



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 Murtua

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 (m³/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 ³ /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 ³ /s)" de 1925 a 2023. O eixo vertical indica a vazão em metros cúbicos por segundo, variando de 0 a 1200 m ³ /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

Tabela 10 – Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE	62
Tabela 11 – Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE	63
Tabela 12 – Matriz de comparação de pares do parâmetro GRUPO ETÁREO (fragilidade)	67
Tabela 13 – Matriz de comparação de pares do parâmetro DISCAPACIDADE (fragilidade)	67
Tabela 14 – Matriz de comparação de pares do parâmetro NÍVEL EDUCACIONAL (resiliência).....	68
Tabela 15 – Matriz de comparação de pares do parâmetro AFILIACAO A ALGUM SEGURO DE SAUDE (resiliência).....	68
Tabela 16 – Matriz de comparação de pares do parâmetro BENEFICIÁRIO DE PROGRAMAS SOCIAISS (resiliência).....	69
Tabela 17 – Matriz de comparação de pares do parâmetro TIPO DE MORADIA (resiliência).....	70
Tabela 18 – Matriz de comparação de pares do parâmetro REGIME DE POSSE (resiliência).....	71
Tabela 19 – Níveis de vulnerabilidade por inundação e seus intervalos	71
Tabela 20 – Níveis de risco por inundação.....	73
Tabela 21 – 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

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

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

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

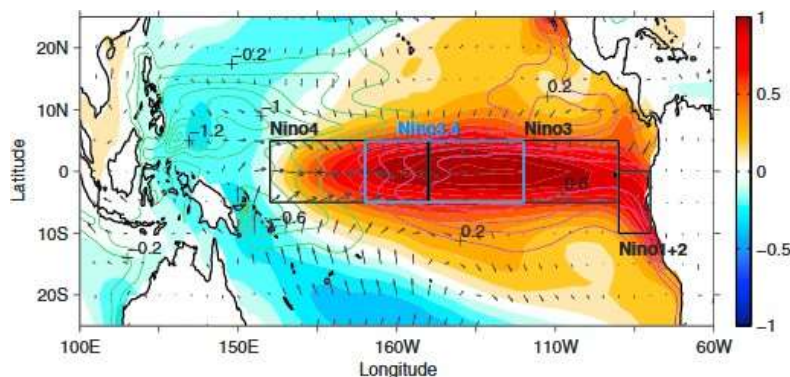
1 INTRODUÇÃO

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; Wyrski, 1973; Rasmusson; Carpenter, 1982) e exercem uma influência substancial no clima global e regional, com efeitos especialmente marcantes em regiões como o Peru.

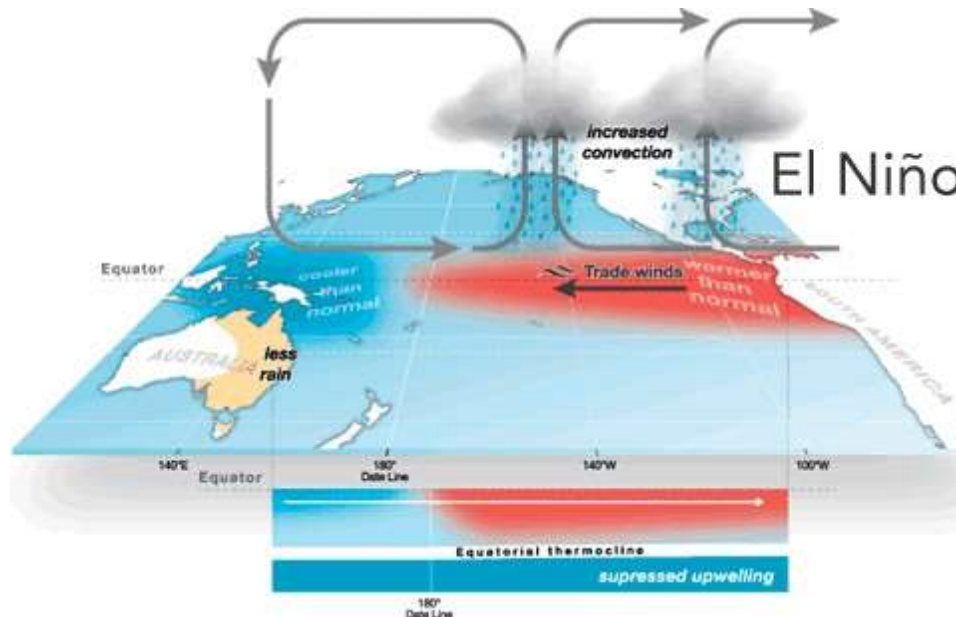
Nas últimas décadas, os efeitos dos fenômenos ENSO na pluviosidade do Peru têm sido objeto de intensa investigação. Segundo pesquisas realizadas por Waylen e Caviedes (1986), Ropelewski e Halpert (1987) e Aceituno (1988), constatou-se a ocorrência de anomalias negativas/positivas na precipitação na região 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-Batló 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.

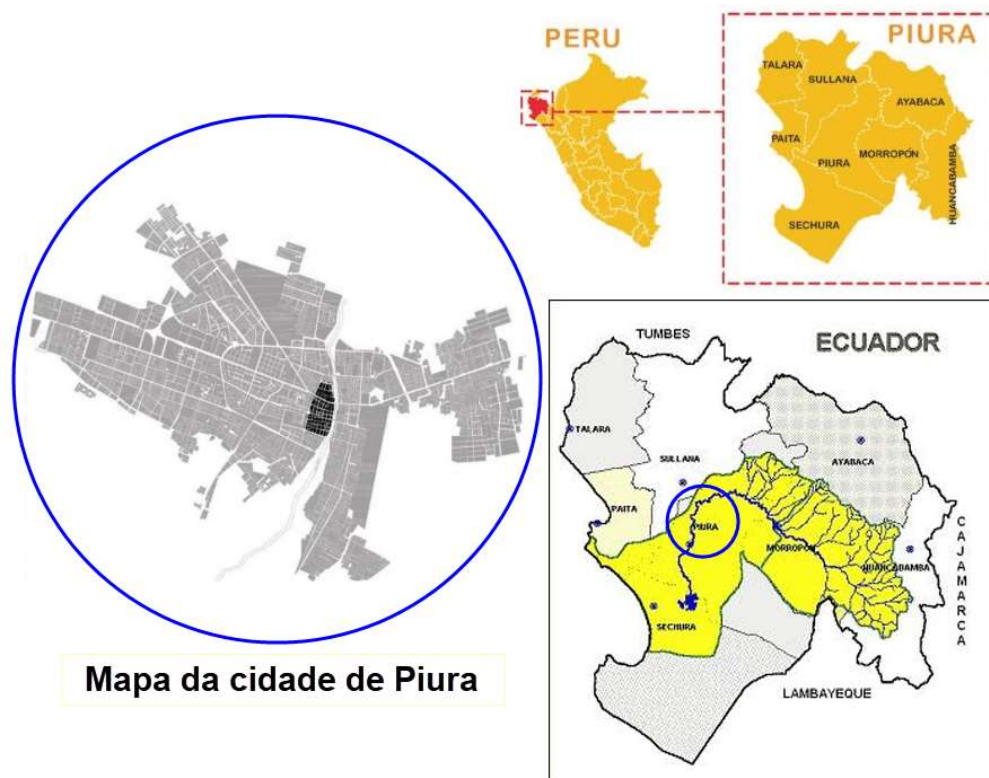
A Figura 6 ilustra claramente a vulnerabilidade da cidade de Piura às inundações. As áreas em azul claro representam a planície aluvial, enquanto as áreas em azul escuro indicam a terraça aluvial, ambos terrenos propensos a inundações. A linha vermelha delimita as zonas urbanizadas que, como se pode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

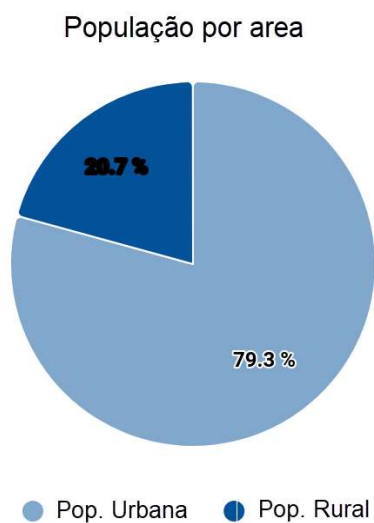
Estudos apontam que a falta de planejamento urbano adequado e a ocupação desordenada das áreas de risco permanecem como desafios críticos. A urbanização acelerada sem a devida consideração das características geomorfológicas e hidrológicas aumenta a exposição a desastres naturais. A implementação de 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,



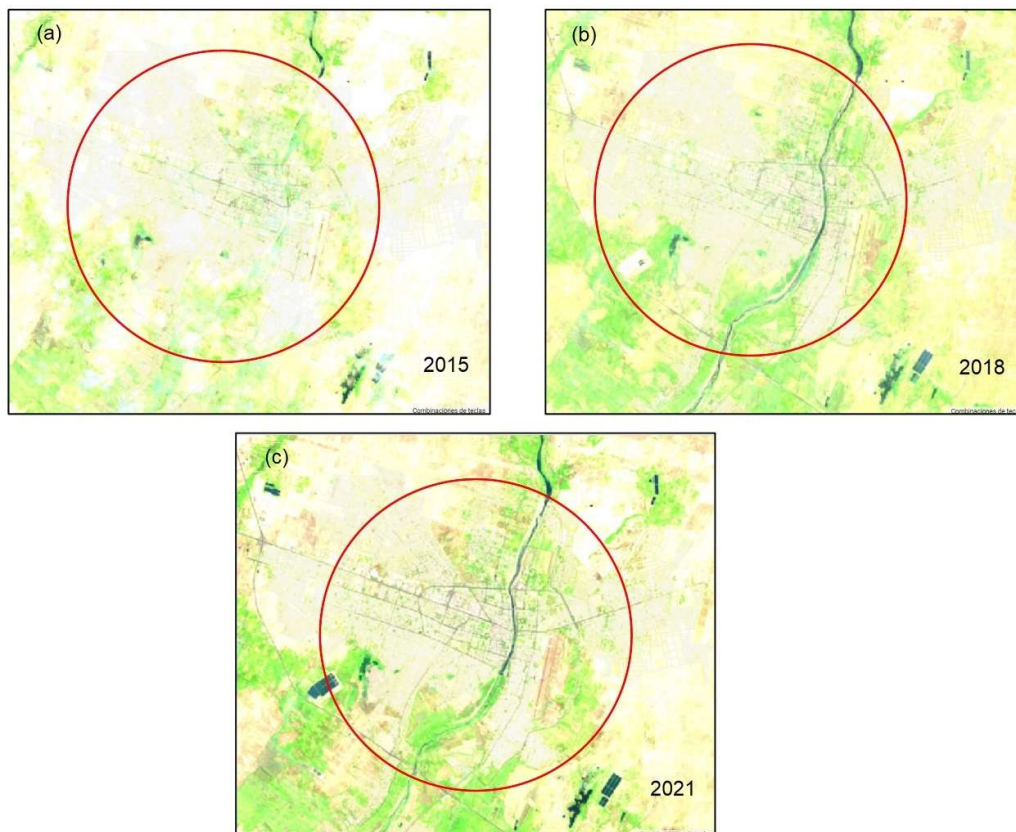
Fonte: Adaptado de Autoridad de Reconstrucción con Cambios (ARCC), 2021

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.



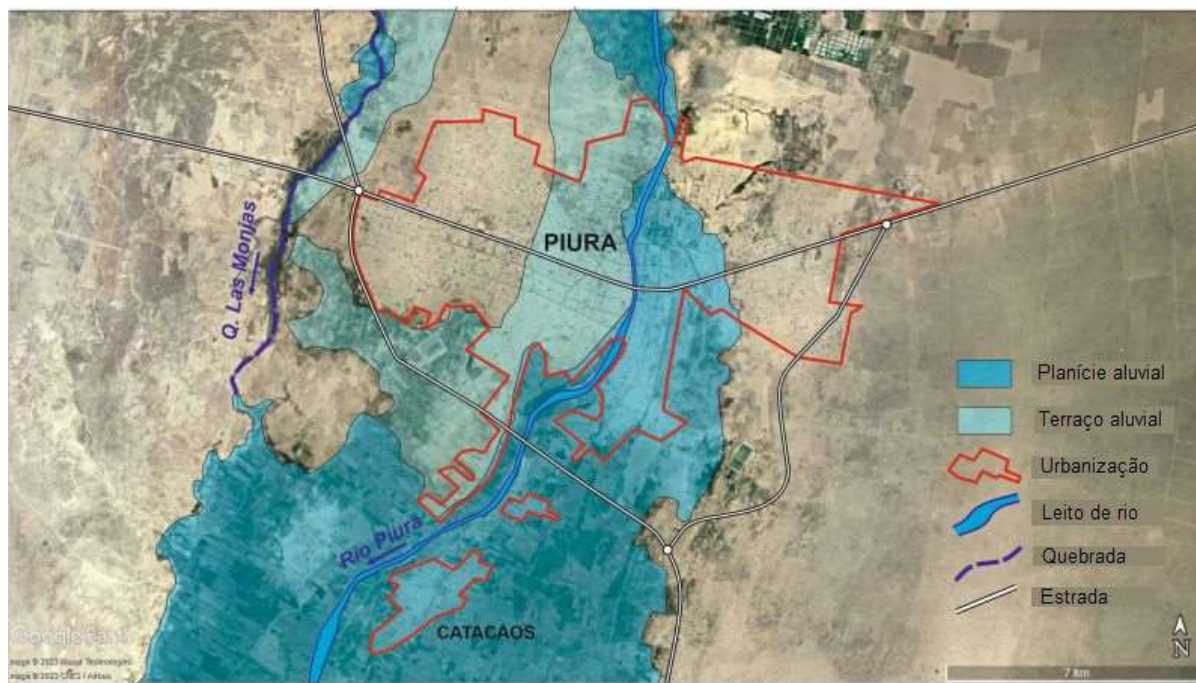
Fonte: Google Earth Engine, 2024

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

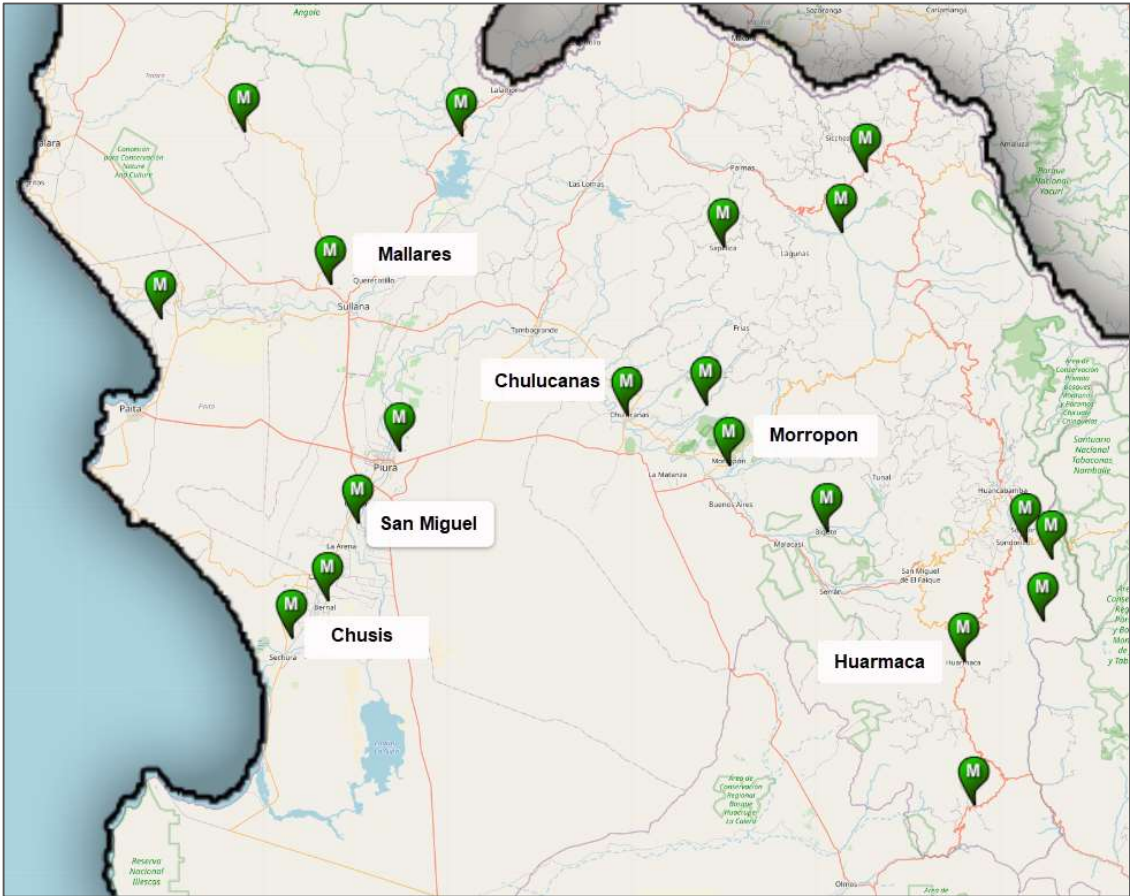
estudos de Takahashi e Martínez (2017), estudaram o Niño Costero de 1925 e o definiram como um aquecimento súbito e superficial, confinado à zona costeira do Peru, que se desenvolveu entre fevereiro e abril, com seu pico máximo em março. Eles relacionaram esse fenômeno à amplificação do ciclo sazonal 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.



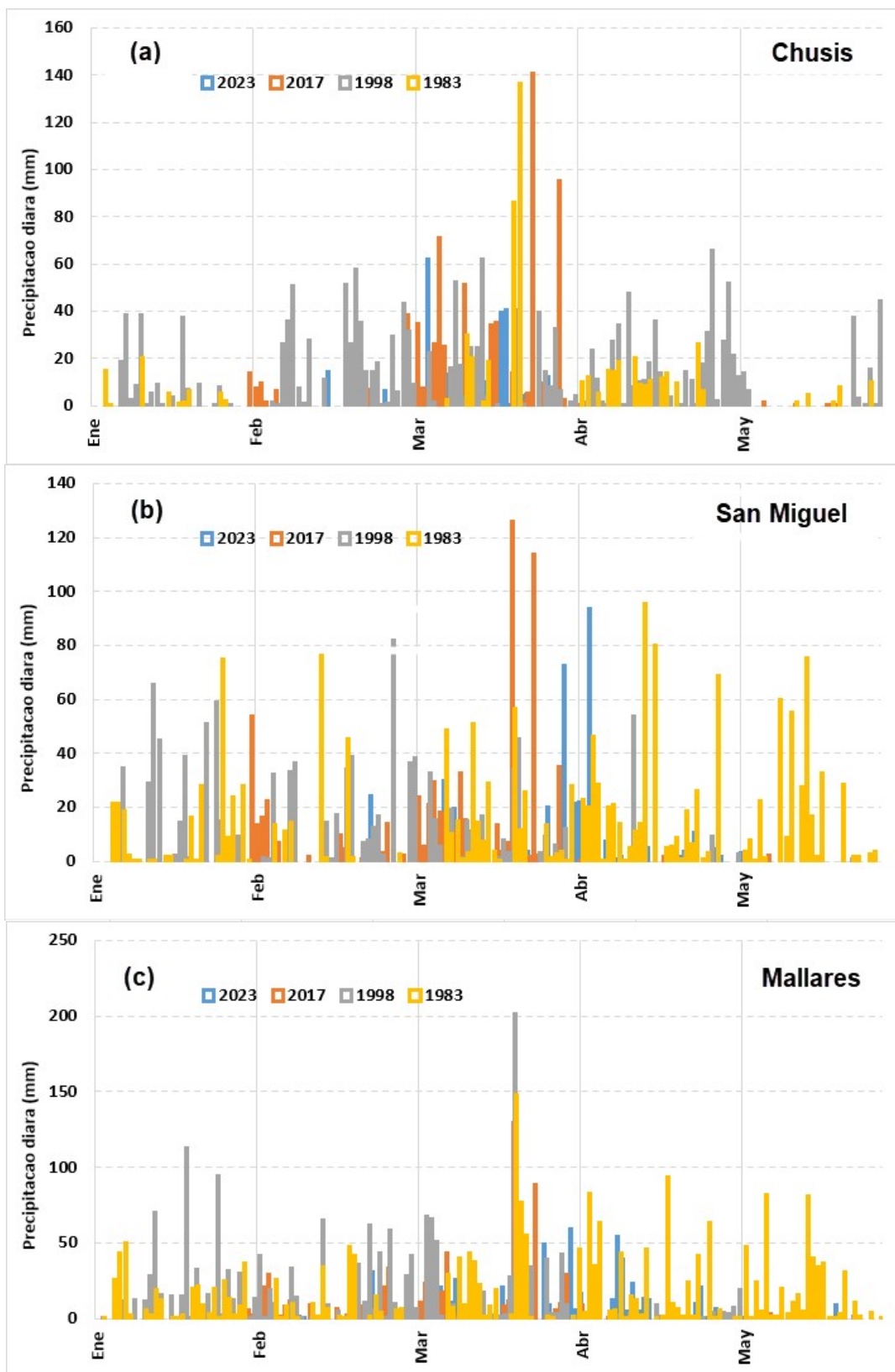
Fonte: Adaptado de SENAMHI

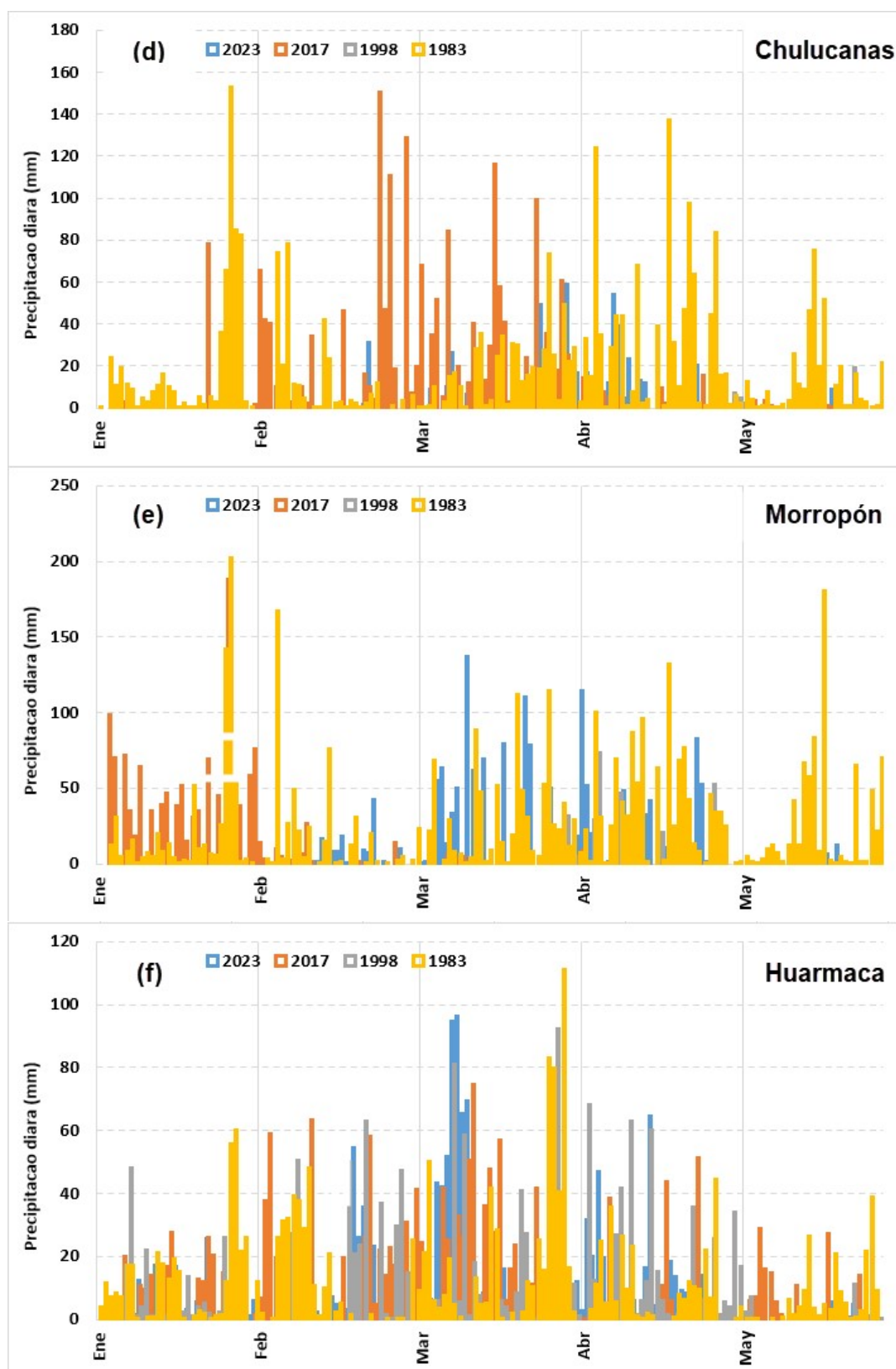
Tabela 1 Estacoes meteorológicas na bacia do rio Piura

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

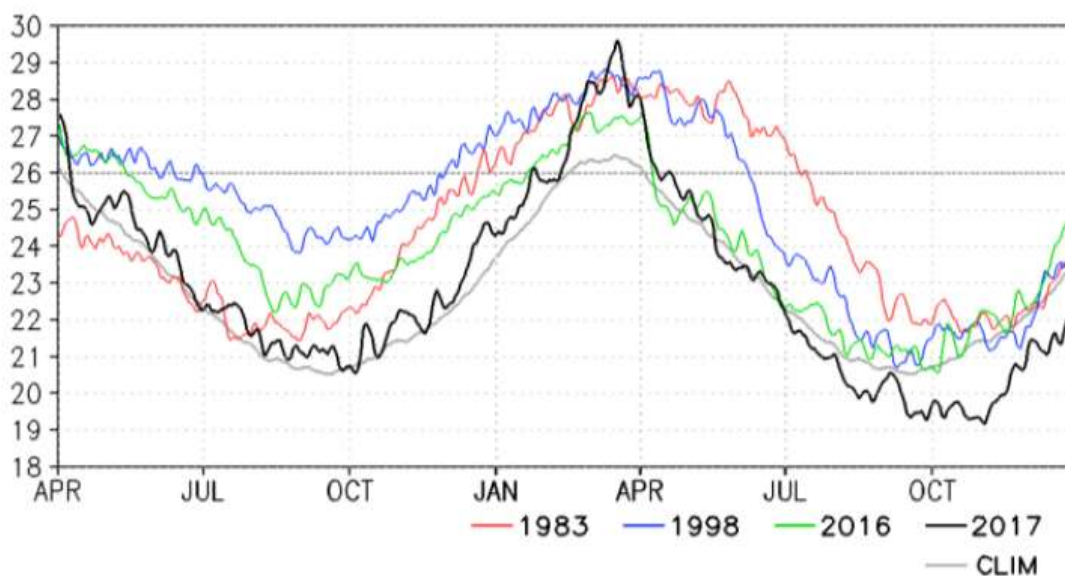
O fenômeno do Niño Costero 2017 foi um evento climático extremo que afetou gravemente a região costeira do Peru, produzindo impactos significativos tanto na população quanto na infraestrutura. Diferente dos eventos tradicionais de El Niño, que envolvem

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
Maio	0.4	0.39

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



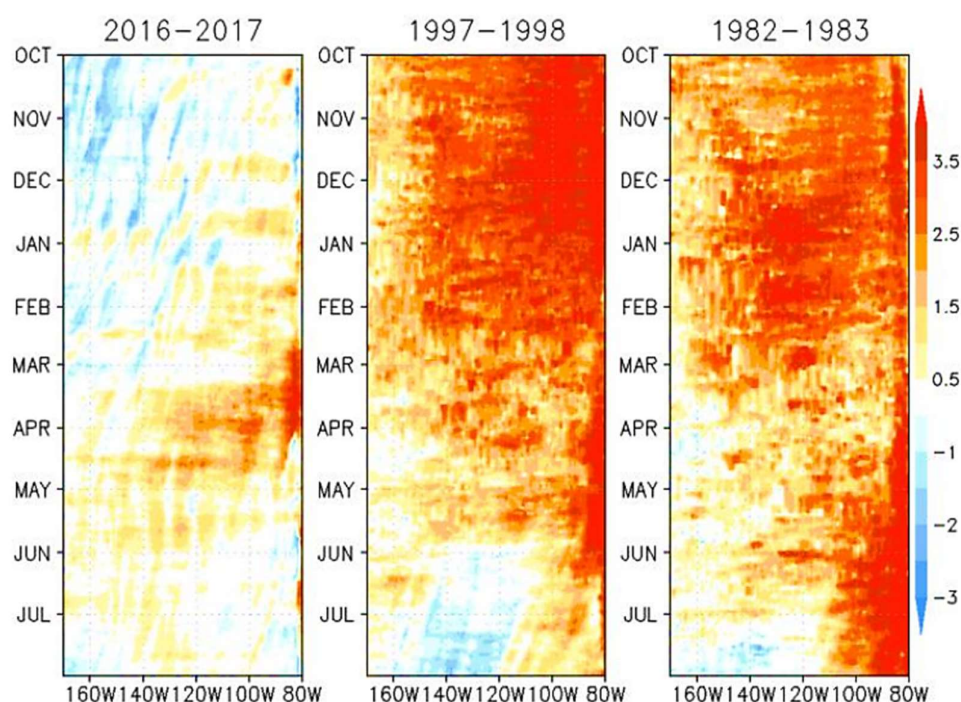
Fonte: Quispe A. (2017)

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 (°C) com base na média latitudinal de 0°-10°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°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)

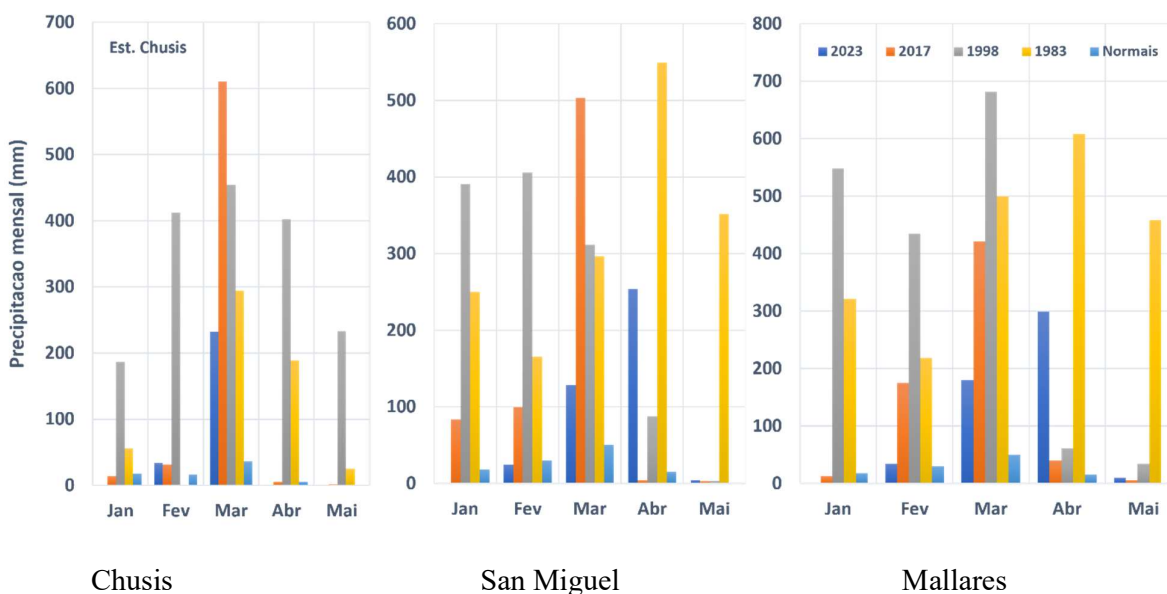
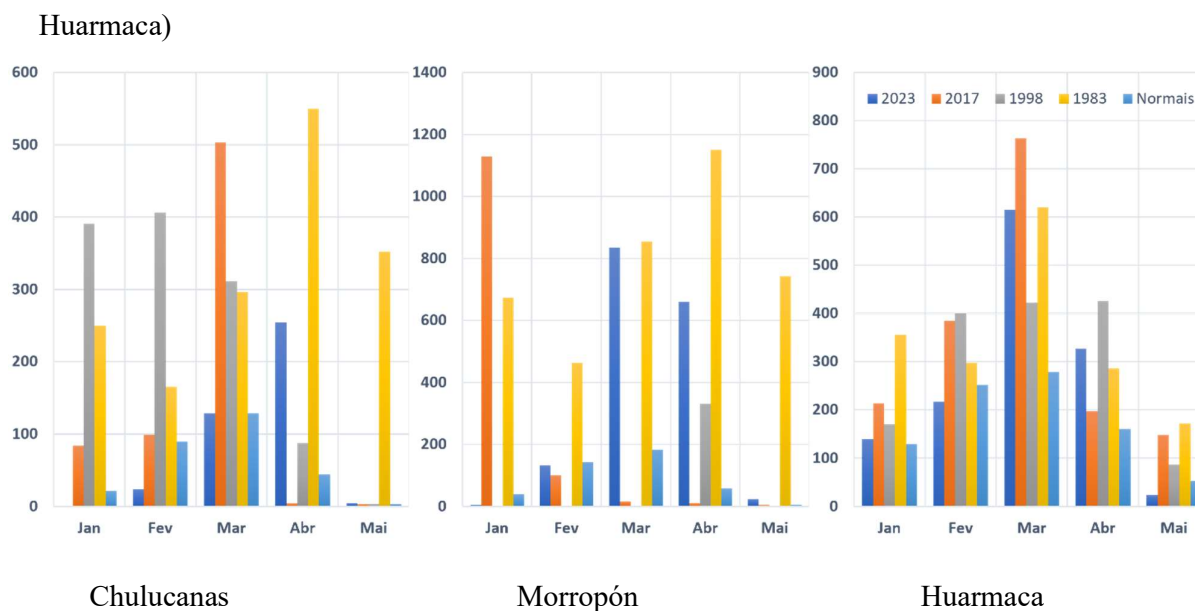


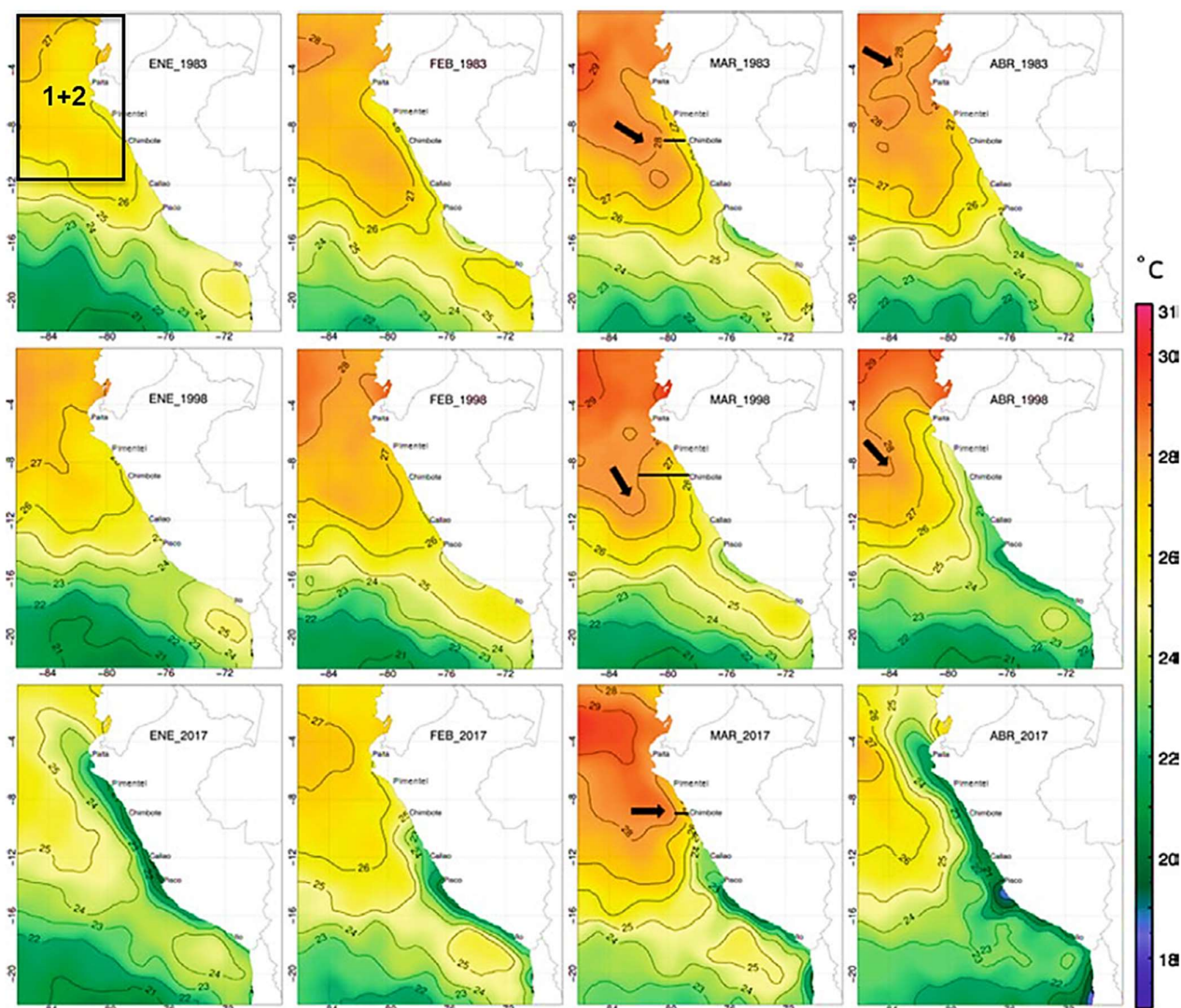
Figura 12– Anomalias da precipitação na bacia do rio Piura (Chulucanas, Morropón e



Os mapas, apresentados na Figura 14, mostram claramente que os eventos de El Niño Extraordinário de 1982-1983 e 1997-1998 foram caracterizados por um aquecimento extremo e abrangente das águas superficiais do mar ao longo da costa peruana, com temperaturas atingindo até 30°C. Em contraste, o Niño Costero de 2017 também apresentou um aquecimento significativo, mas menos intenso e mais localizado.

Este padrão de aquecimento localizado é distintivo do El Niño Costero, diferenciando-se dos eventos El Niño globais pela sua concentração nas proximidades da costa e pelo seu rápido desenvolvimento. O mapa sugere que a interação entre as águas anormalmente quentes e a atmosfera sobre a região 1+2 pode ter sido um fator chave na geração de condições climáticas extremas em Piura e áreas adjacentes durante o primeiro trimestre de 2017.

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



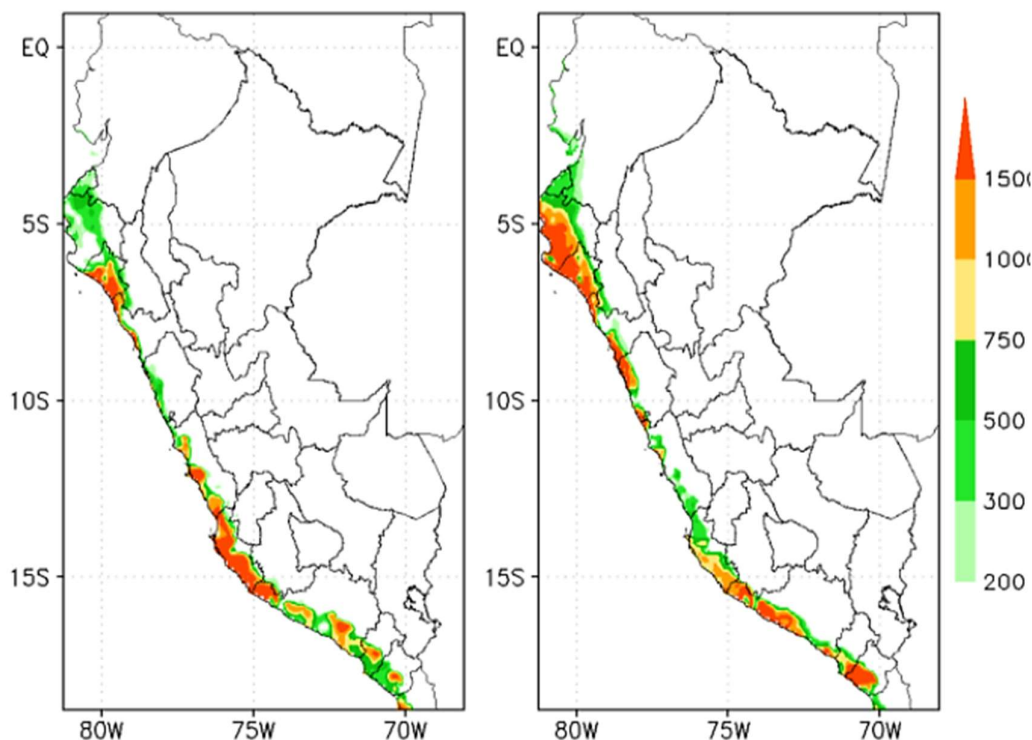
Fonte: IMARPE – AFSR (Dados do AVHRR – OISSTv2, NCDC da NOAA)

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.

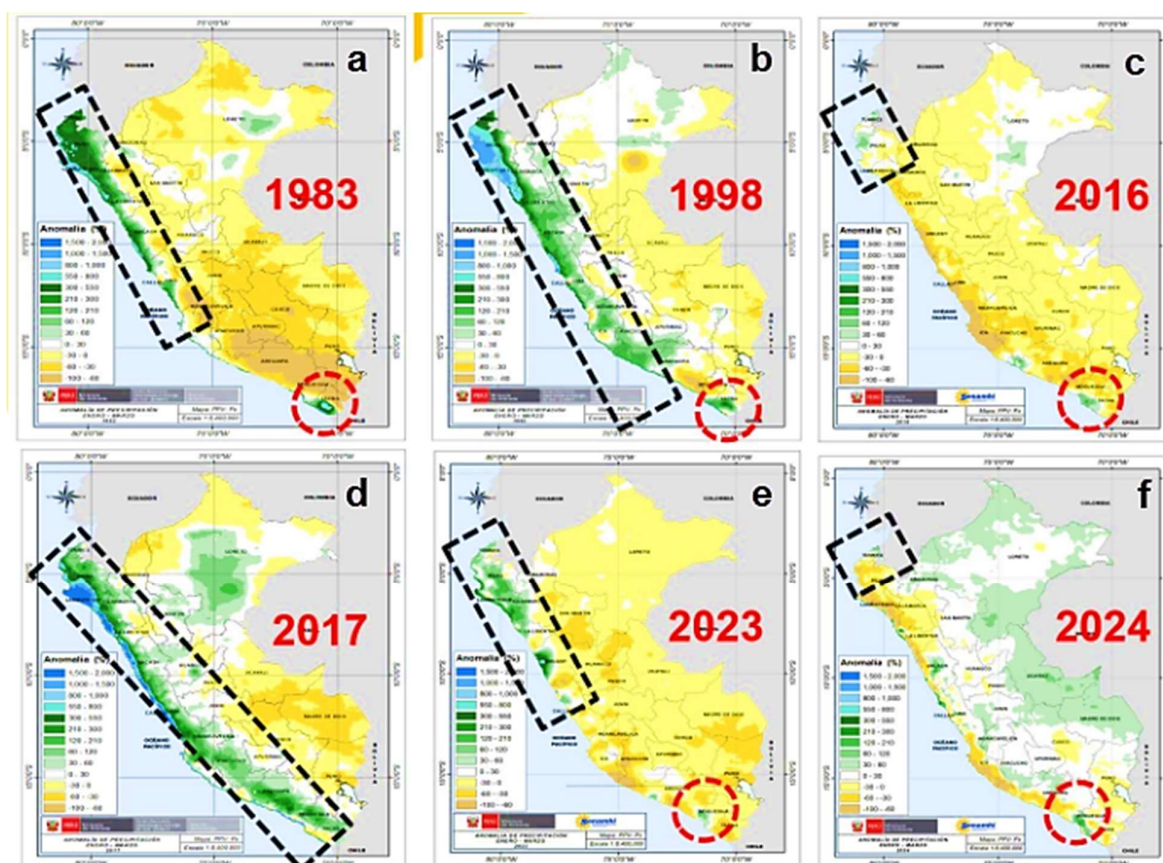


Fonte: Quispe A. (2017)

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 fenômeno 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 seção 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 inundação. A correlação entre as figuras 18 e 19 permite inferir que a capacidade dos leitos fluviais de gerir

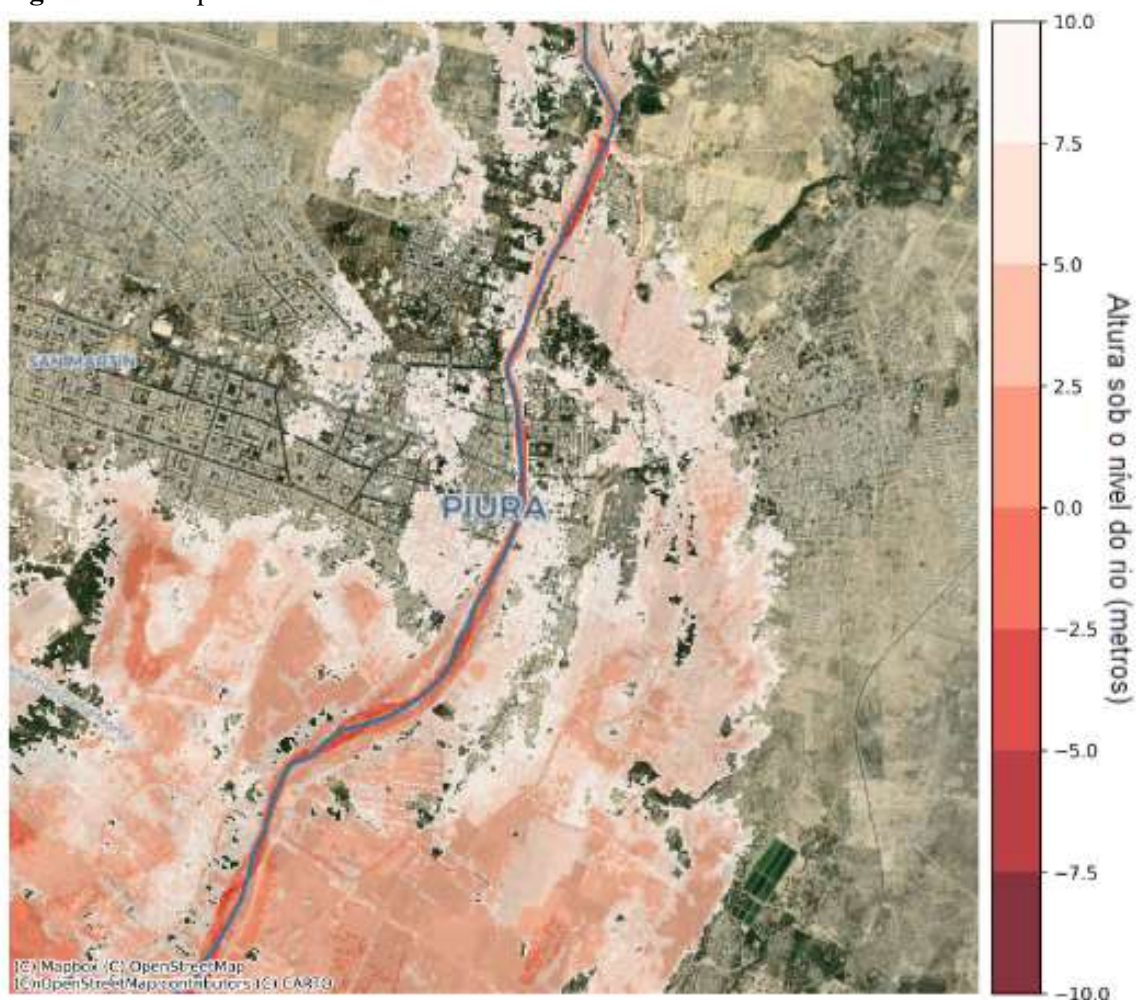
eficazmente os fluxos hídricos é fundamental para mitigar o impacto das inundações. Os diques, que normalmente delimitam o fluxo do rio, podem ficar comprometidos durante eventos de caudal extremo, causando a inundação de áreas adjacentes, conforme observado na primeira imagem. Além disso, o excesso de sedimentos pode reduzir a capacidade de escoamento do rio, aumentando a probabilidade de inundações. Segundo Vilchez, (2018) as inundações 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 modificação antrópica do leito do rio. A urbanização inadequada de planícies inundáveis e terraços baixos, junto com a construção de pontes que estreitam o leito do rio, contribuíram para os danos extensivos. A zonificação realizada determinou quatro níveis de suscetibilidade às inundações: nula, baixa, média e alta. O estudo destaca a importância de considerar tanto os fatores naturais quanto as intervenções humanas ao avaliar e gerenciar o risco de inundações no vale do rio Piura.

Figura 16 – Configuração 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 inundações devido à sua menor elevação relativa (Figura 17). As zonas em vermelho escuro, localizadas principalmente ao longo das margens do rio, representam áreas de maior risco de inundação.

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

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.

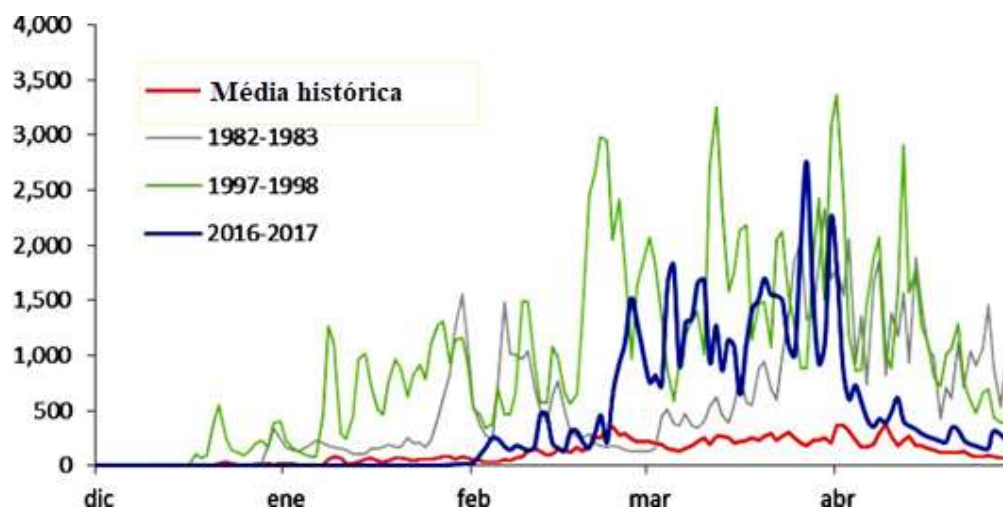


Fonte: Alvarado, 2020

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^a), 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.

2 PROPOSTA DE PESQUISA

Objetivo Geral:

Explorar as implicações dos eventos climáticos extremos, com foco específico no El Niño Costero de 2017 no Peru, para fortalecer a resiliência das comunidades peruanas e aprimorar as estratégias de prevenção e gestão diante de futuros fenômenos similares.

Objetivos Específicos:

1. Analisar as estratégias e medidas adotadas em resposta ao El Niño Costero de 2017 e propor recomendações para o fortalecimento da resiliência comunitária frente a eventos climáticos extremos.
2. Combinar dados primários e secundários de diversas fontes para uma avaliação multidisciplinar dos impactos ambientais, sociais, políticos e econômicos do El Niño Costero 2017 e das decisões tomadas antes, durante e após o evento.
3. Avaliar a eficácia das políticas e práticas preventivas implementadas em relação ao El Niño Costero 2017 e sua contribuição para a redução da exposição e vulnerabilidade a desastres.
4. Desenvolver recomendações baseadas na experiência histórica e local, visando aprimorar a preparação e resposta a eventos futuros de El Niño Oscilação Sul (ENSO).
5. Construir uma narrativa histórica dos eventos relacionados ao ENSO e analisar a sequência de políticas e decisões governamentais para melhorar a compreensão e gestão desses fenômenos no Peru.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos 50 anos, a terminologia relacionada à redução do risco de desastres evoluiu significativamente, refletindo uma maior compreensão da interação entre desastres e ajuda humanitária. Termos como "redução de desastres" e "gestão de risco de desastres" emergiram, sublinhando a necessidade de uma abordagem proativa e organizada. É essencial ter um entendimento comum destes termos para garantir uma estratégia padronizada e eficaz entre todas as partes envolvidas. Nesta secção iremos a dar uma visão sobre os termos-chave no campo da redução de desastres, baseando-se nas definições universalmente aceitas e compiladas pela Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNISDR, 2009). A padronização e clareza terminológica são fundamentais para implementar as práticas recomendadas pelo Marco de Sendai de forma eficiente e coordenada.

3.1 Desastre

A compreensão do que constitui um desastre tem evoluído ao longo do tempo, refletindo diferentes perspectivas e abordagens. Quarantelli (1998b) e Quarantelli & Perry (2005) destacam que as opiniões sobre desastres variam, com alguns definindo-os em termos de perdas humanas e materiais, enquanto outros enfocam o alcance geográfico ou o custo monetário das perdas. A UNISDR (2009) adota uma definição mais ampla de desastre, considerando-os como perturbações graves que excedem a capacidade de recuperação da comunidade afetada. Além disso, pensadores como Cutter (1996), Oliver-Smith (1999) e Wisner et al. (2004) expandem a discussão, abordando a vulnerabilidade aos perigos ambientais, perspectivas antropológicas sobre desastres e a vulnerabilidade humana em desastres. Este texto visa fornecer uma visão mais holística e multidimensional do conceito de desastres, alinhando-se com as diretrizes modernas de gestão de riscos de desastres.

3.2 Risco e risco de desastre

O conceito de risco, conforme definido pela UNISDR em 2009, é entendido como a interseção entre a probabilidade de um evento ocorrer e suas consequências negativas. Este conceito é fundamentalmente multidisciplinar, aplicando-se em variados contextos, especialmente nos riscos naturais. O termo "risco de desastre" aborda o potencial de perdas - incluindo vidas, saúde, meios de subsistência, propriedades e serviços - que podem acontecer em uma comunidade ou sociedade em um determinado período futuro. Segundo Von Kotze (1999), o risco de desastre é uma função dos danos potenciais e da vulnerabilidade da

comunidade ao perigo. A capacidade de uma comunidade em lidar com esses riscos varia, influenciada por fatores sociais e econômicos, com comunidades mais pobres muitas vezes em desvantagem. A gestão eficaz do risco de desastres requer a compreensão de três componentes críticos: a presença de um perigo, a vulnerabilidade a esse perigo e a existência de capacidades de enfrentamento.

3.3 Perigo

Um "perigo", segundo a UNISDR (2009), é um fenômeno, substância, atividade humana ou condição que tem potencial para causar danos. Esses danos podem incluir perda de vidas, ferimentos, impactos na saúde, danos materiais, perda de meios de subsistência e serviços, além de prejuízos ambientais. Os perigos podem ocorrer isoladamente, em sequência ou em combinação, sendo caracterizados por localização, intensidade, probabilidade e frequência. Exemplos incluem fenômenos naturais como secas e inundações, e perigos antropogênicos como fábricas químicas perto de áreas residenciais. Tanto práticas agrícolas inadequadas quanto fenômenos naturais podem levar a desastres. A categorização dos perigos em naturais ou antropogênicos é crucial, e embora os perigos antropogênicos ofereçam mais oportunidades para planejamento preventivo, a gestão eficaz exige estratégias apropriadas para ambos os tipos.

3.4 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é um conceito multifacetado que descreve a suscetibilidade de comunidades, sistemas ou ativos aos impactos negativos de perigos. Segundo a UNISDR (2002), a vulnerabilidade inclui uma gama de condições derivadas de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade ao impacto de perigos. Aspectos como estrutura física, condições socioeconômicas e políticos são cruciais, pois afetam a capacidade de resposta das comunidades aos eventos, conforme Jegillos (1999). Neste contexto, o estudo de Aguirre et al. (2019) oferece uma perspectiva importante sobre a vulnerabilidade em regiões costeiras sujeitas a eventos climáticos extremos. Este estudo analisa como a urbanização acelerada e o desenvolvimento inadequado de infraestrutura em áreas costeiras aumentam a vulnerabilidade das populações locais. Especificamente, aborda como a falta de planejamento urbano e a ocupação de áreas de risco elevam a suscetibilidade a desastres naturais como inundações e deslizamentos de terra. Este tipo de análise é fundamental para entender a complexidade da vulnerabilidade em contextos específicos e para desenvolver estratégias mais

eficazes de gestão de riscos de desastres.

A compreensão detalhada da vulnerabilidade, como a fornecida pelo estudo de Aguirre et al., permite identificar áreas críticas de intervenção. Isso pode incluir o fortalecimento de políticas de zoneamento, o desenvolvimento de infraestrutura resiliente e a implementação de programas de conscientização comunitária. Assim, este estudo complementa a discussão sobre a vulnerabilidade, destacando a necessidade de uma abordagem integrada que considere tanto os fatores físicos quanto sociais na redução do risco de desastres.

Blaikie et al. (1994) argumentam que a vulnerabilidade também se relaciona com a capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto de um perigo, geralmente expressa pelo grau de perda resultante de um fenômeno danoso.

As causas subjacentes da vulnerabilidade são diversas e complexas. Em países em desenvolvimento, fatores como marginalização, alta taxa de natalidade, problemas de posse e recursos limitados podem aumentar a vulnerabilidade. A crescente população e a ocupação de terras menos seguras e produtivas elevam ainda mais esse risco. Portanto, entender a vulnerabilidade requer uma abordagem holística que considere todos esses aspectos, visando a implementar estratégias eficazes de redução de riscos de desastres.

3.5 Capacidade de resposta

A capacidade de enfrentamento, conforme definido pela UNISDR em 2009, destaca a importância das habilidades e recursos que indivíduos, organizações e sistemas possuem para lidar com condições adversas. Isso inclui a habilidade de gerenciar emergências ou desastres de maneira eficaz. A abordagem deve ser holística, considerando tanto os recursos internos da comunidade quanto o suporte externo disponível. Reconhecer a resiliência e a capacidade de enfrentamento em comunidades, mesmo aquelas menos favorecidas, é crucial para a redução de riscos de desastres.

3.6 Resiliência

No contexto ambiental, resiliência é a capacidade de um ecossistema ameaçado de ser restaurado ao seu estado original. Na construção civil e na engenharia, resiliência é a habilidade de um metal ou estrutura de voltar ao seu estado original após sofrer impacto, peso ou pressão. Contudo, quando consideramos os sistemas humanos, estes não permanecem intocados por

eventos da vida e não retornam necessariamente a um estado original ou anterior. O desafio reside em desenvolver, aprimorar e refinar continuamente estruturas, sistemas e ambientes para promover o progresso. Assim, retornar a um estado original ou anterior muitas vezes significa para algumas comunidades o retorno a locais vulneráveis para reconstruir suas casas, sem melhorias nas condições, o que diminui as chances de progresso. A UNISDR define resiliência como 'a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade expostos a perigos para resistir, absorver, acomodar e se recuperar dos efeitos de um perigo de maneira oportuna e eficiente, incluindo a preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas essenciais' (UNISDR, 2009). Esta definição considera a presença de um perigo, e não de um desastre em si. Portanto, uma vez que ocorre um desastre, seria mais apropriado referir-se à capacidade de enfrentamento, e não à resiliência. A resiliência e a construção da resiliência devem ser vistas como componentes fundamentais das atividades de redução de risco de desastres.

3.7 Gestão de Emergências e Desastres

Na gestão de emergências e desastres, a eficácia na organização e gestão de recursos e responsabilidades é crucial. Este processo abrange a preparação, resposta e recuperação inicial, com foco na prevenção da escalada de eventos em desastres. Ações de emergência eficazes, conforme indicado pela UNISDR (2009), exigem a mobilização coordenada de esforços de várias agências, incluindo governamentais, não governamentais, voluntárias e privadas, para atender ao espectro completo de necessidades emergenciais. Este enfoque integrado e eficiente é essencial para responder eficazmente às emergências, enfatizando a importância de planos e arranjos institucionais bem estruturados.

3.8 Redução do risco de Desastre

A redução do risco de desastres, também conhecida simplesmente como redução de desastres, é definida como o conceito e prática de diminuir os riscos de desastres por meio de esforços sistemáticos para analisar e gerir os fatores causadores de desastres. Isso inclui a redução da exposição aos riscos, a diminuição da vulnerabilidade de pessoas e propriedades, a gestão eficiente do uso da terra e do meio ambiente, e uma melhor preparação para efeitos adversos. Estratégias de redução de desastres abrangem principalmente a avaliação de vulnerabilidade e risco, além de diversas capacidades institucionais e habilidades operacionais. Elementos essenciais nesta área incluem a avaliação da vulnerabilidade de instalações críticas, infraestruturas socioeconômicas, a utilização de sistemas eficientes de alerta precoce e a aplicação de uma ampla gama de competências científicas, técnicas e outras (UNISDR, 2009).

Todas estas ações são componentes fundamentais da redução do risco de desastres, destacando a importância de uma abordagem integrada e multidisciplinar para a gestão de desastres.

3.9 Gerenciamento do risco de desastre

A gestão de risco de desastres é um processo sistemático que envolve a utilização de diretrizes, organizações e habilidades operacionais para implementar estratégias e políticas eficazes, bem como fortalecer as capacidades de enfrentamento com o objetivo de minimizar os impactos adversos dos perigos e reduzir a probabilidade de desastres. Os objetivos principais da gestão de risco de desastres incluem evitar, diminuir ou transferir os efeitos adversos dos perigos através de atividades e medidas de prevenção, mitigação e preparação (UNISDR, 2009).

Há uma interação clara entre a redução do risco de desastres e a gestão do risco de desastres. A redução do risco de desastres foca em atividades mais estratégicas e de longo prazo, enquanto a gestão do risco de desastres se concentra na implementação tática e operacional dessas estratégias de redução de risco. Esta diferenciação ressalta a importância de uma abordagem abrangente que integra tanto a visão estratégica quanto a ação operacional no enfrentamento de desastres.

3.10 Interação de perigos, vulnerabilidade e riscos de desastres

Nesta seção, exploraremos a interação entre perigos e vulnerabilidade e como essa interação se traduz em risco de desastre. Durante este processo, identificaremos os fatores políticos, econômicos, físicos, sociais e ecológicos que interagem para aumentar a suscetibilidade de indivíduos, famílias e comunidades ao impacto dos perigos. A identificação desses fatores é fundamental para priorizar iniciativas que visem reduzir a vulnerabilidade e, conseqüentemente, eliminar ou diminuir o risco de desastres. As iniciativas priorizadas devem ser integradas nas diversas esferas de governo para o desenvolvimento sustentável e o planejamento da redução do risco de desastres.

Compreender o risco de desastres exige um entendimento dos contextos nos quais as pessoas vivem, do ambiente em constante mudança no qual se encontram, do impacto deste ambiente na capacidade de sustentar seus meios de subsistência e da presença de várias forças naturais, ou seja, riscos naturais.

Importante ressaltar que os perigos por si só não constituem desastres. A magnitude de um desastre é geralmente medida pelos efeitos adversos que um perigo exerce sobre a vida, propriedades, infraestrutura, danos ambientais, e os custos associados à recuperação e

reabilitação post-desastre. Em outras palavras, há uma relação direta entre a capacidade das pessoas afetadas de resistir, lidar e se recuperar dos efeitos adversos de um perigo com os recursos disponíveis e o que constitui o risco de desastre. Simplificando, o risco de desastre é o produto da combinação de três elementos: vulnerabilidade, capacidade de enfrentamento e perigo (UNISDR, 2002). A seguinte notação ilustra claramente a interação dessas variáveis.

$$R = H \times \left[\left(\frac{V}{C} \right) - M \right]$$

H: Perigo (flood; drought; landslides; etc)

V: Vulnerabilidade (social; physical; economical; technological; cultural; ecological; etc.)

C: Capacidade de resposta

M: Mitigação

R: Risco de desastre

Em países onde a maioria da população foi marginalizados, os efeitos adversos dos perigos são de magnitude muito maior. A interação de condições políticas, físicas, sociais, econômicas e ambientais que estão ligados ao estado marginalizado dessas comunidades se traduz em condições inseguras e frágeis, tornando-os assim mais vulneráveis ao impacto de perigos (UNISDR, 2002).

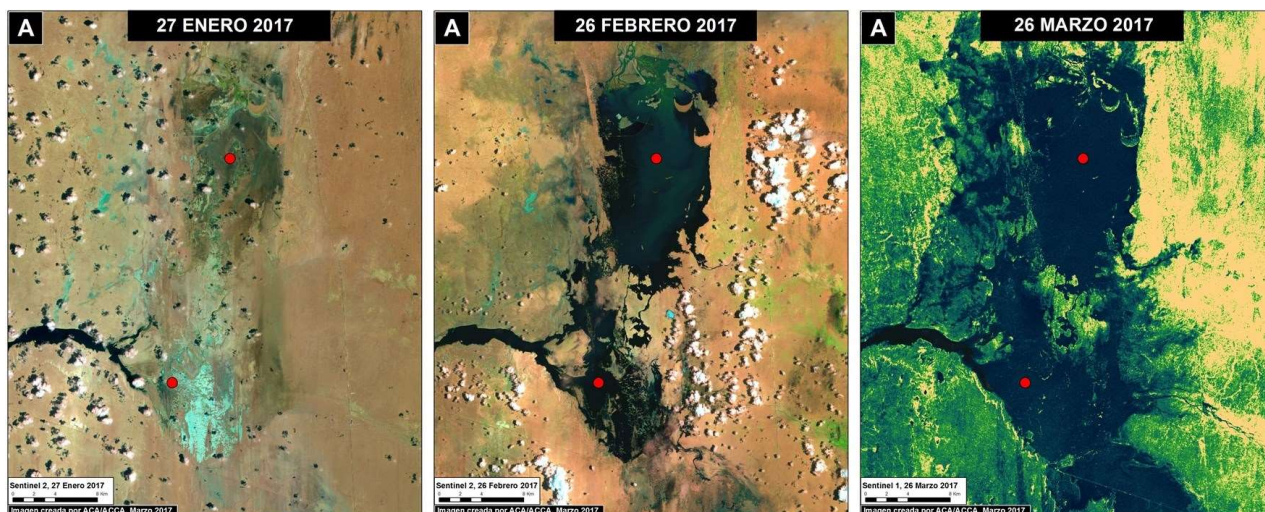
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Bacia do rio Piura

A Bacia do rio Piura (BRP), se estende por 5 municípios e possui aproximadamente 35.892,49 km². Os cursos hídricos principais do rio Piura: Yapatera, Charanal, La Gallega, Corrales e Bigote continuando sua trajetória até seu deságue no oceano pacífico (ANA, 2015), abastecendo os principais setores da indústria do petróleo, a agropecuária, a mineração e o abastecimento público. Estes setores movimentam a economia da região (BCRP, 2020). O trecho final do rio Piura é marcado por intervenções hidráulicas: diques nas duas margens e vários canais de drenagem implantados para escoar as águas para a Lagoa Ramón Grande e la lagoa La Niña (Figura 22), no período chuvoso, e fornecer água para o setor agrícola, através de comportas instaladas no período seco.

As imagens de satélite de 27 de janeiro de 2017 (painel esquerdo), 26 de fevereiro de 2017 (painel central) e 26 de março de 2017 (painel direito) mostram claramente o processo de inundação e a expansão das lagoas temporárias. O aumento significativo na cobertura de água é evidente ao comparar os três painéis. As chuvas intensas e contínuas durante o período do El Niño Costero foram responsáveis pela criação e expansão dessas lagoas, indicando a severidade das chuvas e seu impacto na região. As áreas em cor escura representam as zonas inundadas, destacando a magnitude do fenômeno e sua evolução ao longo do tempo.

Figura 23 – Formação das lagoas temporárias Lagoa Ramón Grande y La Niña na região do Piura durante o El Niño Costero 2017.



A BRP apresenta um regime hidrológico irregular normalmente definido por uma estação úmida de 5 meses (janeiro-maio) e um período de estiagem nos meses de junho até dezembro. Na Figura 24, nota-se um pico significativo no verão em março, que sugere um evento de precipitação intensa. Este pico é mais acentuado na estação Sánchez Cerro como mostram os registros pelos equipes hidrometeorológicos.

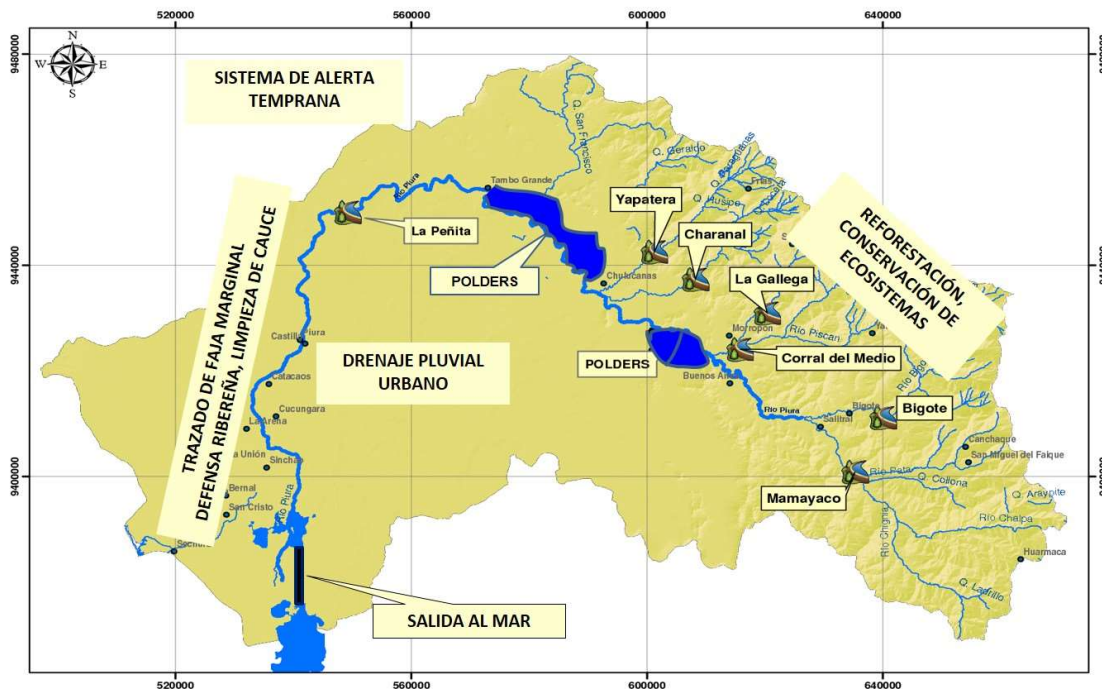
Segundo Takahashi, 2023 (Figura 25) a média dos volumes mensais de água de janeiro a maio do rio Piura na estação Ponte Sánchez Cerro, medidos em metros cúbicos por segundo (m^3/s), ao longo de quase um século, desde 1925 até 2023. Os dados são representados por barras verticais azuis, e os eventos significativos de El Niño são destacados.

Observam-se vários picos que correspondem a episódios do fenômeno El Niño, indicando um aumento drástico no volume de água. O "El Niño costero de 1925" é o primeiro evento notável, seguido pelo "El Niño global de 1983" e pelo muito impactante "El Niño global de 1998", que mostra o pico mais alto na série temporal. Isso sugere que, durante esses anos, houve avenidas de água excepcionalmente altas nos meses de janeiro a maio, provavelmente causando problemas de inundações e estresse hídrico na região.

Após o ano 2000, a figura 24 mostra um aumento na frequência e magnitude dos eventos ENSO, com destaque para o "El Niño costero de 2017" e o "El Niño costero de 2023", que registraram altos volumes de água. É importante notar que, desde o ano 2000, houve mudanças no padrão dos eventos ENSO, refletidas tanto na frequência quanto na intensidade das vazões do rio Piura na estação Ponte Sánchez Cerro.

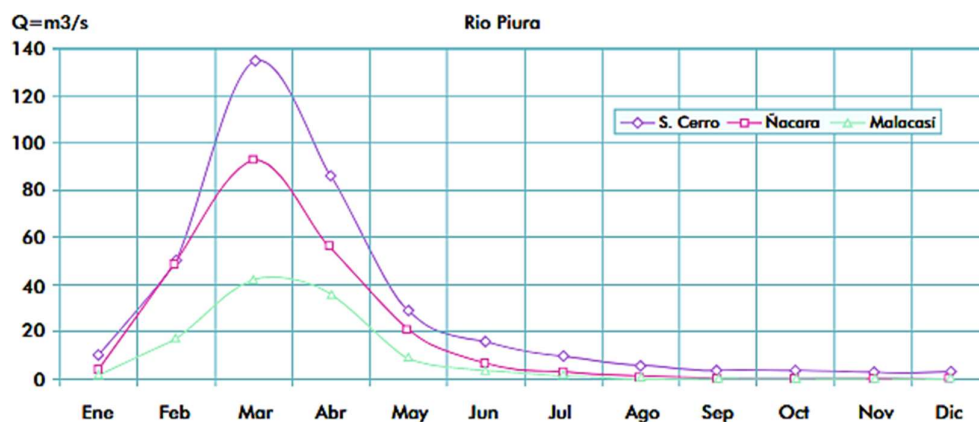
A imagem ilustra claramente como esses eventos têm se tornado mais frequentes e intensos nas últimas duas décadas, em comparação com os eventos anteriores. O "El Niño global de 1983" e o "El Niño global de 1998" também são destacados, mostrando que, embora esses eventos globais tenham sido significativos, os eventos mais recentes, especificamente os Niño Costero, também têm provocado vazões excepcionalmente altas.

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.



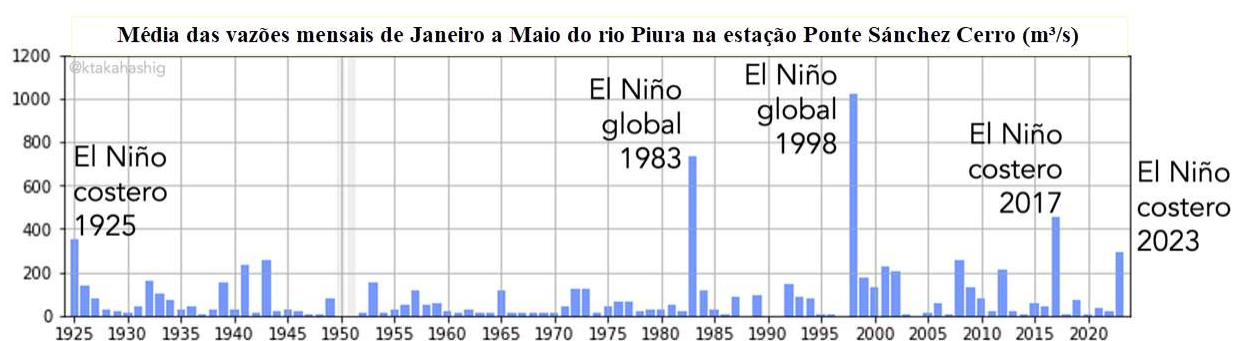
Fonte: <https://husale.saleoutletonline2024.ru/>. Acesso 10/03/2024

Figura 25 – O gráfico mostra a média mensal das vazões do rio Piura, em m^3/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.



Fonte: Gobierno Regional de Piura – ANA – GTZ/PDRS. 2019. Proceso de Elaboración de plan de Gestión de la cuenca del río Piura – aspectos metodológicos.

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^3/s)" de 1925 a 2023. O eixo vertical indica a vazão em metros cúbicos por segundo, variando de 0 a 1200 m^3/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.



Fonte: Takahashi, K. Promedio de enero-mayo del caudal del río Piura en Pte. Sánchez Cerro (m^3/s), 12 junho 2023, Disponível em: <https://twitter.com/ktakahashig/status/1668258871398342659>. Acesso em: 10 mar. 2024.

A Figura 24 apresenta a média das vazões mensais do rio Piura de 1925 a 2023. Destacam-se vários períodos de altas vazões associados aos eventos de El Niño:

- **El Niño costero de 1925:** Um dos primeiros eventos registrados, com um pico significativo na vazão do rio.
- **El Niño global de 1983:** Apresenta um aumento notável na vazão, refletindo a intensidade do evento de El Niño.
- **El Niño global de 1998:** Marca um dos maiores picos de vazão na série temporal, indicando um evento de El Niño muito forte.
- **El Niño costero de 2017:** Mostra um aumento expressivo na vazão, destacando a severidade do evento para a região.
- **El Niño costero de 2023:** Apresenta novamente um aumento na vazão, sugerindo que a tendência de eventos mais frequentes e intensos continua.

4.2 Eventos hidrológicos extremos

A Bacia do Rio Piura (BRP) é considerada uma das áreas mais vulneráveis a eventos climáticos extremos devido à presença de anomalias oceânicas-atmosféricas no Oceano Pacífico Equatorial (central e ocidental), que originam os fenômenos El Niño e La Niña. As condições termo pluviométricas na BRP são afetadas por sua localização geográfica, fatores climáticos, circulação local (brisa marítima) e condições atmosféricas (SENAMHI, 2004). Para ilustrar mais claramente a severidade e as características distintas do evento El Niño Costero de 2017 (Figura 25) em comparação com eventos anteriores, a seguinte tabela apresenta uma comparação detalhada de suas principais características meteorológicas e impactos (Tabela 2). Esta análise evidencia a escalada de intensidade desses fenômenos ao longo do tempo,

ressaltando a urgência de estratégias eficazes de gestão de riscos e adaptação. Yglesias-Gonzalez et al. (2023) destacam que, além dos impactos ambientais, eventos como o El Niño Costero de 2017 têm consequências significativas na saúde pública e economia regional, reforçando a necessidade de uma abordagem integrada na gestão de riscos de desastres. Os principais eventos de origem hidrometeorológica (Tabela 3) são as inundações, correspondendo a 80% dos registros, enquanto os deslizamentos e enxurradas constituem 6% e 7%, respectivamente (AACHCHP, 2005).

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

Característica	El Niño Costero 2017	Eventos El Niño Anteriores
Temperatura da Superfície do Mar	Aumento anormalmente alto na costa do Peru.	Aquecimento mais extenso ao longo do Pacífico equatorial
Precipitações	Precipitações intensas e concentradas na região de Piura.	Padrões variados, geralmente menos concentrados.
Duração	Desenvolvimento rápido e duração curta.	Desenvolvimento gradual e duração mais prolongada.
Impactos	Danos significativos em infraestrutura, agricultura e comunidades na região de Piura.	Efeitos prejudiciais generalizados, mas com variações regionais.

Fonte: Elaborado pelo autor

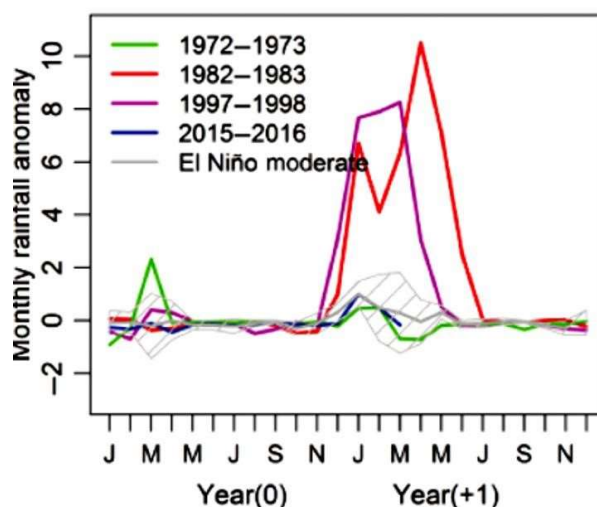
Tabela 4 – Registro de desastres vinculados a fatores climáticos na região e na BRP. Fonte: AACHCH

Tipo de evento	Departamento	Bacia Piura	% Bacia/Dep.
Meteorológicos			
Chuvas	401 registros	197 registros	46%
Secas	77	41	
Tempestades	23	17	
Onda de frio	10	5	
Onda de calor	8	7	
Vendaval	11	4	
Tormenta Elétrica	2	2	
Total, por tipo de evento	599 (52%)	275 (48%)	
Hidrodinâmicos			
Tempestades eléctricas (*)	67	2	
Inundações	237	125	47%
Deslizamentos	29	9	
Aluviões	24	11	
Sedimentação	10	4	
Total, por tipo de evento	329 (28%)	156 (27%)	
Biológicos			

Tipo de evento	Departamento	Bacia Piura	% Bacia/Dep.
Inundações	29	7	
Epidemias	176	93	61%
Pragas	32	32	
Epizootias	23	15	
Biológicos	1	1	
Total, por tipo de evento	232 (20%)	141 (25%)	
Total Geral Departamento	1.160	Total Geral Bacia	572

Entre dezembro de 1982 e junho de 1983, a região de Piura registrou precipitações de 3.400 mm, o que resultou em vazões extremamente altas (Figura 26). Por outro lado, durante o evento El Niño de 1972 no período úmido, foram registrados apenas 171 mm, uma anomalia negativa de precipitação. O rio Piura tem fluxos próprios esporádicos e também recebe águas de transbordo da Bacia do Chira. Sua configuração geográfica com declive muito suave dificulta o escoamento natural e rápido das águas.

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.



Fonte: J. Sanabria et al., 2018.

Durante o evento El Niño 1997-1998, a cidade de Piura sofreu inundações severas em decorrência das fortes chuvas e da inexistência de um sistema de drenagem adequado, agravando a situação. O aumento dos níveis de água em 1998 alcançou um pico de vazão estimado em 4.424 m³/s. O canal do rio foi projetado para transportar um caudal de 4.000 m³/s

após o evento El Niño de 1982-1983, o que reduziu o impacto das inundações na cidade. Valores excepcionais de vazão excederam a capacidade hidráulica do rio Piura, causando grandes danos à economia regional (em 1983 – 3.200 m³/s, em 1998 – 4.424 m³/s e em 2002 – 3.642 m³/s [SENAMHI, 2014]; e em 2017 – 2.754,5 m³/s [ENFEN, 2017]). Na tabela 4 são apresentadas um resumo dos danos causados pelos eventos El Niño nos últimos anos na BRP.

Tabela 5 – São apresentado os danos causados pelos eventos El Niño nos últimos 100 anos na BRP

El Niño	Acontecimento	Danos	Valor US\$ Milhões	Fonte
1925- 1926	TSM de Chicama 28,9 °C, 4° até 7°C acima do normal. 400 mm registrado no março 1925 no município de Trujillo onde a média era 1,3 mm.	65% de Piura foi inundado e se registraram muitas inundações na região de Lambayeque.	-----	ANA, 1999.
1982- 1983	412,2 mm registrado no Fevereiro. Vazão de 4.424 m ³ /s registrado o 12 de março.	512 mortos, 127 milhões desabrigados, 2.600 km de rodovias, 51 pontos, 98.000 casas destruídas, 111.000 estragadas, 875 escolas afetadas, 260 postos de saúde comprometidas.	3.283	Vargas, 2009; French e Mechler, 2007 e MacClune, K. et al., 2017.
1997- 1998	3.000 mm entre os meses de setembro e maio com maiores núcleos na região de Piura. Deficit severa da precipitação na serra sul.	366 mortos, 0.53 milhões desabrigados, 3.136 km de rodovias, 881 pontes, 48.563 viviendas destruídas, 108.000 afetadas, 2.873 escolas afetadas e 580 postos de saúde comprometidas.	3.500	Vargas, 2009; French e Mechler, 2007 e MacClune, K. et al., 2017;
2017	TSM na região 1+2 do El Niño no mês de março registro 3,5 °C acima do valor médio.	114 mortos, 1.08 milhões desabrigados, 4.931 km de rodovias, 881 pontes (489 totalmente destruídos), 38.728 viviendas colapsadas, 372.020 afetadas e 27.635 totalmente destruídas, 2.150 escolas afetadas e 726 postos de saúde comprometidas.	3.900	INDECI, 2017, MacClune, K. et al., 2017.
2023	Yaku, o primeiro ciclone registrado no Pacífico em 40 anos, seguido por um aquecimento anômalo das águas oceânicas.	99 mortos, 67.200 desabrigados, 391.000 afetados, 146.539 viviendas danificadas, inundações em Tumbes, Piura e Lambayeque, danos significativos à infraestrutura de transporte e serviços públicos.	7.0	Entrevista com Gianni Morelli (OCHA); Relatórios preliminares de INDECI, 2023 .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Conjuntos de dados

A informação no caso das políticas públicas tomadas pelo governo central será obtida das instituições públicas. Enquanto, a os dados atmosféricos eles serão coletados dos centros de investigação (p.e. SENAMHI, IGP, IMARPE, INEI).

4.4 Critérios da metodologia SAATY

A metodologia de Saaty, também conhecida como o Processo de Análise Hierárquica (AHP), é uma técnica amplamente utilizada para a tomada de decisões na qual se avaliam múltiplos critérios. No contexto do CENEPRED (Centro Nacional de Estimativa, Prevenção e Redução do Risco de Desastres) do Peru, utiliza-se esta metodologia para determinar os fatores de maior importância na avaliação de riscos e no planejamento de medidas de prevenção.

Para determinar os descritores de fatores de maior importância mediante a metodologia de Saaty, seguem-se os seguintes passos:

4.4.1 Definição do problema e objetivos

Deve-se definir claramente o problema a resolver e os objetivos que se desejam alcançar. No caso do CENEPRED, isto poderia ser a identificação dos fatores de risco mais críticos para um determinado tipo de desastre natural.

4.4.2 Estruturação Hierárquica

Estrutura-se o problema em uma hierarquia de diferentes níveis, onde:

Nível 1: O objetivo principal (por exemplo, identificar fatores de risco críticos).

Nível 2: Os critérios principais (por exemplo, vulnerabilidade, exposição, capacidade de resposta).

Nível 3: Os subcritérios ou fatores específicos sob cada critério principal.

4.4.3 Comparação de pares

Realizam-se comparações por pares entre os critérios e subcritérios em cada nível da hierarquia. Os especialistas avaliam a importância relativa de cada par de elementos utilizando uma escala de razão de 1 a 9, onde:

- 1 indica que dois elementos são igualmente importantes.
- 3 indica que um elemento é moderadamente mais importante que o outro.
- indica uma importância forte.
- indica uma importância muito forte.
- 9 indica uma importância extrema.

4.4.4 Matrizes de comparação

Constroem-se matrizes de comparação de pares a partir das avaliações realizadas. Cada matriz é preenchida com os valores derivados das comparações de pares.

4.4.5 Cálculo de vetores próprios e consistência

Calculam-se os vetores próprios das matrizes para obter os pesos relativos de cada critério e subcritérios. Além disso, verifica-se a consistência das comparações utilizando o índice de consistência (IC) e a razão de consistência (RC). Um RC menor que 0,1 geralmente é considerado aceitável.

4.4.6 Cálculo de vetores próprios e consistência

Combinam-se os pesos obtidos para cada nível da hierarquia para determinar os fatores de maior importância. Os fatores com os pesos mais altos são considerados os mais importantes.

4.5 Exemplo da aplicação da metodologia SAATY

4.5.1 Definição do problema e objetivos

- Identificar o problema específico relacionado aos riscos de desastres (inundações, deslizamentos, etc.).
- Estabelecer os objetivos da análise, como a identificação de áreas de risco, avaliação de vulnerabilidades e priorização de medidas preventivas.

4.5.2 Identificação de fatores e parâmetros

- Selecionar os fatores condicionantes e desencadeantes relevantes para a análise de riscos.
- Exemplos de fatores podem incluir a pendente do terreno, proximidade a sistemas de drenagem, geologia e geomorfologia.
- Utilizar a metodologia de Saaty para estabelecer uma matriz de comparação de pares destes fatores e determinar seu peso relativo na análise de riscos.

4.5.3 Recolha de dados

- Recolher dados históricos, geológicos, geográficos e climatológicos relevantes para os fatores identificados.
- Utilizar Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para armazenar, gerir e analisar os dados geoespaciais recolhidos.

4.5.4 Análise de suscetibilidade e vulnerabilidade

- Avaliar a suscetibilidade das áreas de estudo considerando os fatores condicionantes.
- Analisar a vulnerabilidade considerando fatores de exposição, fragilidade e resiliência nas dimensões social, económica e ambiental.

4.5.5 Cálculo de risco

- Combinar as análises de suscetibilidade e vulnerabilidade para determinar os níveis de risco utilizando a função de risco: $R = f(P_i, V_e)$, onde R é o risco, P_i é o perigo e V_e é a vulnerabilidade de um elemento exposto.
- Utilizar ferramentas de SIG para gerar mapas de risco que visualizem os níveis de risco em diferentes áreas.

4.5.6 Validação e ajuste do modelo

- Validar os resultados da análise mediante a comparação com eventos históricos e a consulta com especialistas na matéria.
- Ajustar o modelo conforme necessário para melhorar sua precisão e aplicabilidade.

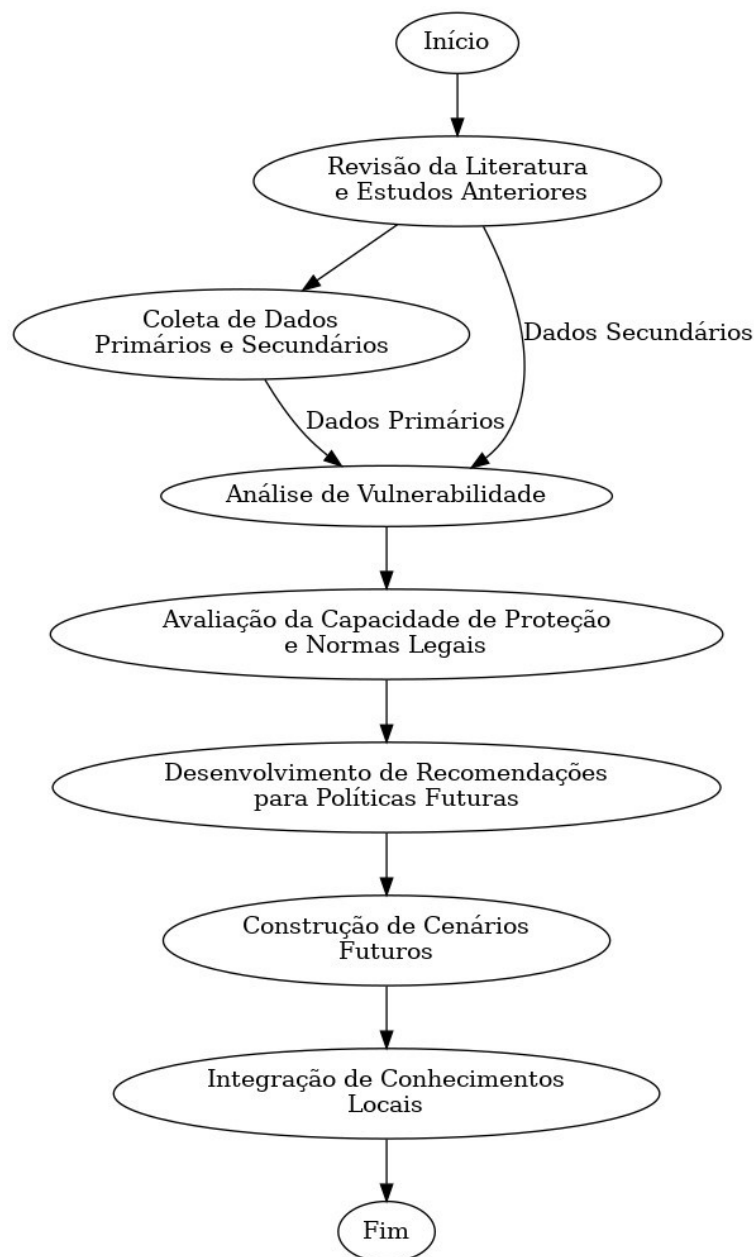
4.5.7 Desenvolvimento de estratégias de mitigação

- Desenvolver e priorizar estratégias de mitigação baseadas nos resultados da análise de risco.
- Estas estratégias podem incluir melhorias na infraestrutura, desenvolvimento de sistemas de alerta precoce e programas de educação e capacitação para a comunidade.

4.5.8 Implementação e monitorização

- Implementar as estratégias de mitigação priorizadas.
- Estabelecer um sistema de monitorização contínua para avaliar a eficácia das estratégias implementadas e ajustar as medidas conforme necessário.

4.6 Fluxograma da metodologia



4.7 Definição de perigo: Inundações

Inundações são definidas como a cobertura temporária de água sobre terrenos que normalmente não estão submersos, afetando diversas áreas desde margens fluviais até zonas costeiras e urbanas. Este fenômeno natural é um dos mais comuns e devastadores no Peru, devido à sua variada topografia e clima diversificado que facilitam o acúmulo excessivo de água causado por chuvas intensas, transbordamentos de rios, tsunamis ou ruturas de infraestruturas hidráulicas.

A gestão do risco de inundações no Peru foca numa abordagem integrada que inclui a

avaliação de risco, o planejamento do uso do solo e medidas estruturais e não estruturais. A estratégia nacional, orientada pelo CENEPRED, engloba a identificação e mapeamento de áreas de risco de inundação, avaliando a vulnerabilidade e exposição das populações e ativos econômicos.

O risco de inundação é considerado uma combinação da probabilidade de ocorrência do evento e as possíveis consequências negativas sobre a saúde humana, o meio ambiente, o patrimônio cultural e a atividade econômica. Reconhece-se que as mudanças climáticas podem aumentar a frequência e intensidade das inundações, exigindo uma atualização contínua das estratégias de gestão de risco.

Para enfrentar eficazmente este risco, foram desenvolvidos Planos de Gestão de Riscos de Inundações (PGRI), que detalham ações específicas para a preparação, resposta e recuperação desses eventos. Essas ações incluem desde a melhoria da infraestrutura de drenagem e barreiras físicas até programas de educação e alerta precoce para a população.

A análise das inundações e a gestão de riscos associados no Peru baseiam-se em uma metodologia rigorosa que integra informações históricas e científicas, e utiliza tecnologias avançadas para a modelagem e simulação de cenários de risco. A cooperação entre instituições governamentais, acadêmicas e comunitárias é crucial para implementar efetivamente as medidas preventivas e mitigadoras, assegurando uma resiliência a longo prazo frente a esses desafios naturais.

Esta abordagem proativa não só busca minimizar os impactos diretos das inundações, mas também fortalecer as capacidades das comunidades para enfrentar e se recuperar dos desastres, promovendo um desenvolvimento sustentável e a redução da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nas áreas propensas a inundações.

Na avaliação da suscetibilidade da área de influência do fenômeno da inundação, foram analisadas os fatores condicionantes e os fatores desencadeantes.

4.8.1 Fatores condicionantes

Os parâmetros levados em conta foram:

- Pendente
- Proximidade e/ou distância a drenagem deficiente (drenos e bacias cegas)
- Geologia

- Geomorfologia

A seguir são apresentadas as tabelas de comparação de pares dos parâmetros escolhidos como descritores do risco de inundações gerados levando em conta segundo a metodologia SAATY-

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

Parâmetros	Pendente	Proximidade e/ou distância a drenagem deficiente	Geologia	Geomorfologia	PP
Pendente	1.000	2.000	7.000	9.000	0.560
Proximidade e/ou distância a drenagem deficiente	0.500	1.000	2.000	7.000	0.285
Geologia	0.145	0.500	1.000	2.000	0.100
Geomorfologia	0.115	0.500	1.000	1.000	0.055

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE

PENDIENTE	Menor a 2°	Entre 2° a 5°	Entre 5° a 10°	Entre 10° a 25°	Maior a 25°
Menor a 2°	1.00	3.000	5.00	7.00	9.00
Entre 2° a 5°	0.330	1.000	3.00	5.00	7.00
Entre 5° a 10°	0.200	0.333	1.00	3.00	5.00
Entre 10° a 25°	0.143	0.200	0.33	1.00	3.00
Maior a 25°	0.111	0.143	0.20	0.33	1.00
SOMA	1.784	4.68	9.54	16.33	25.00
1/SOMA	0.561	0.21	0.10	0.06	0.04

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: < 2° - "Terreno plano e/ou horizontal"
- D2: 2° - 5° - "Pendente suave"
- D3: 5° - 10° - "Pendente moderada"
- D4: 10° - 25° - "Pendente forte"
- D5: >25° - "Pendente muito forte"

Tabela 8– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE

PROXIMIDADE A DRENAGEM DEFICIENTE	Menor a 50m	Entre 50 y 100m	Entre 100 y 200m	Entre 200 y 400m	Maior a 400m
Menor a 50m	1.00	2.000	3.00	4.00	9.00
Entre 50 y 100m	0.500	1.000	2.00	3.00	4.00
Entre 100 y 200m	0.333	0.500	1.00	2.00	3.00
Entre 200 y 400m	0.250	0.333	0.500	1.00	2.00

PROXIMIDADE A DRENAGEM DEFICIENTE	Menor a 50m	Entre 50 y 100m	Entre 100 y 200m	Entre 200 y 400m	Maior a 400m
Maior a 400m	0.111	0.250	0.333	0.50	1.00
SOMA	2.194	4.083	6.833	10.50	19.00
1/SOMA	0.456	0.245	0.146	0.095	0.05

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Menor a 50 m
- D2: Entre 50 y 100 m
- D3: Entre 100 y 200 m
- D4: Entre 200 y 400 m
- D5: Maior a 400 m

Tabela 9– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE

GEOLOGIA	Depósitos Fluviais	Depósitos Aluviais	Depósitos Eólicos	Depósitos Lagunares	Formação Zapallal
Depósitos Fluviais	1.000	2.000	4.000	6.000	8.000
Depósitos Aluviais	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Depósitos Eólicos	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Depósitos Lagunares	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
Formação Zapallal	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
SOMA	2.042	3.917	7.750	13.500	21.000
1/SOMA	0.490	0.255	0.129	0.074	0.048

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Depósitos Fluviais
- D2: Depósitos Aluviais
- D3: Depósitos Eólicos
- D4: Depósitos Lagunares
- D5: Formação Zapallal

Tabela 10– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE

GEOMORFOLOGÍA	Planície de Inundação	Terraço Aluvial	Planície Aluvial	Manto de Areia	Leque de Piedemonte
Planície de Inundação	1	2	3	7	9
Terraço Aluvial	0.5	1	2	3.003	7
Planície Aluvial	0.333	0.5	1	2	3.003

Manto de Areia	0.143	0.333	0.5	1	2
Leque de Piedemonte	0.111	0.143	0.333	0.5	1
SOMA	2.087	3.976	6.833	13.503	22.003
1/SOMA	0.479	0.252	0.146	0.074	0.045

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Planície de inundação
- D2: Terraço Aluvial
- D3: Planície Aluvial
- D4: Manto de Areia
- D5: Leque de Piedemonte

4.8.2 Fatores desencadeantes

Se considerou apenas um único parâmetro geral Precipitações Intensas (nível de precipitação), pelo que o peso ponderado desse parâmetro é 1.

Tabela 11– Matriz de comparação de pares do parâmetro PENDIENTE

Precipitações Intensas (mm)	Extremamente Chuvoso (RR/dia>4.130)	Muito Chuvoso (1.785<RR/dia≤4.130)	Chuvoso (0.974<RR/dia≤1.785)	Moderadamente Chuvoso (0.234<RR/dia≤0.974)	Escassamente Chuvoso (RR/dia≤0.234)
Extremamente Chuvoso	1.000	2.000	5.000	7.000	9.000
Muito Chuvoso	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
Chuvoso	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
Moderadamente Chuvoso	0.143	0.200	0.500	1.000	2.000
Escassamente Chuvoso	0.111	0.143	0.200	0.500	1.000
SOMA	1.954	3.843	8.700	15.500	24.000
1/SOMA	0.512	0.260	0.115	0.065	0.042

Fonte: Elaborado pelo autor

- P1: Extremamente Chuvoso (RR/dia>4.130)
- P2: Muito Chuvoso (1.785<RR/dia≤4.130)
- P3: Chuvoso (0.974<RR/dia≤1.785)
- P4: Moderadamente Chuvoso (0.234<RR/dia≤0.974)
- P5: Escassamente Chuvoso (RR/dia≤0.234)

4.8 Cálculo da vulnerabilidade

De acordo com a Lei N° 29664 e seu Regulamento, D.S. N° 048-2011-PCM, a vulnerabilidade é definida como "a suscetibilidade da população, da estrutura física ou das atividades socioeconômicas de sofrer danos pela ação de um perigo ou ameaça."

Conforme a abordagem (prospectiva ou corretiva) da avaliação de risco que deve ser adotada para projetos de investimento relacionados a infraestruturas, será elaborado a análise da vulnerabilidade. É essencial considerar que, nas avaliações de risco para projetos de investimento de criação, sugere-se considerar o fator de exposição à vulnerabilidade devido à inexistência de infraestrutura, ao contrário dos projetos de investimento que envolvam melhoria, ampliação e recuperação, nos quais é necessário analisar a vulnerabilidade com base nos fatores de exposição, fragilidade e resiliência das dimensões social, econômica e ambiental.

No que diz respeito à análise da vulnerabilidade do componente corretivo, devem ser consideradas necessariamente as dimensões social e econômica, enquanto que a inclusão da dimensão ambiental (poluição, gestão de resíduos, saneamento básico, etc.) ficará a critério do avaliador (as mesmas que para este exercício foram consideradas), bem como as características do território.

Para o presente estudo, a análise da vulnerabilidade foi considerada com base nos fatores de exposição, fragilidade e resiliência das dimensões social e econômica, tendo em vista que a área de estudo seria adequada apenas para a execução de projetos de investimento em melhoria, ampliação e recuperação.

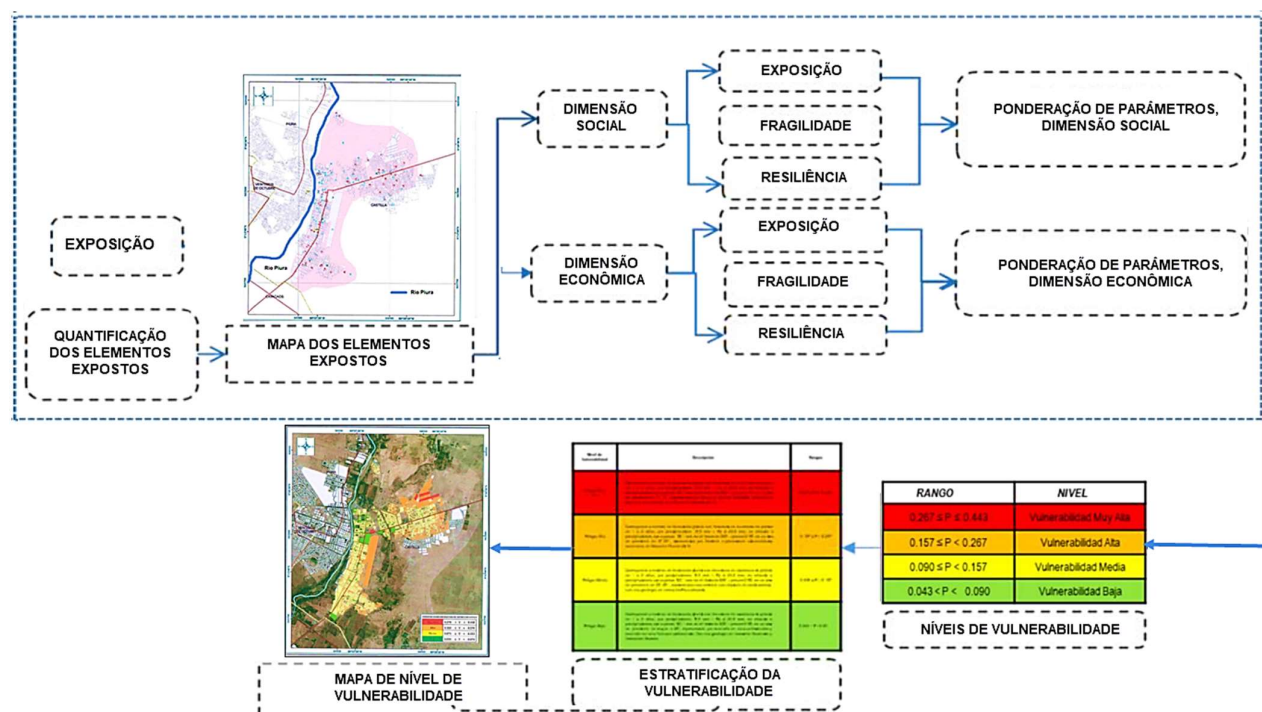
O crescimento populacional e os processos de urbanização, as tendências na ocupação do território, o processo de empobrecimento de importantes segmentos da população, a utilização de sistemas organizacionais inadequados e a pressão sobre os recursos naturais aumentaram continuamente a vulnerabilidade da população diante de uma ampla variedade de fenômenos de origem natural.

4.8.1 Metodologia para análise de vulnerabilidade

Para a análise de vulnerabilidade, foram consideradas as dimensões social, econômica e ambiental, avaliando-se: fragilidade, exposição e resiliência para as dimensões mencionadas. Foi realizado o processo de análise hierárquica (PAH), atribuindo-se ponderação aos parâmetros e descritores (Figura 27)

As duas primeiras dimensões são compostas pelos fatores de fragilidade, resiliência e exposição, e a última dimensão de fragilidade, compondo-se esses fatores por descritores que são analisados em uma matriz. Para isso, utilizam-se como referência os valores numéricos da tabela desenvolvida por Saaty (1990), que mostram valores que variam de 9 a 1/9, conforme a importância relativa de um parâmetro em relação a outro. Esses valores são introduzidos na matriz de comparação de pares, e o processo resultará no peso ponderado de cada parâmetro considerado na análise.

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



4.8.2 Análise dos fatores de vulnerabilidade

Exposição

A Exposição refere-se às decisões e práticas que colocam o ser humano e seus meios de vida na zona de impacto de um perigo. A exposição é gerada por uma relação inadequada com o ambiente, que pode ser devido a processos não planejados de crescimento demográfico, a um processo migratório desordenado, ao processo de urbanização sem um manejo adequado do território e/ou a políticas de desenvolvimento econômico não sustentáveis. Quanto maior a exposição, maior a vulnerabilidade. Com este componente fator, analisam-se as unidades

sociais expostas (população, unidades produtivas, linhas vitais, infraestrutura ou outros elementos) aos perigos identificados.

Fragilidade

A Fragilidade refere-se às condições de desvantagem ou fraqueza relativa das pessoas e seus meios de subsistência diante de um perigo. Geralmente, está focada nas condições físicas de uma comunidade ou sociedade e tem origem interna. Exemplos incluem: métodos de construção inadequados, não cumprimento das normas de construção vigentes e uso de materiais de baixa qualidade. Quanto maior a fragilidade, maior a vulnerabilidade.

Resiliência

Refere-se ao ser humano e aos seus meios de vida diante da ocorrência de um perigo. Está associada a condições sociais e de organização da população. Quanto maior a resiliência, menor a vulnerabilidade.

4.8.3 Análise dos elementos expostos sociais, económicos e ambientais

A Exposição refere-se à quantificação de elementos localizados na área de impacto do perigo. A exposição é gerada por uma relação inadequada com o ambiente, que pode ser devido a processos não planejados de crescimento demográfico, a um processo migratório desordenado, ao processo de urbanização sem um manejo adequado do território e/ou a políticas de desenvolvimento econômico não sustentáveis. Quanto maior a exposição, maior a vulnerabilidade.

Análise da dimensão social

Determina-se a população exposta dentro da área de influência do fenômeno de origem natural, identificando a população vulnerável, para posteriormente incorporar a análise de Exposição social, fragilidade social e resiliência social nessa população vulnerável. Isso ajuda a identificar os níveis de vulnerabilidade social.

A análise da dimensão social consistiu em identificar as características intrínsecas da população da área urbana da cidade de Piura e sua contribuição para a análise da vulnerabilidade. Foram identificados e selecionados parâmetros de avaliação, que foram agrupados nos componentes de fragilidade e resiliência.

Tabela 12– Matriz de comparação de pares do parâmetro GRUPO ETÁREO (fragilidade)

GRUPO ETÁREO	De 0 a 5 e de 65 anos ou mais	De 5 a 12 anos e de 60 a 65 anos	De 12 a 15 anos e de 50 a 60 anos	De 15 a 30 anos	De 30 a 50 anos
De 0 a 5 e de 65 anos ou mais	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
De 5 a 12 anos e de 60 a 65 anos	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
De 12 a 15 anos e de 50 a 60 anos	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
De 15 a 30 anos	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
De 30 a 50 anos	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
SOMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25
1/SOMA	0.56	0.214	0.105	0.061	0.04

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: De 0 a 5 anos e maiores de 65 anos
- D2: De 6 a 11 anos e de 60 a 64 anos
- D3: De 12 a 17 anos e de 45 a 59 anos
- D4: De 18 a 29 anos
- D5: De 30 a 44 anos

Tabela 13– Matriz de comparação de pares do parâmetro DISCAPACIDADE (fragilidade)

Discapacidade	Mental ou intelectual	Visual	Para usar braços e pernas	Para ouvir e/ou falar	Não tem
Mental ou intelectual	1.000	2.000	3.000	5.000	9.000
Visual	0.500	1.000	2.000	3.003	5.000
Para usar braços e pernas	0.333	0.500	1.000	2.000	3.003
Para ouvir e/ou falar	0.200	0.333	0.500	1.000	2.000
Não tem	0.111	0.200	0.333	0.500	1.000
SOMA	2.144	4.033	6.833	11.503	20.003
1/SOMA	0.466	0.248	0.146	0.087	0.05

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Mental ou intelectual
- D2: Visual
- D3: Para usar braços e pernas
- D4: Para ouvir e/ou falar
- D5: Não tem

Tabela 14– Matriz de comparação de pares do parâmetro NÍVEL EDUCACIONAL (resiliência)

NÍVEL EDUCACIONAL	Nenhum Nível e/ou Inicial	Primário	Secundário	Superior não universitário	Superior Universitário e/ou pós-graduação ou Outro Similar
Nenhum Nível e/ou Inicial	1.000	2.000	4.000	6.000	8.000
Primário	0.500	1.000	2.000	4.000	5.988
Secundário	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Superior não universitário	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
Superior Universitário e/ou pós-graduação ou Outro Similar	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
SOMA	2.042	3.917	7.75	13.5	20.988
1/SOMA	0.49	0.255	0.129	0.074	0.048

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Nenhum Nível e/ou Inicial
- D2: Primário
- D3: Secundário
- D4: Superior não Universitário
- D5: Superior Universitário e/ou pós-graduação ou Outro Similar

Tabela 15– Matriz de comparação de pares do parâmetro AFILIAÇÃO A ALGUM SEGURO DE SAÚDE (resiliência)

AFILIACAO A ALGUM SEGURO DE SAUDE	Nenhum Seguro de Saúde	Seguro de Saúde Parcial	Entidades Prestadoras de Saúde - EPS	ESSALUD	SIS - Seguro Integral de Saúde
Nenhum Seguro de Saúde	1.000	2.000	4.000	6.000	7.000
Seguro de Saúde Parcial	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Entidades Prestadoras de Saúde - EPS	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
ESSALUD	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
SIS - Seguro Integral de Saúde	0.143	0.167	0.250	0.500	1.000
SOMA	2.06	3.917	7.75	13.5	20
1/SOMA	0.486	0.255	0.129	0.074	0.05

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Nenhum Seguro de Saúde
- D2: Seguro de Saúde Parcial SIS
- D3: Entidades Prestadoras de Saúde - EPS
- D4: ESSALUD
- D5: SIS - Seguro Integral de Saúde

Tabela 16– Matriz de comparação de pares do parâmetro BENEFICIÁRIO DE PROGRAMAS SOCIAISS (resiliência)

BENEFICIÁRIO DE PROGRAMAS SOCIAIS	Papilla o yapita e/ou cuna más	Juntos e/ou pensión 65 e/ou outros	Leite e/ou refeitério popular e/ou cesta alimentar	Teto próprio ou minha casa	Nenhum
Papilla o yapita e/ou cuna más	1.000	2.000	4.000	6.000	8.000
Juntos e/ou pensión 65 e/ou outros	0.500	1.000	2.000	4.000	5.988
Leite e/ou refeitério popular e/ou cesta alimentar	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Teto próprio ou minha casa	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
Nenhum	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
SOMA	2.042	3.917	7.75	13.5	20.988

1/SOMA	0.49	0.255	0.129	0.074	0.048
---------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Papilla ou vapita e/ou cuna más
- D2: Juntos e/ou pensão 65 e/ou outros
- D3: Leite e/ou refeitório popular e/ou cesta alimentar
- D4: Teto próprio ou minha casa
- D5: Nenhum

Análise da dimensão económica

Determinam-se as atividades económicas e a infraestrutura exposta dentro da área de influência do fenómeno de origem natural, identificando os elementos expostos vulneráveis e não vulneráveis, para posteriormente incorporar a análise da fragilidade económica e resiliência económica. Isso ajuda a identificar os níveis de vulnerabilidade económica. Para a análise da vulnerabilidade em sua dimensão económica, foram avaliados os seguintes parâmetros.

Tabela 17– Matriz de comparação de pares do parâmetro TIPO DE MORADIA (resiliência)

TIPO DE MORADIA	Não destinado para habitação, outro tipo	Cabana ou Barraco e/ou Moradia Improvisada	Casa de quinta e/ou Moradia em cortiço	Apartamento em edifício	Casa independente
Não destinado para habitação, outro tipo	1.000	3.000	6.000	8.000	9.000
Cabana ou Barraco e/ou Moradia Improvisada	0.333	1.000	3.000	6.000	8.000
Casa de quinta e/ou Moradia em cortiço	0.167	0.333	1.000	3.000	6.000
Apartamento em edifício	0.125	0.167	0.333	1.000	3.000
Casa independente	0.111	0.125	0.167	0.333	1.000
SOMA	1.736	4.625	10.5	18.333	27
1/SOMA	0.576	0.216	0.095	0.055	0.037

- Fonte: Elaborado pelo autor

•

- D1: Não destinado para habitação, outro tipo

- D2: Cabana ou Barraco e/ou Moradia Improvisada
- D3: Casa de quinta e/ou Moradia em cortiço
- D4: Apartamento em edifício
- D5: Casa independente

Tabela 18– Matriz de comparação de pares do parâmetro REGIME DE POSSE (resiliência)

REGIME DE POSSE	Outro tipo de Posse	Cedida pelo centro de Trabalho	Alugada	Própria por invasão	Própria, pagando ou paga
Outro tipo de Posse	1.000	3.000	4.000	8.000	9.000
Cedida pelo centro de Trabalho	0.333	1.000	3.000	4.000	8.000
Alugada	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
Própria por invasão	0.125	0.250	0.333	1.000	3.000
Própria, pagando ou paga	0.111	0.125	0.250	0.333	1.000
SOMA	1.819	4.708	8.583	16.333	25
1/SOMA	0.55	0.212	0.117	0.061	0.04

Fonte: Elaborado pelo autor

- D1: Outro tipo de regime de posse
- D2: Cedida pelo centro de trabalho e/ou outro lar ou instituição
- D3: Alugada
- D4: Própria, por invasão
- D5: Própria, pagando a prazo e/ou totalmente paga

4.8.4 Níveis de vulnerabilidade

Os níveis de vulnerabilidade por inundação na área de estudo são detalhados a seguir: Na tabela 12, são apresentados os níveis de vulnerabilidade e seus respectivos intervalos obtidos através da utilização do Processo de Análise Hierárquica.

Tabela 19 – Níveis de vulnerabilidade por inundação e seus intervalos

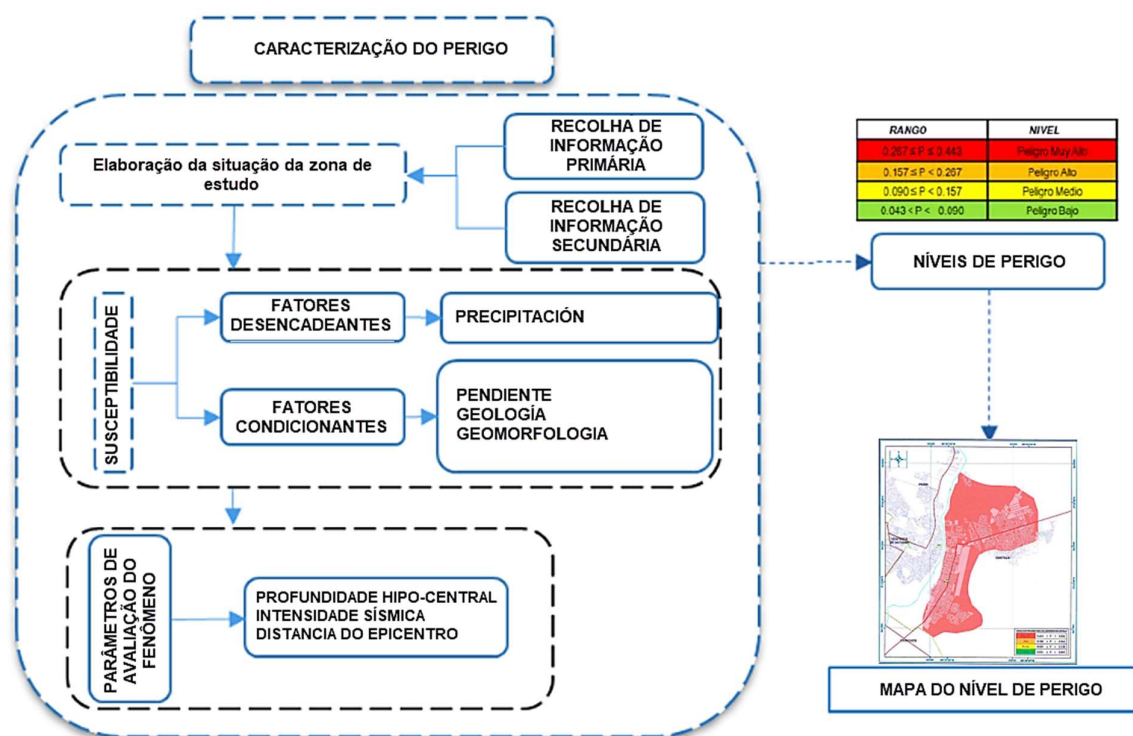
INTERVALOS			NÍVEIS DE VULNERABILIDADE
0.243	$\leq V \leq$	0.255	MUITO ALTA
0.186	$\leq V <$	0.243	ALTA

0.165	$\leq V <$	0.186	MEDIA
0.151	$\leq V <$	0.165	BAIXA

4.9 Cálculo do perigo

Para determinar o nível de perigosidade pelo fenômeno de inundação pluvial, utilizou-se a seguinte metodologia descrita na figura 28.

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.



4.10 Cálculo do risco

Nesta seção, será estimado o nível de risco de desastre por perigo de inundação no setor Castilla. Para isso, foram identificados e analisados os perigos aos quais o setor Castilla está exposto, levando em conta a suscetibilidade à inundação dos ativos expostos. Foi realizada a análise dos componentes que influenciam os fatores de vulnerabilidade de exposição, fragilidade e resiliência.

O risco é o resultado de relacionar o perigo com a vulnerabilidade dos elementos expostos, com o objetivo de determinar os possíveis efeitos e consequências sociais,

econômicas e ambientais associadas a um ou vários fenômenos perigosos. A equação do Risco é adaptada à Lei N° 29664, que cria o Sistema Nacional de Gestão do Risco de Desastres, mediante a qual se expressa que o risco é uma função do perigo e da vulnerabilidade.

$$R_{ie} = f(P_i, V_e)|_t$$

Onde:

R = Risco.

f = Função

P_i = Perigo

V_e = Vulnerabilidade de um elemento exposto

Para a determinação dos níveis de risco, utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permitiu automatizar o processo. Para isso, foi construída uma base de dados com informações espaciais, vetoriais e alfanuméricas georreferenciadas, contendo toda a informação quantitativa e qualitativa da área de estudo.

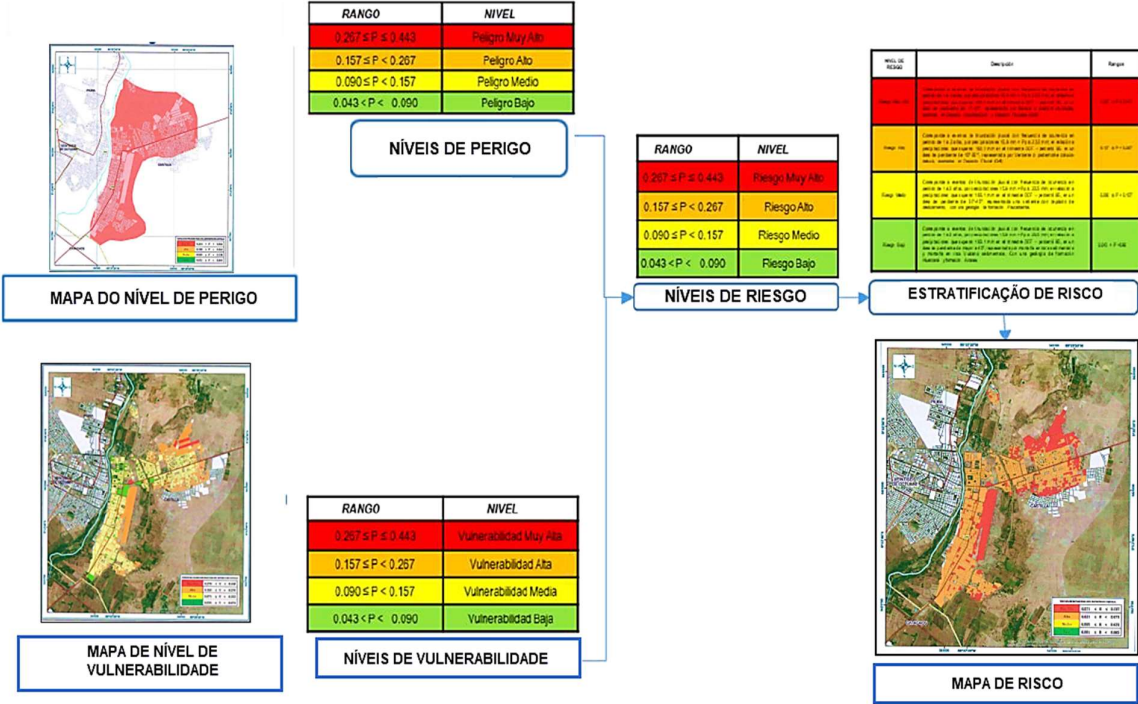
Tabela 20 – Níveis de risco por inundação

NIVELES DE RIESGO	
NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.067 \leq R < 0.120$
ALTO	$0.027 \leq R < 0.067$
MEDIO	$0.012 \leq R < 0.027$
BAJO	$0.006 \leq R < 0.012$

4.10.1 Metodologia do cálculo de risco

O risco é definido como a interação entre o perigo e a vulnerabilidade dos elementos expostos, com o objetivo de identificar os possíveis efeitos e consequências sociais, econômicas e ambientais associados ao fenômeno do sismo (Figura 29). A variação em um ou mais desses parâmetros pode alterar o risco, ou seja, o total de perdas esperadas e as consequências em uma área específica. Para estratificar o nível de risco, será utilizada uma matriz de dupla entrada: matriz do grau de perigo e matriz do grau de vulnerabilidade. Para isso, é necessário ter previamente determinado os níveis de um determinado perigo e a análise de vulnerabilidade.

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.



5 RESULTADOS

Neste capítulo a análise aborda a vulnerabilidade de Piura, Peru, frente a desastres naturais, com foco nas inundações e no impacto do evento El Niño Costero de 2017. Destaca-se a geografia única da região e sua predisposição a inundações, exacerbada pela rápida urbanização e desigualdades socioeconômicas. Apesar de um quadro legal de decretos e medidas tomadas em resposta a emergência do Fenômeno El Niño Costero de 2017 (Tabela 14) a gestão de riscos de desastres, revelam-se falhas na implementação e coordenação governamental, juntamente com o papel crucial, mas limitado por recursos, das ONGs na resposta e recuperação. Este estudo sublinha a necessidade de melhorar a preparação e a capacidade de resposta, integrando tanto a infraestrutura quanto a recuperação social para uma gestão mais eficaz de desastres. Para a participação de comedores populares na assistência alimentar e a entrega de subsídios extraordinários por meio do "Bono Una Sola Fuerza" a usuários de programas sociais como Juntos e Pensión 65, foram emitidos o DS 009-2017-MIDIS e o DU 009-2017, respectivamente.

Tabela 21 – 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.

Decretos relevantes	
DS 014-2017-PCM	Piura declarado em emergência durante fevereiro
DS 035-2017-PCM	Declaração de estado de emergência nacional no departamento de Piura em 30 de março.
DS 059-2017-EF	Transferência de partidas para os governos regionais para financiar as atividades de emergência, datado de 22 de março.
DS 105-2017-EF	Autorização de crédito suplementar para diversos governos locais, datado de 19 de abril.
DS 110-2017-PCM	Medidas adicionais relacionadas com a assistência alimentar temporária e gratuita, datado de 26 de abril.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1 Vulnerabilidade e perigo

5.1.1 Paisagem física

A cidade de Piura, localizada na planície costeira do norte do Peru, encontra-se aproximadamente a 100 km ao sul da fronteira com o Equador, a 50 km da costa oeste do país

e a 60 km da Cordilheira dos Andes. Caracteriza-se por um relevo predominantemente plano, com leitos de riachos secos, depressões e elevações suaves, com o rio Piura como um marcador geográfico significativo na região. O trecho final do rio é delineado por estruturas hidráulicas, como diques em ambas as margens e canais de drenagem, que servem para administrar o escoamento das águas para a Lagoa Ramón Grande durante o período chuvoso e para a irrigação agrícola, por meio de comportas, no período seco.

As chuvas intensas nesta região e na parte ocidental da Cordilheira dos Andes tendem a escorrer rapidamente devido à presença de solos impermeáveis, resultando em inundações repentinas nas áreas elevadas e variações rápidas no fluxo nas áreas planas. A água pluvial também se acumula em depressões e leitos de riachos, especialmente em áreas onde as características naturais de drenagem são obstruídas, o que pode resultar em acumulação rápida e significativa de água durante tempestades intensas.

Durante o evento El Niño de 1997-1998, Piura enfrentou inundações severas devido às fortes chuvas e à inadequação do sistema de drenagem urbano. Os níveis de água em 1998 atingiram um pico de vazão estimado em $4.424 \text{ m}^3/\text{s}$, evidenciando a vulnerabilidade da cidade a eventos climáticos extremos. Além disso, a cidade é cortada de leste a oeste pelo rio Piura, que, ao passar pela área urbana, apresenta várias centenas de metros de largura. Os diques, construídos inicialmente em 1984, foram projetados para conter o rio que frequentemente excedem a altura do piso térreo dos edifícios adjacentes. O leito do rio é arenoso e, em muitas áreas ao longo das margens, há presença de vegetação.

A oeste de Piura, o rio diminui sua velocidade e deságua na Lagoa La Niña (ENFEN, 2017). Durante períodos de vazões extraordinárias, a falta de drenagem eficaz para o oceano provoca o crescimento rápido da lagoa (Figura 30), alterando a altura do rio conforme ele passa por Piura e exacerbando as inundações, principalmente nas comunidades localizadas a oeste da cidade.

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

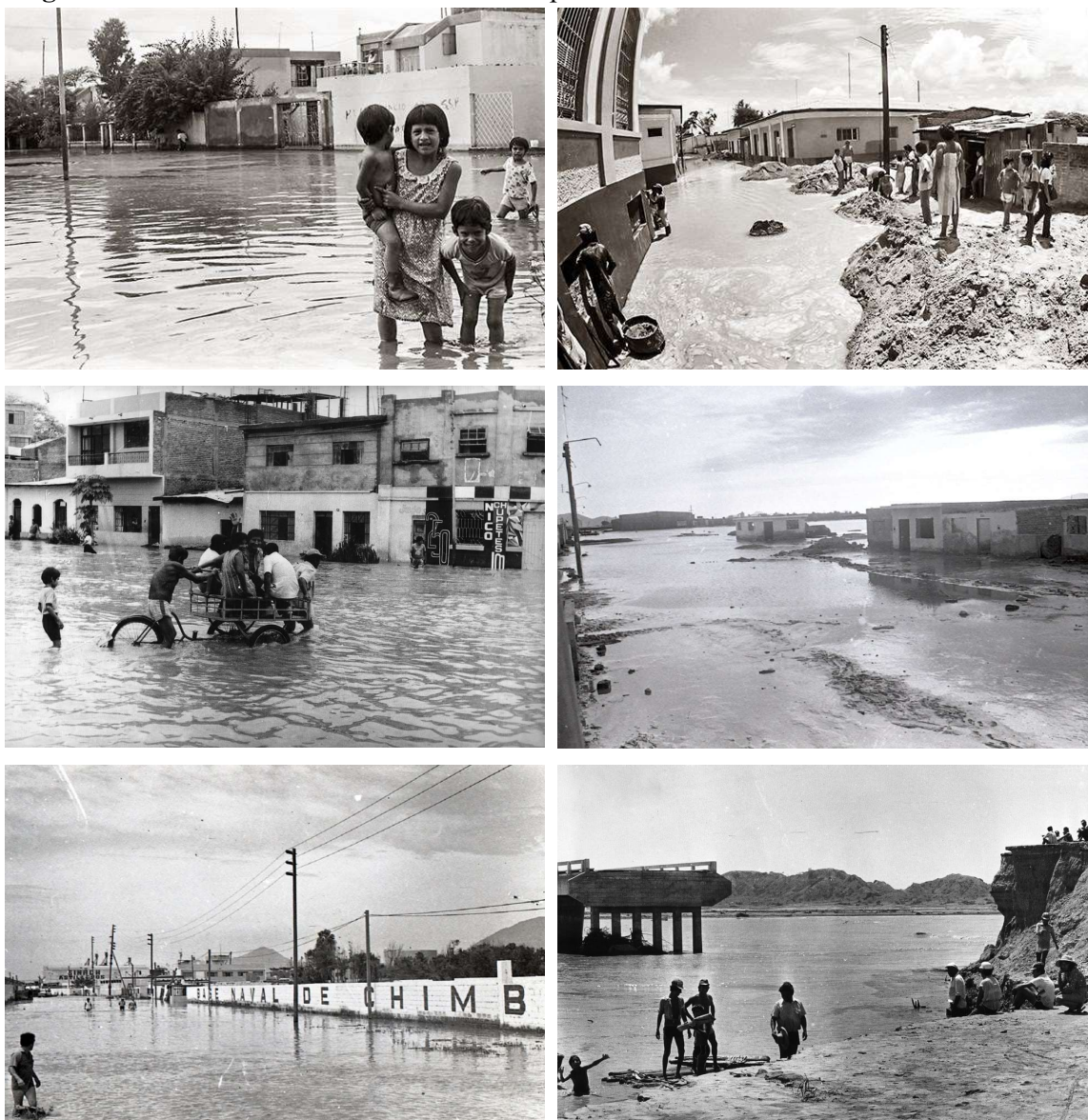


Fonte: Juan Nunura

5.1.2 Inundações passadas

O Peru, especialmente a região de Piura, enfrenta múltiplos riscos naturais, destacando-se a ameaça de inundações e terremotos. A cidade de Piura, situada na planície costeira do norte do Peru, está sujeita ao perigo de inundações durante episódios de chuvas intensas ou prolongadas, fenômeno frequentemente exacerbado durante eventos El Niño, quando as temperaturas elevadas da superfície do mar próximo à costa contribuem para um aumento significativo da umidade. Estes eventos são conhecidos por causar inundações severas, como observado nos anos de 1982/1983 (Figura 31) e 1997/1998 (Figura 32), que tiveram impactos devastadores, desde a perda de vidas e animais até a propagação de doenças transmitidas por vetores e a destruição de ecossistemas pesqueiros essenciais. Nas diferentes cenas da Figura 31 e 32, observam-se áreas residenciais e públicas inundadas, destacando a magnitude do desastre. As fotografias capturam momentos em que a vida cotidiana é interrompida: crianças em pé em águas paradas, famílias navegando por ruas transformadas em rios e comunidades inteiras enfrentando a erosão e o colapso de infraestruturas. Essas imagens também ilustram a resiliência e adaptabilidade das pessoas em condições adversas, utilizando balsas improvisadas para locomoção e reunindo-se em espaços ainda acessíveis, como as margens elevadas dos rios.

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



Fonte: <http://larepublica.pe> (Acesso no 10 de marco 2024)

As ruas da cidade estavam submersas em água, transformando a paisagem urbana numa extensão de rios caudalosos. Veículos abandonados e semi-submersos ilustravam a fuga repentina de seus ocupantes e a rapidez com que a água tomou conta da área. Os residentes moviam-se através da água com a ajuda de barcos improvisados e carregando pertences sobre suas cabeças, evidenciando as estratégias de sobrevivência que adotaram diante do desastre.

Figura 33— O impacto do El Niño de 1998 no Perú



Fonte: <http://gestion.pe> (Acesso no 10 de marco 2024) e Rocha, 2017.

O governo peruano, consciente da vulnerabilidade do país aos eventos El Niño, declarou estado de emergência por 60 dias em julho de 2015, antecipando um evento El Niño potencialmente tão forte quanto ou mais intenso do que os eventos anteriores. As atividades preparatórias foram intensificadas, embora o El Niño de 2015/2016 não tenha ocorrido com a intensidade prevista, levando à interrupção dos preparativos.

Os eventos El Niño também trouxeram mudanças inesperadas, como a transformação do deserto costeiro de Sechura, que permaneceu seco por quinze anos, no segundo maior lago do Peru, oferecendo oportunidades temporárias para pesca e agricultura. Estes episódios ilustram a complexa interação entre fenômenos naturais e a capacidade de adaptação das comunidades humanas, sublinhando a necessidade de um planejamento de riscos de desastres

que seja holístico e adaptável às variáveis condições ambientais e sociais.

5.1.3 Sociedade

O evento El Niño Costero de 2017, que ocorreu inesperadamente no início daquele ano, foi considerado excepcionalmente grande, embora evidências sugiram que as chuvas e inundações possam não ter sido tão significativas quanto as registradas nos eventos de 1982/1983 e 1997/1998. Isso indica que as inundações de 2017 foram, em grande parte, um desastre provocado pelas intensas chuvas registradas na parte baixa da bacia do rio Piura (conforme foi analisada nas figuras 7 e 10 além da falta das ações humanas, e que os danos à infraestrutura foram maiores em alguns setores durante o evento de 2017, não devido à intensidade das inundações, mas sim à rápida urbanização recente e pelo deficiente sistema de drenagem. Compreender as razões por trás disso requer uma análise detalhada da vulnerabilidade social das áreas afetadas pelas inundações e da situação geral no Peru.

O Peru, um país de renda média com altos níveis de desigualdade, vivenciou um crescimento econômico sustentado entre 2005 e 2014 (ANA, 1999). Contudo, cerca de 21% da população ainda vive na pobreza, e aproximadamente 3% em extrema pobreza, com regiões como Piura, Cajamarca, La Libertad no Nordeste, e Apurímac no centro-sul, onde a pobreza extrema atinge quase 25% (Vargas, 2009). As mulheres, em particular, representam a maioria da população vivendo em extrema pobreza, com até 30% delas sem acesso a uma renda pessoal.

Após a queda do presidente Fujimori em 2000, o governo peruano vem passando por um processo de transição para a democracia. No entanto, a frequente troca de governos tem dificultado a manutenção de agendas políticas consistentes. Além disso, desde 2020, o Peru está em um processo de descentralização para reduzir desigualdades e melhorar a qualidade de vida e o acesso a serviços públicos. Porém, a descentralização tem representado um desafio em um país com um histórico de centralismo e autoritarismo.

As mudanças sociais e econômicas têm sido limitadas também pela história de migração em massa do campo para a cidade. Entre 1940 e 1970, a população costeira cresceu de 300.000 para 4 milhões, impulsionada pelas oportunidades econômicas na parte ocidental do país. Essa tendência foi intensificada pelo conflito armado iniciado em 1980. Nos últimos anos, o Peru experimentou um forte crescimento econômico, especialmente entre 2005 e 2011, com a economia crescendo em média 7% ao ano (Vargas, 2009). Este crescimento foi atribuído em grande parte a práticas extrativistas, como a mineração e a extração de madeira, que, por

sua vez, contribuem para as mudanças climáticas.

O crescimento econômico contribuiu para a redução da pobreza e da pobreza extrema, permitindo que o Peru alcançasse um status de "alto desenvolvimento" desde 2013. No entanto, a maioria dos investimentos em desenvolvimento tem se concentrado nos centros urbanos costeiros, e as taxas de pobreza permanecem altas. A migração intensa alterou o cenário de riscos no Peru (INRENA, 2007). Novos migrantes, muitas vezes não familiarizados com os riscos costeiros e fazem parte dos elementos expostos ao perigo de inundações (Figura 31), têm dificuldades em adaptar técnicas tradicionais de construção e mecanismos de enfrentamento ao clima ao novo ambiente. A migração aumentou a população urbana pobre, que se estabeleceu em áreas marginais, muitas vezes invadindo terras ou formando assentamentos informais; 70% da população peruana vive nessas condições (French e Mechler, 2007).

As pessoas construíram moradias em leitos de rios secos ou em encostas íngremes, áreas propensas a inundações repentinas. O governo frequentemente fornece serviços urbanos essenciais, como água e saneamento, a esses assentamentos e, antes das eleições, os governos locais são conhecidos por conceder títulos de terra às famílias. O tráfico de terras, a ocupação e revenda ilegais de terras, exacerbou a situação, com terras frequentemente ocupadas sendo marginais ou em disputa (MacClune et al., 2017).

A construção em áreas de alto risco foi agravada pela aridez da costa do Pacífico do Peru. Com pouca precipitação na maior parte dos anos, a infraestrutura muitas vezes é construída em zonas de inundação e com materiais inadequados para lidar com chuvas significativas e escoamento superficial. Assim, a intensa precipitação durante os eventos El Niño é particularmente destrutiva (J. Sanabria et al., 2018).

Os eventos El Niño causam destruição não apenas de casas e infraestrutura, mas também destroem meios de subsistência. Falhas na infraestrutura impactam os principais setores econômicos do Peru, afetando a pesca, a agricultura e os serviços de educação e saúde, além de construção e transporte. As pescarias levam tempo para se recuperar das mudanças de temperatura do mar, e as inundações e deslizamentos de terra devastam terras produtivas. A agricultura, dependente do clima e sujeita a riscos, sofreu danos críticos de longo prazo nos eventos El Niño de 1982/1983 e 1997/1998. Representando 7% do PIB, mas empregando 23,3% da força de trabalho, a agricultura é vital para o Peru e varia da subsistência à produção industrializada (USAID, 2011).

Na figura 33, apresenta-se a distribuição dos elementos expostos na área de influência

do rio Piura durante o evento do Niño Costero 2017. A área destacada em rosa indica a zona de impacto potencial, enquanto a linha azul mostra o curso do rio Piura. Esta figura é fundamental para entender a extensão das inundações que afetaram tanto as áreas urbanas quanto as terras agrícolas circundantes.

A análise de exposição busca identificar e quantificar os elementos sociais, econômicos e ambientais dentro desta zona de risco. Os elementos expostos incluem infraestruturas críticas, áreas residenciais, unidades produtivas e outros componentes que podem ser afetados por inundações e deslizamentos, exacerbados pelo evento El Niño Costero. Este mapa é uma ferramenta essencial para a planificação e gestão de riscos, ajudando a identificar áreas vulneráveis e a desenvolver estratégias de mitigação eficazes.

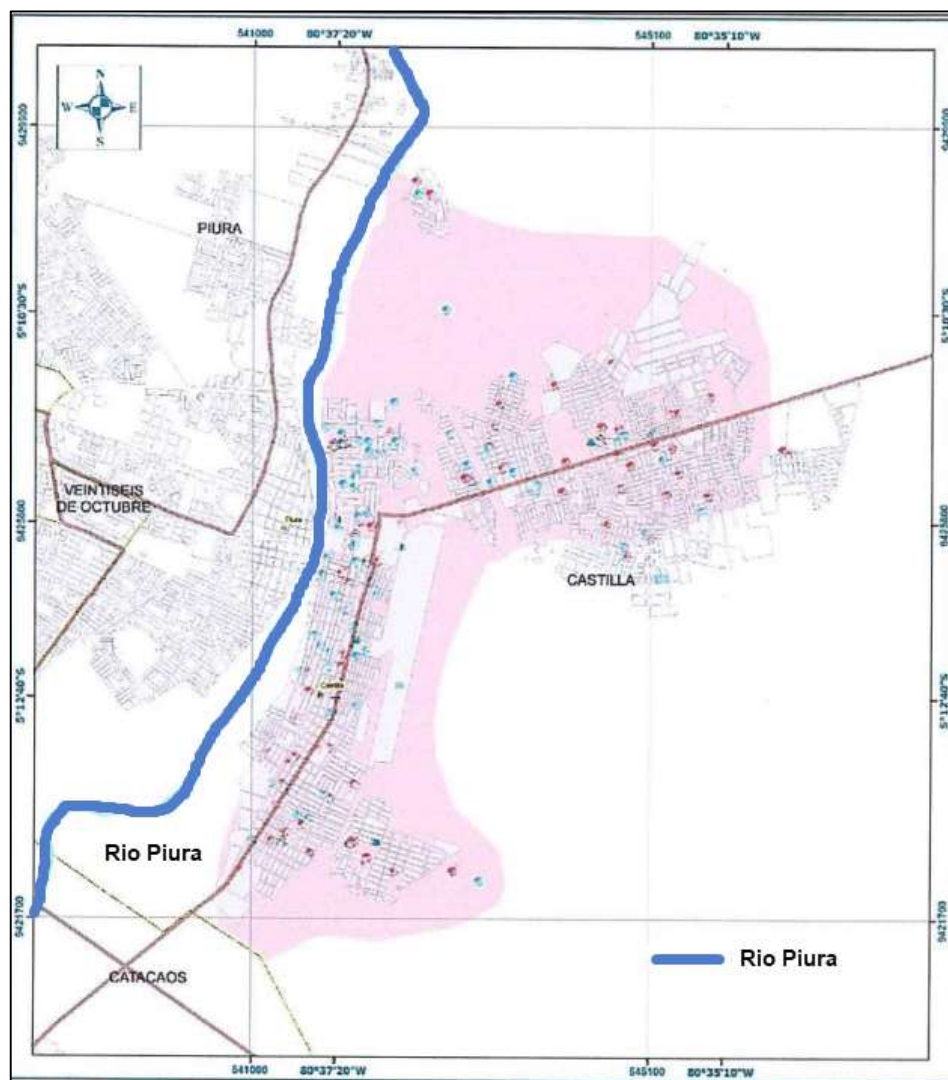
Durante o Niño Costero de 2017, as intensas chuvas provocaram severas inundações em Piura, afetando significativamente a infraestrutura e a economia local. A cidade de Piura, juntamente com o centro comercial Open Plaza e as principais áreas de urbanização, foram algumas das zonas mais afetadas. As áreas agrícolas também sofreram grandes perdas devido à inundação.

Este mapa ilustra os níveis de vulnerabilidade na área de Castilla, considerando os riscos associados às inundações. As diferentes cores no mapa representam os níveis de vulnerabilidade, classificados como muito alta, alta, média e baixa.

- **Muito alta (Vermelho):** Intervalo de $0.270 \leq V \leq 0.443$.
- **Alta (Laranja):** Intervalo de $0.153 \leq V < 0.270$.
- **Média (Amarelo):** Intervalo de $0.074 \leq V < 0.153$.
- **Baixa (Verde):** Intervalo de $0.034 \leq V < 0.074$.

A área mapeada mostra a distribuição espacial dos diferentes níveis de vulnerabilidade, ajudando na identificação das zonas mais críticas que necessitam de intervenções prioritárias. Este mapa serve como uma ferramenta fundamental para a gestão de riscos, permitindo aos planejadores e gestores tomarem decisões informadas para mitigar os impactos das inundações e aumentar a resiliência da comunidade.

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



A análise combinada das duas figuras 17 e 19 revela informações cruciais sobre a vulnerabilidade das áreas situadas no margem esquerdo do Rio Piura às inundações. A primeira imagem apresenta um mapa de altura relativa ao nível do rio em Piura, enquanto a segunda imagem mostra um perfil de terreno gerado pelo Google Earth, que inclui a Cordilheira dos Andes, a cidade de Piura, o Rio Piura e o Oceano Pacífico.

A configuração topográfica e geomorfológica da região desempenha um papel significativo na suscetibilidade das áreas às inundações. A figura 32 destaca que grandes extensões ao longo do margem esquerdo do Rio Piura estão em elevações baixas, muitas delas abaixo do nível do rio. Estas áreas são identificadas por tons de vermelho mais escuro, indicando altitudes inferiores, o que as torna particularmente propensas ao transbordamento do rio.

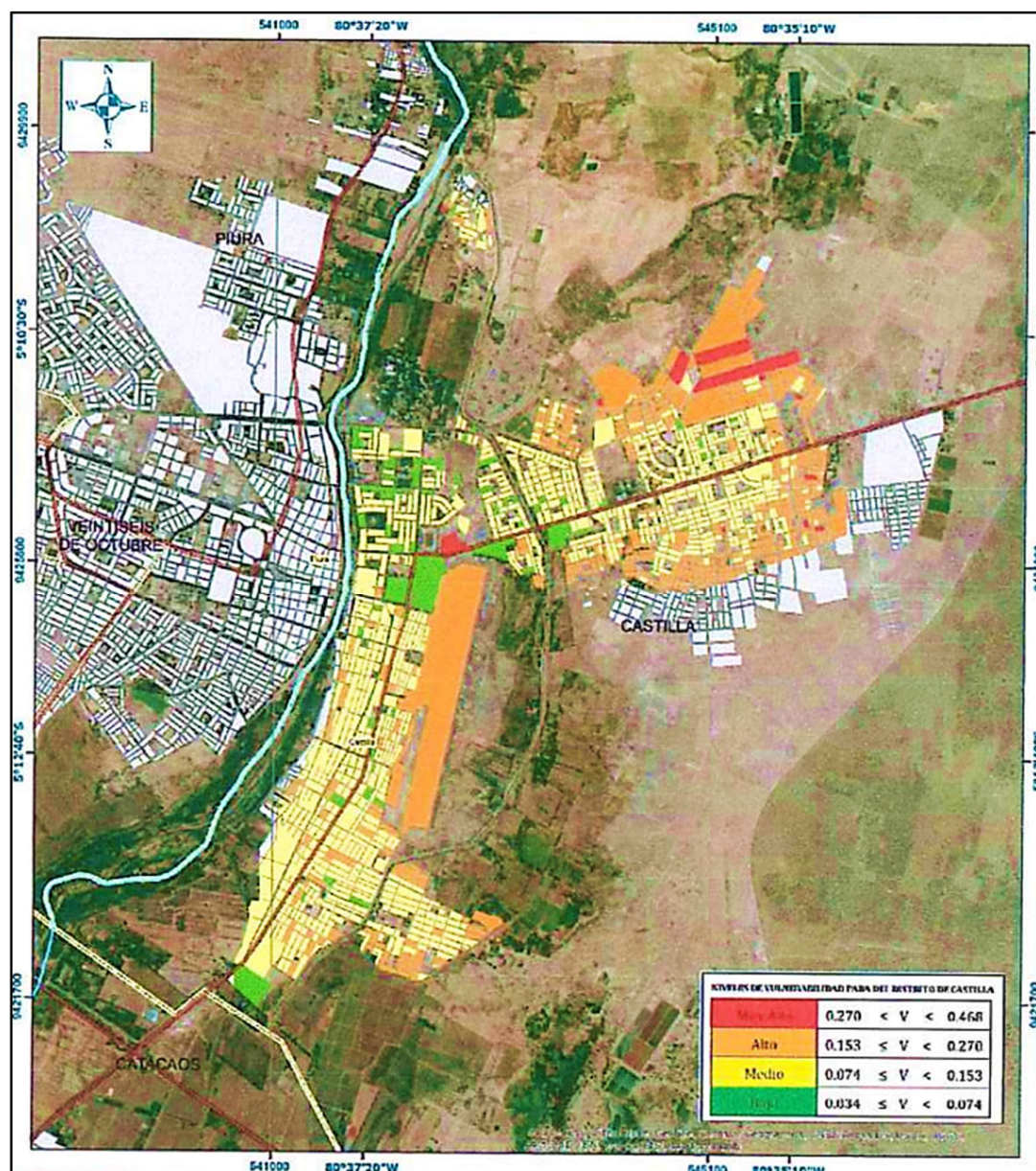
O perfil de terreno da figura 18 corrobora esta vulnerabilidade ao mostrar uma descida acentuada da Cordilheira dos Andes em direção ao Rio Piura. A cidade de Piura e suas áreas circundantes, situadas em terrenos planos e baixos, são facilmente inundadas quando o rio transborda. A análise do perfil de terreno confirma que uma percentagem significativa das áreas inundadas se deve diretamente à configuração topográfica e geomorfológica da região.

Conforme indicado pela Figura 34, aproximadamente 65% das áreas inundadas na margem esquerda do rio Piura podem ser atribuídas à baixa elevação relativa e à topografia plana. Esta configuração facilita o acúmulo de água durante eventos de chuva intensa, como os associados ao fenômeno El Niño, resultando em inundações severas.

A Figura mostra que grandes extensões ao longo da margem esquerda do rio Piura estão em elevações baixas, muitas delas abaixo do nível do rio. Estas áreas, identificadas por tons de vermelho mais escuro, indicam altitudes inferiores, o que as torna particularmente propensas ao transbordamento do rio

O evento El Niño Costero de 2017 destacou a vulnerabilidade dessas áreas devido às chuvas intensas que provocaram severas inundações em Piura. A configuração topográfica e geomorfológica da região desempenhou um papel significativo na suscetibilidade das áreas às inundações. A cidade de Piura e suas áreas circundantes, situadas em terrenos planos e baixos, foram facilmente inundadas quando o rio transbordou. A análise do perfil de terreno confirma que uma percentagem significativa das áreas inundadas se deve diretamente à configuração topográfica e geomorfológica da região.

Figura 35– Mapa de nível de vulnerabilidade na área de interesse



5.2 Mitigação

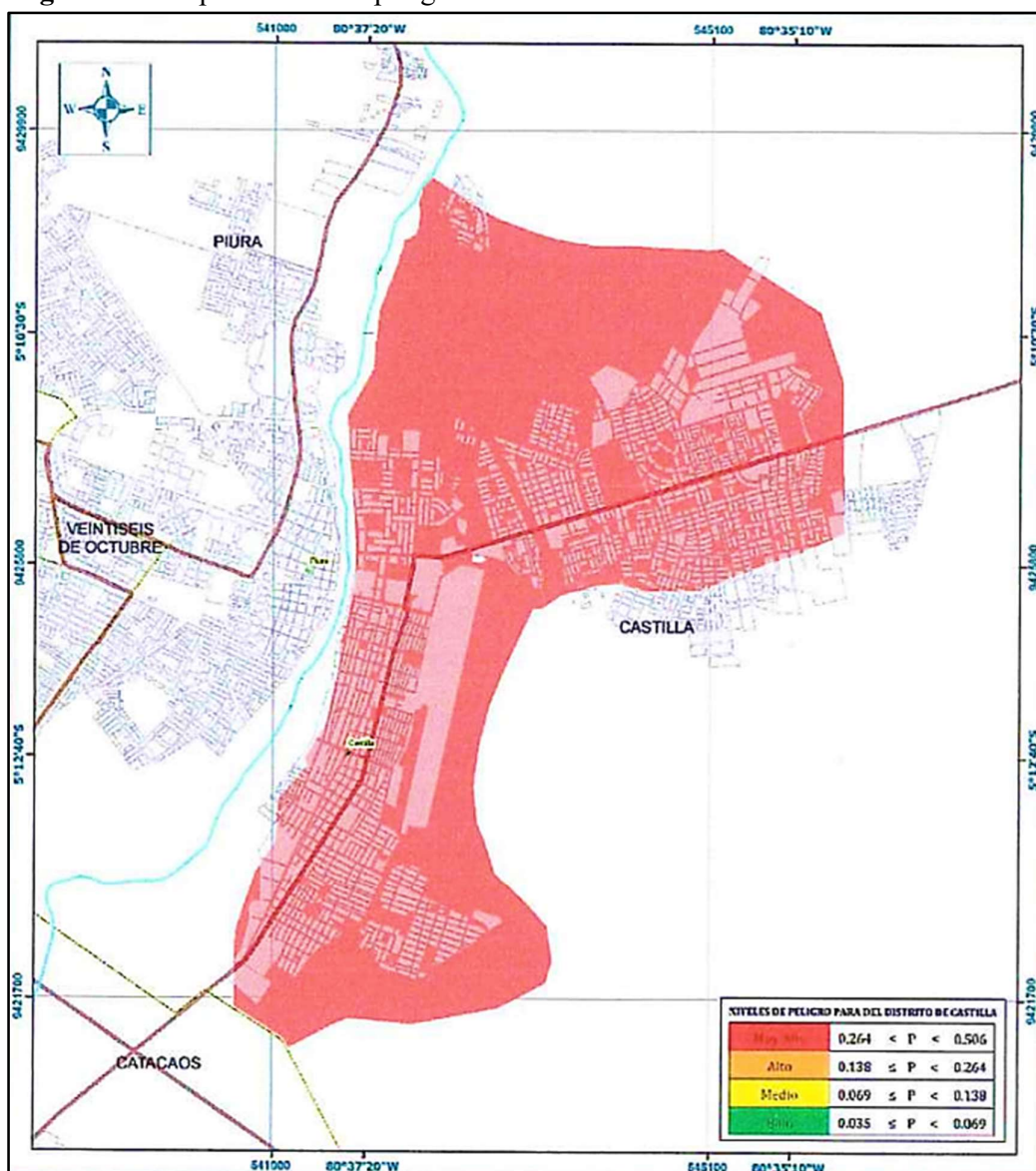
O sistema de gestão de riscos de desastres do Peru, embora aparentemente robusto com leis e políticas nacionais direcionadas à gestão de risco de desastres (GRD) e redução do risco de desastres (RRD), enfrenta desafios inerentes à sua relativa imaturidade institucional. As reformas substanciais recentes e o contínuo processo de reformulação são reflexos da complexidade e dinamismo do sistema.

Conforme indicado pela Figura 34, a resposta institucional ao evento El Niño Costero de 2017, documentada por Bambaren et al. (2017), destaca as normas legais implementadas

como resposta a este evento devastador. O estudo identifica as normas legais que abrangem desde a declaração de emergências até a gestão de recursos e coordenação de ações, evidenciando a reação do país diante desta emergência significativa.

A Figura 35 apresenta um mapa que ilustra os níveis de perigo na área de interesse, mostrando como a distribuição espacial dos diferentes níveis de risco de inundação foi avaliada. As cores no mapa representam níveis de perigo classificados como muito alto, alto, médio e baixo. Este tipo de análise é crucial para a gestão de riscos, pois permite identificar áreas que necessitam de intervenções prioritárias para mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Figura 36– Mapa de nível de perigo na área de interesse



Este contexto revela a necessidade de um sistema que não só aborde a prevenção e

exposta imediata, mas que também esteja equipado para a recuperação e reconstrução sustentável post-desastre. O mapa do cenário institucional mostrado na Figura 36 ilustra o cenário institucional do GRD no Peru. No entanto, deve-se notar que esta é uma versão simplificada do que é um sistema altamente complexo e dinâmico.

5.2.1 Sistema Nacional de Gestão de Risco de Desastres

Na Figura 36, apresenta-se um mapa de risco de inundação do distrito de Castilla, destacando as áreas com diferentes níveis de suscetibilidade a inundações. Utilizando um esquema de cores, o mapa categoriza as zonas em quatro níveis de risco: alto, médio, baixo e muito baixo.

As zonas de alto risco (cor vermelha) são as mais suscetíveis a inundações e se encontram principalmente nas proximidades do rio Piura, onde a urbanização e a topografia contribuem para uma maior vulnerabilidade. Durante o evento do Niño Costero de 2017, essas áreas foram severamente afetadas devido à elevação baixa e à falta de infraestrutura adequada para manejo das águas pluviais. A urbanização intensa e a topografia plana facilitaram o acúmulo de água, resultando em inundações devastadoras.

As zonas de risco médio (cor laranja) são áreas com risco moderado de inundação, situadas em terraços fluviais e zonas adjacentes às áreas de alto risco. Essas zonas são suscetíveis a inundações ocasionais durante eventos de precipitação intensa, mas a topografia ligeiramente mais elevada fornece alguma proteção contra inundações frequentes.

As zonas de baixo risco (cor amarela) apresentam menor risco de inundação devido à sua elevação e distância do leito principal do rio. No entanto, podem experimentar inundações durante eventos extremos, especialmente se o sistema de drenagem estiver sobrecarregado.

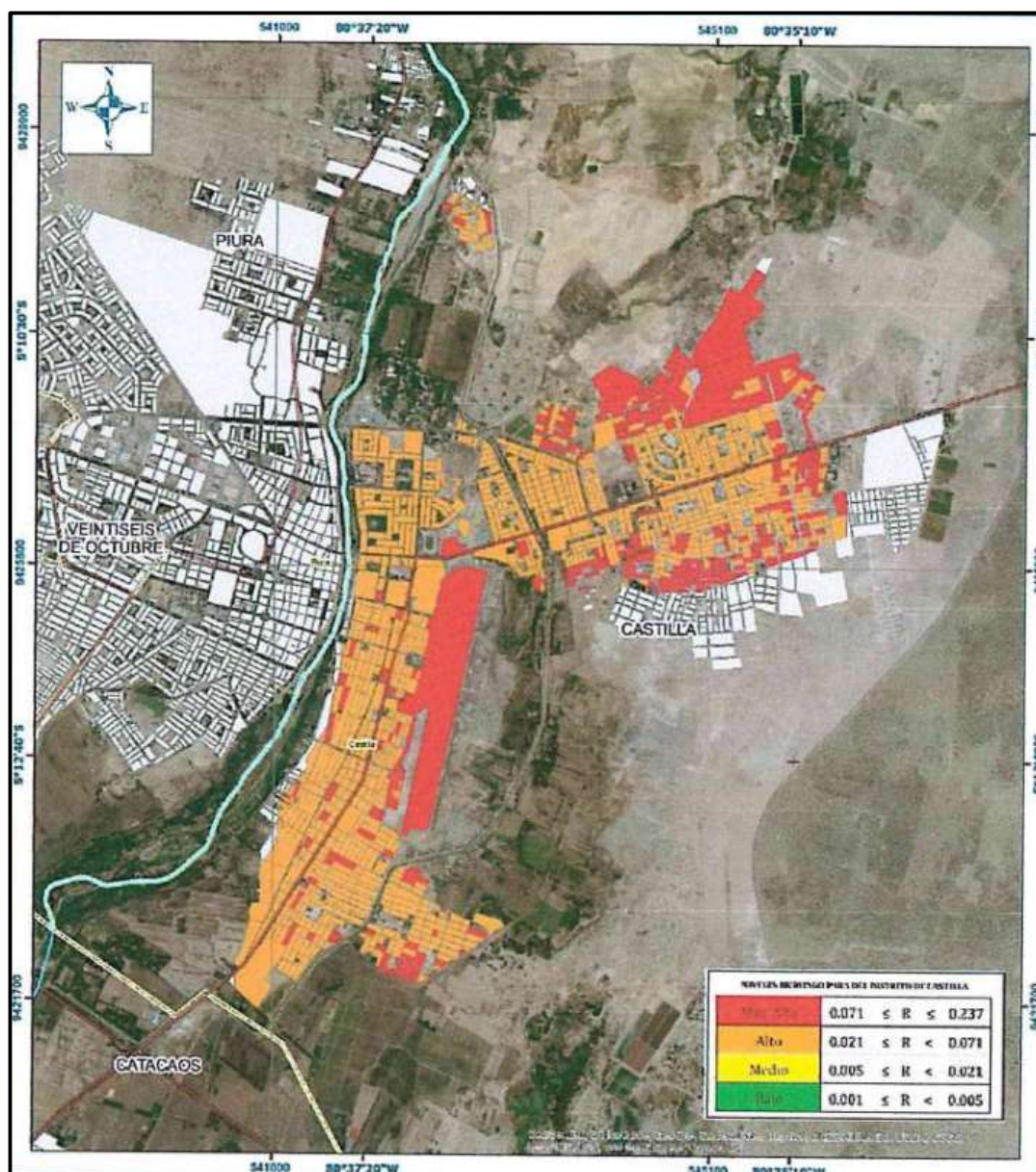
As zonas de muito baixo risco (cor verde) são as menos suscetíveis a inundações e se localizam nas partes mais elevadas do distrito, afastadas do leito do rio e das planícies inundáveis. Durante o Niño Costero de 2017, estas áreas experimentaram impactos mínimos em comparação com as zonas de alto risco.

O mapa também mostra a configuração urbana de Castilla e seus arredores, incluindo as localidades de Piura, Veintiséis de Octubre e Catacaos. A informação geoespacial utilizada neste mapa é crucial para o planejamento urbano e a gestão do risco de desastres, pois permite

identificar as áreas mais vulneráveis e tomar medidas preventivas para mitigar os impactos de futuras inundações. Este tipo de análise é essencial para desenvolver estratégias de mitigação eficazes e melhorar a resiliência da comunidade diante de eventos climáticos extremos.

No nível regional, o governo supervisiona e implementa programas regionais, atuando como intermediário entre os governos nacionais e locais e provendo suporte técnico aos governos locais para que estes atendam às políticas nacionais e aos requisitos de Redução do Risco de Desastres (RRD) e preparação. Os Centros Regionais de Operações de Emergência (COERs) realizam o monitoramento de curto prazo, analisam e disseminam informações sobre o tempo, clima e perigos naturais, utilizando dados do Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia (SENAMHI) e do Estudo Nacional do Fenômeno El Niño (ENFEN). Os governos locais, primeira linha de resposta em casos de desastre, devem operar Centros de Operações de Emergência Locais (COELs) ativos para a supervisão e resposta direta, embora muitos ainda estejam inativos. Eles também são encorajados a buscar iniciativas de RRD e preparação em suas jurisdições, podendo para isso solicitar fundos do orçamento nacional do programa "Redução da Vulnerabilidade e Atenção às Emergências por Desastres" (PREVAED), conhecido como "partida orçamental" (PP-0068), para financiar ações de GRD.

Figura 37– Mapa de nível de perigo na área de interesse



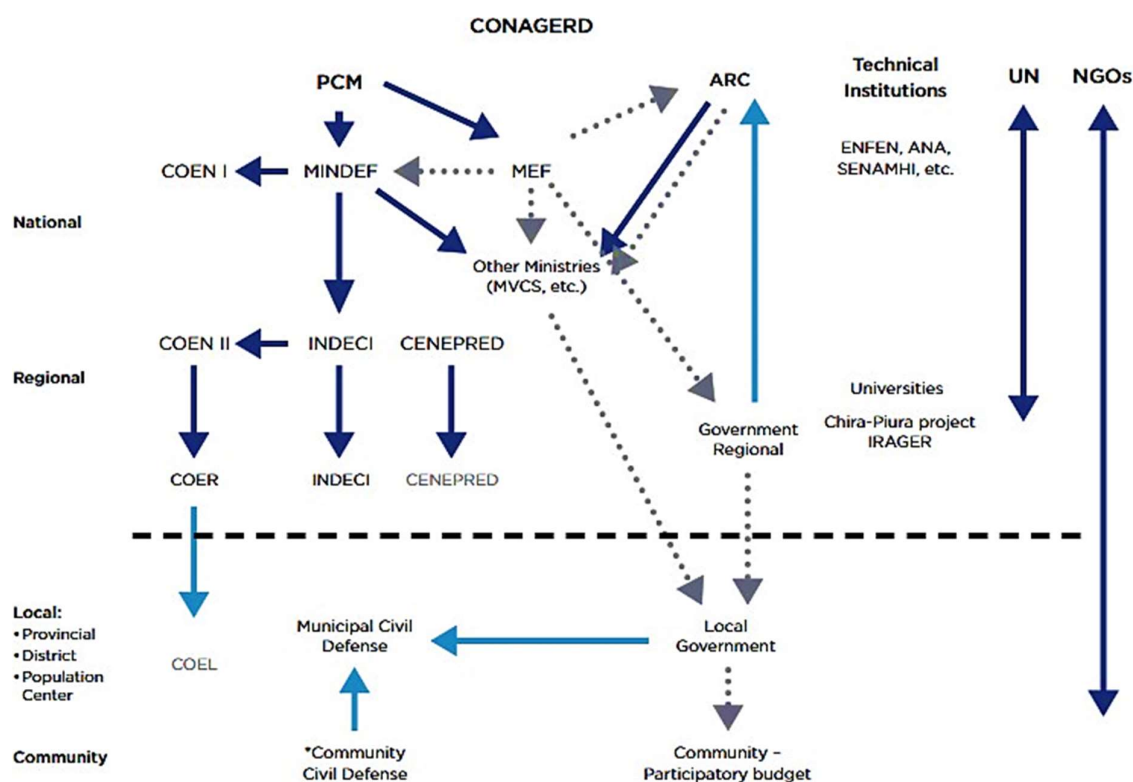
Desde sua criação em 2011, o orçamento do PP-0068 aumentou significativamente, mas muitos governos locais não se beneficiaram desses recursos, nem das capacidades nacionais e regionais disponíveis. Os governos nacionais e regionais frequentemente criticam os governos locais por sua falta de capacidade e vontade de agir; inversamente, os governos locais argumentam que não recebem o apoio necessário dos governos regionais e nacionais, nem são devidamente envolvidos em processos decisórios mais abrangentes. Adicionalmente, a corrupção em todos os níveis dos governos, incluindo os locais, regionais e nacionais, agrava essa dinâmica complexa, comprometendo a alocação e utilização eficiente dos recursos destinados à Redução de Riscos de Desastres (RRD) e preparação. A corrupção pode desviar fundos essenciais, limitar a transparência e impedir a implementação efetiva de políticas

públicas. Na prática, os desafios enfrentados localmente são o resultado de uma combinação desses fatores, incluindo a corrupção, limitando os esforços de RRD e preparação em nível local. Este cenário ressalta a necessidade urgente de fortalecer os mecanismos de fiscalização e governança em todos os níveis governamentais para assegurar que os recursos destinados ao PP-0068 sejam utilizados de maneira eficaz e transparente, visando o bem-estar da população e a resiliência das comunidades.

Incentivos fracos: os governos locais devem usar algumas de suas alocações anuais para exercícios, armazenamento, conscientização e medidas de redução de risco relacionadas a GRD (por exemplo, melhorar a drenagem). No entanto, eles em grande parte não fazem isso, pois veem seu papel como resposta durante emergências, e ainda não abraçaram o valor da RRD e da preparação. Além disso, os governos locais tendem a priorizar seus investimentos com base no que lhes dará votos. Embora o GRD em nível local seja exigido pelo SINAGERD, em última análise, há poucos incentivos para que os governos locais se candidatem a financiamento de GRD e poucas sanções por inação.

Orçamentos limitados: espera-se que os governos locais desenvolvam suas próprias propostas técnicas para garantir o financiamento dos projetos, mas muitos não podem arcar com o custo do desenvolvimento da proposta. Isso é exacerbado por discrepâncias no tempo de alocação de financiamento anual para RRD. Atrasos nas alocações de financiamento e prazos rígidos em relação a quando os fundos devem ser gastos incentivam projetos especiais (geralmente com resultados tangíveis de curto prazo) a longo prazo planejamento integrado e capacitação.

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.



Fonte: French e Mechler, 2017.

Transferência frequente de funcionários: a rotatividade dos funcionários do governo local é alta após cada eleição local porque os funcionários eleitos trazem seus próprios funcionários. Frequentemente, a equipe com conhecimento técnico não é mantida e os novos contratados não precisam ter experiência técnica. Essa rotatividade torna difícil continuar o GRD no longo prazo e, de forma mais ampla, manter a memória institucional.

Baixa capacidade técnica: o Peru possui expertise técnica, mas seus serviços (e produtos de conhecimento) são subutilizados. As universidades têm conhecimentos técnicos, mas não têm assento à mesa com o governo local. As relações fracas entre os níveis locais e superiores de governo limitam o alcance do governo local e a colaboração com a experiência do governo regional. Essas relações fracas decorrem do ressentimento local por serem excluídos dos níveis mais altos de tomada de decisão e da percepção de que os governos regionais estão conduzindo projetos especiais em nível local que são realmente de jurisdição do governo local.

Competição entre prefeitos e governadores: Há uma coordenação muito baixa entre os governos locais e regionais. Em parte, isso se deve a diferenças de estilo pessoal entre autoridades eleitas e partidos que levam ao conflito. Em parte, isso se deve à competição

partidária e de movimento político, que é exacerbada pela baixa capacidade do que são movimentos e partidos políticos de curta duração e resulta em governantes eleitos sem capacidade de governar. Essas questões resultaram na baixa implementação de políticas nacionais de GRD localmente. Por exemplo, o SINAGERD exige que todas as entidades governamentais em todos os setores e escalas tenham 6 planos relacionados a desastres: Prevenção e Redução do Risco de Desastres, Preparação, Operações de Emergência, Educação Comunitária, Reabilitação e Contingência. O governo nacional tentou incentivar os governos locais com a promessa de dinheiro adicional se os planos fossem desenvolvidos, mas isso teve sucesso limitado. A maioria das entidades governamentais subnacionais não desenvolveu esses planos.

5.2.2 RRD e preparação na antecipação do El Niño 2015/2016

As previsões de um grande El Niño global começaram em meados de 2015 e, no final de agosto daquele ano, a ENFEN alertou que o El Niño poderia ser tão forte quanto os eventos El Niño de 1982/1983 e 1997/1998 no Peru. Com este aviso, o governo nacional divulgou o “Decreto de Urgência” (DU N° 004-2015) no início de setembro para criar o Conselho Nacional de Gestão do Risco de El Niño (CONAGER-FEN) e catalisar a redistribuição do orçamento anual nacional para apoiar Esforços de RRD e preparação. O governo nacional alocou fundos e a CONAGER-FEN desenvolveu planos setoriais e geográficos para a RRD. Essa RRD proativa não é nova no Peru; alocações semelhantes foram feitas antes do evento El Niño de 1997/1998. No entanto, as chuvas El Niño de 2015/2016 foram muito menores do que o previsto, e o ímpeto em torno da RRD e a preparação diminuíram. No final das contas, apenas dois terços dos 3,2 bilhões de PEN alocados pelo governo nacional foram gastos. Desse total, apenas 25% dos recursos foram alocados ao governo regional e local; muito do trabalho de RRD foi liderado pelo governo nacional.

A maioria do trabalho de preparação pré-El Niño consistia na mitigação de riscos em bacias hidrográficas importantes, liderada pelo Ministério da Agricultura e governos regionais em áreas rurais e periurbanas e pelo Ministério da Habitação em áreas urbanas. As atividades incluíram limpar leitos de rios, canais de irrigação e drenos de detritos e melhorar o fluxo de água. Também foram tomadas medidas para preparar a infraestrutura nos setores de saúde, educação, água e habitação, melhorar a infraestrutura de proteção existente e fornecer suprimentos de emergência.

A má manutenção da infraestrutura é um problema consistente em todos os setores no

Peru. A manutenção relacionada a enchentes, como melhorar o fluxo de água em rios e córregos e limpar drenos, tende a ser realizada apenas nos meses anteriores a um evento El Niño. Melhorias e expansão da infraestrutura, especialmente infraestrutura de proteção, como diques e drenos, tendem a ser feitas apenas um ou dois anos após os grandes eventos de enchentes. O sistema de drenagem inicial em Piura, por exemplo, foi construído após o El Niño de 1982/1983, parcialmente limpo e ampliado após o El Niño de 1997/1998, e parcialmente limpo novamente antes do El Niño de 2015/2016, com pouca atenção entre estes eventos. A cidade, no entanto, tem crescido rapidamente o tempo todo, frequentemente preenchendo drenagem natural para isso. Um trabalho substancial também foi realizado para melhorar a preparação das entidades de resposta a desastres. O CENEPRED trabalhou na atualização das avaliações de risco e forneceu essas informações aos governos regionais. A INDECI pré-posicionou suprimentos de emergência em seus centros de armazenamento regionais e distribuiu suprimentos aos governos locais. A maioria desses projetos foi focada em infraestrutura. Embora não haja um sistema ou diretrizes nacionais coerentes de aviso prévio, o governo nacional fez investimentos para melhorar os sistemas de aviso prévio (Figura 38). A maior parte desse investimento foi para Piura.

Figura 39 – Sistema de aviso prévio dos municípios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3 O papel dos atores não governamentais

As ONGs, em particular, desempenharam papéis críticos nos pontos fracos da RRD liderada pelo governo e na preparação em antecipação ao El Niño de 2015/2016. Quando o financiamento permite, muitas ONGs comprometem-se com projetos de longo prazo e capacitação nas comunidades. As atividades mais bem-sucedidas foram aquelas realizadas em colaboração ou com o apoio do governo e/ou da sociedade civil. Essas atividades proporcionaram benefícios substanciais às comunidades durante e após as enchentes de 2017. No entanto, a capacidade das ONGs de buscar uma RRD abrangente e integrada é cada vez mais limitada pela mudança no cenário de financiamento. É difícil obter financiamento de longo prazo (em parte devido à diminuição do interesse dos doadores na América Latina e ao foco/escopo inadequado del Programa de Preparación ante Desastres de la Comisión Europea - DIPECHO), levando as ONGs a buscar financiamento projeto a projeto. Cada vez mais, as

ONGs chegam às comunidades, conduzem projetos, escrevem relatórios e partem. Isso dificulta a implementação de programas de longo prazo que reduzam fundamentalmente o risco no nível da comunidade. As ações de RRD e de preparação não se limitaram a ONGs e ao governo. Por exemplo, a Universidade de Piura treinou funcionários em primeiros socorros e gestão de enchentes e incêndios. Eles também capacitaram alunos para ajudar os governos locais a solicitar recursos do governo nacional. Agronegócios construíram e/ou melhoraram seus muros para proteger suas lavouras de um evento El Niño. Infelizmente, embora essas paredes tenham ajudado a evitar que o fluxo superficial danificasse as plantações e a infraestrutura de irrigação durante o evento de 2017, em alguns lugares esses esforços redirecionaram os impactos das enchentes, desviando a água para áreas urbanas.

5.2.4 Evento o Niño Costeiro 2017

As inundações no Peru foi uma surpresa; a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA) e as agências meteorológicas regionais e peruanas não haviam previsto o evento. As temperaturas da superfície do mar costeiro começaram a aumentar no final de dezembro de 2016. Com o aumento da umidade junto com as temperaturas da superfície do mar, as chuvas começaram em janeiro de 2017 ao longo da costa central, em Ica e Lima. Somente quando as temperaturas da superfície do mar continuaram a aumentar ao longo de janeiro, atingindo um pico de 6,6 °C acima do normal em 31 de janeiro, o governo reconheceu que estava enfrentando condições de chuvas semelhantes às do El Niño. Com a primeira inundação em janeiro, ativou-se o Centro Nacional de Operações de Emergência (COEN), aumentando a participação e a atividade à medida que a inundação se expandia. Em 23 de fevereiro, um decreto supremo foi emitido declarando estado de emergência em Tumbes, Piura e Lambayeque, no norte do Peru.

A nível nacional, realizaram-se briefings diários nos quais todas as instituições relacionadas com a Gestão do Risco de Desastres (GRD) apresentavam informações sobre a situação, incluindo análises de risco, modelos climáticos, dados meteorológicos, níveis de rios e lagoas, temperaturas da superfície do mar e tipos de peixes observados (para monitorar mudanças nas temperaturas do mar e nos mercados pesqueiros). Os avisos foram enviados aos ministérios, ao primeiro-ministro e aos governos regionais. Os alertas aprovados foram emitidos para divulgação, idealmente pelo menos 3 horas antes das inundações; no entanto, alguns alertas não foram divulgados até que fosse tarde demais para serem úteis. Em Piura, os residentes experimentaram inundações periódicas devido a chuvas intensas em fevereiro e março, e a pior inundação ocorreu entre 26 e 27 de março, quando chuvas intensas combinaram-

se com já elevados fluxos do rio. O rio Piura transbordou acima dos diques na cidade e fluía através de lacunas nas barreiras de concreto, exacerbando as inundações na Plaza Principal.

Os sistemas de esgoto da cidade, construídos após o El Niño de 1982/1983 e atualizados após o El Niño de 1997/1998, falharam devido à manutenção inadequada e ao grande volume de água. Ao sul da cidade, diques romperam e causaram grandes inundações em Catacaos e Curamori, onde as águas rápidas e profundas mataram quatro pessoas. Em 29 de março, o governo declarou emergência de nível 5 na região de Piura - o nível mais alto na escala nacional de emergências - o que permitiu receber ajuda nacional e internacional e apoio de resposta. Esta declaração, originalmente por 60 dias, foi estendida por mais 45 dias e, posteriormente, por mais 60 dias. A cidade inteira, um importante centro econômico, sofreu danos em habitações e um elevado deslocamento da população. As Forças Armadas mobilizaram 3.600 soldados e assistiram mais de 5.000 pessoas nas primeiras 48 horas. Cerca de 10.000 pessoas afetadas no distrito de Catacaos foram realocadas para abrigos em Piura. Foram instalados trinta e um abrigos e 1.041 tendas para 11.652 pessoas (UNDAC, 2017).

A extensão dos danos deveu-se, em parte, à má preparação e comunicação. O COEN é responsável por gerar notificações e alertas oficiais de perigo, com base nas informações recebidas de ministérios e agências a nível nacional. Existem poucos mecanismos formais para incorporar informações geradas localmente ou regionalmente até o nível nacional. Idealmente, os Centros Regionais de Operações de Emergência (COERs) recebem notificações oficiais.

5.2.5 Desafios e Respostas às Inundações na Costa do Peru durante o evento El Niño 2017

Com o agravamento das inundações ao longo da costa do Peru, prefeitos e governadores se viram sobrecarregados e incapazes de responder à emergência que se desenvolvia. Os grupos de defesa civil municipal não tinham planos de emergência e os governos locais ainda não haviam recebido verbas anuais do governo nacional (o ano fiscal começa em janeiro, mas muitas vezes há atrasos no desembolso de fundos), o que limitava sua capacidade de ação. Consequentemente, os pedidos ao INDECI dos governos locais e regionais por recursos de emergência começaram quase imediatamente. Inicialmente, houve resistência do INDECI, pois os governos regionais e locais têm seus próprios recursos de resposta a desastres - os governos locais e regionais recebem fundos do PP 0068 para exercícios e resposta a desastres, e havia percepções nacionais de que esses fundos não foram bem usados e que suprimentos de emergência locais foram usados indevidamente para fins eleitorais. As solicitações dos governos subnacionais por recursos e apoio se intensificaram e resultaram na

declaração do evento como uma emergência nacional. O presidente também instruiu os municípios e outras entidades governamentais a realocar o que não haviam gasto de seus orçamentos de 2016 para a emergência. A mídia iniciou campanhas de solidariedade e ofertas de ajuda internacional começaram a chegar, embora o governo nacional inicialmente as recusasse.

A declaração nacional de emergência também autorizou o Ministério da Defesa do Peru (MINDEF) a coordenar a resposta. O momento para isso foi desafiador; o sistema nacional de GRD estava passando por uma reforma significativa quando as inundações aconteceram. O MINDEF, recém-nomeado para dirigir o DRM nacionalmente, era inexperiente na coordenação de todo o escopo da resposta a desastres. Paralelamente, a liderança do INDECI e do CENEPRED foi nomeada em 2017 e a nova liderança trouxe gente própria. Como resultado, houve uma ausência de liderança clara e clareza sobre as funções e responsabilidades. O MINDEF respondeu nomeando os militares para liderar a coordenação e comunicação do esforço de resposta. No passado, os militares peruanos ajudaram apenas a manter a ordem em emergências; esta foi a primeira vez que apoiaram a resposta de emergência. O general Jorge Chávez converteu a sala de guerra militar em um COEN e rapidamente mobilizou recursos militares para responder. Essa ação rápida, decisiva e bem-sucedida rendeu ao General muito apreço e elogios. A escala do desastre justificou o MINDEF e o apoio militar devido à sua capacidade de fornecer apoio logístico, mobilizar recursos rapidamente e conduzir a reconstrução de emergência (por exemplo, reconstrução de pontes).

Inicialmente, a ajuda foi principalmente para Piura. O escritório regional da INDECI em Piura tinha suprimentos pré-posicionados perto de seu escritório na cidade, e Piura também era facilmente acessível. Outras áreas como Lambayeque, Rio La Leche e Trujillo eram de difícil acesso devido aos danos às pontes ao longo da rodovia Panamericana. Partes de La Libertad só podiam ser alcançadas por via aérea. Os danos causados pelas inundações também dificultaram o acesso às comunidades localizadas ao longo dos rios e na parte superior da bacia. A INDECI transportava suprimentos de avião e barco para comunidades inacessíveis quando possível.

As inundações afetaram fortemente as residências em áreas baixas nas cidades de Piura, Catacaos e Curamori. O governo regional, governos locais e ministérios evacuaram e realocaram mais de 11.000 pessoas para áreas mais altas nas primeiras 48 horas. COER e INDECI montaram abrigos temporários em escolas públicas. As famílias receberam tendas, bem como panelas, redes mosquiteiras e baldes. O governo não forneceu outro tipo de ajuda emergencial que as famílias afetadas pelas inundações precisavam, incluindo alimentos, água,

latrinas, serviços de saúde e abrigos mais permanentes. Os protocolos mínimos não foram totalmente adotados no Peru. A saúde, em particular, tem sido um problema com surtos de doenças transmitidas por água e mosquitos (por exemplo, dengue, zika, chikungunya e malária). O Ministério da Saúde não chegou até 48 horas após a enchente de 26 de março em Piura e não comunicou adequadamente os riscos à saúde e prevenção (por exemplo, mosquiteiros, repelentes de insetos, roupas de mangas compridas). A transmissão da doença só começou a cair em julho, quando as inundações diminuíram o nível de água.

Para ter acesso a ajuda de emergência e alívio financeiro, os governos locais são obrigados a preencher e enviar uma Avaliação de Danos e Análise de Necessidades (EDAN). A EDAN registra os pedidos de auxílio no Sistema Nacional de Informações de Resposta e Reabilitação (SINPAD). O processo é demorado e detalhado, com EDANs separados arquivados para cada comunidade, requerendo informações em uma base domiciliar. Além disso, os governos locais não tinham certeza de quando começar a preencher os EDANs, especialmente em áreas que enfrentavam enchentes recorrentes. Os EDANs são submetidos ao COER e ao INDECI para aprovação e financiamento, um processo que deveria levar 24 horas, mas na realidade pode levar até uma semana. E, uma vez recebidos, os fundos EDAN são rígidos e não podem ser realocados de uma família ou comunidade para outra, mesmo que as condições de desastre tenham evoluído e/ou piorado. Além disso, os recursos do EDAN não podem ser derivados devido aos trâmites burocráticos envolvidos, complicando ainda mais a situação. Como resultado, embora os fundos tenham sido solicitados, sua utilidade e oportunidade eram altamente limitadas, dificultando ainda mais a capacidade de resposta rápida às necessidades emergenciais das comunidades afetadas.

5.2.6 O papel das ONGs

Na ausência de alimentos e água distribuídos pelo governo, as vítimas das enchentes contaram com o apoio de ONGs e doações locais de residentes, restaurantes, grupos religiosos, empresas e universidades. Os residentes também abriram suas casas para familiares; estima-se que 20.000 famílias ainda estivessem com parentes e amigos três meses após as enchentes. A assistência das ONGs focou principalmente nas comunidades que o governo não conseguiu ou não quis atingir. ONGs com experiência de trabalho em comunidades específicas foram particularmente eficazes no suporte a comunidades impactadas pelas enchentes. A Practical Action Peru, por exemplo, trabalhou em Cuatro de Mayo, um assentamento informal muito pobre em Piura, em RRD e preparação. Durante as enchentes, Cuatro de Mayo foi inundada com 1,5 metros de água e casas foram destruídas. Meses depois, quando os moradores voltaram

com suas barracas de abrigo, a Practical Action forneceu-lhes tanques de água e latrinas escavadas, e agora estão explorando outras opções de recuperação para a comunidade.

O suporte de ONGs menos consolidadas, contudo, apresentou desafios, especialmente em compreender as necessidades e coordenar com outros atores da comunidade. Em alguns casos, devido a essa falta de comunicação e coordenação, as ONGs só perceberam após receber financiamento que sua ajuda seria redundante. Uma dessas situações envolveu uma ONG que chegou a uma comunidade para trabalhar com saneamento e água, apenas para descobrir que outro grupo já havia realizado grande parte do trabalho planejado, e, como seu financiamento era específico para água e saneamento, não poderia ser redirecionado para outras necessidades da comunidade.

5.3 Capacidade de proteção

Após o evento El Niño Costero de 2017, o acesso a serviços essenciais como eletricidade, água e transporte tornou-se crucial para a manutenção do sustento e da atividade econômica das pessoas afetadas. Projetos de infraestrutura surgiram como oportunidades para geração de renda, especialmente para aqueles que perderam casas e meios de subsistência. ONGs implementaram programas de 'dinheiro por trabalho' e 'comida por trabalho', embora não tenha havido esforços semelhantes por parte do governo, evidenciando que a recuperação social foi em grande parte negligenciada.

As inundações impactaram severamente assentamentos em terras marginais propensas a inundações. O reassentamento dessas comunidades, muitas das quais informais, foi visto como uma solução possível em áreas de alto risco não mitigável. A Lei de Reassentamento Nº 29869, Artigo 4, estabelece que o reassentamento deve ocorrer quando a implementação de medidas de mitigação for mais dispendiosa e complexa do que a realocação. Entretanto, o reassentamento é um tema complexo e não há consenso sobre a melhor abordagem.

A política de recuperação e reconstrução focada na infraestrutura diminuiu a capacidade de proteção, deixando a recuperação social de lado. Muitas famílias perderam casas e/ou meios de subsistência, além de serem afetadas em setores como saúde e educação. A oportunidade de empregar locais afetados pelas inundações em projetos de infraestrutura não foi plenamente aproveitada, estagnando a recuperação de famílias e comunidades. Em assentamentos informais como Cuatro de Mayo, as famílias dependem de suas redes sociais

para sobrevivência diária.

Desastres de grande escala frequentemente sobrecarregam a resposta do governo e interrompem o transporte, forçando comunidades e famílias a organizar suas próprias respostas. Em Polvorines, por exemplo, o grupo comunitário de defesa civil foi crucial para a identificação e resposta aos riscos locais. Esse modelo de envolvimento comunitário poderia ser promovido e financiado pelos governos nacionais e regionais, com apoio de ONGs.

A reconstrução post-desastre oferece uma chance de apoiar a recuperação social, com políticas que exigem contratação local e utilização de empresas de construção locais, gerando emprego necessário. Além disso, setores como agricultura e pesca, embora impactados, oferecem oportunidades após o El Niño, destacando a importância de construir parcerias público-privadas antes dos eventos para aproveitar essas oportunidades e auxiliar na recuperação econômica.

5.4 Normas legais frente ao evento El Niño Costero 2017

O evento El Niño Costero de 2017 apresentou desafios significativos para o Peru, exigindo uma resposta legal e institucional robusta. Em resposta, o governo implementou várias normas legais visando mitigar os impactos do desastre. Uma das principais medidas foi a declaração de estado de emergência em várias regiões afetadas, permitindo a alocação rápida de recursos e a coordenação de esforços de resposta e recuperação.

A legislação focou na prevenção e preparação para futuros eventos, evidenciando a necessidade de uma abordagem proativa na gestão de riscos de desastres. Isso incluiu o fortalecimento das estruturas de gestão de riscos a níveis nacional, regional e local, e a promoção de uma maior colaboração entre o governo, as ONGs e as comunidades locais. A legislação também enfatizou a importância de melhorar a infraestrutura existente, como sistemas de drenagem e diques, e a implementação de novas tecnologias para monitoramento climático e alertas precoces.

O estudo de Bambaren et al. (2017) concentra-se em identificar as normas legais estabelecidas e implementadas em resposta ao fenômeno El Niño Costero no Peru em 2017. O documento analisa as normas legais aprovadas e publicadas entre dezembro de 2016 e dezembro de 2017, destacando as medidas de emergência, reabilitação e reconstrução adotadas em níveis nacional, regional e local.

Entre as principais conclusões, identificaram-se 46 normas legais, das quais 41% estavam voltadas para a declaração de emergências e alertas, 22% para a gestão de recursos econômicos e 13% para ações de coordenação. Uma percentagem significativa dessas normas (62%) foi estabelecida a nível regional, enquanto 22% a nível nacional. O estudo ressalta a necessidade de um sistema integrado que não apenas aborde a prevenção e a resposta imediata, mas também esteja preparado para a recuperação e reconstrução sustentável após o desastre.

Além disso, foram estabelecidas diretrizes para a recuperação econômica e social das áreas afetadas. Isso incluiu programas para apoiar a reconstrução de habitações, a recuperação de meios de subsistência e o fornecimento de serviços essenciais como saúde e educação. O governo reconheceu a necessidade de abordar as desigualdades sociais que foram exacerbadas pelo desastre, focando em assistência a populações vulneráveis.

Finalmente, a experiência do El Niño Costero de 2017 ressaltou a necessidade de uma legislação mais abrangente e adaptável às mudanças climáticas. Isso implicou a revisão das políticas existentes e a introdução de novas leis que considerem os desafios emergentes associados aos eventos climáticos extremos. A legislação buscou, portanto, não apenas responder ao desastre imediato, mas também preparar o país para futuros desafios ambientais.

6 DISCUSSÕES

Impacto do Evento El Niño Costero 2017 no Peru: Uma Análise Multidimensional

O evento El Niño Costero de 2017 no Peru representou um desafio sem precedentes, revelando a complexidade e as múltiplas facetas dos desastres naturais. Este fenômeno destacou a interconexão entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos dos desastres. Embora o Peru tenha enfrentado eventos El Niño no passado, o de 2017 foi excepcional em sua rapidez e severidade, testando a capacidade do país para responder a emergências em grande escala.

O estudo de French et al. (2020) traz uma perspectiva crucial sobre a ecologia política dos desastres relacionados com El Niño no Peru. Ele identifica problemas profundos de exposição e vulnerabilidade, amplificados por instituições políticas ineficazes, que contribuem significativamente para o risco de desastres. Destaca-se como a centralização política, divisões setoriais e corrupção dificultam o desenvolvimento de capacidades robustas de gestão de riscos de desastres. Esta análise reforça a necessidade de abordar não apenas os riscos físicos e

técnicos, mas também os aspectos sociais, políticos e econômicos na gestão de desastres, propondo uma estratégia integrada e multidisciplinar.

Impacto das Mudanças Climáticas nos Padrões de Migração no Peru

O estudo de Bergmann et al. (2021) revela uma relação significativa entre as mudanças climáticas e os padrões de migração no Peru, especialmente em resposta a eventos climáticos extremos como o El Niño Costero. Este fenômeno não apenas causou danos materiais e ambientais, mas também desencadeou movimentos populacionais significativos. As áreas mais afetadas viram um aumento na migração, com muitos buscando refúgio e melhores condições de vida em outras regiões ou até mesmo em áreas urbanas.

Esses deslocamentos populacionais destacam a necessidade de políticas abrangentes que não só foquem na mitigação e adaptação às mudanças climáticas, mas também no apoio a comunidades vulneráveis e deslocadas. A migração induzida pelo clima é um fenômeno complexo que requer uma resposta multidisciplinar, integrando planejamento urbano, desenvolvimento sustentável e proteção social.

Portanto, os achados de Postham et al. (2019) reforçam a importância de uma estratégia integrada de gestão de riscos de desastres que inclua medidas para lidar com as consequências socioeconômicas dos eventos climáticos extremos, como o El Niño Costero, incluindo o desafio crescente da migração climática.

Impacto da Urbanização na Gestão de Riscos de Desastres: Lições do El Niño Costero de 2017

A pesquisa de Aguirre et al. (2019) fornece insights cruciais sobre a influência da urbanização na vulnerabilidade a desastres naturais. Este estudo revela como a expansão urbana descontrolada e a falta de desenvolvimento de infraestrutura adequada, especialmente em áreas costeiras, exacerbam os riscos associados a eventos climáticos extremos como o El Niño Costero.

Durante o evento El Niño Costero de 2017, observou-se que as áreas urbanas densamente povoadas, particularmente aquelas desenvolvidas sem um planejamento urbano apropriado, enfrentaram desafios significativos. Estes incluíram inundações, erosão e outros impactos ambientais, que foram intensificados pela infraestrutura urbana inadequada.

Esta análise reforça a necessidade de integrar a gestão de riscos de desastres no planejamento

urbano e no desenvolvimento de infraestruturas resilientes. A urbanização, quando realizada sem a devida consideração dos riscos naturais, pode colocar as comunidades em maior perigo durante eventos extremos. Portanto, é vital que as políticas de planejamento urbano e desenvolvimento de infraestrutura sejam informadas por uma compreensão profunda dos riscos de desastres naturais e adaptadas para minimizar esses riscos.

Resposta Legal e Institucional: Eficácia e Desafios

A implementação de 46 normas legais em resposta ao El Niño Costero ilustra um esforço significativo por parte do governo peruano para gerir a crise. No entanto, a eficácia dessas normativas variou consideravelmente, destacando a importância de um sistema integrado de gestão de riscos de desastres que equilibre prevenção, resposta e reconstrução post-desastre. Segundo Yglesias-Gonzalez et al. (2023), esta implementação reflete desafios na eficácia e coordenação a nível nacional e regional, sugerindo a necessidade de um sistema de gestão mais integrado para aumentar a eficácia na gestão de futuros eventos climáticos extremos. A pesquisa mostrou que, embora tenha havido uma resposta proativa em termos de legislação, existiram lacunas na implementação e coordenação, tanto a nível nacional quanto regional.

Importância da Colaboração Multissetorial

Este estudo ressalta a crucial necessidade de colaboração entre o governo, as ONGs e as comunidades. A resposta ao El Niño Costero demonstrou que a eficácia na gestão de desastres depende da participação ativa e coordenada de todos esses atores. As ONGs desempenharam um papel fundamental em áreas onde a resposta governamental foi limitada, sublinhando a importância de fortalecer esses laços para futuras respostas a desastres.

Papel do Setor Privado na Resposta ao El Niño Costero e Preparação para Eventos Futuros

A experiência do El Niño Costero de 2017 destaca o papel crucial do setor privado na resposta a desastres naturais e na preparação para eventos futuros. Segundo González (2023), a iniciativa "Hombro a Hombro" mobilizou o setor privado peruano para apoiar o governo na resposta ao El Niño Costero. Este esforço demonstrou a importância da colaboração entre o setor público e privado, especialmente em termos de logística, capacitação e fornecimento de maquinário pesado.

Além disso, a preparação para o fenômeno global de El Niño ressalta a necessidade de uma abordagem proativa e integrada. A coordenação efetiva e a contribuição de recursos do setor privado são essenciais para mitigar os impactos do aumento das temperaturas e condições meteorológicas extremas. Este caso exemplifica como a solidariedade e a parceria entre diferentes setores podem fortalecer a resiliência das comunidades e melhorar a gestão de riscos de desastres.

O Papel das Mudanças Climáticas e a Adaptação

O El Niño Costero de 2017 também destacou a crescente influência das mudanças climáticas na intensificação de fenômenos meteorológicos extremos. Isso sublinha a urgência de integrar a adaptação às mudanças climáticas na gestão de riscos de desastres, focando não apenas na resposta imediata, mas também no planejamento a longo prazo e na implementação de estratégias sustentáveis e resilientes.

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. Disponible en: <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.
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. Disponible en: <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.; H O C H R A I N E R -STIGLER, S.; PFLUG,; CONDORI, B.; COCKBURN, J. C.; ROMERO, J. Q.; LUCCI, P.; LENHARDT, A. **On the Path of Progress:**
14. CÓRDOVA, 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. 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. 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. 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.

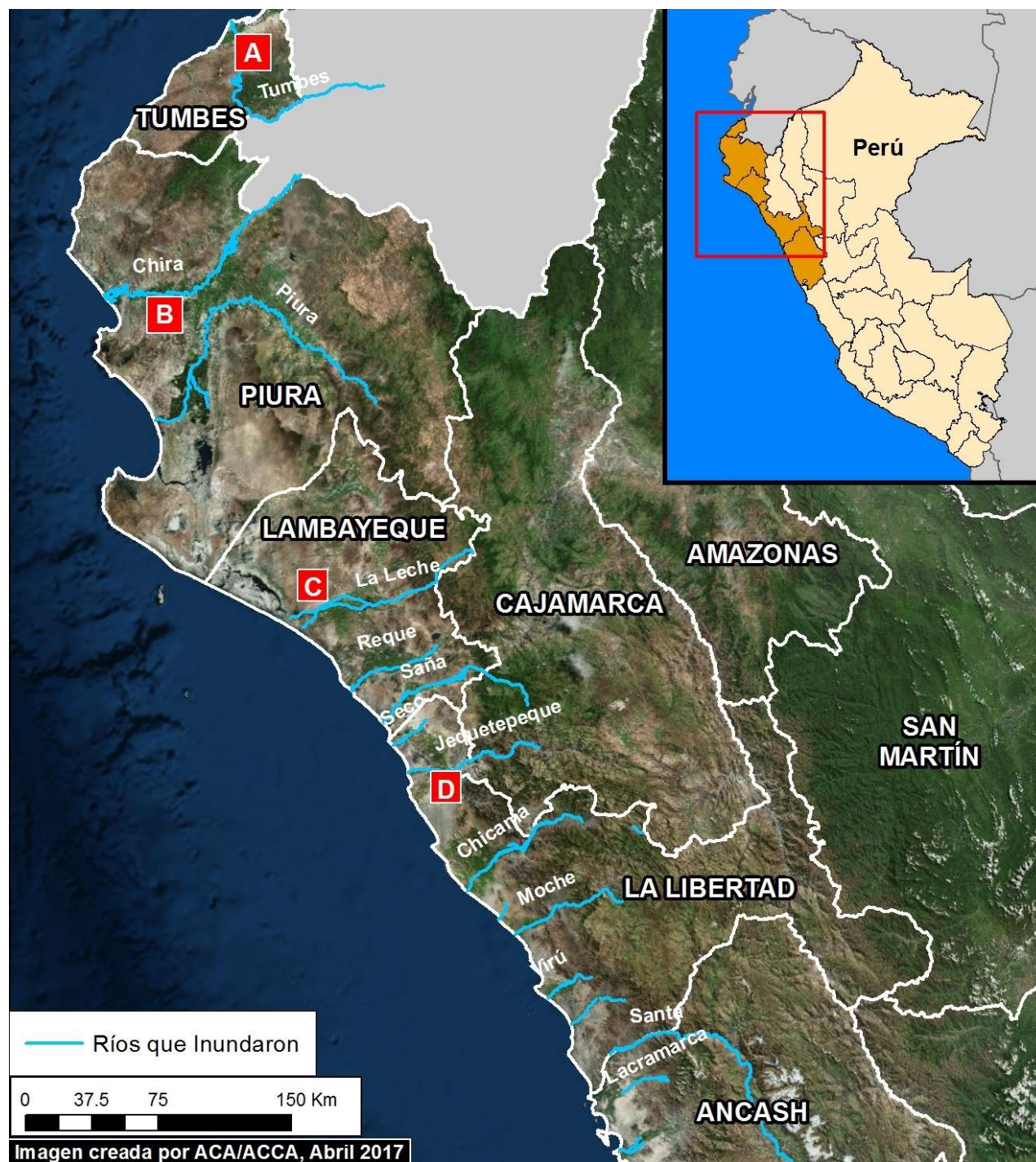
- ReliefWeb. <https://reliefweb.int/report/peru/historical-impact-coastal-el-nino-peru-and-how-local-businesses-are-preparing-global-el-nino>.
24. GTZ, CTAR – Piura. 1999.
 25. **Improving living conditions in Peru's slum settlements.** Londres, Reino Unido: Development Progress, 2015.
 26. INEI. **Compendio Estadístico Perú 2014.** Disponible en: https://www.inei.gob.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 en: <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 en: <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.ijdr.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 en: <https://doi.org/10.1177/1940082916682957>. Acceso en: 07 marzo 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.

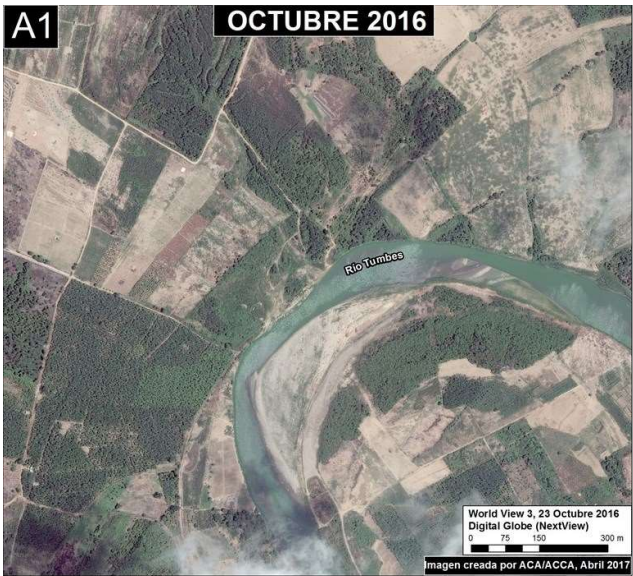
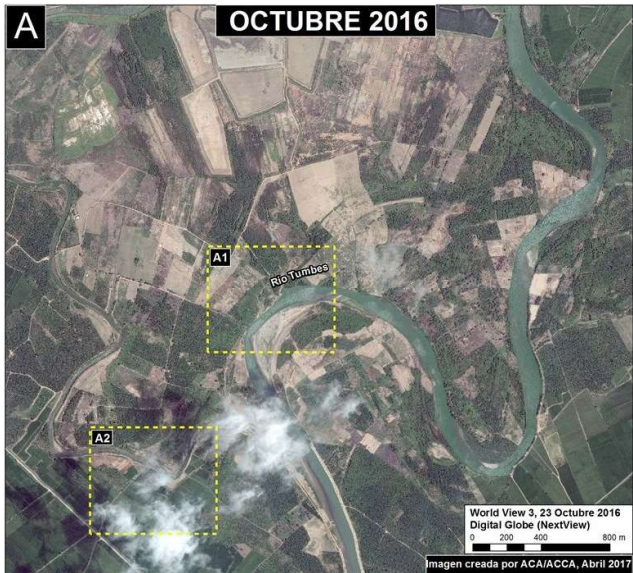
- Boletín Técnico., 2017, vol. 4, no. 4, Instituto Geofísico del Perú. Ministerio del Ambiente, Perú.
50. TAPLEY, T.D.; WAYLEN, P.R. **Spatial variability of Annual Precipitation and ENSO events in Western Peru.** Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques, 1990, vol. 35, no. 4, 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, 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. Acesso em: 05 maio 2024.

ANEXO A

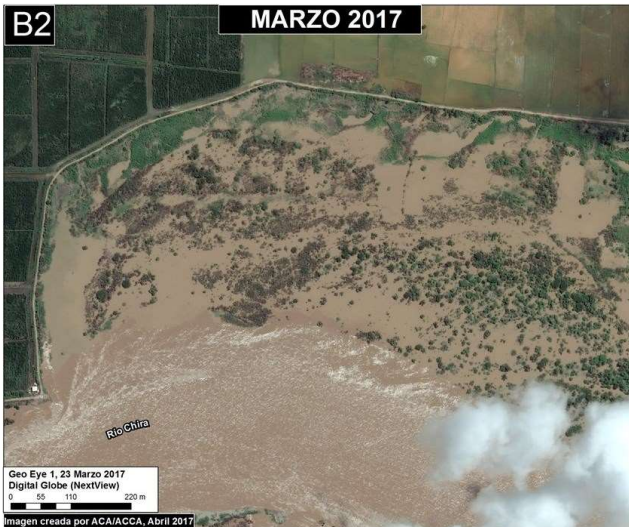
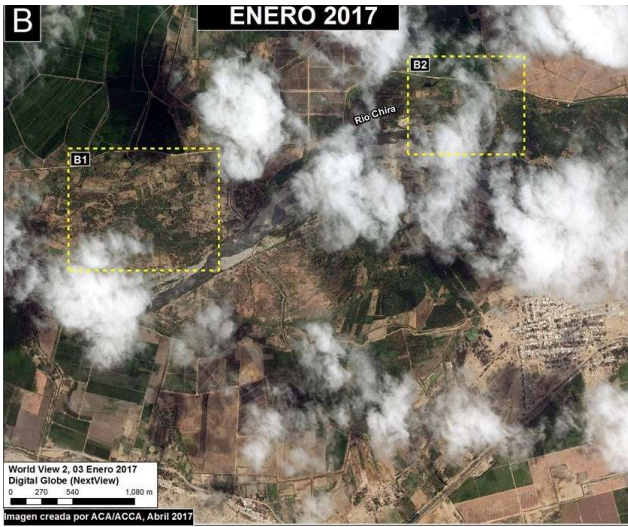
IMAGENS SATELITAIS DAS INUNDAÇÕES NO NORTE DO PERU



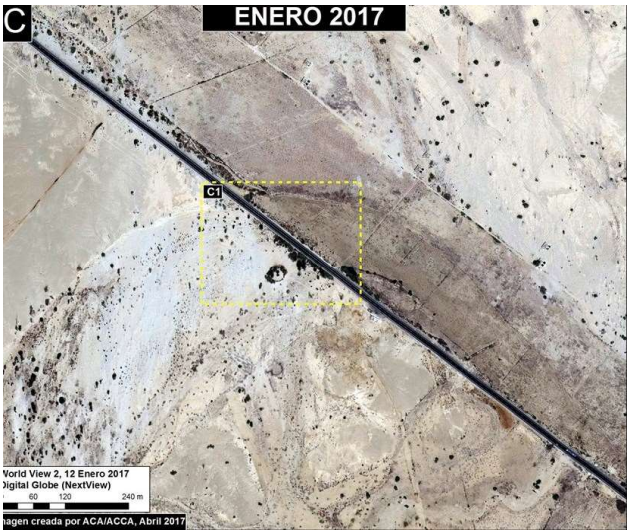
RIO TUMBES



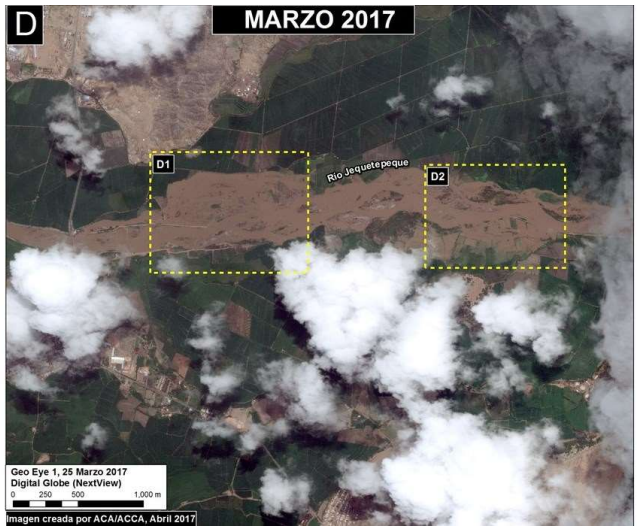
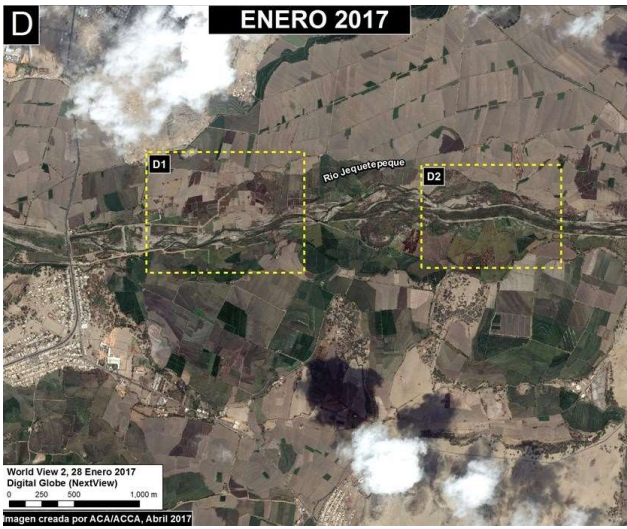
RIO CHIRA

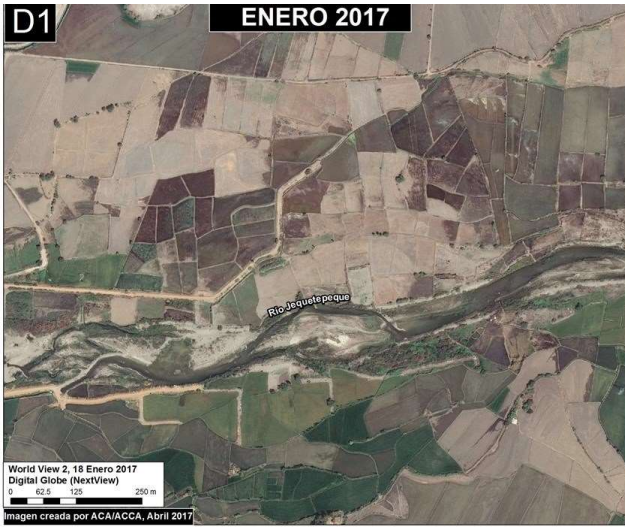


RIO LA LECHE



RIO JEQUETEPEQUE





ANEXO B

INUNDACOES DA CIDADE DE PIURA DURANTE O NIÑO COSTERO 2017

Vista aérea da inundação do rio Piura em terras agrícolas próximas à cidade de Piura em 27.03.2017.



Inundação da cidade de Piura pela Ponte Andrés Avelino Cáceres em 27.03.2017.



Inundação da cidade de Piura em 27.03.2017. O shopping Open Plaza e a principal área de urbanização foram inundadas.



Inundação da cidade de Piura em 27.03.2017. Vista próxima à Ponte Sánchez Cerro, no centro de Piura.



Inundação da cidade de Piura em 27.03.2017. Inundação da área de urbanização e das terras agrícolas ao redor.



Inundação da cidade de Piura em 27.03.2017. Outra vista do shopping Open Plaza e da principal área de urbanização inundados.



Vista panorâmica da cidade de Piura inundada em 27.03.2017.



Vista panorâmica da cidade de Piura inundada em 27.03.2017.



Vista panorâmica da cidade de Piura e das terras agrícolas ao redor inundadas em 27.03.2017.



Evento ENSO	Impactos Principales	Zonas Afectadas	Políticas y Decisiones Gubernamentales	Decretos Supremos y Decretos de Urgencia ¹²²	Instituciones Creadas
El Niño Costero 1925	Lluvias intensas, inundaciones severas, deslizamientos de tierra.	Tumbes, Piura	Acciones de emergencia limitadas debido a la falta de infraestructura y planificación.	Decreto Supremo N° 43: Declaración de emergencia en las áreas afectadas.	N/A
El Niño 1983	Inundaciones devastadoras, deslizamientos de tierra, destrucción de infraestructura.	Piura, Lambayeque, La Libertad, Tumbes	Mejora en la infraestructura de drenaje, creación del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (PNPAD).	Decreto Supremo N° 017-83-SA: Implementación del PNPAD.	N/A
El Niño 1998	Inundaciones y deslizamientos de tierra, impactos severos en la agricultura y la infraestructura.	Piura, Lambayeque, Tumbes, La Libertad	Fortalecimiento del PNPAD, proyectos de infraestructura resiliente, mejora de la coordinación entre agencias gubernamentales.	Decreto Supremo N° 029-98-PCM: Fortalecimiento del PNPAD, mejoras en la infraestructura de drenaje.	CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres)
El Niño Costero 2017	Lluvias intensas, inundaciones severas en Piura y Lambayeque, deslizamientos de tierra, gran impacto en la población.	Piura, Lambayeque, La Libertad, Áncash	Declaración de emergencia, plan "Reconstrucción con Cambios", implementación de sistemas de alerta temprana, proyectos verdes.	Decreto Supremo N° 070-2017-PCM: Declaración de emergencia. Decreto de Urgencia N° 004-2017: Recursos para la reconstrucción. DU N° 002-2017: Regulación de medidas para emergencias. DU N° 005-2017: Abastecimiento de carga y pasajeros. DU N° 006-2017: Medidas complementarias. DU N° 008-2017: Reactivación productiva de MYPEs. DU N° 010-2017: Subsidios para reconstrucción. DU N° 013-2017: Proyectos de vivienda para reubicación.	Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, mejoras en SENAMHI y ANA

Evento ENSO	Impactos Principales	Zonas Afectadas	Políticas y Decisiones Gubernamentales	123 Decretos Supremos y Decretos de Urgencia	Instituciones Creadas
El Niño Costero 2023	Lluvias intensas, inundaciones severas, daños a infraestructura y agricultura.	Piura, Lambayeque, Tumbes	Declaración de emergencia, despliegue de ayuda humanitaria, mejora en infraestructura de emergencia.	Decreto Supremo N° 029-2023-PCM: Declaración de emergencia. Decreto de Urgencia N° 030-2023-PCM: Asignación de recursos para respuesta inmediata. DU N° 019-2023: Reforzar la respuesta del Ministerio de Defensa. DS N° 038-2024-PCM: Prórroga del estado de emergencia. DU N° 015-2023: Ejecución de intervenciones. DU N° 016-2023: Actividades ante el peligro inminente de El Niño.	INDECI (mejoras), Ministerio de Defensa (mejoras)