

# RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 10/02/2026.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia



Ministério da **Ciência,**  
**Tecnologia e Inovações**



**ELEAZAR CHUCHÓN ANGULO**

**DESASTRES NATURAIS NO PERU: Uma abordagem  
baseada no evento El Niño Costero 2017**

2024

**ELEAZAR CHUCHÓN ANGULO**

**DESASTRES NATURAIS NO PERU: Uma abordagem baseada no evento El Niño  
Costero 2017**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR pelo Programa de Pós-Graduação em DESASTRES NATURAIS.

Área: Desastres Naturais. Linha de pesquisa: Desastres Naturais

Orientador Prof. Dr. José Antonio Marengo Orsini

São José dos Campos

2024

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2024]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Angulo, Eleazar Chuchón

Desastres naturais no Perú: uma abordagem baseada no evento El Niño Costero 2017 / Eleazar Chuchón Angulo. - São José dos Campos : [s.n.], 2024. 123 f. : il.

Tese (Doutorado em Desastres Naturais) - Pós-graduação em Desastres Naturais - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2024.

Orientador: José Marengo Orsini.

1. El Niño Costero. 2. Gestão de Desastres. 3. Normas Legais. 4. Reconstrução Sustentável. 5. Colaboração Multissetorial. I. Orsini, José Marengo, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). VI. Título.

## **IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA**

A pesquisa tem como objetivo compreender as causas, impactos, políticas e consequências econômicas e sociais dos eventos relacionados ao El Niño Oscilação Sul (ENSO) no Peru, com foco especial no evento El Niño Costero de 2017. O estudo busca entender o comportamento da sociedade peruana durante esses eventos extremos e, através da revisão de literatura, construir cenários históricos, presentes e futuros para fortalecer a resiliência da sociedade frente a tais fenômenos. A pesquisa visa também explicar a sequência das políticas adotadas e as decisões tomadas pelo governo e centros de pesquisa para uma gestão mais eficaz desses eventos climáticos no Peru.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

The research aims to understand the causes, impacts, policies, and economic and social consequences of the Southern Oscillation El Niño (ENSO) events in Peru, with particular emphasis on the 2017 Coastal El Niño phenomenon. The study seeks to comprehend the behavior of Peruvian society during such extreme events and, through literature review, to construct historical, present, and future scenarios to enhance societal resilience to these phenomena. Additionally, the research endeavors to elucidate the sequence of policies adopted and decisions made by the government and research centers for more effective management of these climatic events in Peru.

**BANCA EXAMINADORA**

**Jose Antonio Marengo Orsini**

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
São Jose dos Campos

**Janeet Margarita Sanabria Quispe**

Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM

**Domingo Marcelo Portuguez Maurtua**

Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM  
Departamento Académico de Recursos Hídricos

**Luz Adriana Cuartas Pineda**

Coordenação Geral de Pesquisa e Desenvolvimento  
CEMADEN

**Javier Tomasella**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

São José dos Campos, 08 de abril de 2024.

## **DEDICATÓRIA**

Aos valentes habitantes do Peru, que com resiliência e esperança enfrentam cada desafio que a natureza apresenta.

Aqueles que testemunharam e sobreviveram aos caprichos do El Niño e La Niña, cuja força inspira esta obra.

Dedicado aos cientistas e pesquisadores, incansáveis na busca por compreensão e soluções, trabalhando por um futuro mais seguro e previsível, em um mundo onde a natureza muitas vezes reina.

Às famílias que se reconstruíram após cada tempestade e enchente, cujo espírito indomável é o verdadeiro coração do Peru.

Em memória daqueles que perdemos nestes eventos imprevisíveis, que permanecem em nossos corações como lembretes da fragilidade e preciosidade da vida.

E, finalmente, às futuras gerações, para quem este estudo busca servir de guia e farol de conhecimento, na incessante interação entre a humanidade e o seu ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Com imensa gratidão, dedico este logro a todos aqueles que contribuíram para esta valiosa pesquisa. Meu sincero agradecimento ao meu orientador, Dr. José Antonio Marengo Orsini, por sua orientação especializada, apoio constante e valiosos conselhos.

Expresso minha profunda apreciação à Universidade Estadual Paulista (Unesp) e ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) por fornecerem as ferramentas e o ambiente propício para realizar esta pesquisa.

Agradeço aos meus colegas e companheiros de estudo pela colaboração e pelos momentos compartilhados durante este processo. Seu apoio e companheirismo foram indispensáveis.

À minha família, pelo amor incondicional, paciência e encorajamento nos momentos mais desafiadores. São a base da minha força e determinação.

Finalmente, minha gratidão às comunidades e pessoas no Peru, que foram fonte de inspiração e motivação para desenvolver este trabalho. Este estudo é um tributo à resiliência e espírito inquebrantável deles frente aos desafios dos fenômenos naturais.

Cada um de vocês foi essencial nesta jornada acadêmica, contribuindo para tornar este estudo uma realidade. Obrigado por fazerem parte desta significativa etapa da minha vida.

“Nas crianças abandonadas, pode-se observar a negligência da sociedade”. Eleazar

## RESUMO

CHUCHON ANGULO, E. **Desastres Naturais no Peru:** Uma abordagem baseada no evento El Niño Costero 2017. 2024. Tese (Doutor em Desastres Naturais) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2024.

A tese intitulada "Desastres Naturais no Peru: Uma abordagem baseada no evento El Niño Costero 2017" examina os desastres naturais no Peru, com foco no evento extremo de 2017. Este fenômeno climático, diferentemente dos tradicionais El Niño, resultou de um aquecimento anômalo das águas próximas à costa peruana e equatoriana, causando chuvas intensas e prolongadas.

O principal objetivo da pesquisa é entender as implicações do Niño Costero de 2017 para fortalecer a resiliência das comunidades peruanas e melhorar as estratégias de prevenção e gestão de desastres futuros. A pesquisa combina dados primários, obtidos através de entrevistas com agências governamentais, instituições acadêmicas e comunidades, e dados secundários, extraídos de artigos, relatórios técnicos e documentos oficiais.

Os resultados mostram que o Niño Costero 2017 causou inundações severas nas regiões de Piura, Lambayeque e La Libertad. A colaboração entre governo, ONGs e comunidades foi essencial para gerenciar os desastres. A tese destaca a necessidade de melhorar a infraestrutura e tecnologia de monitoramento e alerta precoce, além de adaptar legislações para enfrentar desafios climáticos. A educação e a participação comunitária são cruciais para aumentar a resiliência.

A tese conclui que uma gestão eficaz dos riscos de desastres no Peru deve ser integrada e multidisciplinar, combinando prevenção, resposta rápida e reconstrução sustentável. Recomenda-se desenvolver políticas proativas, fomentar a colaboração entre setores, investir em tecnologias avançadas e integrar a educação sobre desastres na estratégia de gestão de riscos. O estudo visa usar o conhecimento local para fortalecer a capacidade da sociedade peruana de enfrentar futuros desafios climáticos.

Palavras-chave: El Niño Costero, Gestão de Desastres, Normas Legais, Reconstrução Sustentável, Mudanças Climáticas, Colaboração Multissetorial

## ***ABSTRACT***

*CHUCHON ANGULO, Eleazar. Natural Disasters in Peru: An Approach Based on Event El Niño Costero 2017 Event. 2024. Doctorate Thesis (Doctorate degree in Natural Disaster) - São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology, National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden), São José dos Campos, 2024.*

The thesis titled "Natural Disasters in Peru: An Approach Based on the El Niño Costero 2017 Event" examines natural disasters in Peru, focusing on the extreme event of 2017. This climatic phenomenon, unlike traditional El Niño events, resulted from anomalous warming of waters near the Peruvian and Ecuadorian coast, causing intense and prolonged rainfall.

The main objective of the research is to understand the implications of the 2017 El Niño Costero to strengthen the resilience of Peruvian communities and improve strategies for preventing and managing future disasters. The research combines primary data, obtained through interviews with government agencies, academic institutions, and communities, and secondary data, extracted from articles, technical reports, and official documents.

The results show that the 2017 El Niño Costero caused severe flooding in the regions of Piura, Lambayeque, and La Libertad. Collaboration between the government, NGOs, and communities was essential for disaster management. The thesis highlights the need to improve monitoring infrastructure and early warning technology, as well as to adapt legislation to address climatic challenges. Education and community participation are crucial to increasing resilience.

The thesis concludes that effective disaster risk management in Peru must be integrated and multidisciplinary, combining prevention, rapid response, and sustainable reconstruction. It recommends developing proactive policies, fostering inter-sector collaboration, investing in advanced technologies, and integrating disaster education into risk management strategies. The study aims to use local knowledge to strengthen Peruvian society's capacity to face future climatic challenges.

*Keywords: El Niño Costero, Disaster Management, Legal Norms, Sustainable Reconstruction, Climate Change, Multisectoral Collaboration.*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1**– O mapa de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) dos eventos ENSO mostra regiões azuis e cianos com temperaturas abaixo da média, e áreas vermelhas e laranjas com temperaturas acima. Retângulos rotulados Niño1+2, Niño3, Niño3.4 e Niño4 indicam zonas de monitoramento dos eventos El Niño e La Niña no Pacífico..... 19
- Figura 2** – Condições atmosféricas no Pacífico Tropical para o fenômeno El Niño destacam o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Mostra como ventos alísios enfraquecidos permitem que águas mais quentes que os normais suprimam a ressurgência de águas frias e ricas em nutrientes. .... 19
- Figura 3** – A imagem apresenta uma visão multifacetada da região de Piura, no Peru. No mapa superior direito, vemos o Peru destacado na América do Sul, com o departamento de Piura ressaltado. No mapa inferior direito, as subdivisões de Piura são delineadas, e a área em amarelo representa a bacia do rio Piura, enfatizando sua importância geográfica. À esquerda, temos o plano cadastral da cidade de Piura para o ano de 2021,..... 21
- Figura 4** – Distribuição populacional urbana e rural no Departamento de Piura em 2022..... 22
- Figura 5**–Urbanização da região de Piura ao longo de três anos diferentes: 2015, 2018 e 2021. .... 22
- Figura 6** – Grande parte da cidade de Piura está situada na planície de inundação do rio Piura e em seus terraços aluviais. Esta posição geomorfológica representa um alto nível de ameaça de inundações e os efeitos negativos dos processos fluviais (Imagem de dezembro de 2022, Google Earth). .... 24
- Figura 7** – O mapa exibe a localização de estações meteorológicas na região de Piura, marcadas com ícones verdes e a letra "M". As estações estão espalhadas por áreas chave para monitoramento climático, incluindo Chusis, San Miguel, Mallares, Chulucanas, Morropón e Huarmaca. Os dados são do SENAMHI, entidade peruana responsável pelas informações meteorológicas e hidrológicas. .... 24
- Figura 8** – A série das figuras analisa a precipitação na bacia do rio Piura, comparando os meses de janeiro a maio ao longo de quatro anos diferentes: 1983, 1998, 2017 e 2023, em localidades específicas como Chusis, San Miguel, Mallares, Chulucanas, Morropón e Huarmaca. As linhas coloridas em cada gráfico facilitam a identificação das diferenças entre os anos, destacando tanto as tendências de chuvas intensas quanto as secas. As variações notáveis nos picos e vales das linhas mostram as mudanças na precipitação mês a mês, refletindo períodos de abundância ou escassez de chuva na região. .... 25
- Figura 9** – Comportamento diário da TSM (°C) na área 1+2 nos principais eventos El Niño e sua climatologia (cinza)..... 28
- Figura 10** – Hovmöller da anomalia de TSM (°C) com base na média latitudinal de 0°-10°S. Comparação entre El Niño a) 16-17, b) 97-98 e c) 82-83..... 29
- Figura 11** – Anomalias da precipitação na bacia do rio Piura (Chusis, San Miguel e Mallares) ..... 30
- Figura 12**– Anomalias da precipitação na bacia do rio Piura (Chulucanas, Morropón e Huarmaca) ..... 30
- Figura 13** –Temperaturas da Superfície do Mar Mensal durante Eventos de El Niño Extraordinário (1982-1983, 1997-1998) e Niño Costero (2017) na Costa do Peru ..... 31
- Figura 14** – Percentagem de anomalias de precipitação no Peru no trimestre de janeiro a março. Esquerda: El Niño Costero 2017. Direita: média de El Niño 83 e 98..... 33
- Figura 15** – As figuras apresentam mapas de anomalia de precipitação no Peru durante os fenômenos El Niño 1983 (Fig. 15a), 1998 (Fig. 15b) e o evento El Niño Costero 2017 (Fig. 15c), destacando as alterações climáticas significativas associadas ao evento como El Niño Costero em 2017..... 33
- Figura 16** – Configuração morfológica do rio Piura ..... 35
- Figura 17** – Mapa de altura relativa ao nível do rio em Piura ..... 36
- Figura 18** – Severa inundação em Piura durante o fenômeno El Niño Costero de 2017. .... 36
- Figura 19** – Severa inundação em Piura durante o fenômeno El Niño Costero de 2017. .... 36
- Figura 20** – A figura apresenta um perfil transversal de um leito de rio, com diques marginais e uma planície de inundação sedimentada. O canal central, preenchido com sedimentos, evidencia os processos de sedimentação fluvial, cruciais na gestão do risco de inundações..... 37
- Figura 21** – O gráfico mostra as vazões (m<sup>3</sup>/s) registradas em diferentes eventos ENSO em comparação com a média histórica. A linha vermelha indica a média histórica das vazões, enquanto as linhas cinza, verde e azul representam as vazões observadas durante os eventos ENSO de 1982-1983, 1997-1998 e 2016-2017, respectivamente. Os picos indicam aumentos nas vazões que são característicos durante os eventos El Niño, que geralmente causam um aumento na precipitação e, por consequência, nas vazões dos rios da bacia de rio Piura. .... 38
- Figura 22** – Mapa das bacias cegas na área urbana de Piura, Perú..... 40
- Figura 23** – Formação das lagoas temporárias Lagoa Ramón Grande y La Niña na região do Piura durante o El Niño Costero 2017..... 49
- Figura 24** – A imagem apresenta um mapa detalhado que inclui as linhas azuis representando os cursos de água da região. Estes rios e tributários são fundamentais para o sistema de gestão de riscos hídricos, como ilustra o mapa.

As áreas circundantes do rio são destacadas com ---medidas de proteção, como "Defesa da Margem" e "Polders", indicando estratégias de controle de cheias e gestão de águas pluviais. Além disso, estratégias de "Reforestación y Conservación de Ecosistemas" estão marcadas, indicando esforços para preservar o meio ambiente e mitigar o impacto de eventos climáticos extremos. A "Salida al Mar" identifica a foz do rio, um componente vital do ecossistema regional e da infraestrutura hídrica..... 50

**Figura 25** – O gráfico mostra a média mensal das vazões do rio Piura, em m<sup>3</sup>/s, ao longo do ano. Eixo horizontal com meses de janeiro a dezembro e vertical com caudal. Três linhas representam diferentes estações de medição — S. Cerro, Nacara e Malacasi — indicando a variação do caudal ao longo dos meses..... 51

**Figura 26** – A imagem mostra um gráfico de barras representando a "Média das vazões mensais de janeiro a maio do rio Piura na estação Ponte Sánchez Cerro (m<sup>3</sup>/s)" de 1925 a 2023. O eixo vertical indica a vazão em metros cúbicos por segundo, variando de 0 a 1200 m<sup>3</sup>/s, e o eixo horizontal representa o tempo, marcado em intervalos de 5 anos. Há barras azuis que indicam a vazão média para cada ano no intervalo de tempo especificado. Alguns eventos do fenômeno El Niño são destacados em vários pontos do gráfico, como "El Niño costero 1925", "El Niño global 1983", "El Niño global 1998", "El Niño costero 2017" e "El Niño costero 2023", indicando períodos com vazões significativamente mais altas..... 51

**Figura 27** – O gráfico compara as anomalias de precipitação mensal de diferentes eventos El Niño. Anomalias em milímetros, eixo horizontal com meses de janeiro a dezembro, abrangendo dois anos. Linhas representam eventos El Niño de 1972–1973 (verde), 1982–1983 (vermelho), 1997–1998 (roxo) e 2015–2016 (preto), com uma linha tracejada para média de El Niño moderado. .... 54

**Figura 28** – Esta imagem apresenta um fluxograma detalhado do processo de análise de vulnerabilidade com base em três dimensões principais: social, econômica e ambiental. Cada dimensão é dividida em fatores de exposição, fragilidade e resiliência, que são ponderados para avaliar os níveis de vulnerabilidade..... 65

**Figura 29** – Metodologia geral para determinar o nível de perigo por inundações. Este título descreve o conteúdo da imagem, que ilustra os passos envolvidos na caracterização do perigo e na avaliação do nível de risco, incluindo a recolha de informações, a avaliação dos fatores de suscetibilidade e a geração de mapas de níveis de perigo. ... 72

**Figura 30** – Este título descreve o conteúdo da imagem, que ilustra os passos envolvidos na caracterização do perigo e na avaliação do nível de risco, incluindo a recolha de informações, a avaliação dos fatores de suscetibilidade e a geração de mapas de níveis de perigo e risco. Esta metodologia foi extraída dos documentos elaborados pelo CENEPRED. .... 73

**Figura 31** – Lagoa La Niña reativa e destrói estrada em Piura (21 mar. 2023). Juan Nunura..... 77

**Figura 32** – Resiliência e sobrevivência: O impacto do El Niño de 1983 no Perú..... 78

**Figura 33**– O impacto do El Niño de 1998 no Perú ..... 79

**Figura 34**– Mapa de elementos expostos na área de influência do rio Piura..... 83

**Figura 35**– Mapa de nível de vulnerabilidade na área de interesse ..... 85

**Figura 36**– Mapa de nível de perigo na área de interesse..... 86

**Figura 37**– Mapa de nível de perigo na área de interesse..... 89

**Figura 38** – Diagrama de fluxo que mostra a estrutura do sistema de gestão de riscos de desastres no Peru. Ele ilustra a hierarquia e as linhas de comunicação entre os vários órgãos envolvidos na preparação e resposta a desastres, desde o nível nacional até o comunitário. Os links verticais representam a cadeia de comando e controle, enquanto as linhas tracejadas sugerem colaboração ou fluxo de informações entre entidades, como ministérios, instituições técnicas, ONGs e a ONU..... 90

**Figura 39** – Sistema de aviso prévio dos municípios..... 93

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** Estacoes meteorológicas na bacia do rio Piura ..... 25

**Tabela 2** – Valores do ONI e ICEN de dezembro de 2016 a maio de 2017. Fonte: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), IGP (Instituto Geofísico do Peru)..... 28

**Tabela 3** – Comparação Detalhada dos Eventos El Niño na Bacia do Rio Piura: Características e Impactos..... 53

**Tabela 4** – Registro de desastres vinculados a fatores climáticos na região e na BRP. Fonte: AACHCH..... 53

**Tabela 5** – São apresentados os danos causados pelos eventos El Niño nos últimos 100 anos na BRP..... 55

**Tabela 6**– Matriz de comparação de pares dos parâmetros considerados. .... 61

**Tabela 7**– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE ..... 61

**Tabela 8**– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE ..... 61

**Tabela 9**– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE ..... 62

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 10</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE .....  | 62 |
| <b>Tabela 11</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE .....  | 63 |
| <b>Tabela 12</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro GRUPO ETÁREO (fragilidade) .....   | 67 |
| <b>Tabela 13</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro DISCAPACIDADE (fragilidade) .....  | 67 |
| <b>Tabela 14</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro NÍVEL EDUCACIONAL (resiliência).....   | 68 |
| <b>Tabela 15</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro AFILIACAO A ALGUM SEGURO DE SAUDE (resiliência).....   | 68 |
| <b>Tabela 16</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro BENEFICIÁRIO DE PROGRAMAS SOCIAISS (resiliência).....  | 69 |
| <b>Tabela 17</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro TIPO DE MORADIA (resiliência) .....  | 70 |
| <b>Tabela 18</b> – Matriz de comparação de pares do parâmetro REGIME DE POSSE (resiliência).....   | 71 |
| <b>Tabela 19</b> – Níveis de vulnerabilidade por inundação e seus intervalos .....   | 71 |
| <b>Tabela 20</b> – Níveis de risco por inundação.....  | 73 |
| <b>Tabela 21</b> – Mostra lista de decretos e medidas tomadas em resposta à emergência do Fenômeno El Niño Costero de 2017 no Peru. Estes são classificados em dois grandes grupos: os decretos de declaração de emergência e os decretos que ativam procedimentos específicos para a resposta operativa da emergência. .... | 75 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                |  |
|----------------|--|
| ENSO           | El Niño-Oscilação Sul  |
| INEI           | Instituto Nacional de Estatística e Informática do Peru                          |
| BRP            | Bacia do rio Piura   |
| RI             | International Research Institute for Climate and Society                         |
| GTZ-CTAR       | Cooperação Técnica Alemã - Conselho Transicional de Administração Regional       |
| ANA            | Autoridad Nacional del Agua, Autoridade Nacional da Água do Peru                 |
| UNISDR         | Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres           |
| USAID          | Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional                  |
| INRENA         | Instituto Nacional de Recursos Naturais do Peru                                  |
| PREVAED        | Programa de Redução da Vulnerabilidade e Atenção às Emergências por Desastres    |
| PP-0068        | Código orçamental específico do governo peruano                                  |
| INDECI         | Instituto Nacional de Defesa Civil do Peru                                       |
| COELs          | Centros de Operações de Emergência Locais  |
| UNDAC          | Equipe de Avaliação e Coordenação de Desastres das Nações Unidas                 |
| MINDEF         | Ministério da Defesa do Peru   |
| DU N° 004-2015 | Decreto de Urgência número 004-2015, relacionado ao manejo do fenômeno El Niño   |
| CONAGER-FEN    | Conselho Nacional de Gestão do Risco de El Niño                                  |
| CENEPRED       | Centro Nacional de Estimativa, Prevenção e Redução do Risco de Desastres do Peru |
| COEN           | Centro Nacional de Operações de Emergência                                       |
| COERs          | Centros Regionais de Operações de Emergência                                     |
| SENAMHI        | Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia do Peru                            |
| ENFEN          | Estudo Nacional do Fenômeno El Niño  |
| NOAA           | Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos                 |
| EDAN           | Avaliação de Danos e Análise de Necessidades                                     |
| SINPAD         | Sistema Nacional de Informações de Resposta e Reabilitação                       |
| SINIA          | Sistema Nacional de Información ambiental  |
| DIPECHO        | Programa de Preparación ante Desastres de la Comisión Europea                    |
| IMARPE         | Instituto del Mar Peruano  |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1.1. Piura e suas inundações fluviais .....</b>                           | <b>20</b> |
| <b>1.2. El Niño Costero 2017 no Perú .....</b>                               | <b>27</b> |
| <b>2 PROPOSTA DE PESQUISA .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>3.1 Desastre .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>3.2 Risco e risco de desastre.....</b>                                    | <b>43</b> |
| <b>3.3 Perigo .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>3.4 Vulnerabilidade.....</b>  | <b>44</b> |
| <b>3.5 Capacidade de resposta.....</b>                                       | <b>45</b> |
| <b>3.6 Resiliência.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>3.7 Gestão de Emergências e Desastres .....</b>                           | <b>46</b> |
| <b>3.8 Redução do risco de Desastre .....</b>                                | <b>46</b> |
| <b>3.9 Gerenciamento do risco de desastre.....</b>                           | <b>47</b> |
| <b>3.10 Interação de perigos, vulnerabilidade e riscos de desastres.....</b> | <b>47</b> |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>4.1 Bacia do rio Piura.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>4.2 Eventos hidrológicos extremos .....</b>                               | <b>52</b> |
| <b>4.3 Conjuntos de dados .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>4.4 Critérios da metodologia SAATY .....</b>                              | <b>56</b> |
| <b>4.4.1 Definição do problema e objetivos .....</b>                         | <b>56</b> |
| <b>4.4.2 Estruturação Hierárquica.....</b>                                   | <b>56</b> |
| <b>4.4.3 Comparação de pares.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>4.4.4 Matrizes de comparação .....</b>                                    | <b>57</b> |
| <b>4.4.5 Cálculo de vetores próprios e consistência .....</b>                | <b>57</b> |
| <b>4.4.6 Cálculo de vetores próprios e consistência .....</b>                | <b>57</b> |
| <b>4.5 Exemplo da aplicação da metodologia SAATY .....</b>                   | <b>57</b> |
| <b>4.5.1 Definição do problema e objetivos .....</b>                         | <b>57</b> |
| <b>4.5.2 Identificação de fatores e parâmetros .....</b>                     | <b>57</b> |
| <b>4.5.3 Recolha de datos .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>4.5.4 Análise de suscetibilidade e vulnerabilidade.....</b>               | <b>58</b> |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.5.5  | Cálculo de risco .....  | 58 |
| 4.5.6  | Validação e ajuste do modelo .....  | 58 |
| 4.5.7  | Desenvolvimento de estratégias de mitigação .....                                     | 58 |
| 4.5.8  | Implementação e monitorização.....  | 58 |
| 4.6    | Fluxograma da metodologia.....  | 58 |
| 4.7    | Definição de perigo: Inundações.....  | 59 |
| 4.8.1  | Fatores condicionantes.....   | 60 |
| 4.8.2  | Fatores desencadeantes .....  | 63 |
| 4.8    | Cálculo da vulnerabilidade.....   | 63 |
| 4.8.1  | Metodologia para análise de vulnerabilidade .....                                     | 64 |
| 4.8.2  | Análise dos fatores de vulnerabilidade .....  | 65 |
|        | Exposição.....  | 65 |
|        | Fragilidade .....   | 66 |
|        | Resiliência .....   | 66 |
| 4.8.3  | Análise dos elementos expostos sociais, económicos e ambientais .....                 | 66 |
|        | Análise da dimensão social .....  | 66 |
|        | Análise da dimensão económica.....  | 70 |
| 4.8.4  | Níveis de vulnerabilidade.....  | 71 |
| 4.9    | Cálculo do perigo.....  | 72 |
| 4.10   | Cálculo do risco.....   | 72 |
| 4.10.1 | Metodologia do cálculo de risco.....  | 73 |
| 5      | RESULTADOS.....   | 75 |
| 5.1    | Vulnerabilidade e perigo .....  | 75 |
| 5.1.1  | Paisagem física .....   | 75 |
| 5.1.2  | Inundações passadas.....  | 77 |
| 5.1.3  | Sociedade .....   | 80 |
| 5.2    | Mitigação .....   | 85 |
| 5.2.1  | Sistema Nacional de Gestão de Risco de Desastres .....                                | 87 |
| 5.2.2  | RRD e preparação na antecipação do El Niño 2015/2016.....                             | 92 |
| 5.2.3  | O papel dos atores não governamentais.....  | 93 |
| 5.2.4  | Evento o Niño Costeiro 2017.....  | 94 |
| 5.2.5  | Desafios e Respostas às Inundações na Costa do Peru durante o evento El Niño 2017 ... | 95 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5.2.6 O papel das ONGs.....</b>                                   | <b>97</b>  |
| <b>5.3 Capacidade de proteção.....</b>                               | <b>98</b>  |
| <b>5.4 Normas legais frente ao evento El Niño Costero 2017 .....</b> | <b>99</b>  |
| <b>6 DISCUSSÕES.....</b>   | <b>100</b> |
| <b>7 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>104</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>107</b> |

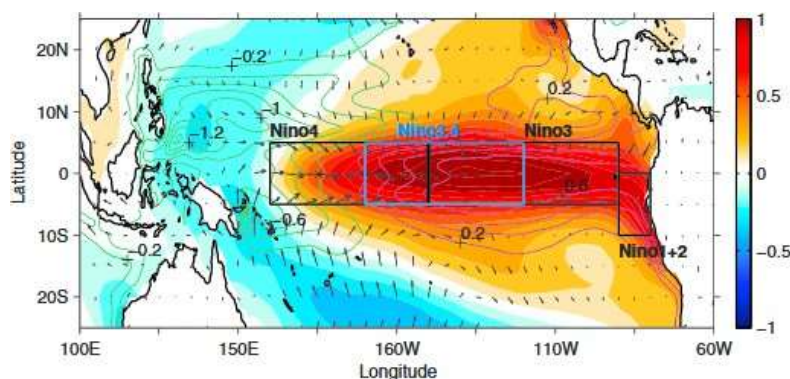
## 1 INTRODUÇÃO

O Peru está atravessando um momento crítico de transformação. Projeções apontam que, até 2025, a população urbana representará 82% do total nacional (INDECI, 2017, p. 25). Em um contexto onde as cidades são focos de concentração de capital, enfrentamos desafios substanciais nos âmbitos econômico, ambiental, político e cultural. Entretanto, no nível metropolitano, observa-se uma notável falta de táticas para o planejamento de médio e longo prazo, levando ao estabelecimento de milhões de famílias em áreas de alta vulnerabilidade. Este cenário é exacerbado pela privatização progressiva dos espaços públicos e pelo aumento da degradação ecológica.

Geograficamente posicionado em um local estratégico, o Peru é um dos países mais impactados pelos fenômenos climáticos litorâneos associados ao aquecimento das águas do Pacífico Equatorial Oriental. Esses eventos, caracterizados por sua natureza imprevisível e periódica, representam a etapa quente do ciclo climático do Pacífico Equatorial (Ropelewski; Halpert, 1987). Variações na pressão atmosférica resultam em mudanças na distribuição de nuvens sobre a América, influenciando também as condições dos ecossistemas marinhos na Austrália e nas Américas. O Fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENSO), o principal fator de variabilidade climática interanual nos trópicos e globalmente, é uma manifestação dessas alterações. Bjerknes (1966; 1969) reconheceu uma correlação direta entre as anomalias de aquecimento no Oceano Pacífico próximo ao Equador (Figuras 1 e 2) e as transformações na atmosfera tropical em uma escala global. Os períodos quente/frio do ENSO são conhecidos como eventos El Niño e La Niña, respectivamente (Walker, 1923; Bjerknes, 1969; Wyrтки, 1973; Rasmusson; Carpenter, 1982) e exercem uma influência substancial no clima global e regional, com efeitos especialmente marcantes em regiões como o Peru.

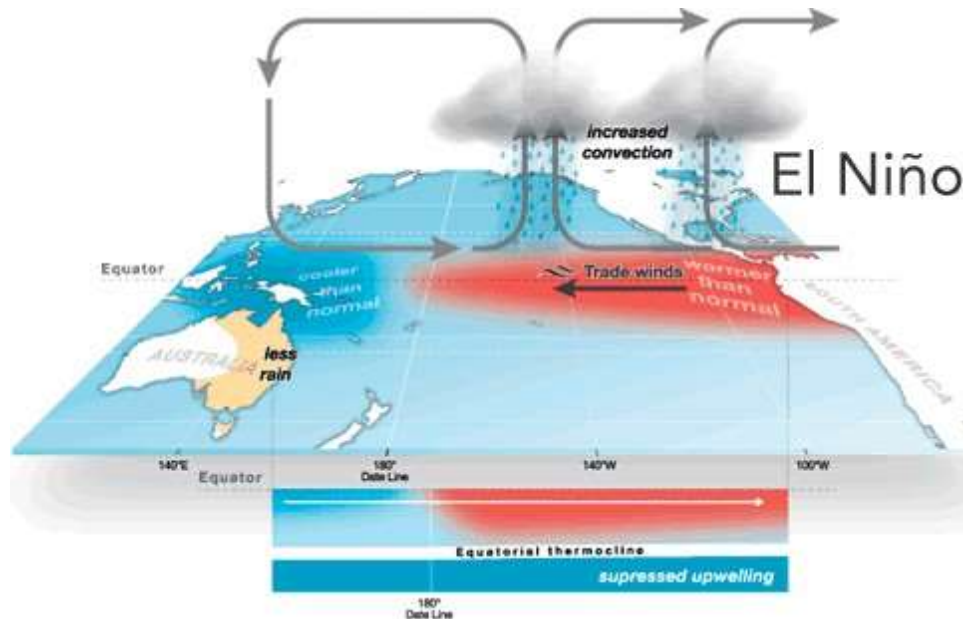
Nas últimas décadas, os efeitos dos fenômenos ENSO na pluviosidade do Peru têm sido objeto de intensa investigação. Segundo pesquisas realizadas por Waylen e Caviedes (1986), Ropelewski e Halpert (1987) e Aceituno (1988), constatou-se a ocorrência de anomalias negativas/positivas na precipitação na região sul/norte do Peru, sugerindo períodos de secas/inundações prolongadas como consequência do evento La Niña/El Niño. Esses resultados são confirmados por investigações mais atuais, como as de Torres-Batlló e Martí-Cardona (2020) e Canedo-Rosso et al. (2021), que enfatizam a relevância dos eventos ENSO como elementos chave na dinâmica climática da área.

**Figura 1**– O mapa de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) dos eventos ENSO mostra regiões azuis e cianos com temperaturas abaixo da média, e áreas vermelhas e laranjas com temperaturas acima. Retângulos rotulados Niño1+2, Niño3, Niño3.4 e Niño4 indicam zonas de monitoramento dos eventos El Niño e La Niña no Pacífico.



Fonte: Santoso et al., 2017

**Figura 2** – Condições atmosféricas no Pacífico Tropical para o fenômeno El Niño destacam o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Mostra como ventos alísios enfraquecidos permitem que águas mais quentes que os normais suprimam a ressurgência de águas frias e ricas em nutrientes.



Fonte: IRI

O Departamento de Piura (Figura 3), localizada no norte do Peru e inserida na bacia do rio Piura (BRP), tem uma população aproximada de 1,9 milhões de habitantes, conforme dados de 2017 do Instituto Nacional de Estatística e informática (INEI). A população rural mudou de 64 % (1940) para 20% (2017). A Figura 4 mostra a distribuição da população no departamento de Piura no ano de 2022. De acordo com os dados, 79,3% da população reside em áreas urbanas, enquanto 20,7% vivem em áreas rurais, refletindo uma tendência predominante de urbanização

na região (SINIA, 2024, p. 15). Conforme destacado por Cubas (2021), a diminuição das áreas verdes nos últimos 10 anos (na região de Piura) é uma consequência direta do desenvolvimento urbano, tanto regular quanto irregular, gerando impactos econômicos, sociais e ambientais consideráveis. Na Figura 5, fazendo uso da Normal Difference Built-up Index (NDBI) é possível mostrar a urbanização da região de Piura ao longo de três anos diferentes: 2015, 2018 e 2021. No primeiro mapa (a), correspondente ao ano de 2015, são observadas áreas de vegetação dispersa e um desenvolvimento urbano menos denso dentro do círculo vermelho. No segundo mapa (b), de 2018, a extensão das áreas verdes parece ter diminuído, enquanto a densidade das áreas urbanizadas mostra um aumento notável. O terceiro mapa (c), de 2021, mostra um contínuo desenvolvimento urbano com uma redução significativa das áreas verdes e um aumento na construção e estruturas dentro do círculo, indicando um processo acelerado de urbanização.

### **1.1. Piura e suas inundações fluviais**

A cidade de Piura está situada em grande medida sobre a planície de inundação do rio que leva seu nome. O relevo da paisagem onde a cidade se encontra é caracterizado por uma predisposição natural ao transbordamento de água, acúmulo de sedimentos e instabilidade lateral do leito durante as cheias, características que, ao mesmo tempo, tornam este território uma zona muito fértil. Esta fertilidade é provavelmente uma das razões mais importantes que levaram ao seu assentamento inicial. Contudo, as dinâmicas naturais do rio Piura não foram consideradas adequadamente no processo de urbanização. As áreas urbanas tendem a se estabelecer nas partes mais baixas da planície aluvial, ou seja, nas proximidades do rio.

Além da ameaça de inundações fluviais, o relevo da cidade apresenta uma série de depressões sem drenagem adequada que se inundam durante as precipitações, resultando em inundações pluviais. Estas inundações estão relacionadas tanto com o relevo original da planície aluvial quanto com a intervenção humana inadequada no desenvolvimento urbano. Atualmente, o crescimento urbano das zonas periféricas continua a seguir o mesmo padrão. Diversas imobiliárias, como pode ser observado na internet, oferecem lotes de habitação em zonas inundáveis ou onde há evidências de outras dinâmicas geomorfológicas perigosas.

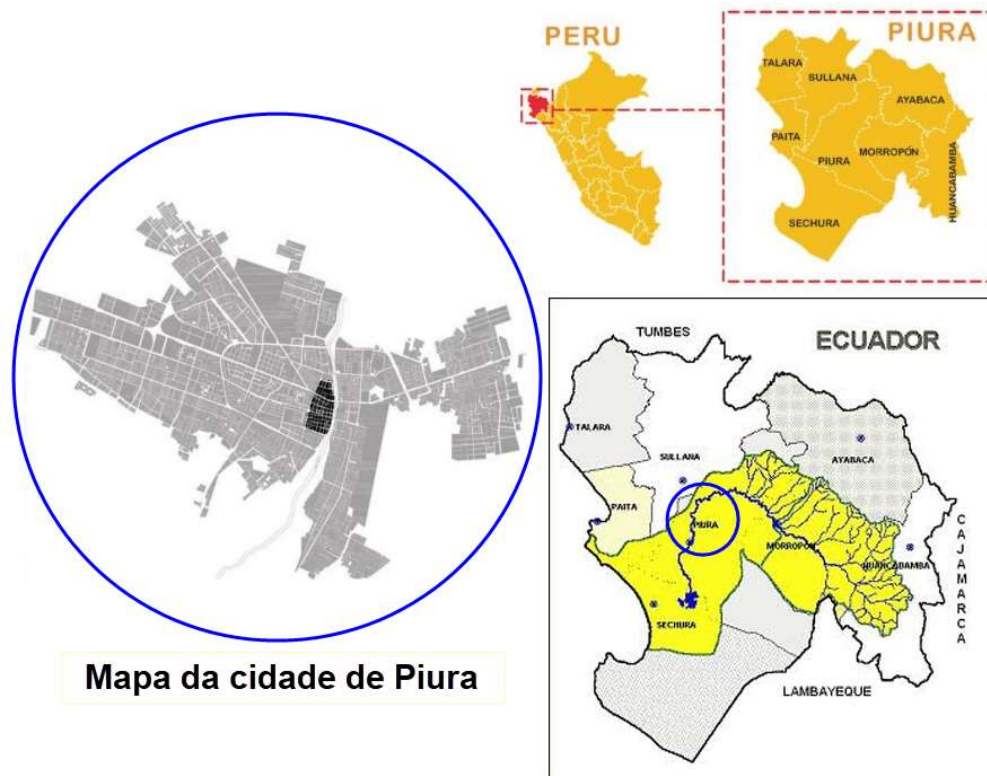
A Figura 6 ilustra claramente a vulnerabilidade da cidade de Piura às inundações. As áreas em azul claro representam a planície aluvial, enquanto as áreas em azul escuro indicam a terraça aluvial, ambos terrenos propensos a inundações. A linha vermelha delimita as zonas urbanizadas que, como se pode ver, estão em grande parte dentro dessas áreas de risco. O leito

do rio Piura é marcado em azul, e várias quebradas são visíveis, indicando potenciais caminhos adicionais para o fluxo de água durante eventos de precipitação intensa.

O evento do El Niño Costero de 2017 exacerbou essas condições, provocando chuvas intensas e prolongadas que resultaram em cheias devastadoras na cidade de Piura. Relatórios indicam que as inundações afetaram gravemente a infraestrutura, as residências e as atividades agrícolas, destacando a vulnerabilidade da cidade a eventos climáticos extremos. Além disso, as respostas institucionais e a capacidade de gestão de riscos foram testadas, revelando a necessidade urgente de melhorar os sistemas de alerta precoce e as estratégias de mitigação de desastres.

Estudos apontam que a falta de planejamento urbano adequado e a ocupação desordenada das áreas de risco permanecem como desafios críticos. A urbanização acelerada sem a devida consideração das características geomorfológicas e hidrológicas aumenta a exposição a desastres naturais. A implementação de políticas de desenvolvimento sustentável e a integração de práticas de gestão de riscos de desastres são essenciais para minimizar os impactos futuros. Além disso, iniciativas de educação e conscientização pública sobre os riscos associados às inundações são fundamentais para construir uma comunidade mais resiliente. Programas que incentivem a participação comunitária na gestão de desastres podem fortalecer a capacidade de resposta e recuperação da cidade frente a eventos extremos.

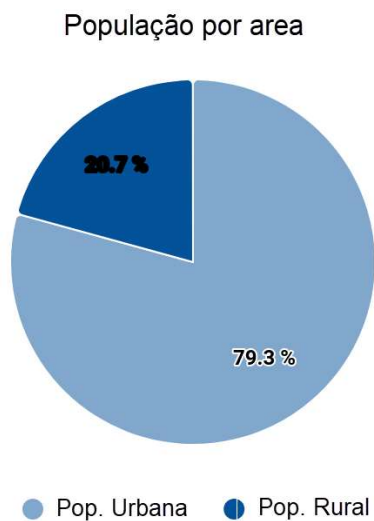
**Figura 3** – A imagem apresenta uma visão multifacetada da região de Piura, no Peru. No mapa superior direito, vemos o Peru destacado na América do Sul, com o departamento de Piura ressaltado. No mapa inferior direito, as subdivisões de Piura são delineadas, e a área em amarelo representa a bacia do rio Piura, enfatizando sua importância geográfica. À esquerda, temos o plano cadastral da cidade de Piura para o ano de 2021,



Mapa da cidade de Piura

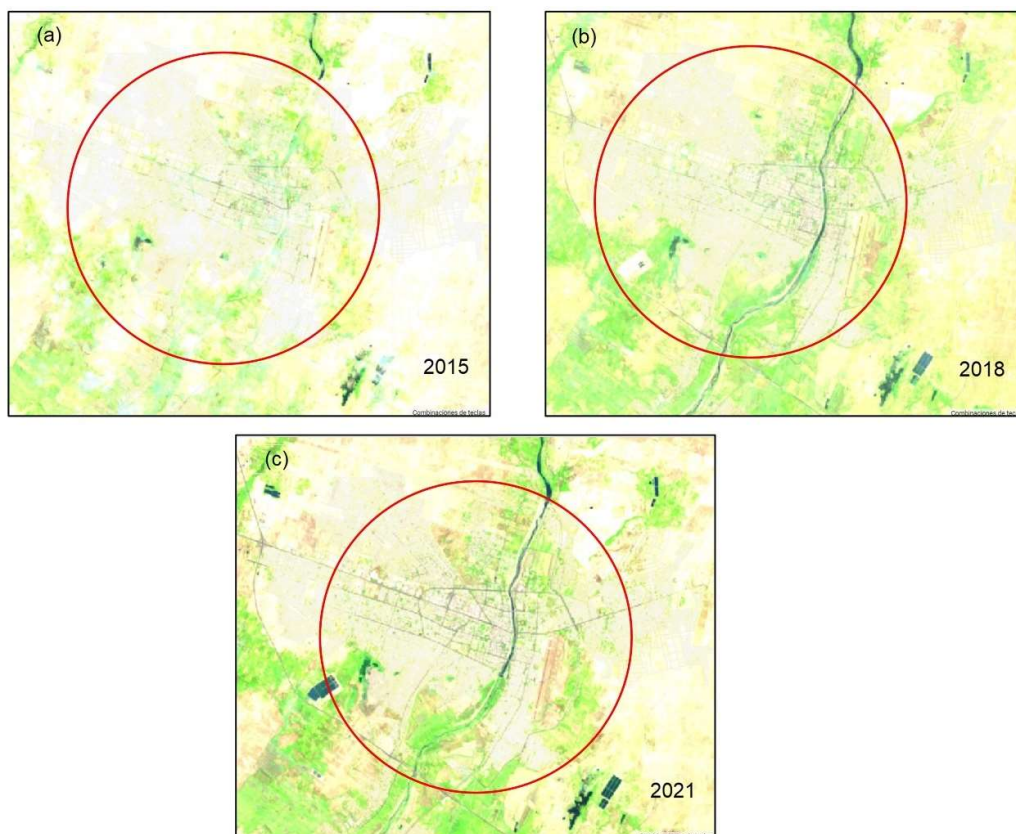
Fonte: Adaptado de Autoridad de Reconstrucción con Cambios (ARCC), 2021

**Figura 4** – Distribuição populacional urbana e rural no Departamento de Piura em 2022.



Fonte: SINIA, 2024.

**Figura 5**–Urbanização da região de Piura ao longo de três anos diferentes: 2015, 2018 e 2021.



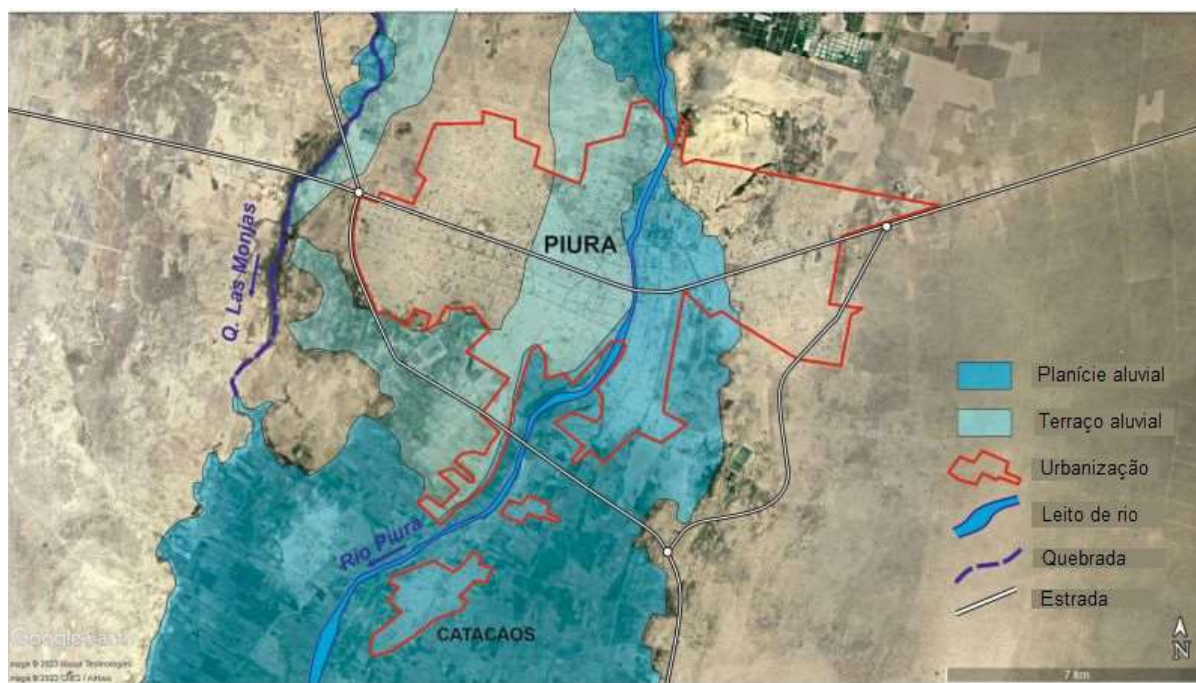
Fonte: Google Earth Engine, 2024

Esta bacia é reconhecida como uma das áreas mais suscetíveis a eventos climáticos extremos. Isso se deve às anomalias oceânicas e atmosféricas no Oceano Pacífico Equatorial, central e ocidental, que são os catalisadores dos fenômenos El Niño e La Niña (SENAMHI, 2004). O regime hidrológico da região é caracterizado por sua irregularidade, com uma temporada chuvosa de cinco meses (janeiro a maio) e um período seco que vai de junho a dezembro. A sazonalidade dos rios, aliada à ocorrência dos eventos El Niño, com ocorrências irregulares nos últimos anos, resulta em chuvas extraordinárias durante o verão (L'Heurex et al., 2017).

Os eventos El Niño que causaram danos e impactos na cidade de Piura, nos últimos 100 anos ocorreram em 1925, 1957, 1972, 1983, 1998, 2017 y 2023. A Figura 7 e Tabela 1 mostram as estações meteorológicas utilizadas para gerar as Figuras 8(a, b, c, d, e, f) na qual são apresentadas as precipitações diárias para os eventos de maior impacto durante os primeiros cinco meses dos anos 1983, 1998, 2017 e 2023. A figura apresenta gráficos de precipitação de seis estações meteorológicas classificadas pela sua localização na bacia do rio Piura. As estações de Chusis, San Miguel e Mallares estão localizadas na parte baixa da bacia e exibem um padrão significativo no ano de 2017, onde as precipitações atingiram picos muito mais altos em comparação com os outros anos observados: 1983, 1998 e 2023. Esse fenômeno destaca o ano de 2017 como um período particularmente úmido para a bacia baixa do rio, conforme

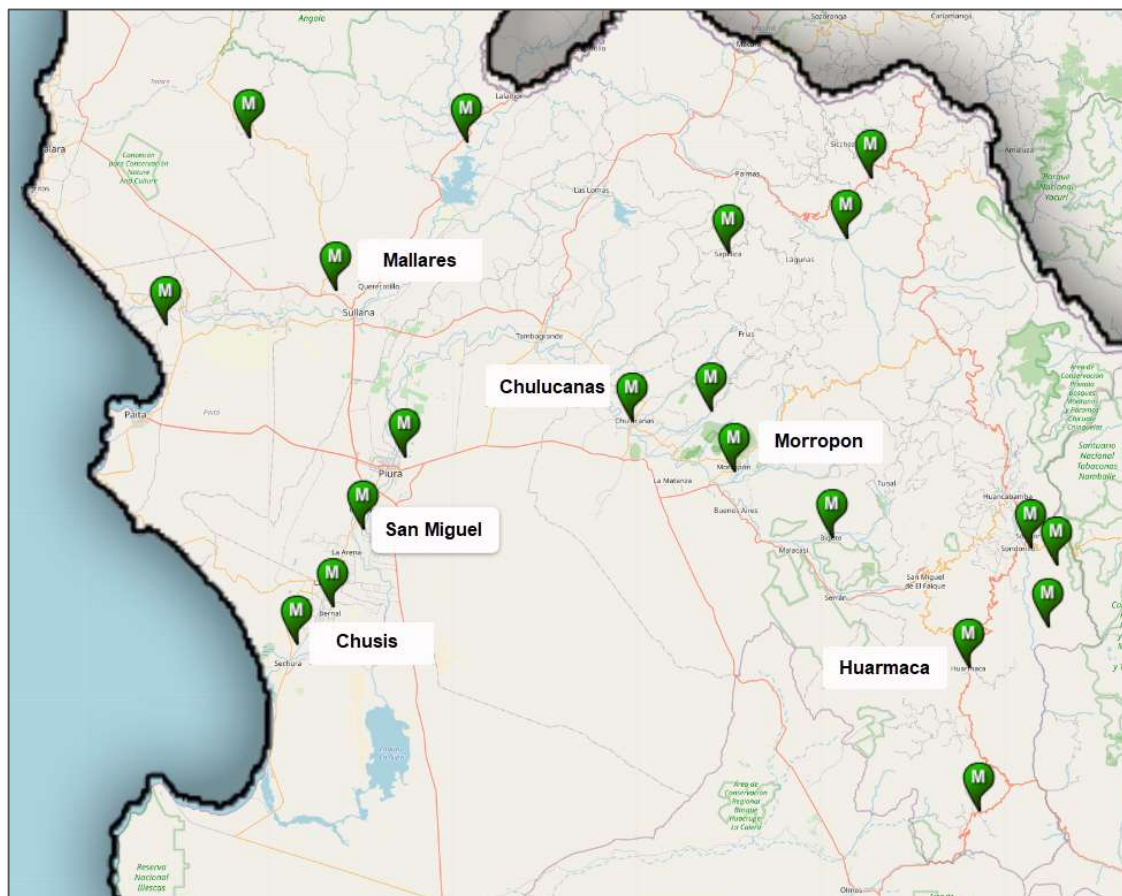
estudos de Takahashi e Martínez (2017), estudaram o Niño Costero de 1925 e o definiram como um aquecimento súbito e superficial, confinado à zona costeira do Peru, que se desenvolveu entre fevereiro e abril, com seu pico máximo em março. Eles relacionaram esse fenômeno à amplificação do ciclo sazonal da TSM local. Por outro lado, as estações situadas nas bacias média e alta, que incluem Chulucanas, Morropón e Huarmaca, mostram um padrão de precipitação mais variado ao longo dos anos, sem um pico proeminente em 2017. Isso sugere que enquanto a bacia baixa experimentou condições extremas de chuva em 2017, as bacias média e alta não apresentaram um aumento tão marcado naquele ano, demonstrando uma distribuição de chuva mais equilibrada ao longo dos diferentes anos registrados.

**Figura 6** – Grande parte da cidade de Piura está situada na planície de inundação do rio Piura e em seus terraços aluviais. Esta posição geomorfológica representa um alto nível de ameaça de inundações e os efeitos negativos dos processos fluviais (Imagem de dezembro de 2022, Google Earth).



Esses padrões destacam os contrastes entre eventos ENSO e corroboram estudos anteriores (Waylen e Caviedes, 1986; Ropelewski e Halpert, 1987) sobre a complexidade das consequências desses fenômenos nas dinâmicas hidrológicas regionais.

**Figura 7** – O mapa exibe a localização de estações meteorológicas na região de Piura, marcadas com ícones verdes e a letra "M". As estações estão espalhadas por áreas chave para monitoramento climático, incluindo Chusis, San Miguel, Mallares, Chulucanas, Morropón e Huarmaca. Os dados são do SENAMHI, entidade peruana responsável pelas informações meteorológicas e hidrológicas.



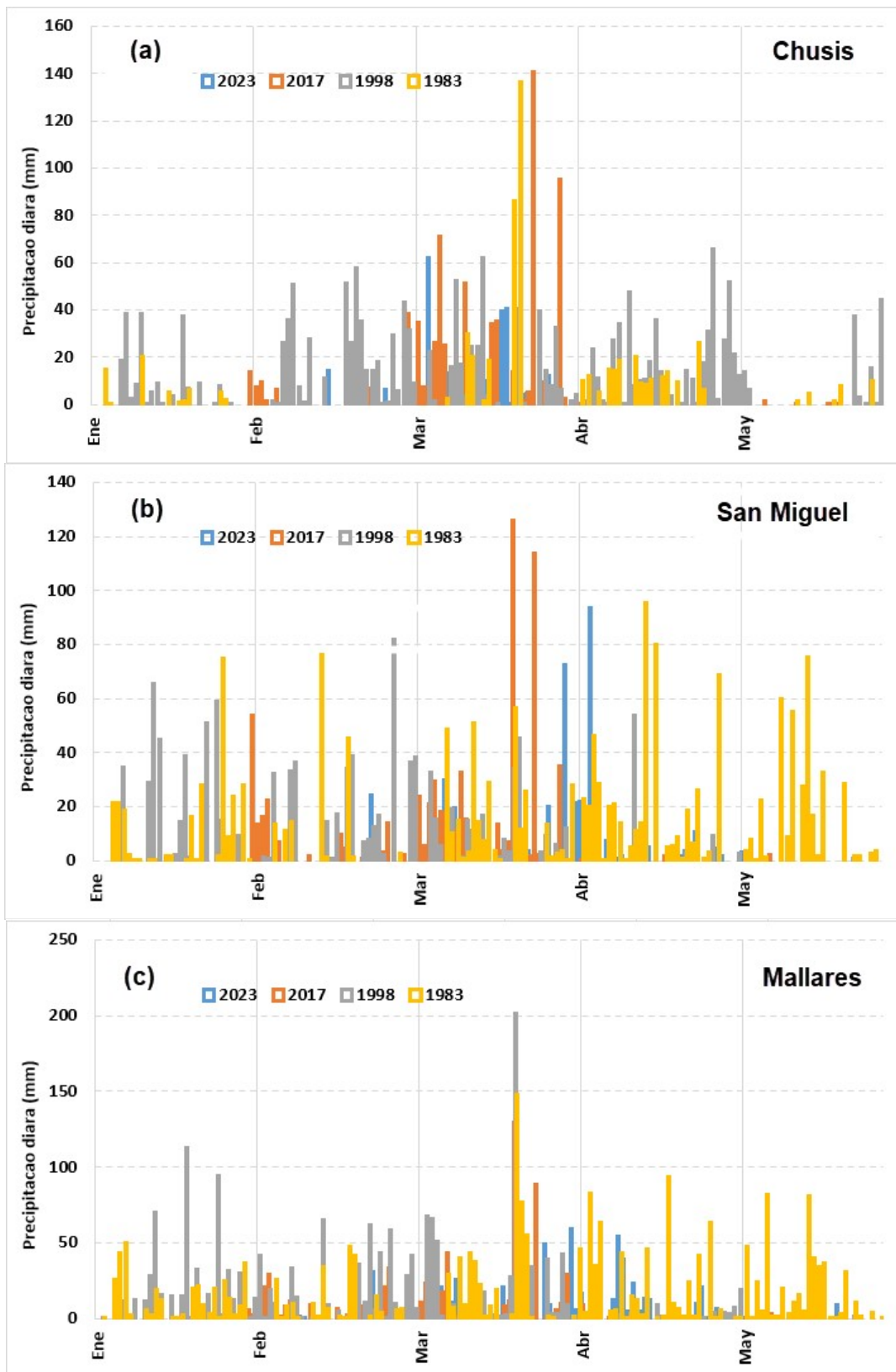
Fonte: Adaptado de SENAMHI

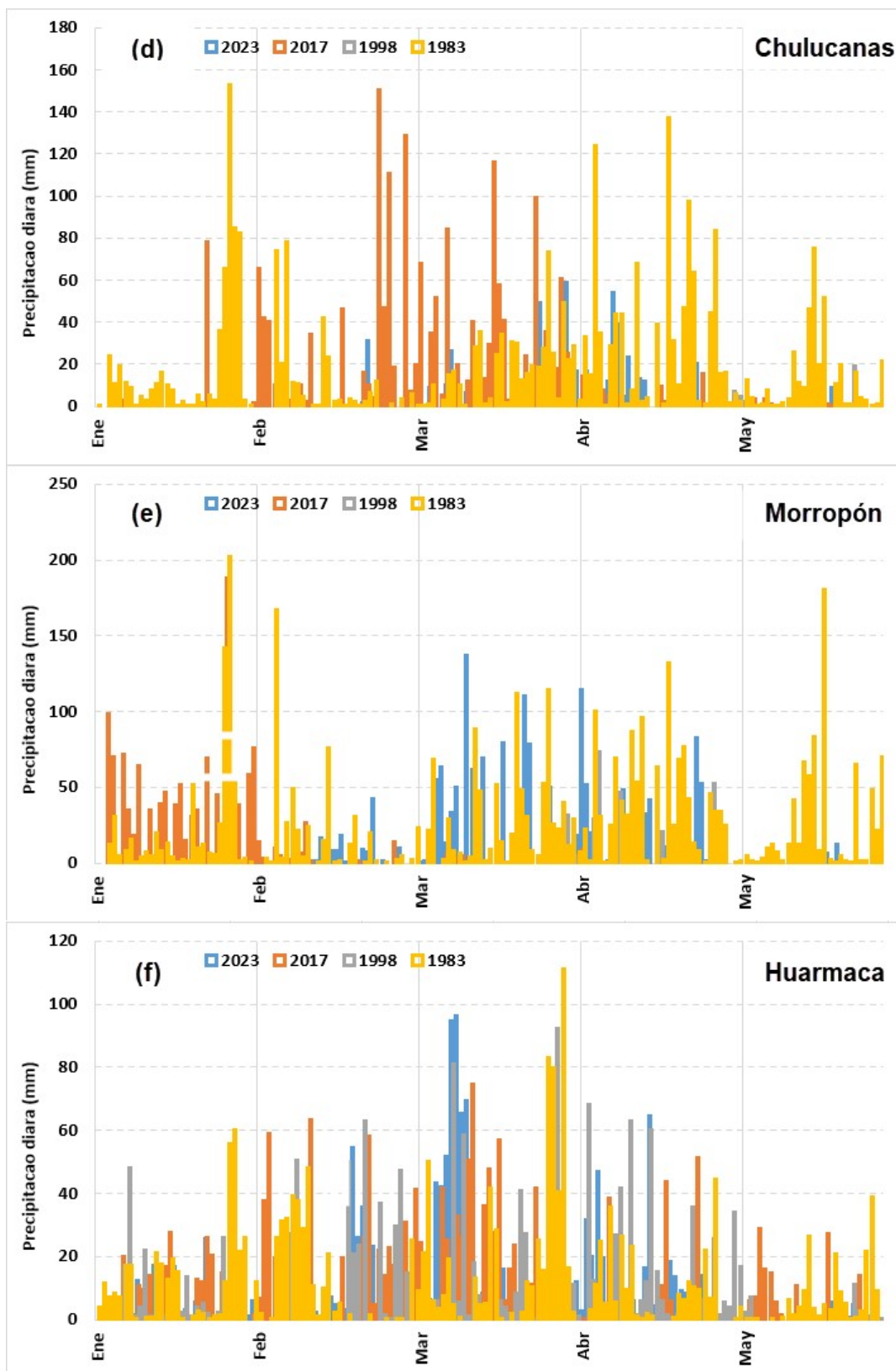
**Tabela 1** Estacoes meteorológicas na bacia do rio Piura

| Estação    | Latitude Sul | Longitude Oeste | Altitude (msnm) | Período de Informação Processada | Operação Atual |
|------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------|
| Huarmaca   | 05°34'09"    | 79°31'23"       | 2180            | 83/98/17/23                      | SENAMHI        |
| Morropón   | 05°10'47"    | 79°58'41"       | 140             | 83/98/17/23                      | SENAMHI        |
| Chusis     | 05°31'00"    | 80°49'00"       | 12              | 83/98/17/23                      | SENAMHI        |
| Chulucanas | 05°06'12"    | 80°09'57"       | 95              | 83/98/17/23                      | CHP            |
| San Miguel | 05°14'24"    | 80°41'59"       | 29              | 83/98/17/23                      | SENAMHI        |

Fonte: Modificado de Padilla (2022)

**Figura 8** – A série das figuras analisa a precipitação na bacia do rio Piura, comparando os meses de janeiro a maio ao longo de quatro anos diferentes: 1983, 1998, 2017 e 2023, em localidades específicas como Chusis, San Miguel, Mallares, Chulucanas, Morropón e Huarmaca. As linhas coloridas em cada gráfico facilitam a identificação das diferenças entre os anos, destacando tanto as tendências de chuvas intensas quanto as secas. As variações notáveis nos picos e vales das linhas mostram as mudanças na precipitação mês a mês, refletindo períodos de abundância ou escassez de chuva na região.





## 1.2. El Niño Costero 2017 no Perú

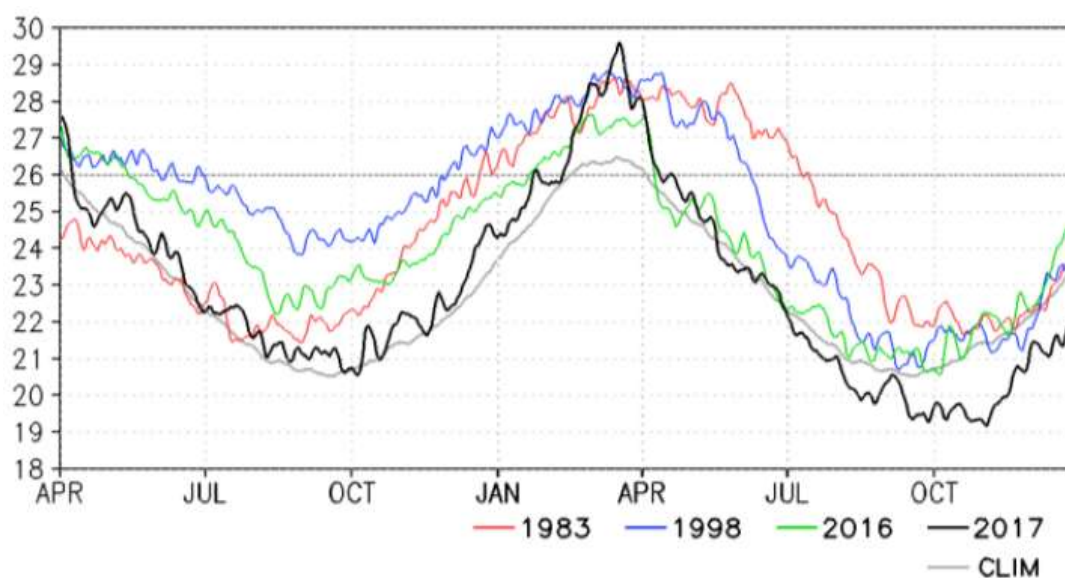
O fenômeno do Niño Costero 2017 foi um evento climático extremo que afetou gravemente a região costeira do Peru, produzindo impactos significativos tanto na população quanto na infraestrutura. Diferente dos eventos tradicionais de El Niño, que envolvem

aquecimentos em grande escala no Pacífico central e oriental, o Niño Costero se caracterizou por um aquecimento anômalo (Tabela 2 e Figura 9 e 10) nas águas do Oceano Pacífico próximo à costa peruana e equatoriana, levando a precipitações intensas e prolongadas.

**Tabela 2** – Valores do ONI e ICEN de dezembro de 2016 a maio de 2017. Fonte: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), IGP (Instituto Geofísico do Peru)

|           | ONI (N3.4) | ICEN (N1+2) |
|-----------|------------|-------------|
| Dezembro  | -0.6       | 0.43        |
| Janeiro   | -0.3       | 0.6         |
| Fevereiro | -0.1       | 0.93        |
| Marco     | 0.1        | 1.11        |
| Abril     | 0.3        | 0.91        |
| Mai       | 0.4        | 0.39        |

**Figura 9** – Comportamento diário da TSM (°C) na área 1+2 nos principais eventos El Niño e sua climatologia (cinza).



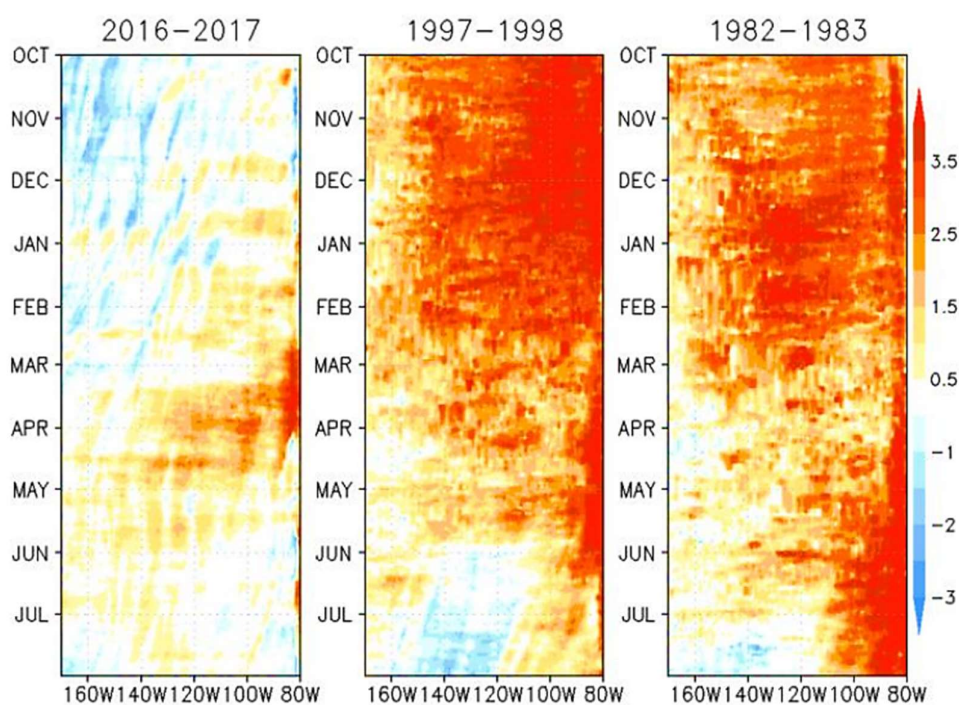
Fonte: Quispe A. (2017)

Em fevereiro, um aquecimento súbito e localizado ocorreu próximo às costas do Peru e do Equador, concentrando-se entre 80°W e 90°W, e atingindo valores máximos de cerca de +3°C em março (Figura 10). Durante este período, o Pacífico central manteve-se com valores de TSM neutros até os primeiros dias de março.

Com o início de abril, as anomalias positivas no Pacífico oriental diminuíram rapidamente. Em contraste, no Pacífico central, desde meados de março, desenvolveram-se anomalias quentes de aproximadamente +2°C, que se estenderam até 140°W e persistiram até o final de abril. Em junho, as condições do Pacífico equatorial retornaram a níveis quase

neutros.

**Figura 10** – Hovmöller da anomalia de TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ) com base na média latitudinal de  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}\text{S}$ . Comparação entre El Niño a) 16-17, b) 97-98 e c) 82-83.



Fonte: Quispe A. (2017)

Em março de 2017, as temperaturas da superfície do mar na costa peruana estavam  $2^{\circ}\text{C}$  ou mais acima da média, valores típicos de um ano de El Niño, embora não houvesse um evento de El Niño no Pacífico naquele momento. Esse aquecimento provocou chuvas intensas e sustentadas, causando inundações significativas em muitas partes do Peru (No anexo A estão apresentadas as imagens de satélite que mostram a magnitude das inundações). Segundo o Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia do Peru (SENAMHI), as chuvas foram especialmente severas nas regiões de Piura, Lambayeque e La Libertad, onde muitas áreas urbanas e rurais foram afetadas.

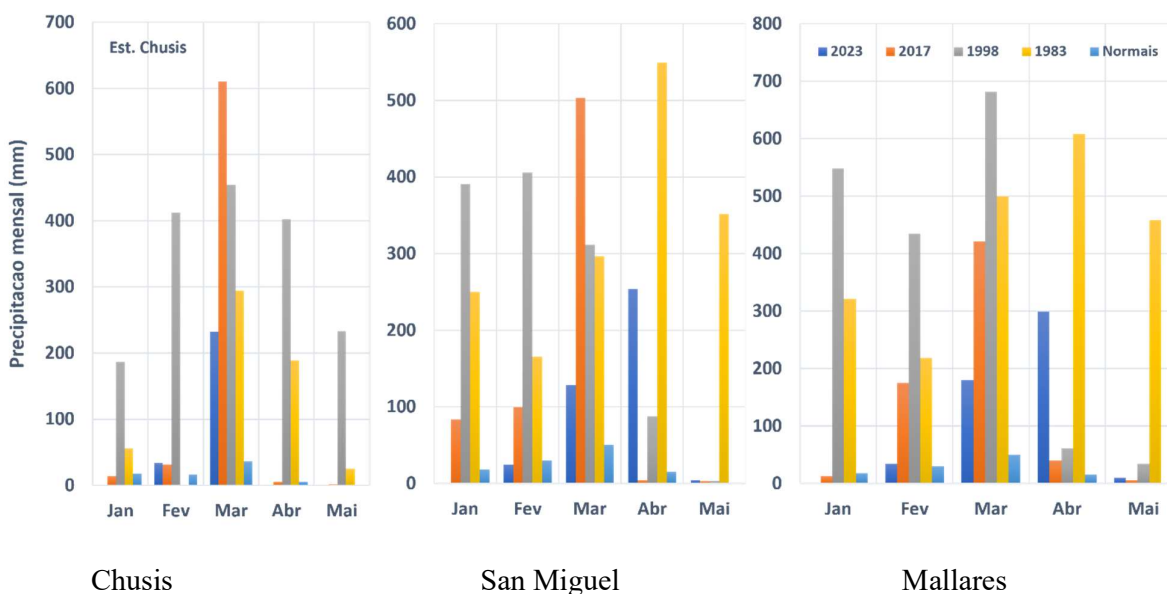
O Instituto do Mar do Peru (IMARPE) documentou as características oceanográficas do Niño Costero 2017, indicando que as anomalias de temperatura da superfície do mar foram um fator chave na geração dessas condições climáticas extremas. As observações indicaram que o aquecimento das águas costeiras promoveu maior evaporação e formação de nuvens, resultando em chuvas torrenciais.

O El Niño Costero de 2017 foi atípico pelo seu rápido desenvolvimento e pela

intensidade dos seus impactos, no mês de março evidenciados pelos picos acentuados de precipitação (na parte baixa da bacia) em março de 2017 como são apresentados nas Figuras e 11 e 12 demonstram que os eventos de El Niño de 1983 e 1998 foram marcados por anomalias de precipitação extremamente altas na bacia do Rio Piura, resultando em chuvas muito intensas durante os meses analisados. Em comparação, o Niño Costero de 2017 também mostrou anomalias significativas no litoral do Peru (Figura 14), especialmente em março, mas de menor magnitude em relação aos anos de 1983 e 1998. O ano de 2023 também apresenta anomalias superiores às médias normais, destacando um período de precipitação aumentada, embora menos severo que os eventos de El Niño mais fortes.

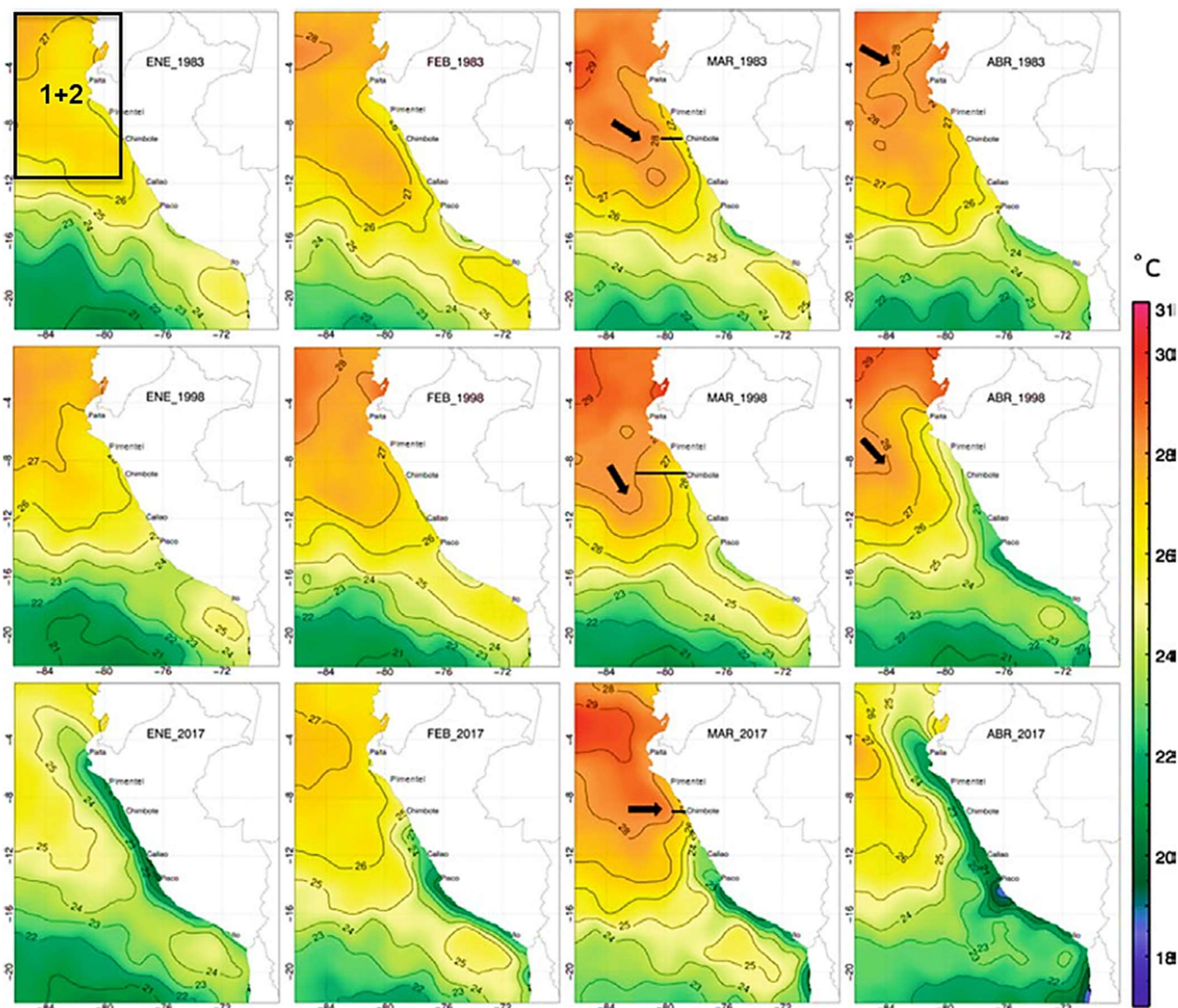
De acordo com SENAMHI (2017), WMO (2017), IMARPE (2017), CIIFEN (2017) e FAO (2017) diferentemente dos eventos El Niño tradicionais, associados a mudanças na pressão atmosférica ao longo de todo o Pacífico equatorial, o El Niño Costero caracterizou-se pelo aquecimento concentrado das águas na costa do Peru (Figura 14). Este fenômeno levou a uma convecção e precipitação localizadas e intensas (Figura 13d), conforme documentado por Ramírez et al. (2017), Rodríguez-Morata (2017) e pelos relatórios do ENFEN (2017).

**Figura 11** – Anomalias da precipitação na bacia do rio Piura (Chusis, San Miguel e Mallares)



**Figura 12**– Anomalias da precipitação na bacia do rio Piura (Chulucanas, Morropón e





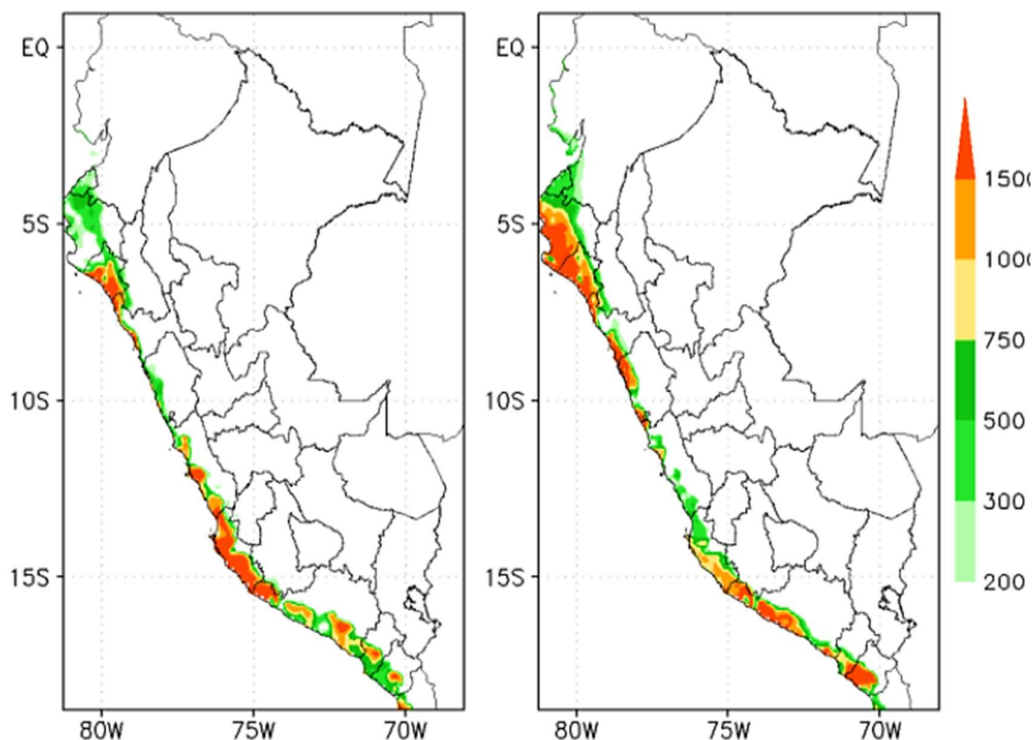
Fonte: IMARPE – AFSR (Dados do AVHRR – OISSTv2, NCDC da NOAA)

Os padrões de precipitação em 2017 não apenas superaram as médias históricas nas estações meteorológicas localizadas na parte baixa da bacia (Figuras 12 e 13), mas também apresentaram uma distribuição temporal e espacial diferenciada (presença no litoral do Peru – Figura 15), ressaltando a importância de considerar as variações locais na dinâmica do ENSO, conforme sugerido pelos estudos citados e observações de campo coletadas após o evento (Sulca et al., 2017; Gonzáles e Ingol, 2021 e Jonaitis et al., 2021). Esses dados são cruciais para o planejamento da gestão de desastres e a preparação para respostas adequadas a futuros eventos extremos na região.

Para entender melhor os padrões de precipitação na Figura 15 se apresentam os mapas de anomalias de precipitação para os meses de janeiro a março nos anos de 1983 (Fig. 15a), 1998 (Fig. 15b), 2016 (Fig. 15c), 2017 (Fig. 15d), 2023 (Fig. 15e) e 2024 (Fig. 15f) Os mapas revelam que os anos de fortes eventos de El Niño (1983 e 1998) e o fenômeno do Niño Costero

de 2017 são marcados por anomalias de precipitação significativamente altas ao longo da costa norte e central do Peru, especialmente na bacia do Rio Piura (Figura 14).

**Figura 14** – Percentagem de anomalias de precipitação no Peru no trimestre de janeiro a março. Esquerda: El Niño Costero 2017. Direita: média de El Niño 83 e 98.

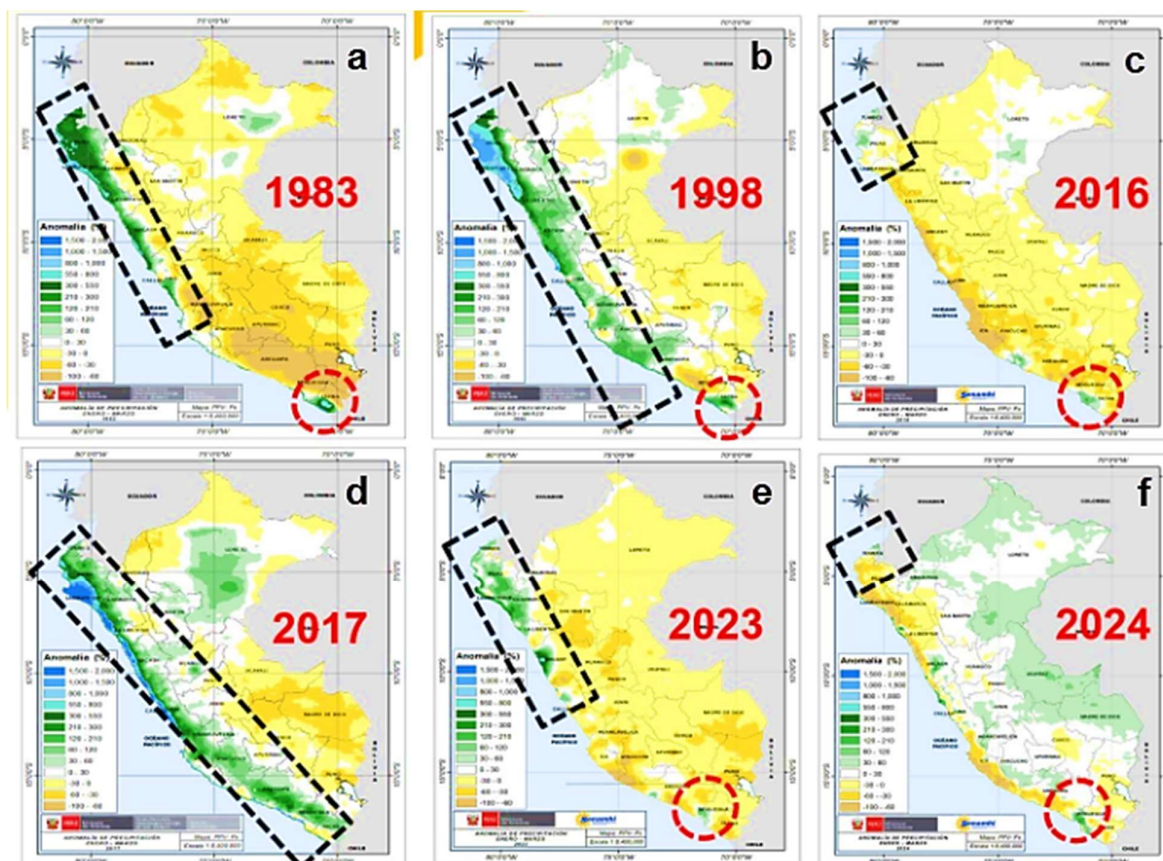


Fonte: Quispe A. (2017)

Esses eventos resultaram em chuvas intensas, inundações e impactos severos na infraestrutura e agricultura. Anos como 2016 e 2023 mostram padrões de anomalias de precipitação elevados, mas menos intensos, enquanto as projeções para 2024 indicam um padrão mais variado, com áreas de precipitação tanto acima quanto abaixo da média. Áreas mais escuras de azul e verde indicam maior precipitação, enquanto as tonalidades de amarelo a vermelho representam menor precipitação um contraste marcante com os padrões usuais de precipitação do país e uma demonstração clara do impacto localizado desse fenômeno climático.

**Figura 15** – As figuras apresentam mapas de anomalia de precipitação no Peru durante os fenômenos El Niño 1983 (Fig. 15a), 1998 (Fig. 15b) e o evento El Niño Costero 2017 (Fig. 15c), destacando as

alterações climáticas significativas associadas ao evento como El Niño Costero em 2017.



Fonte: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología do Peru (SENAMHI), <https://www.senamhi.gob.pe/?p=escenarios-lluvia>

Na região norte do Peru, as inundações foram frequentemente causadas por eventos extremos El Niño, como em 1925-1926, 1972-1973, 1982-1983, 1997-1998 e 2015-2016 (L'Heurex et al., 2017; J. Sanabria et al., 2018). Após esses eventos, o leito do rio Piura sofreu incrementos significativos, resultando em perdas de terras agrícolas nas duas margens (GTZ-CTAR, 2019), em alguns casos até 100 m de largura e 2,8 m de profundidade de erosão. O transporte de sedimentos aumenta durante os eventos extremos de El Niño (Morera et al., 2017). As Figuras 17 e 18 retrata a severa inundação em Piura durante o fen meno El Niño Costero de 2017 onde as terras agrícolas estão submersas, destacando o impacto de eventos climáticos extremos nas comunidades e na economia local. A  gua turva engoliu planta es inteiras e interrompeu a infraestrutura, evidenciando a necessidade urgente de estratégias de resiliência ao clima. Na Figura 20 um esquema diagramático, fornece uma representa o simplificada de uma se o transversal de um leito fluvial. Identificam-se os diques em ambos os lados do leito e as áreas de planícies inundáveis sedimentadas, bem como o canal fluvial preenchido com sedimentos, elementos que sugerem um acúmulo de sedimentos devido a eventos de inunda o. A correla o entre as figuras 18 e 19 permite inferir que a capacidade dos leitos fluviais de gerir

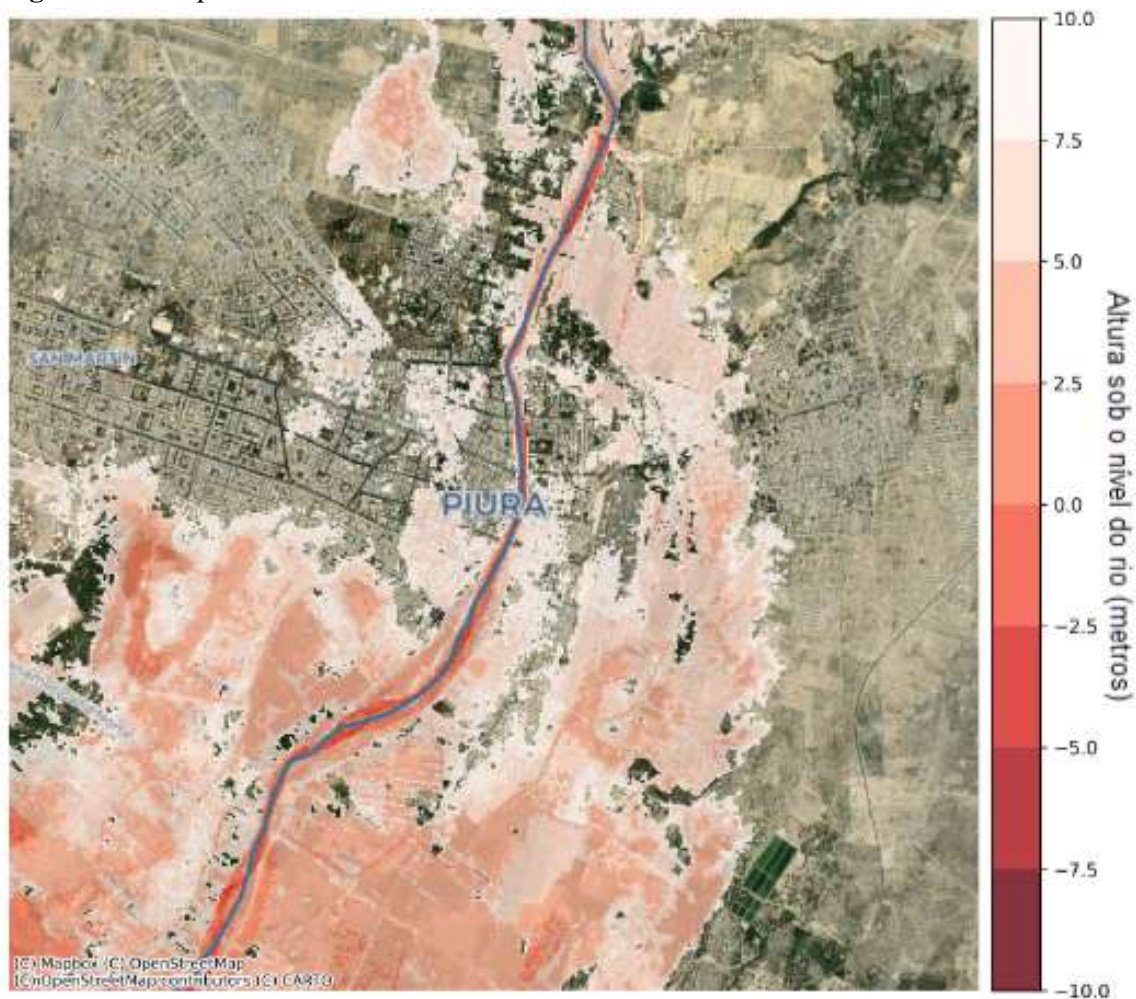
eficazmente os fluxos hídricos é fundamental para mitigar o impacto das inundações. Os diques, que normalmente delimitam o fluxo do rio, podem ficar comprometidos durante eventos de caudal extremo, causando a inundação de áreas adjacentes, conforme observado na primeira imagem. Além disso, o excesso de sedimentos pode reduzir a capacidade de escoamento do rio, aumentando a probabilidade de inunda es. Segundo Vilchez, (2018) as inunda es de 2017 foram condicionadas pela morfologia do terreno plano-ondulado (Figura 16) com declives inferiores a 5 , a natureza sedimentar dos solos com boa porosidade e permeabilidade, e a modifica o antrópica do leito do rio. A urbaniza o inadequada de planícies inundáveis e terraços baixos, junto com a constru o de pontes que estreitam o leito do rio, contribuíram para os danos extensivos. A zonifica o realizada determinou quatro níveis de suscetibilidade às inunda es: nula, baixa, média e alta. O estudo destaca a importância de considerar tanto os fatores naturais quanto as interven es humanas ao avaliar e gerenciar o risco de inunda es no vale do rio Piura.

**Figura 16** – Configura o morfológica do rio Piura



A figura 17 destaca o rio Piura, atravessando a cidade de norte a sul. As áreas próximas ao rio, principalmente ao longo do seu curso, são mais suscetíveis a inunda es devido   sua menor eleva o relativa (Figura 17). As zonas em vermelho escuro, localizadas principalmente ao longo das margens do rio, representam áreas de maior risco de inunda o.

**Figura 17** – Mapa de altura relativa ao nível do rio em Piura



Fonte: Ortega, C. (2023). Análise dos riscos de inundação da cidade de Piura – Peru.

[https://www.linkedin.com/posts/claudioortega27\\_les-presento-dos-mapas-que-constru%C3%AD-para-activity-7116044449628991488-GjJm?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop](https://www.linkedin.com/posts/claudioortega27_les-presento-dos-mapas-que-constru%C3%AD-para-activity-7116044449628991488-GjJm?utm_source=share&utm_medium=member_desktop)

**Figura 18** – Severa inundação em Piura durante o fenômeno El Niño Costero de 2017.



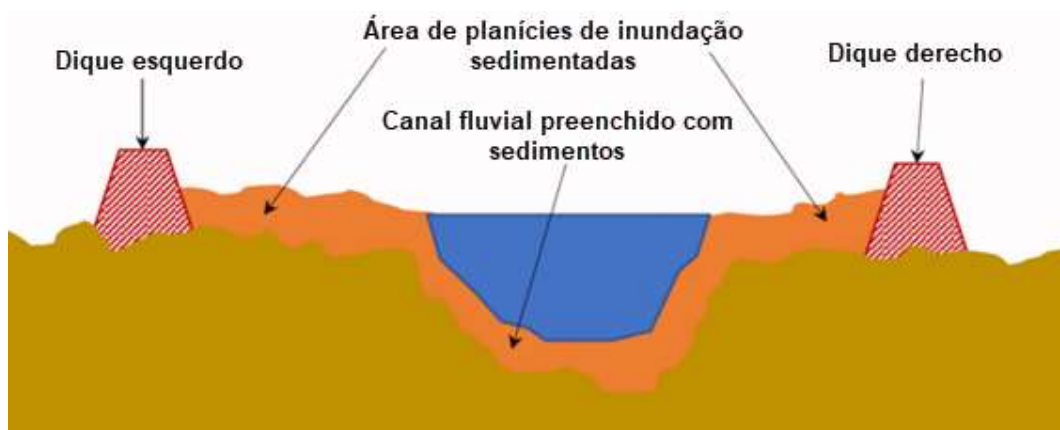
**Figura 19** – Severa inundação em Piura durante o fenômeno El Niño Costero de 2017.



Fonte: Jornal La República. <https://larepublica.pe/sociedad/860059-asi-quedo-la-ciudad-de-catacaos-tras-las-lluvias-fotos>. Acesso 01/03/2024.

Esta análise é de grande importância no contexto do planejamento urbano e gestão de riscos, enfatizando a necessidade imperativa de implementar sistemas de drenagem adequados e estruturas de contenção de inundações que estejam projetadas para resistir a eventos hidrológicos extremos e, assim, proteger o ambiente e a população da região.

**Figura 20** – A figura apresenta um perfil transversal de um leito de rio, com diques marginais e uma planície de inundação sedimentada. O canal central, preenchido com sedimentos, evidencia os processos de sedimentação fluvial, cruciais na gestão do risco de inundações.

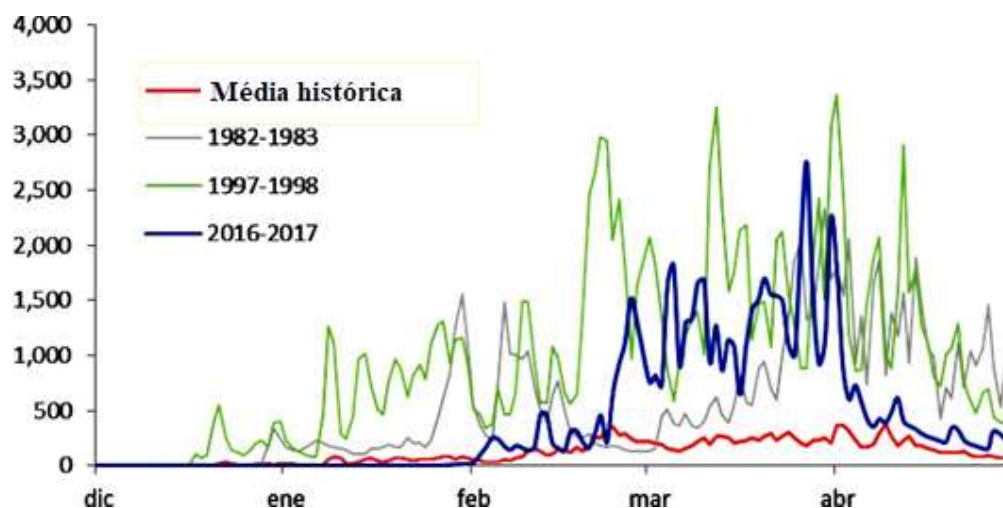


Fonte: Alvarado, 2020

Nessa linha, de acordo com o Tapley e Waylen (1990), Vos et al. (1999) e Lagos et al.

(2008), além de investigações mais recentes de Lavado et al. (2012<sup>a</sup>), Lavado e Espinoza (2014), Bourrel et al. (2015), Rau et al. (2017) e Sanabria et al. (2017), mostraram anomalias positivas nos vazões (Figura 21) e nas chuvas. Isso sugere que os efeitos dos eventos ENSO variam significativamente entre diferentes regiões do Peru, afetando distintamente os padrões de precipitação.

**Figura 21** – O gráfico mostra as vazões ( $m^3/s$ ) registradas em diferentes eventos ENSO em comparação com a média histórica. A linha vermelha indica a média histórica das vazões, enquanto as linhas cinza, verde e azul representam as vazões observadas durante os eventos ENSO de 1982-1983, 1997-1998 e 2016-2017, respectivamente. Os picos indicam aumentos nas vazões que são característicos durante os eventos El Niño, que geralmente causam um aumento na precipitação e, por consequência, nas vazões dos rios da bacia de rio Piura.



Fonte: Autoridad Nacional del Agua (ANA) os dados foram obtidos do Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología do Peru (SENAMHI)

O El Niño Costero de 2017 foi um evento local relacionado ao aquecimento atípico do mar do Pacífico Equatorial na região El Niño 1+2, influenciado por condições meteorológicas como chuvas, umidade e ventos ao longo da costa do Peru, que resultaram no bloqueio dos ventos alísios (Takahashi e Martinez, 2017; Takahashi, 2017; CPC, 2018; ENFEN, 2017; ENFEN, 2020). Esse aquecimento rápido do mar não apresentou os mesmos mecanismos físicos dos eventos El Niño típicos, relacionados às ondas Kelvin, tornando sua previsão difícil e seu desenvolvimento muito rápido (Takahashi e Martinez, 2017; Takahashi, 2017). Neste contexto, o estudo de Aguirre et al. (2019) ressalta a eficácia das ações de preparação e resposta baseadas em pronósticos e monitoramento em tempo real. Esta abordagem permitiu uma resposta mais rápida e eficiente às condições climáticas extremas, minimizando os impactos nas comunidades vulneráveis.

De outro lado, segundo Padilla (2022) a análise do escoamento pluvial da bacia urbana na cidade de Piura revela vários pontos críticos no manejo da água durante o período de chuvas. Ano após ano, a região sofre inundações devido a uma combinação de fatores geográficos e de infraestrutura. As áreas mais baixas da cidade, que incluem as localidades de Chusis, San Miguel e Mallares, são particularmente vulneráveis, o que é evidenciado pelos altos níveis de precipitação registrados em 2017 em comparação com outros anos. Em contraste, as estações localizadas nas bacias média e alta, como Chulucanas, Morropón e Huarmaca, mostram um padrão de precipitação mais diversificado ao longo dos anos analisados.

O sistema de drenagem urbano atual está sobrecarregado, incapaz de lidar eficazmente com os acúmulos de água, principalmente devido à topografia da região que dificulta a evacuação natural. Portanto, torna-se evidente a necessidade de uma nova abordagem na infraestrutura de drenagem. Em Piura, a ausência de um plano eficaz de drenagem pluvial resultou na proliferação de bacias cegas (Figura 22), agravando os problemas de acumulação de água e danos estruturais na cidade. Apesar de apenas três bacias cegas terem sido registradas em 1972, hoje esse número aumentou para cerca de cem (Castillo, 2023). A falta de planejamento urbano adequado levou a um aumento significativo desses reservatórios de água, que afetam não apenas a infraestrutura, mas também a qualidade de vida das famílias, já que os sistemas domésticos de drenagem inadequados contribuem para essas acumulações.

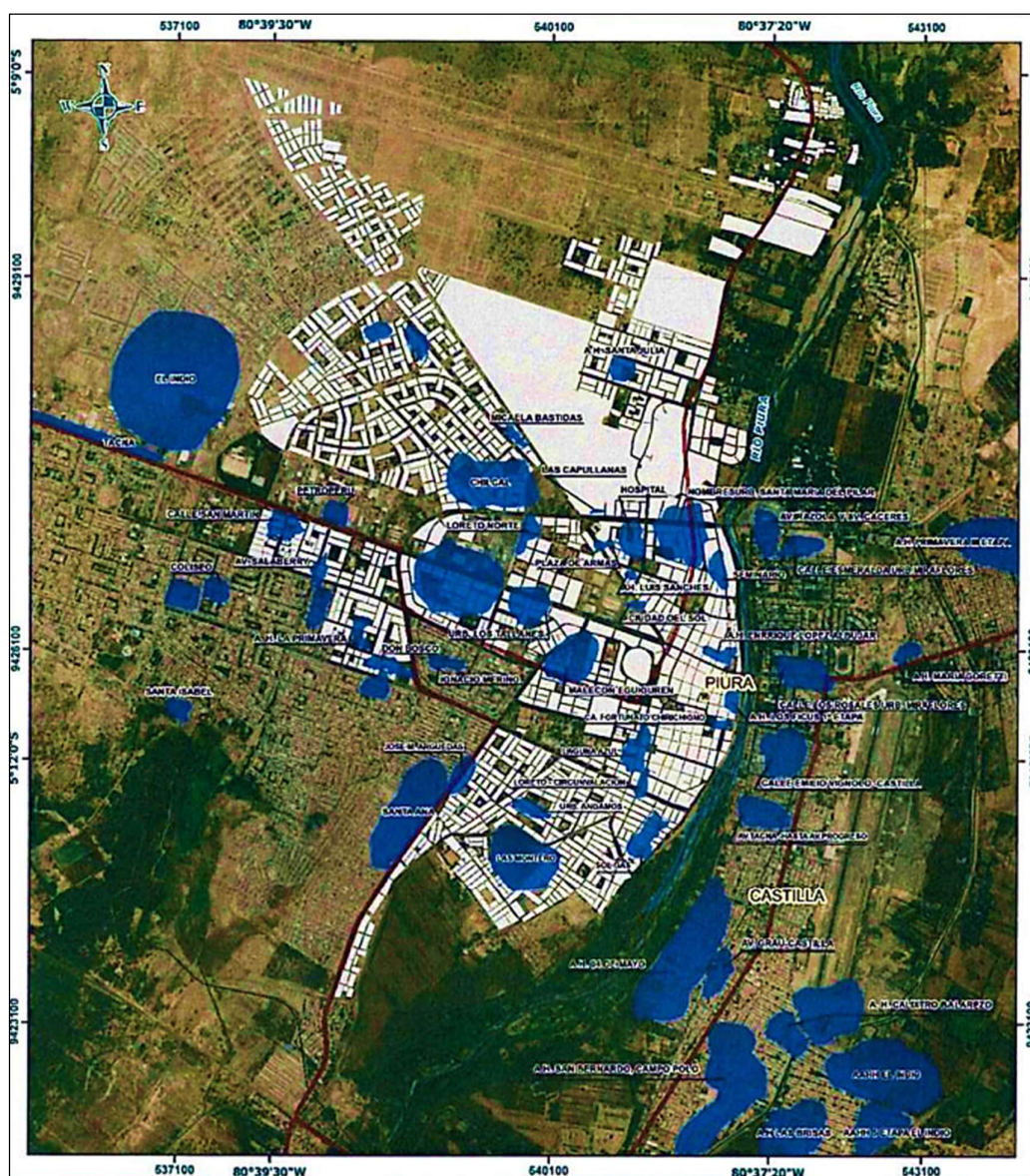
A situação é agravada pelo fato de que a água drenada incorretamente não só fica estagnada nas vias públicas, mas também contribui para o colapso dos esgotos e a deterioração das pistas por danos ao asfalto, criando perigos adicionais na via pública. Torna-se evidente a necessidade de um sistema integrado que gerencie eficientemente a água pluvial e mitigue os efeitos das inundações em Piura.

Portanto, esta tese busca explorar as implicações desse evento singular, analisando as estratégias adotadas e propondo medidas que possam fortalecer a resiliência das comunidades peruanas frente a futuros eventos climáticos extremos. A incorporação de lições aprendidas, como as sugeridas por Aguirre et al. (2019), é fundamental para o desenvolvimento de um planejamento eficaz e inclusivo, que leve em consideração as diversas facetas dos impactos dos fenômenos climáticos extremos.

A informação apresentada nesta tese combina dados primários e secundários. Os dados primários foram coletados através de entrevistas com indivíduos de agências governamentais locais, instituições acadêmicas e comunidades afetadas pelas cheias. Os dados secundários

foram obtidos a partir de uma variedade de fontes, incluindo artigos de jornal, relatórios técnicos, artigos revisados por pares, apresentações e documentos oficiais do governo. Essa abordagem metodológica multidisciplinar permite uma compreensão abrangente e detalhada dos impactos dos eventos climáticos extremos na região e as decisões ambientais, sociais, políticas, econômicas que foram implementadas antes, durante e depois do evento el Niño Costero 2017.

**Figura 22** – Mapa das bacias cegas na área urbana de Piura, Perú



Fonte: SIGRID – CENEPRED

Este estudo busca entender a fundo as consequências dos eventos extremos de El Niño Costero de 2017 no Peru, visando reforçar a capacidade de recuperação das comunidades

afetadas. Pretende-se realizar uma análise aprofundada das estratégias que foram implementadas e propor ações para robustecer a resiliência perante futuros desafios climáticos. Através da integração de lições aprendidas e a adoção de uma metodologia multidisciplinar, a pesquisa irá mergulhar nos efeitos ambientais, sociais, políticos e econômicos desses eventos extremos.

Além disso, o estudo irá examinar as políticas preventivas e as práticas que ajudaram a mitigar os impactos das enchentes causadas pelo El Niño Costero, destacando a importância da prevenção na gestão de desastres. Com o objetivo de elaborar recomendações práticas, esta pesquisa também avaliará a resiliência comunitária, buscando entender como as políticas e práticas preventivas foram adotadas e adaptadas pelas comunidades em resposta a eventos extremos.

Finalmente, a tese propõe um olhar prospectivo para políticas futuras, orientando a construção de cenários futuros para o desenvolvimento de estratégias e políticas proativas que possam ser implementadas pelo governo e centros de pesquisa. Com um enfoque particular no evento El Niño Costero de 2017, o estudo busca não apenas analisar o comportamento da sociedade peruana durante esses eventos, mas também utilizar o conhecimento local para construir uma narrativa histórica e desenvolver um entendimento mais robusto que fortaleça a sociedade diante de tais fenômenos.

## **7 CONCLUSÕES**

### **Necessidade de uma Abordagem Integrada na Gestão de Riscos de Desastres**

Este estudo conclui que uma abordagem integrada e multidisciplinar é essencial na gestão de riscos de desastres. O evento El Niño Costero demonstrou que prevenção, resposta rápida e eficaz e reconstrução pós-desastre sustentável são componentes igualmente importantes desta abordagem. A melhoria da infraestrutura e da tecnologia para monitoramento e alerta precoce, juntamente com a adaptação da legislação para enfrentar os desafios climáticos, são fundamentais. Conforme destacado em Bell et al. 2024, a educação desempenha um papel fundamental na gestão de riscos de desastres. Este enfoque complementa a necessidade de uma abordagem integrada na gestão de riscos, como concluído no estudo sobre o El Niño Costero 2017. O papel da educação, especialmente em termos de colaboração e participação comunitária, reforça a importância do envolvimento ativo das comunidades e do reconhecimento do impacto das mudanças climáticas nos desastres naturais. Assim, a integração da educação formal sobre desastres na estratégia de gestão de riscos contribui para um futuro mais resiliente e sustentável.

### **Integração da Urbanização e Desenvolvimento de Infraestrutura na Gestão de Riscos de Desastres**

Este estudo enfatiza a necessidade de uma abordagem integrada e multidisciplinar na gestão de riscos de desastres, como demonstrado pelo evento El Niño Costero. De acordo com as análises de Aguirre et al. (2019), a expansão urbana e o desenvolvimento de infraestrutura, especialmente em áreas costeiras, são fatores críticos que influenciam a vulnerabilidade a desastres naturais. Portanto, a gestão de riscos de desastres deve incluir o planejamento urbano e o desenvolvimento de infraestruturas resilientes como componentes essenciais.

### **Importância da Colaboração e Participação Comunitária**

A colaboração efetiva entre o governo, as ONGs e as comunidades é crucial para uma gestão de desastres bem-sucedida. As comunidades, em particular, devem ser empoderadas e participar ativamente na gestão de riscos e na tomada de decisões. A inclusão de conhecimentos e experiências locais enriquece a resposta e aumenta a resiliência.

## **Reconhecimento das Mudanças Climáticas na Gestão de Riscos de Desastres**

É imperativo reconhecer o papel das mudanças climáticas na magnificação dos desastres naturais. A adaptação e mitigação das mudanças climáticas devem estar integradas em todas as estratégias de gestão de riscos de desastres, com um foco em sustentabilidade e resiliência a longo prazo.

### **Rumo a um Futuro Resiliente e Sustentável**

As lições aprendidas com o El Niño Costero de 2017, juntamente com as conclusões de Aguirre et al. (2019), apontam para a necessidade de desenvolver políticas e práticas que integrem a gestão de riscos de desastres com o planejamento urbano e o desenvolvimento de infraestruturas. Este enfoque integrado é vital para assegurar que as comunidades sejam resilientes e capazes de se adaptar aos desafios emergentes das mudanças climáticas e outros riscos de desastres.

### **Integração de Gestão Hidrológica e Planejamento Urbano: Estratégias para Mitigar Inundações na Parte Baixa da Bacia**

A relação entre as intensas chuvas na parte baixa da bacia e a ausência de um sistema de drenagem adequado, ou a presença de bacias cegas, evidencia uma conexão crítica entre o manejo hidrológico e o planejamento urbano. A conclusão extraída da análise é que a falta de infraestrutura de drenagem adequada e a existência de bacias cegas não apenas exacerbam os efeitos de eventos extremos de precipitação, mas também destacam um problema maior de gestão de águas urbanas e de risco de desastres.

Durante o evento El Niño Costeiro de 2017, foram registrados níveis extraordinários de precipitação na parte baixa da bacia, resultando em inundações catastróficas. Essas inundações foram agravadas pela incapacidade dos sistemas de drenagem existentes de manejar o fluxo de água, devido em parte à topografia plana da região, que naturalmente inibe o escoamento eficiente da água. Além disso, a presença de bacias cegas, que são depressões topográficas sem saída para a água, contribuiu para o acúmulo de água, gerando alagamentos e aumentando o risco de inundações e danos à infraestrutura e à propriedade.

Essa situação ressalta a necessidade crítica de melhorar os sistemas de drenagem urbana e de implementar estratégias de gestão de bacias hidrográficas que incluam a reabilitação e criação de vias naturais e artificiais para escoamento e drenagem. O planejamento urbano deve integrar a avaliação de riscos hidrológicos e a construção de infraestrutura resiliente para mitigar o impacto de futuros eventos de chuva intensa. Assim, pode-se proteger melhor as comunidades e reduzir as consequências econômicas e sociais das inundações nas áreas mais vulneráveis da bacia.

## REFERÊNCIAS

1. AACHCHP. **Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en la cuenca del río Piura**. 2005.
2. ACEITUNO, P. **On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part 1: surface climate**. Monthly Weather Review, 1988, vol. 116, p. 505-524. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/116/3/1520->
3. AGUIRRE, L. F. et al. **Early Action Mechanisms in Peru Regarding Preparedness for El Niño**. International Journal of Disaster Risk Science, v. 10, n. 4, p. 508-509, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00234-6>. Acesso em: 01 maio 2024.
4. ANA. **Estudio hidrológico - meteorológico en la vertiente del Pacífico del Perú con fines de evaluación y pronóstico del Fenómeno El Niño para prevención y mitigación de desastres**. 1999. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1700>. Acesso em: 05 fevereiro 2023.
5. BAMBAREN, C., & ALATRISTA, M. S. (2019). **Legal Rules for the Response and Recuperation Before the Phenomenon of El Niño Costero Peru 2017**. Disaster Medicine and Public Health Preparedness, [s.p.]. <https://doi.org/10.1017/dmp.2018.158>.
6. BELL, I., LAURIE, N., CALLE, O., CARMEN, M., VALDEZ, A. (2024). **Education for disaster resilience: Lessons from El Niño**. Geoforum, 148, 103919. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2023.103919>.
7. BERGMANN, J., VINKE, K., FERNÁNDEZ PALOMINO, C. A., GORNOTT, C., GLEIXNER, S., LAUDIEN, R., LOBANOVA, A., LUDESCHER, J., & SCHELLNHUBER, H. J. **Assessing the Evidence: Climate Change and Migration in Peru**. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) e International Organization for Migration (IOM). 2021. Disponível em: [https://www.iom.int/sites/default/files/our\\_work/ICP/IDM/2017\\_IDM/Potsdam\\_Peru\\_2017.pdf](https://www.iom.int/sites/default/files/our_work/ICP/IDM/2017_IDM/Potsdam_Peru_2017.pdf).
8. BERGMANN, J.; VINKE, K.; FERNÁNDEZ PALOMINO, C. A.; GORNOTT, C.; GLEIXNER, S.; LAUDIEN, R.; LOBANOVA, A.; LUDESCHER, J.; SCHELLNHUBER, H.
9. BERNDTSSON, R. **Drought impact in the Bolivian Altiplano agriculture associated with the El Niño-Southern Oscillation Using satellite imagery data**. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 995-1010, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/nhess-21-995-2021>.
10. BJERKNES, J. **A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature**. Tellus Series a-Dynamic Meteorology and Oceanography, 1966, vol. 18, p. 820-829.

11. BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. & WISNER, B. **At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters**. Londres: Routledge, 1994. 284 p.
12. BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. **At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters**. Londres: Routledge, 1994. Disponible en: <https://www.routledge.com/At-Risk-Natural-Hazards-Peoples-Vulnerability-and-Disasters/Blaikie-Cannon-Davis-Wisner/p/book/9780415252164>.
13. CANEDO-ROSSO, C.; HOCHRAINER-STIGLER, S.; PFLUG,; CONDORI, B.; COCKBURN, J. C.; ROMERO, J. Q.; LUCCHI, P.; LENHARDT, A. **On the Path of Progress:**
14. CORDOVA, L. **Hace 20 años La Niña llenó de vida el desierto norteño. El Comercio, 20 mar. 2018**. Disponible en: <https://elcomercio.pe/archivo-elcomercio/grafico/20-anos-aguas-nina-llenaron-vida-desierto-noticia-505530-noticia/>. Acceso el 07 ago. 2020.
15. CPC. 2018b. Disponible en: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php). Acceso el 15 jul. 2020.
16. CUTTER, S. L. **Vulnerability to environmental hazards**. Hazards Vulnerability and Environmental Justice, 1996, p. 1-12.
17. ENFEN. **Informe Técnico Enfen No 005-2017/ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017. Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, mayo 2017**. Disponible en:
18. ENFEN. **Informe Técnico Extraordinario No 001-2017/ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017. Resumen ejecutivo. 2017b. Disponible en:** [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_infteo\\_informe\\_tecnico\\_extraordinario\\_001\\_2017.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infteo_informe_tecnico_extraordinario_001_2017.pdf). Acceso el 18 jul. 2020.
19. ENFEN. **Informe Técnico Extraordinario N° 001-2017/ENFEN. El Niño Costero 2017. Resumen ejecutivo, 2017g.**
20. ENFEN. **Comunicados oficiales. 2017a. Disponible en:** [https://www.dhn.mil.pe/comunicado\\_oficial\\_enfen](https://www.dhn.mil.pe/comunicado_oficial_enfen). Acceso el 13 jul. 2020.
21. FRENCH, A.; MECHLER, R. **Managing El Niño Risks Under Uncertainty in Peru: Learning from the past for a more disaster-resilient future**. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, 2017.
22. GOBIERNO REGIONAL DE PIURA – ANA – GTZ/PDRS. **Proceso de elaboración de plan de gestión de la cuenca del río Piura – Aspectos metodológicos**. Lima: Folleto, 2009, 32 pp.
23. GONZALEZ, I. (2023, 11 de julio). The historical impact of coastal El Niño in Peru and how local businesses are preparing for the global El Niño. CBI Secretariat.

- ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/peru/historical-impact-coastal-el-nino-peru-and-how-local-businesses-are-preparing-global-el-nino>.
24. GTZ, CTAR – Piura. 1999.
  25. **Improving living conditions in Peru's slum settlements.** Londres, Reino Unido: Development Progress, 2015.
  26. INEI. **Compendio Estadístico Perú 2014.** Disponible en: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf). Acceso el 02 ago. 2020.
  27. INRENA. **Diagnóstico de la ocurrencia de sequías, inundaciones y cambio climático global en el Perú.** Plan de defensas ribereñas y encauzamiento de ríos, 2007.
  28. J. (2021). **Assessing the Evidence: Climate Change and Migration in Peru.** Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) e International Organization for Migration (IOM). Disponible en: <https://www.iom.int>.
  29. JEGILLOS, S. **Fundamentals of disaster risk management: How are southeast Asian countries addressing this? (In Holloway, A. Risk, sustainable development and disasters: southern perspectives.** Cape Town: Periperi Publications.), 1999.
  30. L'HEUREUX M ET AL. **Observing and predicting the 2015/16 El Niño.** Bull Amer Meteor Soc., 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0009.1>.
  31. Lachira, P. Sechura: cientos de peces vararon en la bahía de Parachique. Walac, 07 feb. 2017. Disponible en: <https://walac.pe/sechura-cientos-de-peces-vararon-en-la-bahia-de-parachique/>. Acceso el 28 jul. 2020.
  32. LAGOS, P.; SILVA, Y.; NICKL, E.; MOSQUERA, K. **El Niño-related precipitation variability in Perú.** Advances in Geosciences, 2008, vol. 14, p. 231-237. Disponible en: <https://www.adv-geosci.net/14/231/2008/>.
  33. M. **The anomalous 2017 coastal El Niño event in Peru.** Climate Dynamics, 2018. Doi: 0.1007/s00382-018-4466-y.
  34. MACCLUNE, K. K.; ENRÍQUEZ, M. F. **El Niño Costero: The 2017 Floods in Peru.** Zurich Flood Resilience Alliance, 2017.
  35. MORERA, S. B. ET AL. **The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012).** Cientific Reports, 2017. Doi: 10.1038/s41598-017-12220-x.
  36. OLIVER-SMITH, A. **What is a disaster?: Anthropological perspectives on a persistent question.** Disaster Prevention and Management: An International Journal, 1999, vol. 8, no. 2, p. 121-122.
  37. Programa Presupuestal 068: **Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres – Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD**

- 2014-2012** (Objetivo Nacional y Objetivo Estratégico 1). El Fenómeno El Niño en el Perú, SENAMHI, 2014.
38. RAMÍREZ I. J.; BRIONES, F. **Understanding the El Niño Costero of 2017: The Definition Problem and Challenges of Climate Forecasting and Disaster Responses.** Int. J Disaster Risk Sci, 2017. Doi: 10.1007/s13753-017-0151-8.m
  39. **Reflections on the impact and response to the Peruvian 2017 Coastal El Niño event: Looking to the past to prepare for the future.** PLoS ONE, 18(9): e0290767. Disponible em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290767>.
  40. RODRÍGUEZ-MORATA, C.; BALLESTEROS-CANOVAS, J. A.; ROHRER, M.; STOFFEL, ROME-GASPALDY, S; RONCHAIL, J. **La pluviométrie au Pérou pendant les phases ENSO et LNSO.** Bulletin de l'Institut Française d'Etudes Andins, 1998, vol. 27, p. 675 – 685.
  41. ROMERO, C.C.; BAIGORRIA, G.A.; STROOSNIJDER L. **Changes of erosive rainfall for El Nino and La Nina years in the northern Andean highlands of Peru.** Climatic Change, 2007, vol. 85, no. (3-4), p. 343-356. Disponible em: <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9286-7>.
  42. **Root causes of recurrent catastrophe: The political ecology of El Niño-related disasters in Peru.** International Journal of Disaster Risk Reduction, 47, 101539. <http://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101539>.
  43. SANABRIA J ET AL. **Rainfall along the coast of Peru during strong El Niño events.** J Int Climatol., 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/joc.5292>.
  44. SANTOSO, A.; MCPHADEN, M., J.; WENJU CAI. **The Defining Characteristics of ENSO Extremes and the Strong 2015/2016.** Reviews of Geophysics, 55, 1079-1129. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2017RG00560>.
  45. School of Environmental Sciences, University of Natal, Pietermaritzburg, 1999. SENAMHI - PROCLIM. **Caracterización Climática de la Cuenca del Río Piura.** 2004.
  46. SHANEE, N.; SHANEE, S. **Land Trafficking Migration and Conservation in the “No Man’s Land” of Northeastern Peru.** Tropical Conservation Science, v. 9, n. 4, 2016. Disponible em: <https://doi.org/10.1177/1940082916682957>. Acceso em: 07 marco 2024.
  47. SHANEE, N.; SHANEE, S. **Land Trafficking, Migration, and Conservation in the “No Man’s Land” of Northeastern Peru.** Tropical Conservation Science, 2016, vol. 9, no. 4. Doi: 10.1177/1940082916682957.
  48. TAKAHASHI K; MARTÍNEZ AG. **The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific.** Clim Dyn., 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>.
  49. TAKAHASHI, K. **The El Niño phenomenon: Global vs coastal (Fenómeno El Niño: Global vs “Costero”).** Generacion de informacion y monitoreo del Fenómeno El Niño.

- Boletín Técnico., 2017, vol. 4, no. 4, Instituto Geofísico del Perú. Ministerio del Ambiente, Perú.
50. TAPLEY, T.D.; WAYLEN, P.R. **Spatial variability of Annual Precipitation and ENSO events in Western Peru.** Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques, 1990, vol. 35, no. 4, p. 429-446.
  51. UNDAC. **Perú Floods: Multi-cluster rapid assessment report (MIRA).** Reporte. Disponible en: [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/PE-Informe\\_final\\_MIRA-UNDAC-20170419.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/PE-Informe_final_MIRA-UNDAC-20170419.pdf), 2017.
  52. UNISDR. **UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction.** Ginebra: United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009.
  53. USAID. **Peru Climate Change Vulnerability and Adaptation Desktop Study.** Washington D.C.: USAID – Climate Change Resilient Development Task International Resources Group, 2011.
  54. USAID. **Peru Climate Change Vulnerability and Adaption Desktop Study. USAID – Climate Change Resilient Development Task,** International Resources Group, Washington, D.C., 2011.
  55. VARGAS P. **El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú. Working Papers,** Banco Mundial, Washington, DC, 2009.
  56. VON KOTZE, A. **Who learns from disaster? The problem of 'lessons learned' revisited.**
  57. VUILLE, M.; BRADLEY, R.S.; KEIMIG, F. **Interannual Climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atlantic forcing.** Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2000, vol.105, no. D10, p. 12447-12460.
  58. WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters.** 2ª ed. Londres: Routledge, 2004.
  59. WPF. **Peru Country Brief. ReliefWeb, 2017.** Disponible en: <https://reliefweb.int/report/peru/wfp-peru-country-brief-may-2017>. Acceso el 04 ago. 2020.
  60. VILCHEZ, M. **Características geológicas, geomorfológicas e antrópicas que condicionaram as inundações do ano 2017 no vale baixo do rio Piura.** Boletín de la Sociedad Geologica del Perú, Publicación Especial N° 14 - Resúmenes ampliados del XIX Congreso Peruano de Geología, 2018, p. 681-685. Disponível em: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe). Acesso em: 05 maio 2024.