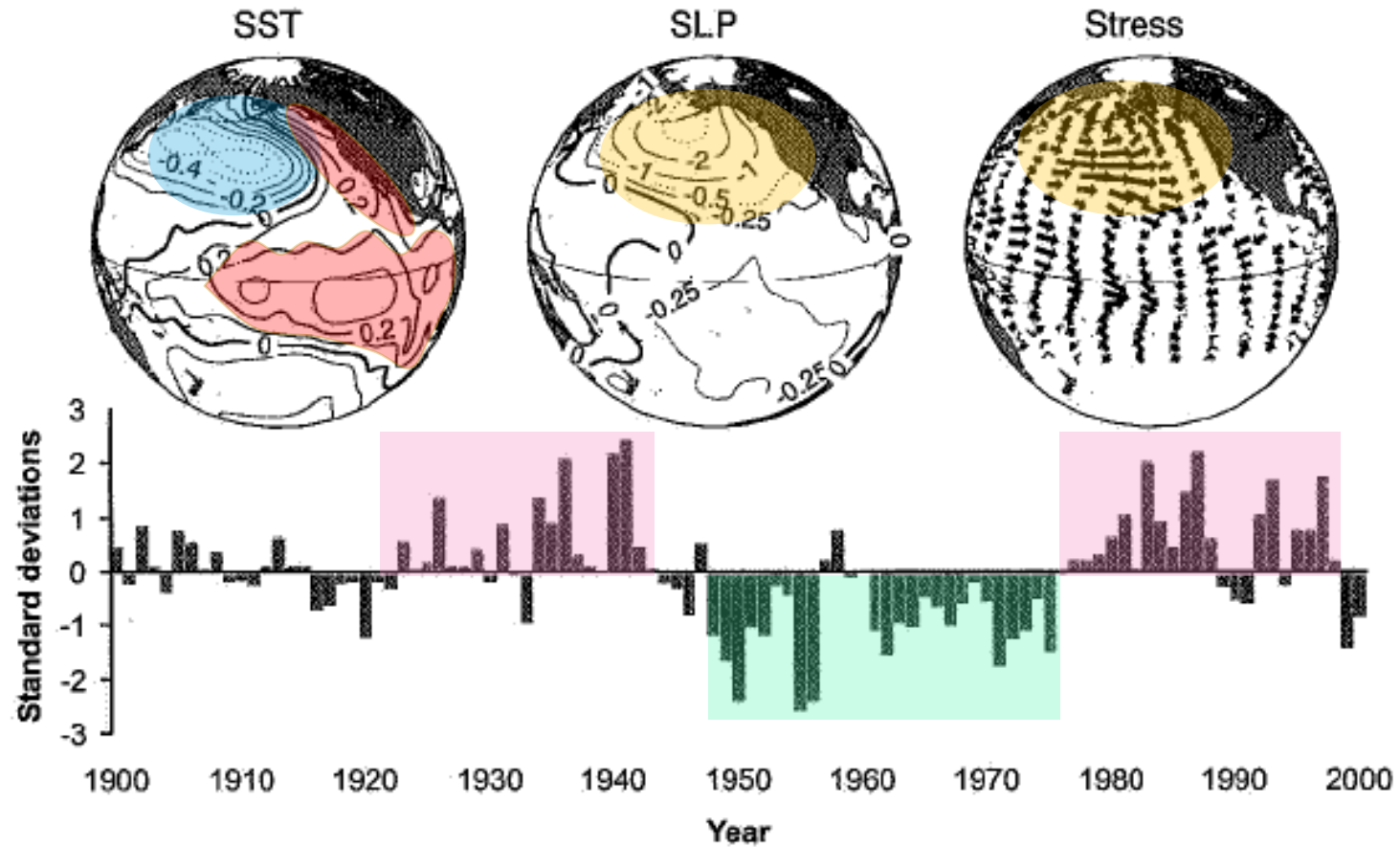


Fig. 1. (top) Anomalous climate conditions associated with warm phases of the Pacific Decadal Oscillation (PDO), and (bottom) November–March average values of the PDO index. Values shown are $^{\circ}\text{C}$ for sea surface temperature (SST), millibars for sea level pressure (SLP) and direction and intensity of surface wind stress. The longest wind vectors represent a pseudostress of $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Actual anomaly values for a given year at a given location are obtained by multiplying the climate anomaly by the associated index value. Adapted and updated from Mantua *et al.* (1997).

CARACTERÍSTICAS DA PDO – ESCALAS DE VARIABILIDADE TEMPORAL

- Estudos destinados a identificar escalas temporais da PDO resultaram em diferentes resultados, devido as diferentes técnicas e conjunto de dados utilizado.
- Minobe (1999,2000), aplicando análise de ondeleta na TSM e PNM no PN durante o inverno e a primavera boreal, encontrou que as flutuações mais energéticas tem periodicidade de 15-25 anos e 50-70 anos.

CARACTERÍSTICAS DA PDO – RECONSTRUÇÕES PALEOCLIMÁTICAS

Para melhor avaliar o comportamento da PDO a longo prazo, vários estudos foram feitos no intuito de reconstruir séries e índices da PDO, alguns desde 1600.

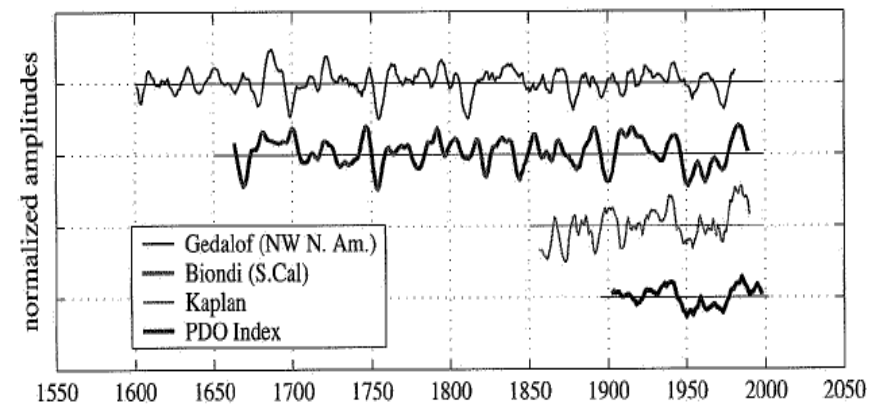
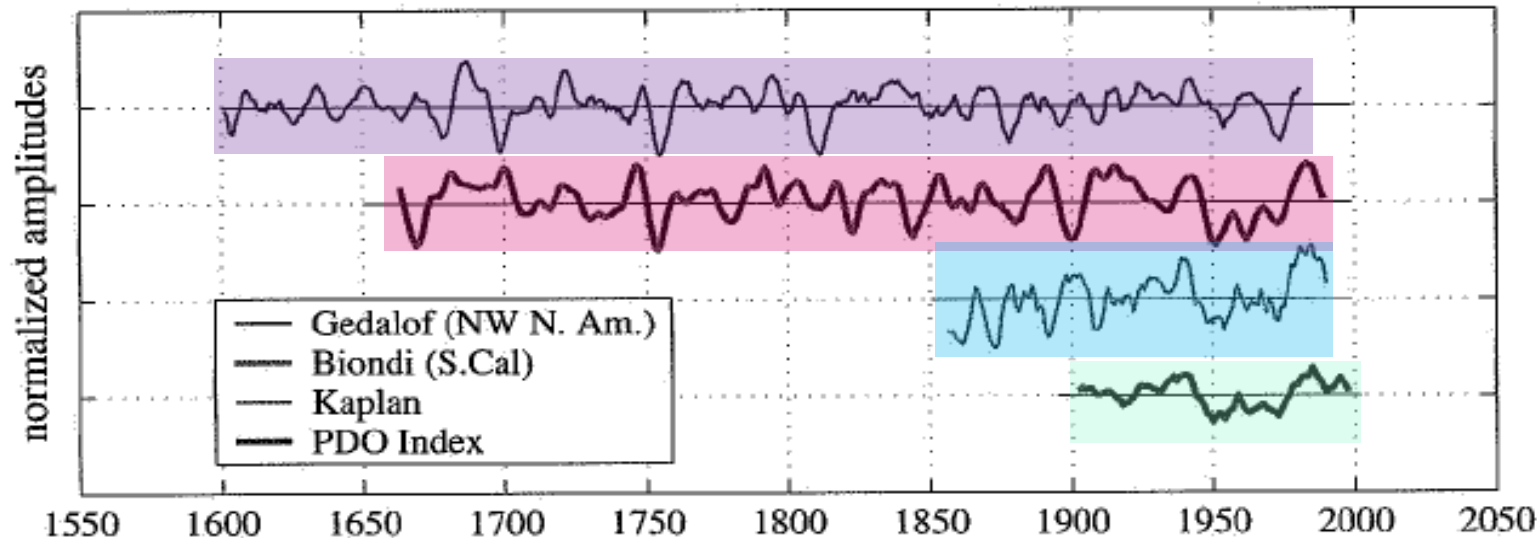


Fig. 2. 5-year running average plots of tree-ring based PDO reconstructions of Gedalof and Smith (2001) and Biondi *et al.* (2001), along with Kaplan *et al.*'s (2000) COADS SST index for 1854–1992 and Mantua *et al.*'s (1997) SST-based PDO index. Each time series has been normalized with respect to the available period of record, and they are plotted with an offset for clarity.

Anéis de árvores da costa norte da Califórnia até o golfo do Alaska

Índice COADS TSM



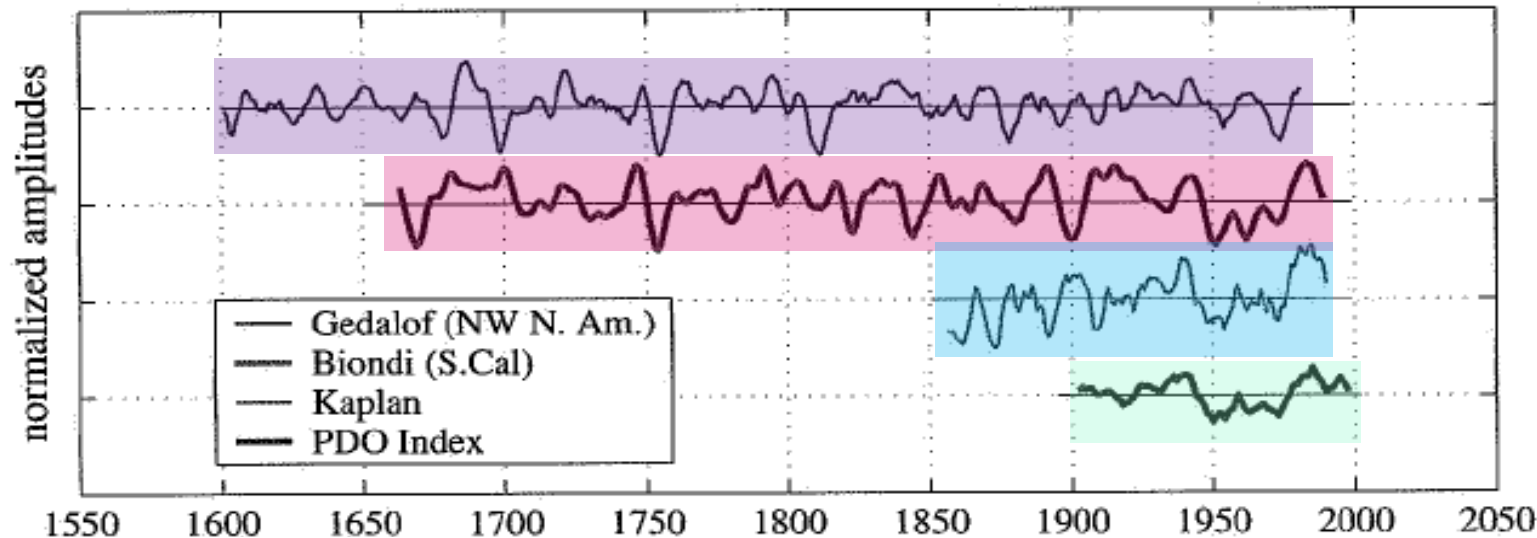
Diferença de largura de anéis de árvores devido a umidade do sul da Califórnia e Baja, México

Índice da PDO baseado na TSM

Fig. 2. 5-year running average plots of tree-ring based PDO reconstructions of Gedalof and Smith (2001) and Biondi *et al.* (2001), along with Kaplan *et al.*'s (2000) COADS SST index for 1854–1992 and Mantua *et al.*'s (1997) SST-based PDO index. Each time series has been normalized with respect to the available period of record, and they are plotted with an offset for clarity.

Anéis de árvores da costa norte da Califórnia até o golfo do Alaska

Índice COADS TSM



Diferença de largura de anéis de árvores devido a umidade do sul da Califórnia e Baja, México

Índice da PDO baseado na TSM

Fig. 2. 5-year running average p (2001), along with Kaplan *et al.* index. Each time series has been offset for clarity.

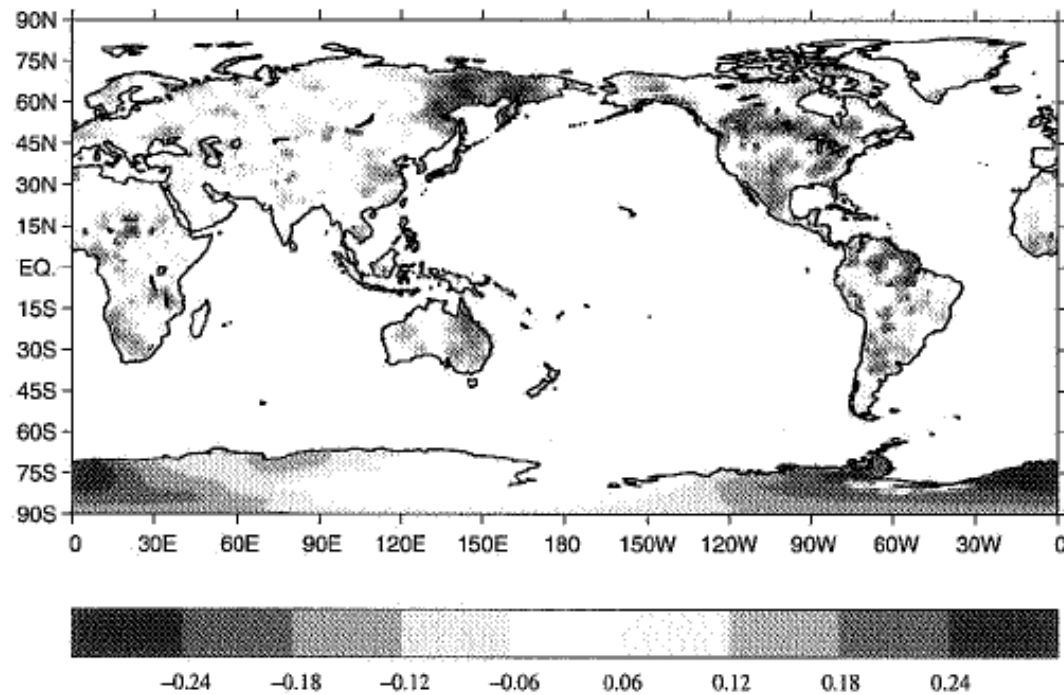
Table 1. Correlation coefficients between the time series displayed in Fig. 2. Correlations were computed on the common period of record (1903–1981). Note that these time series are 5-year running averages of the raw data series.

(2001) and Biondi *et al.*'s (1997) SST-based PDO are plotted with an offset

	PDO Index	Gedalof	Biondi	Kaplan
Gedalof	0.55			
Biondi	0.58	0.31		
Kaplan	0.77	0.58	0.31	

IMPACTOS DA PDO

**0.5 Degree Grid November-April Precipitation
correlated with November-April PDO index: 1950-96**



**0.5 Degree Grid November-April Temperature
correlations with November-April PDO index: 1950-96**

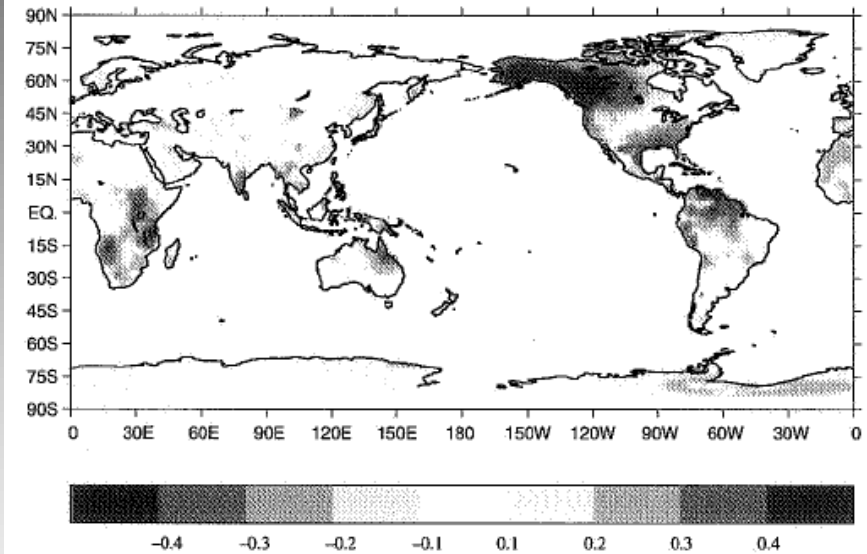
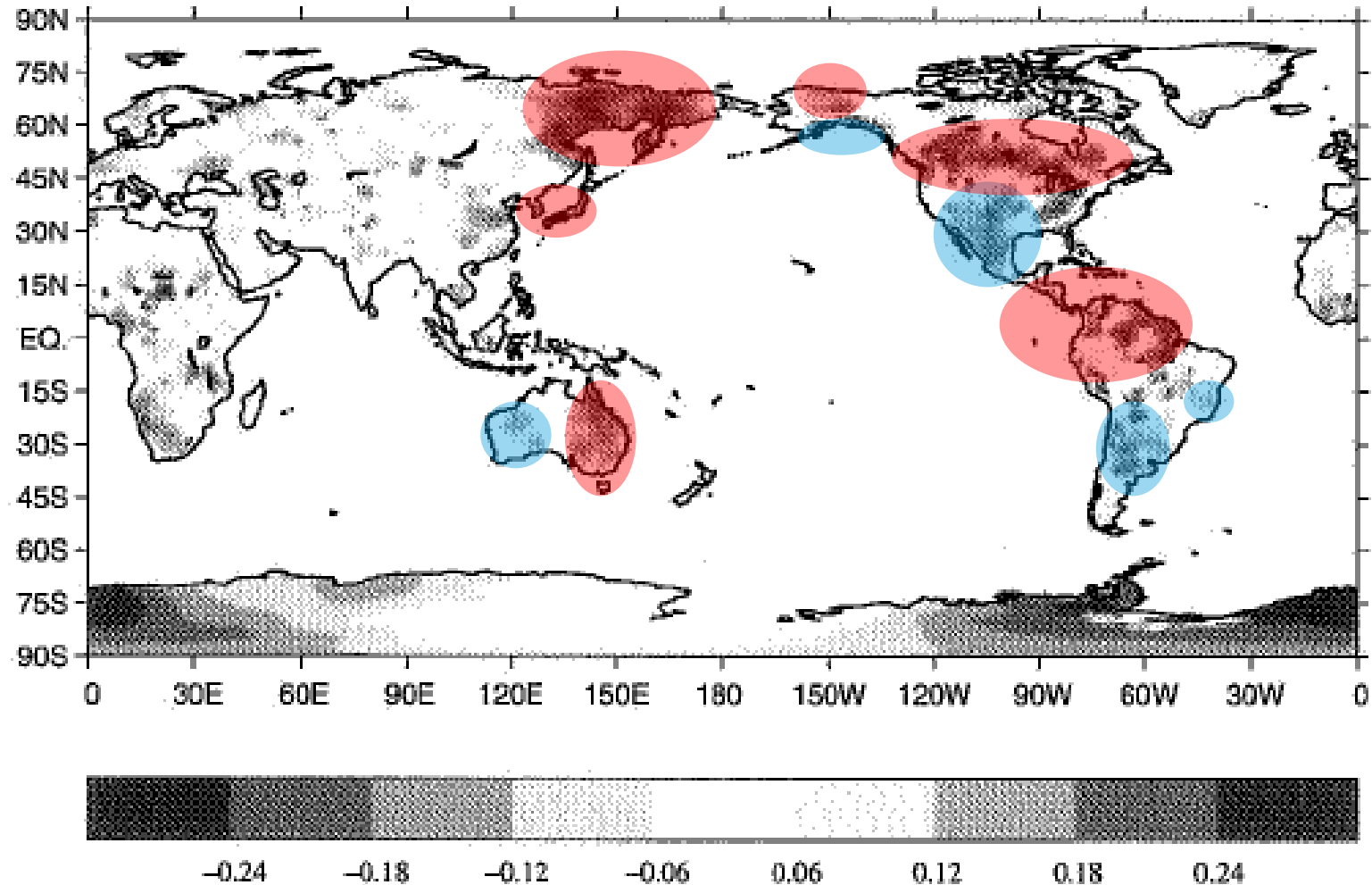
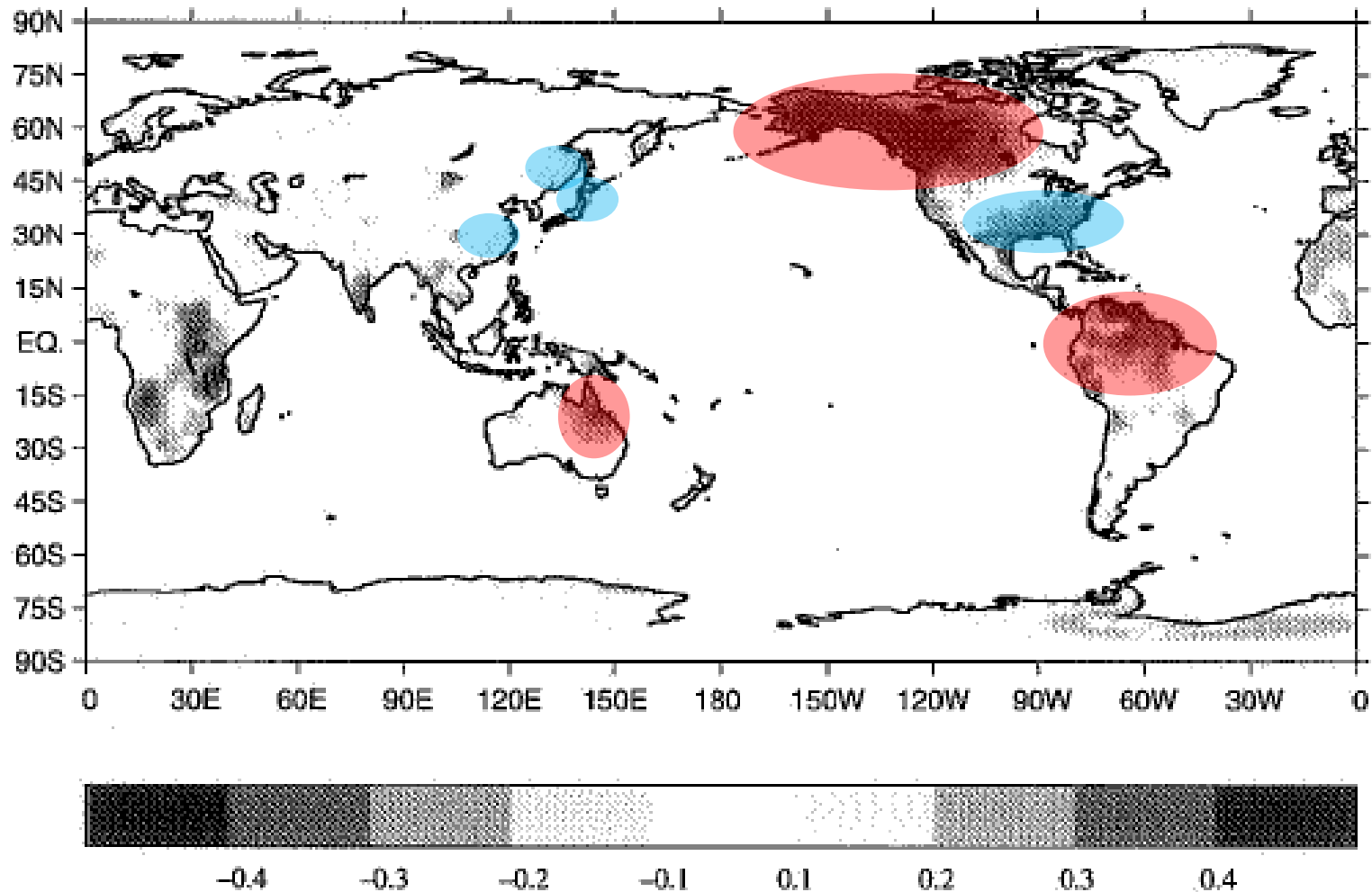


Fig. 3. Correlations between November–April mean precipitation (top) and temperature (bottom) and the November–April mean PDO index shown in Fig. 1. Precipitation and temperature data are the 0.5 degree grid climatologically aided interpolation (CAI) fields produced at the University of Delaware by Cort Willmott and collaborators (available via the internet at <http://climate.geog.udel.edu/>, also see Willmott and Robeson, 1995). Negative correlation coefficients are shaded in blues, positive correlation coefficients are shaded in reds and yellows.

**0.5 Degree Grid November-April Precipitation
correlated with November-April PDO index: 1950-96**



**0.5 Degree Grid November-April Temperature
correlations with November-April PDO index: 1950-96**



IMPACTOS DA PDO

- Garreaud e Battisti (1999) identificaram uma clara mudança de padrão na simetria da circulação atmosférica associada a PDO no HS;
- Dettinger et al. (1997) encontraram evidências de um padrão simétrico de precipitação relacionada com a PDO e anomalias de fluxo de corrente nas Américas, em que períodos quentes de PDO tendem a ter subtrópicos anormalmente úmidos, mas trópicos e latitudes médias secos tanto na América do Norte como na América do Sul;
- Power et al. (1997, 1999a, 1999b) avaliaram mudanças interdecadais no clima do leste da Austrália, encontrando que períodos quentes da PDO estão associadas com anomalias quentes e secas e que o contrário é verificado na fase fria , consistente com o que mostra a Figura 3.

ECOSSISTEMAS MARINHOS

- Vários estudos, principalmente na última década foram realizados afim de afirmar a relação existente entre a PDO e os ecossistemas marinhos do Pacífico, principalmente os peixes;
- Em um dos mais amplos estudos até o momento dos impactos climáticos generalizados nos ecossistemas do Pacífico Norte, Hare e Mantua (2000) conduziram uma análise de composição principal em uma matriz de 100 séries temporais climáticas e biológicas. A série climática foi selecionada para representar a atmosfera e os oceanos no norte do Pacífico, enquanto as séries biológicas variaram em todos os níveis tróficos. O componente principal dominante tem a mesma trajetória de tempo que a PDO;
- Hare et al (1999) ampliaram o escopo geográfico de outros para incluir unidades populacionais de Washington, Oregon e Califórnia e analisaram registros de captura das cinco principais espécies de salmão. Eles identificaram um "regime de produção inversa" associado à PDO, onde a fase quente da PDO favorece alta produção de salmão no Alasca e baixa produção em Washington, Oregon e Califórnia. A fase fria tem o efeito oposto nas duas regiões.

DINÂMICA E PREVISIBILIDADE

- Mesmo na abstenção de um entendimento teórico, as informações climáticas da PDO melhoram a previsão climática de estação a estação e ano a ano para a América do Norte devido à sua forte tendência para a persistência de várias estações e de vários anos;
- Embora as causas da PDO permaneçam incertas, vários mecanismos que promovem a persistência no clima extratropical foram identificados:
 - Alexander et al. (1999, 2001) detalham mecanismos simples de camada mista que dão origem ao ressurgimento de anomalias térmicas subterrâneas de um inverno para o outro.
 - Deses (relato pessoal) relata a capacidade de reproduzir a estrutura de autocorrelação observada por vários anos dos estados do Pacífico Norte e do Atlântico Norte com um modelo simples de camada mista de arrasto.
 - Barsugli e Battisti (1998) usam um modelo simples para demonstrar que a interação ar-mar local produz "amortecimento térmico diferencial" em anomalias atmosféricas que aumentam o espectro da variabilidade e a variação geral sobre o que ocorreria na ausência de feedback.

CONCLUSÕES

- Existem muitas controvérsias sobre como a PDO funciona e como ela pode ser monitorada, modelada e prevista;
- Avanços recentes no entendimento de mecanismos para persistência e mudanças lentas nas anomalias extratropicais da TSM oferecem maior confiança na previsibilidade da PDO a longo prazo;
- A ciência da PDO é relativamente nova em comparação à ciência do ENOS, mas as ideias sobre o PDO ocorreram em um ritmo intenso na última década do século XX e devem persistir na primeira década do séc. XXI.

Obrigada pela atenção!