



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI

SENAMHI



ANÁLISIS Y TENDENCIA DE LAS EMERGENCIAS Y DAÑOS POR LLUVIAS INTENSAS

Lima – Perú
2021





**Presidenta Ejecutiva del SENAMHI
Dr. Kent Takajachi Guevara**

**Director de Hidrología
Ing. Oscar Felipe Obando**

**Director de Estudio e Investigación Hidrológica
Dr. Waldo Lavado Casimiro**

**Equipo Técnico: Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez
Bach. Miriam Rocío Casaverde Riveros**

Colaboración: Tec. Dula Rebeca Cruzate

Diciembre – 2021

Lima - Perú

CONTENIDO

Índice de contenido

Índice de Tablas

Índice de Figuras

RESUMEN

I.- INTRODUCCIÓN

- 1.1 Introducción
- 1.2 Realidad problemática
- 1.3 Antecedentes
- 1.4 Problemas
- 1.5 Objetivos

II.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- 2.1 Marco teórico
- 2.2 Marco conceptual

III.- MATERIALES Y METODOS

- 3.1 Descripción del área de estudio
- 3.2 Información requerida
- 3.3 Metodología

IV.- ANALISIS Y RESULTADOS

- 4.1 Análisis exploratorio de datos
- 4.2 Análisis de dendrogramas
- 4.3 Análisis de tendencias

V.- DISCUSION

VI.- Conclusiones

- 5.1 Análisis exploratorio de datos
- 5.2 Análisis de dendrogramas
- 5.3 Análisis por tendencias

VII.- RECOMENDACIONES

VIII.- Referencias

ANEXO

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.1	<i>Estudios normalizados sobre pérdidas por desastres</i>	7
Tabla 1.2	<i>Perdidas y daños por país – 1990/2013</i>	8
Tabla 1.3	<i>Ciudades con alto riesgo</i>	9
Tabla 1.4	<i>Número de emergencias ocurridas durante el período 2012/2018</i>	11
Tabla 1.5	<i>Tipos de desastres naturales en Bolivia 1980-2012</i>	12
Tabla 1.6	<i>Relación entre condiciones climáticas extremas y contribución humana</i>	13
Tabla 1.7	<i>Total del daño generado por El Niño 1997/97 - Zona Andina</i>	25
Tabla 1.8	<i>Total de daños generado por El Niño 1997/98 - por países</i>	25
Tabla 1.9	<i>Tipos de eventos extremos y personas desplazadas</i>	26
Tabla 1.10	<i>Tipos de eventos extremos por acción de El Niño 1997/98</i>	28
Tabla 1.11	<i>Análisis comparativo de los daños registrados durante El Niño</i>	28
Tabla 2.1	<i>Frecuencias de palabras que más aparece</i>	31
Tabla 2.2	<i>Descripción de los impactos</i>	35
Tabla 4.1	<i>Pruebas de normalidad</i>	51
Tabla 4.2	<i>Equivalencias simbólicas de las variables utilizadas en el análisis</i>	53
Tabla 4.3	<i>Estadística de fiabilidad</i>	53
Tabla 4.4	<i>Estadístico descriptivos</i>	54
Tabla 4.5	<i>Pruebas de normalidad de datos por tipo de evento extremo hidrológico</i>	56
Tabla 4.6	<i>Estadísticas de fiabilidad</i>	58
Tabla 4.7	<i>Prueba de normalidad de datos de cantidad, muertes, afectados y costos por tipo de desastres</i>	58
Tabla 4.8	<i>Estadísticos descriptivos</i>	60
Tabla 4.9	<i>Pruebas de normalidad^{c,d,e,f,g,h} para datos de ocurrencia, muertes, lesionados, afectados, no vivienda y total de afectados en países de América del Sur</i>	62
Tabla 4.10	<i>Estadísticas de fiabilidad</i>	65
Tabla 4.11	<i>Estadísticos descriptivos</i>	65
Tabla 4.12	<i>Prueba de normalidad de emergencias por departamentos Perú</i>	69
Tabla 4.13	<i>Estadísticas de fiabilidad</i>	70
Tabla 4.13	<i>Historial de conglomeración</i>	73
Tabla 4.14	<i>Historial de conglomeración</i>	76
Tabla 4.15	<i>Informe de análisis de media</i>	79
Tabla 4.16	<i>Análisis de ANOVA</i>	79
Tabla 4.17	<i>Resumen de procesamiento de casos^a</i>	80
Tabla 4.18	<i>Historial de conglomeración</i>	80
Tabla 4.19	<i>Informe de la comparación de medias</i>	81
Tabla 4.20	<i>Varianza total explicada</i>	82
Tabla 4.21	<i>Historial de conglomeración</i>	84
Tabla 4.22	<i>Ocurrencias de eventos extremos y muertes en América del Sur</i>	103
Tabla 4.23	<i>Ocurrencias de eventos extremos y afectados en América del Sur</i>	103
Tabla 4.24	<i>Caracterización de las pérdidas de vidas por cuartiles en el Perú</i>	109
Tabla A-1	<i>Ecuación de comportamiento y tendencias de pérdidas de vidas por año (X), por zonas regionales</i>	134
Tabla A-2	<i>Relación de pérdidas de vidas entre las zonas regiones (Y) y AL Andina (X)</i>	134
Tabla A-3	<i>Relación de la pérdida de vidas por continentes (Y) y las cantidades de eventos extremos (X) para cada continente</i>	135
Tabla A-4	<i>Relación de la cantidad de eventos extremos por continentes</i>	135
Tabla A-5	<i>Tendencia temporal del comportamiento de pérdidas de vidas (Y)</i>	136

Tabla A-6	<i>por año (X) para países en América del Sur Relación entre Total de afectados (Y) y Total de muertes (X) por países en América Latina</i>	136
Tabla A-7	<i>Relación entre Total de daños en dólares (Y) y Total de afectados (X) por países en América Latina</i>	137
Tabla A-8	<i>Relación entre muertes ocurridas (Y) y eventos extremos (X) para América del Sur</i>	137
Tabla A-9	<i>Relación entre Total de muertes por países Andinos (Y) y AL Andina (X) para América Latina</i>	137
Tabla A-10	<i>Relación entre pérdidas de vidas (Y) y pérdida de vida en AL Andina</i>	138
Tabla A-11	<i>Relación entre el total de pérdidas de vidas (Y) y la frecuencia de cuartiles (X) por departamentos en Perú</i>	138
Tabla A-12	<i>Relación entre el total de pérdidas de vidas por cuartiles (Y) el número total de perdidas (X) por departamentos en Perú</i>	138

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.1	<i>Relación entre número de eventos extremos y fallecidos</i>	9
Figura 1.2	<i>Relación entre desastre total y remoción en masa</i>	10
Figura 1.3	<i>Relación entre porcentaje de fallecidos y porcentaje de eventos</i>	10
Figura 1.4	<i>Comportamiento y tendencia de las emergencias en el Perú</i>	11
Figura 1.5	<i>Riesgo pasado, presente y futuro por fenómenos meteorológicos extremos y la relación de pérdidas y daños</i>	15
Figura 1.6	<i>Comportamiento de los desastres basados en momentos</i>	16
Figura 1.7	<i>Tipos de desastres en el África (2000-2019)</i>	17
Figura 1.8	<i>Análisis comparativo por tipo de desastres</i>	17
Figura 1.9	<i>Perdidas por tipos de desastres</i>	19
Figura 1.10	<i>Tipos de eventos extremos analizados</i>	20
Figura 1.11	<i>Regiones con estudios relacionados con los eventos extremos</i>	21
Figura 1.12	<i>Zonas urbanas y no urbanas, con estudios de eventos extremos</i>	21
Figura 1.13	<i>Esquema de conceptualización de eventos extremos, impactos y respuestas en relación con las diferentes especialidades seleccionadas</i>	22
Figura 1.14	a) <i>Comportamiento del índice de SOI</i> b) <i>Anomalías de precipitación en el Perú</i>	23
Figura 1.15	a) <i>Precipitación estimada para marzo en función al ALL y NAT</i> b) <i>Efecto de la influencia antropogénica en la precipitación marzo 2007</i> c) <i>Precipitación estimada para marzo 2017 y período reciente</i> d) <i>Anomalía de la TSM para el 2017</i>	24
Figura 1.16	<i>Cronología de los eventos El Niño en el Perú</i>	26
Figura 1.17	<i>Quebrada ardida propensa a ocurrencia de Huaycos</i>	26
Figura 2.1	<i>Distribución de frecuencias de las palabras que más aparece en los artículos</i>	31
Figura 2.2	<i>Dendrograma de conglomerados de palabras similares por artículos y disciplina</i>	31
Figura 2.3	<i>Esquema del impacto de la inundación en las comunidades al norte de Ghana</i>	33
Figura 2.4	<i>Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático</i>	34
Figura 2.5	<i>Cambio en las pérdidas económicas anuales</i>	36
Figura 2.6	<i>Inundación Cuzco enero 2010</i>	37
Figura 3.1	<i>Densidad de población al 2017</i>	43
Figura 3.2	<i>Crecimiento anual de la población mundial</i>	43
Figura 3.3	<i>Porcentaje de superficie forestal al 2015</i>	44
Figura 3.4	<i>Variabilidad porcentual de superficie forestal – 2000/2015</i>	44
Figura 3.5	<i>Muertes por desastres naturales a nivel de décadas</i>	45
Figura 3.6	<i>Variación porcentual de muertes por desastres y región</i>	45
Figura 3.7	<i>Número de muertes por tipos de desastres</i>	46
Figura 3.8	<i>Número de afectados por desastres naturales</i>	46
Figura 3.9	<i>Base de datos de EM – DAT</i>	47
Figura 3.10	<i>Base de datos de Nuestro Mundo en Datos</i>	47
Figura 3.11	<i>Base de datos DesInventar</i>	48
Figura 3.12	<i>Base de datos del SINPAD</i>	48
Figura 3.13	<i>Esquema operativo de las Fases de investigación</i>	49
Figura 3.14	<i>Esquema de análisis temporal y regional de emergencias</i>	50
Figura 4.1	<i>Diagrama de cajas – muertes por fuerzas de la naturaleza</i> a) <i>Zona de AAL, EEYAC, ASC, EE, NAM, ALSE</i> b) <i>Zona de ALC, ANE, ASUR, ASAE0</i> c) <i>Zona de World, AC, ALTR, EOES</i>	52

Figura 4.2	<i>Distribución de los valores de muertes para América Latina Andina AAL</i>	54
Figura 4.3	<i>Comparación de la distribución normal de los datos originales y con transformación mediante la función logaritmo</i>	55
Figura 4.4	<i>Diagrama de caja de cantidad, muertes y afectados por eventos extremo hidrológico</i>	57
Figura 4.5	<i>Diagrama de caja de la cantidad, muertes y afectados por tipo de desastre</i>	59
Figura 4.6	<i>Distribución de los valores de las cantidades de eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica</i>	60
Figura 4.7	<i>Análisis comparativo de la distribución normal de los datos antes y después de su transformación por la función logarítmica, para la cantidad, muertes y afectados por los eventos extremos hidrológicos</i>	61
Figura 4.8	<i>Distribución de Caja, para ocurrencia, muertes, lesiones, afectados sin vivienda y total de afectados en países de América del Sur</i>	64
Figura 4.9	<i>Análisis comparativo de valores originales y transformados para la ocurrencia, muertes y lesionados para los países de América del Sur</i>	66
Figura 4.10	<i>Análisis comparativo de valores originales y transformados para la afectados, sin vivienda y total de afectados para los países de América del Sur</i>	67
Figura 4.11	<i>Distribución de los valores de las ocurrencias de eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica</i>	68
Figura 4.12	<i>Distribución de los valores de las muertes originadas por los eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica</i>	68
Figura 4.13	<i>Diagrama de caja de las emergencias, por departamento en Perú</i>	70
Figura 4.14	<i>Análisis comparativo de valores de emergencia original y transformado para los departamentos de Ancash, Loreto y Lima</i>	71
Figura 4.15	<i>Distribución de los valores de emergencias transformados para el departamento de Ancash</i>	72
Figura 4.16	<i>Distribución de los valores de emergencias transformados para el departamento de Lima</i>	72
Figura 4.17	<i>Representación del dendrograma por medio del método de Clúster jerárquico</i>	74
Figura 4.18	<i>Diagrama de caja para el análisis de medias de los conglomerados</i>	75
Figura 4.19	<i>Distribución de los clústeres de emergencias de las zonas regionales</i>	75
Figura 4.20	<i>Representación del dendrograma por medio del método de Clúster jerárquico</i>	78
Figura 4.21	<i>Distribución de los clústeres de emergencias por continentes</i>	79
Figura 4.22	<i>Distribución de los clústeres de emergencias por países de América del Sur</i>	82
Figura 4.23	<i>Dendrograma - método de Clúster jerárquico por país de América del Sur</i>	83
Figura 4.24	<i>Dendrograma - método de Clúster jerárquico por país de América del Sur</i>	83
Figura 4.25	<i>Distribución porcentual de datos de emergencias por países</i>	
Figura 4.26	<i>Dendrograma - método de Clúster jerárquico por departamento en Perú</i>	85
Figura 4.27	<i>Diagrama de caja para el análisis de medias de los conglomerados</i>	86
Figura 4.28	<i>Distribución de los clústeres de emergencias y daños por departamento Perú</i>	86
Figura 4.29	<i>Distribución de muertes por eventos extremos por zonas regionales</i>	87
Figura 4.30	<i>Comportamiento quinquenal de muertes por zonas regionales</i>	88
Figura 4.31	<i>Análisis de curvas de probabilidades y período de retorno del</i>	89

	<i>comportamiento de las muertes por eventos extremos, a nivel de las diferentes zonas regionales</i>	
Figura 4.32	<i>Análisis de correlación entre las series de datos de las diferentes zonas regionales con las registradas en América Latina Andina (ALAndina)</i>	90
Figura 4.33	<i>Comportamiento de los impactos generados por los eventos extremos en cada uno de los continentes analizados</i>	91
Figura 4.34	<i>Análisis de correlación entre las variables seleccionadas de la base de datos de eventos extremos por continente</i>	92
Figura 4.35	<i>Análisis de correlación entre los continentes por las variables seleccionadas de la base de datos de eventos extremos por continente</i>	93
Figura 4.36	<i>Eventos extremos en Argentina</i>	94
Figura 4.37	<i>Eventos extremos en Bolivia</i>	95
Figura 4.38	<i>Eventos extremos en Brasil</i>	96
Figura 4.39	<i>Eventos extremos en Chile</i>	97
Figura 4.36	<i>Eventos extremos en Colombia</i>	98
Figura 4.40	<i>Eventos extremos en Ecuador</i>	99
Figura 4.41	<i>Eventos extremos en Perú</i>	100
Figura 4.42	<i>Eventos extremos en Venezuela</i>	101
Figura 4.43	<i>a) Ocurrencia de ventos extremos</i>	102
	<i>b) Muertes registradas en AS</i>	
Figura 4.44	<i>Correlación entre ocurrencia de eventos y muertes originadas</i>	102
Figura 4.45	<i>Análisis espacial por magnitud de impactos ocasionado por eventos eventos por extremos en países de América del Sur</i>	104
Figura 4.46	<i>Análisis de tele conexión de las pérdidas de vidas entre los países de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú y América Latina Andina, Sur y Central</i>	105
Figura 4.47	<i>Análisis de tele conexión entre las diferentes zonas identificadas en América Latina</i>	106
Figura 4.48	<i>Caracterización de la curva de recurrencia de pérdidas de vidas por departamentos, asociado a eventos extremos hidrometeorológicos</i>	107
Figura 4.49	<i>Caracterización de la curva de recurrencia de pérdidas de vidas por departamentos, asociado a eventos extremos hidrometeorológicos</i>	108
Figura 4.50	<i>Relaciones de las frecuencias de pérdidas de vida por cuartiles – para el período 2003/2018</i>	110
Figura 4.51	<i>Relaciones de las pérdidas de vida por cuartiles y el total – para el periodo 2003/2018</i>	111

RESUMEN

El objetivo de la investigación está centrado en evaluar las relaciones funcionales entre las emergencias, daños y pérdidas económicas originadas por los eventos extremos relacionados con las precipitaciones, para lo cual se seleccionaron tres bases de datos especializadas en el seguimiento de las estadísticas de eventos extremos a nivel mundial, regional y local. La metodología utilizada fue tipo aplicada, diseños no experimentales de corte descriptivo - correlacional, enfoque cuantitativo y transversal. El análisis exploratorio de los datos permitió conocer no solo la fiabilidad de los mismo sino además saber que los mismos no muestran comportamiento asociados a una distribución normal, presentando además fuerte niveles de dispersión. A nivel del análisis de conglomerados, se logró identificas en cada una de las bases de datos, la generación de clúster de tres y cuatro niveles, con los cuales se logra integrar la totalidad de los datos, para lo cual además se procedió a la comparación de medias y ANOVA, con el fin de conocer las diferencias de medias entre los clústeres generados. En relación con las tendencias, se han obtenido expresiones algebraicas de tipo polinómica de primer y, segundo y cuarto grado, con los cuales buscamos representar de manera teórica el comportamiento de las ocurrencias de los eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas; dichas relaciones nos permitirán inferir el comportamiento a nivel de Regiones Mundiales, Continentes, países de América del Sur y por departamentos en Perú. con el fin de evaluar las incidencias e interacciones y las teles conexiones.

Palabras clave: Eventos extremos, Pérdidas de vidas, Afectados, Precipitación, Riesgo, Desastres

ABSTRACT

The objective of the research is focused on evaluating the functional relationships between emergencies, damages and economic losses caused by extreme events related to rainfall, for which three specialized databases were selected to monitor the statistics of extreme events a global, regional, and local level. The methodology used was applied type, descriptive-correlational non-experimental designs, quantitative and cross-sectional approach. The exploratory analysis of the data allowed us to know not only their reliability but also to know that they do not show behavior associated with a normal distribution, also presenting strong levels of dispersion. At the level of the cluster analysis, it was possible to identify in each of the databases, the generation of a cluster of three and four levels, with which it was possible to integrate all the data, for which we also proceeded to the comparison of means and ANOVA, to know the differences of means between the clusters generated. Regarding trends, first and second and fourth degree polynomial algebraic expressions have been obtained, with which we seek to represent in a theoretical way the behavior of the occurrences of extreme events, loss of life, affected people and economic losses; These relationships will allow us to infer the behavior at the level of World Regions, Continents, South American countries and by departments in Peru. to evaluate the incidents and interactions and the teleconnections.

Keywords: Extreme events, Loss of life, Affected, Precipitation, Risk, Disasters

I.- INTRODUCCIÓN

Los procesos de remoción en masa o movimientos en masa generalmente ocurren por acciones o mecanismo naturales y antrópicos, los cuales tiene como factor detonante a la precipitación y las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca. Para Suárez (1998), considera que el gradiente topográfico, sismicidad, meteorización de la roca y las lluvias intensas, son factores relevantes en la presencia de este tipo de eventos extremos que ocurren generalmente en el país durante el período de precipitaciones.

Cada uno de estos eventos, relacionados con la precipitación, se ha visto que generan fuertes impactos, tanto a nivel espacial como temporal, lo que no obliga a buscar entender su propia dinámica y sus procesos de interacción, y como estos de alguna manera caen dentro del proceso de remoción en masa o movimiento en masa (deslizamiento, huaycos, inundaciones y lluvias intensas). Los cuales se activan de manera inmediatas con las fuertes intensidades de las precipitaciones y las características adversa que tienen los ecosistemas en cada una de las cuencas hidrográficas.

Para nuestro caso, consideramos importante iniciar la investigación a través de la recopilación de la mayor cantidad de información relevante en la temática seleccionada, que nos ayude a entender los mecanismos de su formación, evolución y tendencia, a través de investigaciones desarrolladas a diferentes latitudes y longitudes, aspecto que han sido enmarcados dentro de los antecedentes, marco teórico y conceptual. Además, se consideró importante incluir en el proceso el análisis de los impactos registrados por eventos extremos tales como deslizamiento, inundación, huaycos y lluvias intensas, lo que nos ayudara a entender no solo su evolución y característica sino su recurrencia en el tiempo.

La base de datos utilizada en la presente investigación corresponde a las emergencias ocurridas en el Perú durante el Período 2003 – 2018, la cual está conformada por un total de 69423 datos que describen los impactos generados por las diferentes emergencias ocurridas a nivel de distritos, provincias y departamentos. El procesamiento, análisis y caracterización de los datos, se han realizado sobre la base de los impactos generados en las estructuras físicas y en la componente social; permitiendo con ellos generar una caracterización espacial y temporal, a nivel de regional, provincial, así como su dinámica altitudinal y variabilidad temporal.

Por ello la importancia de la presente investigación estuvo centrada en conocer no solo la variabilidad de los impactos, a nivel nacional, sino además como estos se relacionan directamente con el rango altitudinal donde se presentan, lo que nos ha llevado a obtener patrones de comportamiento que muestran relaciones inversamente proporcionales, para cada uno de los eventos analizados. Sin embargo, consideramos que el trabajo se puede enriquecer aún más, si en los análisis se pudiera contemplar los datos de precipitaciones, para una próxima investigación.

Finalmente es importante aclarar, que, de acuerdo con la base de datos de INDECI, hay algunas provincias que no han experimentado ningún tipo de eventos extremo relacionado con la remoción en masa o movimiento en masa.

1.2 Realidad problemática

Es sabido que la dinámica espacial y temporal del sistema climático mundial, no pone frente a escenarios de recurrencia de años secos, húmedo, olas de calor, friajes y heladas, los cuales se vienen intensificando cada vez más, producto del cambio climático de origen natural y antropogénico. Este último, está directamente relacionado con los mayores daños que generan los desastres climáticos, especialmente los vinculados a los cambios en los extremos climáticos. Esto finalmente está vinculado con número de desastres, pérdidas económicas y número de personas afectadas; las cuales aumentan aceleradamente, en vez de lograr su reducción (Bouwer L., 2010; Solomon et al., 2007; UN-ISDR, 2009).

Las implicancias económicas que generan los eventos extremos, es una de las tremendas preocupaciones que los gobiernos vienen manifestando principalmente por los grandes daños que se generan y las declaratorias en emergencias que se promulgan. Esto nos lleva a plantear análisis relacionadas a las causas que generan las condiciones climáticas extremas con el fin de poder minimizar sus impactos y reducir las exposiciones y los riesgos (Bouwer L., 2010; GAO, 2007; Ward et al., 2010; Bouwer y Aerts, 2006).

Dichos costos, por lo general no incluyen las necesidades por las condiciones climáticas extremas recurrentes que se presentan, través de los costos del cambio climático (Tol, 2002; Hallegatte et al., 2007; Tol, 2008; Van den Bergh, 2010). Sin embargo, otras investigaciones confirman que el cambio climático antropogénico nos está generando mayores pérdidas económicas (Mills, 2005; Hoppe y Grimm, 2009; Schmidt et al., 2009), otros manifiestan que todavía es demasiado temprano para obtener tendencias de las pérdidas por desastres en función al cambio climático y el crecimiento poblacional (Changnon et al., 2000; Pielke et al., 2005; Brouwer et al., 2007; Boruwer L., 2010).

Los cambios que se han detectado en los sistemas biológicos, hidrológicos y la criósfera, están siendo atribuidos al cambio climático antropogénico; a través de la variabilidad climática de la temperatura (promedio y estacional) y la precipitación (Rosenzweig et al., 2008), lo que ha llevado al IPCC a pronunciarse que "Cuando los eventos climáticos extremos se vuelven más intensos y/o más frecuentes, los costos económicos y sociales de esos eventos aumentarán" (Parry et al., 2007, p. 12).

Los cambios en los impactos son difíciles de detectar; debido a naturaleza de recurrencia, por los pocos registros de observaciones y por ser resultado de complejas interacciones entre los fenómenos climáticos extremos y los procesos socioeconómicos. Sin embargo, las compañías de seguros han detectado que las pérdidas por desastres registran un aumento significativo en las pérdidas económicas, debido al riesgo relacionado con el clima, como son las inundaciones, sequías, tormentas y deslizamientos de tierra (Minuch Re, 2010).

En la **Tabla 1.1**, se muestran estudios que han logrado evaluar en detalle las pérdidas económicas que han ocasionado los riesgos climáticos, registrando un total de 22, estudios en los cuales se han analizado las pérdidas por peligros naturales, pérdidas económicas, registran los menos 30 años de datos (Brouwer L., 2010).

En otras investigaciones desarrolladas, nos indican que el cambio climático antropogénico, viene generando pérdidas significativas por los desastres que se tornan más frecuentes, y que

viene incrementado desde la década de los 1970, lo que se ha traducido en un aumento del 2% por década, como consecuencia de un aumento de la población y la riqueza que ella ostenta (Stern, 2007; Pielke, 2007; Miller et al., 2008; Nordhaus, 2010)

Tabla 1.1. Estudios normalizados sobre pérdidas por desastres

Peligro	Lugar	Período	Normalización	Perdidas normalizadas	Referencias
Incendio	Australia	1925-2009	Viviendas	Sin tendencia	Crompton et al., 2010
Terremoto	USA	1900-2005	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Vranes and Pielke, 2009
Inundación	USA	1926-2000	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Downton et al., 2005
Inundación	China	1950-2001	PBI	Incremento desde 1987	Fengqing et al., 2005
Inundación	Europa	1970-2006	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Barredo, 2009
Inundación	Korea	1971-2005	Población	Incremento desde 1971	Chang et al., 2009
Deslizamiento	Suiza	1972-2007	Ninguna	Sin tendencia	Hilker et al., 2009
Tormenta de viento	USA	1952-2006	Propiedad	Incremento desde 1952	Changnon, 2009
Tormenta de viento	Europa	1970-2008	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Barredo, 2010
Tormenta	USA	1949-1998	Cobertura de seguro	Incremento desde 1974	Changnon, 2001
Tornado	USA	1890-1999	Biodiversidad	Sin tendencia	Brook and Doswell, 2001
Tornado	USA	1900-2000	Ninguna	Sin tendencia	Boruff et al., 2003
Tormenta tropical	América latina	1944-1999	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Pielke et al., 2003
Tormenta tropical	India	1977-1998	Ingresos y población	Sin tendencia	Raghavan and Rajesh, 2003
Tormenta tropical	USA	1900-2005	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Pielke et al., 2008
Tormenta tropical	USA	1950-2005	Valores activos	Incremento desde 1970	Schmidt et al., 2009
Tormenta tropical	China	1983-2006	PBI	Sin tendencia	Zhang et al., 2009
Tormenta tropical	USA	1900-2008	PBI	Incremento desde 1900	Nordhaus, 2010
Variabilidad Climática	Australia	1967-2006	Viviendas	Sin tendencia	Crompton and McAneney, 2008
Variabilidad Climática	USA	1951-1997	Biodiversidad y población	Sin tendencia	Chol and Fisher, 2003
Variabilidad Climática	Mundo	1950-2005	PBI y población	Incremento desde 1970	Miller et al., 2008

Fuente: Bouwer L. (2010)

En relación con los daños originados por los eventos extremos provocados por las inundaciones, se encontró que registraron un aumento en seis ciudades coreanas a partir de 1971, provocado por precipitaciones extremas en el verano y por la deforestación Chang et al. (2009); son embargo, para Fengqing et al. (2005), las pérdidas por inundaciones se han incrementado en la ciudad autónoma de Xinjiang de China, como consecuencia de las precipitaciones extremas desde 1987.

Según la UNISDR (2015), en su informe sobre tendencias y estadísticas de los impactos de los desastres en América Latina y El Caribe, para el período 1990-2013, encontró que las pérdidas generadas por los eventos hidrometeorológicos y climáticos logro alcanzar un 61% y solo un 39% por eventos geológicos, durante el período 1990/2013. Además, el 97% de todos los eventos registrados, están relacionados con eventos hidrometeorológicos y climáticos; así como también, el 80% de las pérdidas y daños, el 97% de personas fallecidas, el 96% de personas afectadas, el 82% de las viviendas destruidas y el 96% de las viviendas dañadas.

En la **Tabla 1.2**, se muestran la clasificación de las tasas de pérdidas y daños por país, frente a los riesgos extensivos, encontrándose que cuatro de los cinco países con las mayores tasas de pérdidas y daños se encuentra ubicadas en Centro América (Guatemala, El Salvador, Honduras y Panamá); esto debido a que están expuestos a amenazas que liberan gran cantidad de energía como son los movimientos sísmicos, los huracanes y tormentas tropicales.

Tabla 1.2. Pérdidas y daños por país – 1990/2013

Variable	Pérdida de vidas humanas		Personas afectadas		Viviendas Destruidas		Viviendas dañadas	
	Tasa	Clasificación	Tasa	Clasificación	Tasa	Clasificación	Tasa	Clasificación
Bolivia	5	7	37 259	7	31	14	97	16
Chile	2	9	40 285	6	145	5	1 356	8
Colombia	7	5	48 594	3	156	4	3 065	2
Costa Rica	6	6	7 395	15	82	9	1 156	9
Ecuador	9	3	17 424	10	49	12	548	12
El Salvador	12	2	16 630	11	197	2	1 439	6
Guatemala	9	3	56 110	2	97	8	933	10
Guyana	2	9	105 832	1	13	16	13 856	1
Honduras	14	1	44 069	4	81	10	812	11
México	7	5	43 660	5	99	6	2 248	4
Nicaragua	5	7	27 278	8	98	7	545	13
Panamá	8	4	12 796	12	212	1	2 271	3
Paraguay	3	8	18 743	9	36	13	1 409	7
Perú	8	4	11 878	13	167	3	526	14
Uruguay	6	6	3 073	16	58	11	2 053	5
Venezuela	2	9	8 988	14	28	15	304	15

Fuente: UNISDR (2015)

A pesar de esto, las cantidades anuales de pérdidas de vidas humanas y viviendas destruidas no muestran un incremento en su temporalidad, como si sucede a nivel mundial, donde la tendencia es creciente UNISDR-GAR (2015).

Dentro de esa misma línea, el número de víctimas que genera no solo la totalidad de los eventos extremos, sino también el de la remoción en masa en la región Andina, vienen experimentando incrementos de recurrencia especialmente en los países de Colombia y Perú que son los más afectados con la mayor cantidad de víctimas fatales. Esto nos lleva a confirmar lo que manifestó Nadim et al. (2006), que la zona norte este de Sudamérica es la más propensa al riesgo de remoción en masa. Según la base de datos de EM-DAT (2019), se ha podido apreciar cómo evoluciona la totalidad de los desastres a nivel mundial y en forma especial los relacionados con los deslizamientos, los cuales se pueden apreciar en la **Tabla 1.3** y **Figura 1.1**.

Tabla 1.3. Ciudades con alto riesgo

CIUDAD	ALTO RIESGO INFORM									
	RIESGO INFORM	PELIGRO Y EXPOSICIÓN	NATURAL	HUMANA	VULNERABILIDAD	SOCIO ECONÓMICO	GRUPOS VULNERABLES	FALTA CAPACIDAD RECUPERACIÓN	INSTITUCIONAL	INFRAESTRUCTURA
Bolivia	6.1	5.4	5.9	4.8	6.5	7.3	5.6	6.6	7.1	6.1
Colombia	7.1	7.8	7.4	8.2	7.1	4.8	8.5	6.4	7.1	5.5
Dominican Republic	6.2	6.1	6.9	5.2	5.6	5.7	5.5	6.9	7.5	6.1
Ecuador	6.3	6.6	7.6	5.4	6.2	5.0	7.2	6.2	6.0	6.4
El Salvador	6.8	8.3	7.2	9.1	5.0	6.1	3.6	7.7	8.9	5.9
Mexico	6.2	8.4	8.3	8.5	5.6	4.6	6.5	5.1	5.7	4.5
Nicaragua	6.6	6.8	8.0	5.0	5.6	6.7	4.2	7.4	7.1	7.6
Peru	6.0	5.8	7.1	4.2	6.2	5.2	7.1	6.1	5.8	6.3
Venezuela	6.9	8.2	6.7	9.2	6.1	4.7	7.2	6.6	7.8	4.9

Fuente: INFORM (2018)

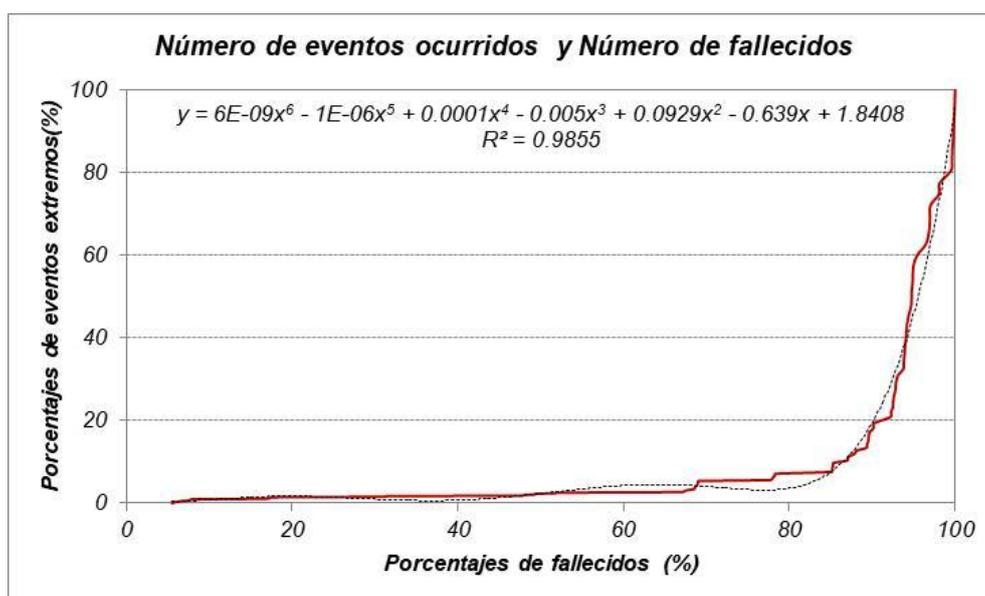


Figura 1.1. Relación entre números de eventos extremos y fallecidos
Fuente: Elaboración propia (base de datos de EM-DAT 1900/2018)

Mientras que en la **Figura 1.2**, apreciamos el análisis comparativo entre los desastres totales y los originados por la remoción en masa, observándose claramente una diferencia muy marcada entre ambos factores que generan grandes pérdidas sociales en las zonas con las mayores afectaciones. Esto se puede corroborar cuando solo analizamos los eventos originados por la remoción en masa y la cantidad de fallecidos que provoca, como lo apreciamos en la **Figura 1.3**.

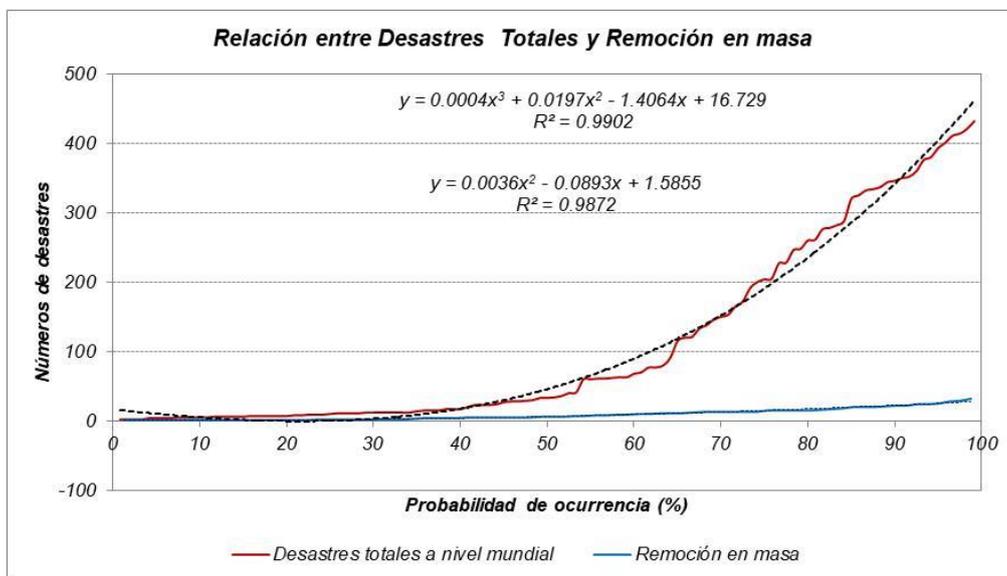


Figura 1.2. Relación entre desastre total y remoción en masa

Fuente: Elaboración propia (datos de EM-DAT 1900/2018)

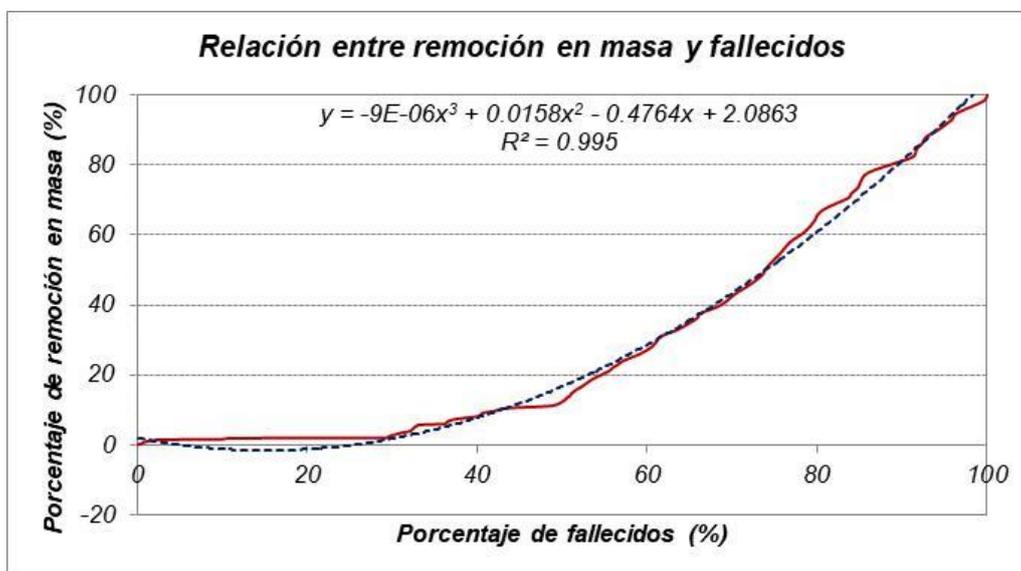


Figura 1.3. Relación entre porcentaje de fallecidos y porcentajes de eventos

Fuente: Elaboración propia (datos de EM-DAT 1900/2018)

En ambas figuras, se aprecia que las recurrencias de los eventos extremos han experimentado incrementos significativos a partir de la probabilidad de 30%, el cual corresponde en promedios al año 1970, sindicado como el inicio de las alteraciones del sistema climáticos a consecuencias del cambio climático y por ende la presencia de manera

recurrente de eventos extremos, entre los cuales tenemos la remoción en masa relacionados a las fuertes precipitaciones en pocos intervalos de tiempo.

Entre los eventos extremos, que se registran en el territorio peruano, y que generan fuertes vulnerabilidad a las poblaciones, están los friajes, heladas, huaycos, inundaciones, sequías y sismos; habiéndose registrados durante el período 2012 / 2018 incrementos significativos, tanto para la presencia de huaycos, inundaciones y lluvias intensas (**Tabla 1.4**), los cuales están sujeto básicamente a las precipitaciones concentradas en pocos intervalos de tiempo.

Tabla 1.4. Número de emergencias ocurridas durante el período 2012 / 2018

Evento Extremo	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Alud	8	6	4	9	9	14	3	53
Deslizamiento	151	137	185	228	64	320	223	1308
Huaycos	94	48	46	93	83	558	54	976
Inundaciones	478	224	157	268	128	385	165	1805
Lluvias inten.	1676	1229	1002	1115	755	3571	1230	10578
Sequías	12	5	27	25	850	54	315	1288
Total	2419	1649	1421	1738	1889	4902	1990	16008

Fuente: INDECI (2019)

En la **Figura 1.4**, se muestran la tendencia de las emergencias que se han registrado durante el período 2003/2018, en el país, cuyo comportamiento está representado por una variabilidad temporal, que obedece a una línea de tendencia media creciente.

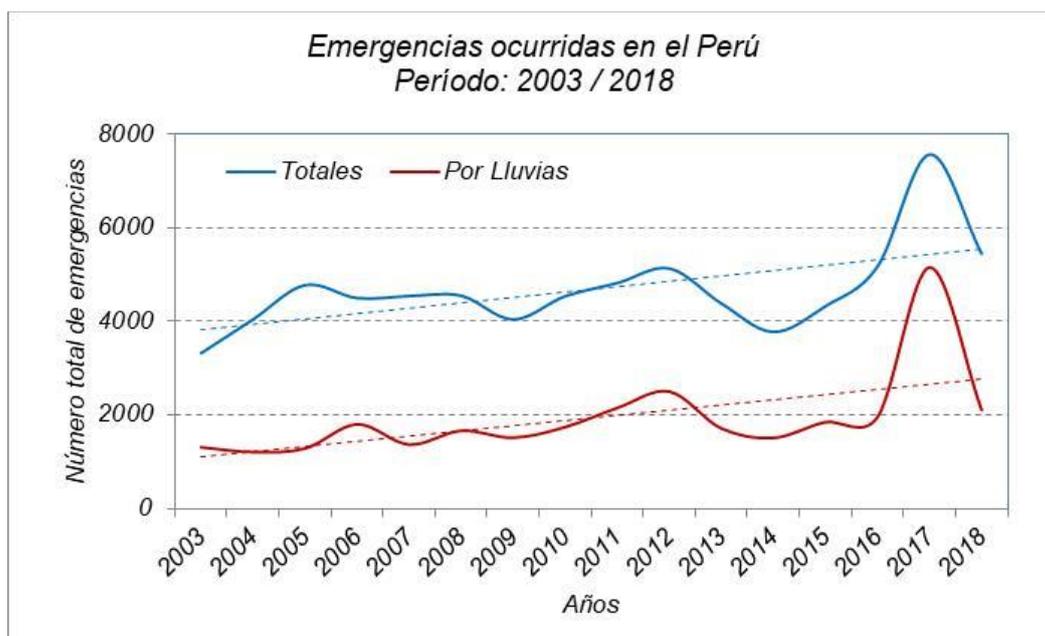


Figura 1.4. Comportamiento y tendencia de las emergencias en el Perú

Fuente: Elaboración propia (datos de INDECI, 2019)

1.3.- Antecedentes

Debido a la variabilidad climática, las cuencas hidrográficas están expuestas permanentemente a eventos extremos tales como las sequías, inundaciones, frías, heladas, olas de calor, tormentas de arena, tormentas tropicales, huracanes, movimientos sísmicos, tsunamis, etc., las cuales dependiendo de su intensidad y frecuencias puede causar daños de índole considerables especialmente en aquellas que se encuentran urbanizadas. Como parte del desarrollo social, desde el 1879, se ha venido emitiendo a la atmósfera gases de efecto invernadero, los cuales han elevado los niveles de concentración y por ende están originando la exacerbación de las componentes de sistema climático y con ello la presencia de cambios en el clima y por ende el incremento en la recurrencia de la generación de los eventos extremos en intensidad y duración.

Para Herring Stephanie et al. (2019), de las evaluaciones realizadas a los eventos extremos ocurridos durante el 2017, se han detectado que estos se están volviendo más recurrentes en intensidad y frecuencia, como producto del cambio climático inducido por el hombre. Dentro de ellos tenemos las olas de calor que impactos en el sur de Europa (Kew et al., 2019), la ola de calor marina del mar de Tasmania (Oliver ECJ et al., 2019), las temperaturas calidad en la superficie del mar del océano Pacífico occidental (Funk et al., 2008) y la recurrencia de sequías en las grandes llanuras de lo norte de EE.UU. (Hoell et al., 2019; Wang et al., 2019).

Dichos eventos generan una serie de impactos, entre los cuales tenemos: social, infraestructura, ambiental y económico, que se originan por el manejo inadecuado del riesgo climático, provocando grandes pérdidas económicas que alcanzan inclusive porcentajes muy importantes del PBI. En el caso de Bolivia, los eventos que generan mayores desgastes económicos son las Inundaciones, Sequías y otros eventos climáticos, que fueron evaluadas para determinar el grado de vulnerabilidad del país (**Tabla 1.5**); mediante la utilización de modelos econométricos que dieron como resultados la existencia de relaciones funcionales a largo plazo entre la inversión pública y el saldo de la balanza comercial (García M. y Naranjo H., 2016).

Tabla 1.5. Tipos de desastres naturales en Bolivia 1980-2012

Tipo de desastre natural	Porcentaje de ocurrencia
Geofísicos	10,85
Meteorológicos	3,61
Hidrológicos	53,01
Climatológicos	20,48
Biológicos	12,05
Total	100,00

Fuente: García et al. (2016)

Para Jaramillo (2009), la recurrencia de los eventos extremos relacionados con las lluvias intensas y descensos de temperatura, que dan origen a la ocurrencia de desbordes, inundaciones y sequías, están directamente relacionadas con el aumento e intensidad del cambio climático en la década pasada. Es por ello que se requieren planes a largo plazo, para

generar niveles significativos en la reducción del riesgo de desastres; en este caso, Bolivia no es ajena a esta problemática, debido a la biodiversidad que posee en la zona amazónica, la cual es vulnerable a los impactos naturales registrando inundaciones por el mecanismo activador de la precipitación.

Dicha vulnerabilidad, es un estado originado por las acciones antrópicas que realiza el ser humano dentro del ecosistema, generando fortaleza o debilidades a la sociedad para afrontar las amenazas naturales (UNISDR, 2001). Por ello es importante determinar relaciones funcionales entre dichas variables, con el fin de reducir el número de víctimas, proceso que fue realizado por (Kahn M.E., 2005; Toya H. and Skidmore M., 2007; Raschky P.A., 2008; Blankespoor B., et al., 2010), a través del análisis de la vulnerabilidad medida por el número de muertes por desastres natural en 57 países y en algunos casos se ha determinado en un país específico durante un intervalo de tiempo dado.

Para Brouwer L. (2019), los cambios en los patrones de comportamiento del clima son múltiples y están generando al mismo tiempo consecuencias negativas y positivas. En relación a los aspectos relacionados con los eventos extremos, estos proporcionan un escenario parcial de las pérdidas y daños que generan, sin dejar de lado que existen otros mecanismos que no están relacionados con los eventos climáticos extremos; como es el caso de los procesos de inicio lento, como es la temperatura promedio, precipitación promedio, el aumento del nivel del mar, pérdidas de hielo y cubierta de nieve, aumento de la temperatura del agua en los ríos, lagos y océanos (Serdeczny, 2018; Van Der Gees et al., 2018). Sin embargo, en relación con las pérdidas y daños originados por estos eventos extremos y que están documentadas en bases de datos, surge la inquietud si dichos datos son adecuados para un monitoreo integral y análisis de las pérdidas y daños causados por el cambio climático.

Para Gall (2015), considera que dichas bases de datos deberían ampliarse, no solo para los casos de los eventos extremos, sino también para los eventos de inicio lento; así como también para las pérdidas por los impactos indirectos. A pesar de ello, las bases de datos dan la oportunidad de poder monitorear y evaluar los impactos socio económicos originados por el clima extremos y el cambio climático (Bouwer, 2013; James et al., 2018).

En la **Tabla 1.6**, muestra los cambios ocurridos bajo la presencia de climas extremos y su relación con el forzamiento antropogénico, el cual fue evaluado por el IPCC (2012) y plasmado en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2013), indicando que se observa un aumento en la frecuencia de los eventos extremos; debido a que la naturaleza poco común de los extremos, por lo cual su análisis siempre se ha realizado para periodo de retornos de 100 años o más, por lo que en los últimos años, se le ha dado una mayor importancia a modelar y estimar la ocurrencia e intensidad de los eventos extremos.

En relación con la serie de evaluaciones realizadas por muchos investigadores (IPCC, 2012; Handmer et al., 2012; Cramer et al., 2014; Arent et al., 2014), nos indican que las pérdidas peligros naturales han aumentado independientemente de las causas del aumento; además, se observa que las pérdidas por peligros relacionados con el clima han aumentado rápidamente en comparación a los eventos geofísicos (terremotos). Por otro lado, también se logra identificar que las pérdidas económicas generadas por los eventos extremos, está relacionado al aumento de la riqueza y la exposición.

Tabla 1.6. Relación entre condiciones climáticas extremas y contribución humana

Clima Extremo	Observaciones de cambios pasado	Contribuciones humanas
Días y noches más cálidos (y / o menos fríos) ^a	<ul style="list-style-type: none"> Muy probable aumento (disminución) en la frecuencia en la mayoría de las áreas terrestres 	Muy probable
Olas de calor ^a	<ul style="list-style-type: none"> Probable aumento en grandes partes de Europa, Asia y Australia. 	Probable
Precipitaciones fuertes ^a	<ul style="list-style-type: none"> Probable aumento en más áreas de tierra que disminuye 	Confianza media
Inundaciones fluviales ^b	<ul style="list-style-type: none"> Evidencia limitada a media para los cambios en la frecuencia de las inundaciones de los ríos a nivel regional. Baja confianza para la señal de cambio de las inundaciones de los ríos a nivel mundial 	-----
Sequía ^a	<ul style="list-style-type: none"> Baja confianza en el cambio a nivel global Cambios probables en algunas regiones (aumento en el Mediterráneo y África occidental; disminuciones en el centro de América del Norte y el noroeste de Australia) 	Baja confianza
Ciclones tropicales ^a	<ul style="list-style-type: none"> Baja confianza en el aumento de la actividad (intensidad y frecuencia) en escalas de tiempo de 100 años Prácticamente cierto en el Atlántico Norte desde 1970 	Baja confianza
Ciclones extra tropicales ^b	<ul style="list-style-type: none"> Probable desplazamiento de las pistas de tormentas hacia los postes en los hemisferios norte y sur 	-----
Niveles extremos del mar ^a	<ul style="list-style-type: none"> Probable aumento desde 1970 	Probable

^a IPCC, 2013^b IPCC, 2012

Fuente: traducido de Bouwer L. (2019)

En la **Figura 1.5**, apreciamos la evolución del riesgo pasado, presente y futuro en relación con el cambio climático, y como este riesgo puede reducirse o evitarse a través de procesos de

protección o prevención. A pesar de ellos, siempre quedar un riesgo residual; debido a que los costos de eliminarse el riesgo se consideran más altos que incurrir en los mismos costos (Schinko et al., 2018). A pesar de ello, se estima que el riesgo actual se incrementa al aumentar la exposición y el cambio climático antropogénico, incidiendo en el aumento de la cantidad de pérdidas y daños, no contemplados por la reducción y adaptación del riesgo de desastres.

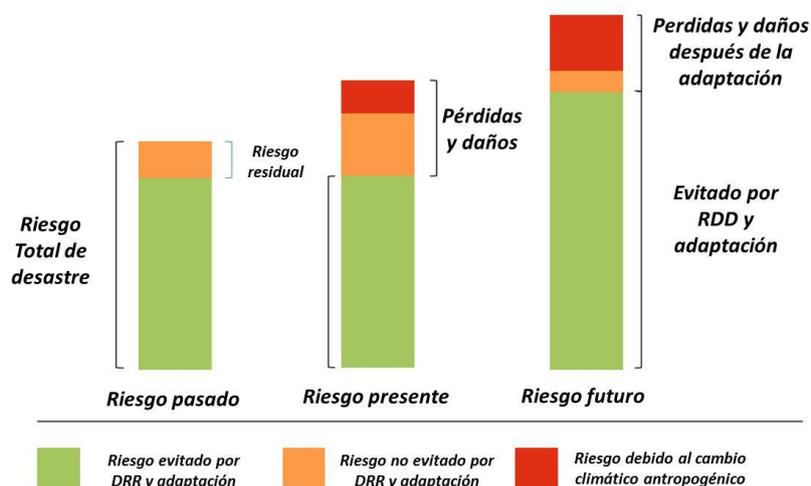


Figura 1.5. Riesgo pasado, presente y futuro por fenómenos meteorológicos extremos y la relación de pérdidas y daños
Fuente: traducido de Bouwer (2019)

Según los análisis desarrollados por investigadores sobre esta temática, se ha determinado en el caso de USA que los impactos originados por los ciclones tropicales, recién podrán ser separados de los registros de pérdidas, a finales del este siglo (Crompton et al., 2013); mientras que para Muis et al. (2016) indican que en Indonesia el riesgo por inundación costera y fluvial en el futuro será impulsado por el aumento de la exposición, lo cual es corroborado por Preston (2013) que manifiesta que los peligros climáticos en los EE.UU. tendrán un impacto en las pérdidas hasta el 2050.

Armah Frederick et al. (2010) en su investigación titulada "Impact of Floods on Livelihoods and Vulnerability of Natural Resource Dependent Communities in Northern Ghana", considera que África Subsahariana es muy vulnerable a la variabilidad climática e inundaciones; siendo esta última, la que ha registrado un aumento significativo por lo cual se buscó entender la dinámica de los impactos generados por las inundaciones en las comunidades al norte de Ghana. La generación de estrategias apunta a que el entorno sociocultural pretende mitigar el riesgo y reducir la vulnerabilidad, para ello define que las redes sociales juegan un papel preponderante en la mejora de la seguridad del medio de vida de la población.

Para Coromese Matteo et al. (2018), en su investigación titulada "Natural Disaster Risk and the Distributional Dynamics of Damages" nos indica a través de estudios desarrollados en conocer la relación entre el cambio climático y los eventos extremos, no se logra encontrar patrones de comportamiento que permita definir con claridad la relación a través de los daños económicos que generan los desastres naturales; sin embargo, también nos aclara que es probable que el cambio climático genere un aumento en la magnitud de los daños (Van Aalst,

2006; IPCC, 2007, 2012). Muchos estudios, basan su investigación en tratar de entender únicamente los niveles de tendencias a través de los análisis de regresión de los datos acumulados anualmente; por lo que, en esta investigación, se plantearon una serie de análisis entre los cuales mencionamos: análisis del comportamiento de toda la distribución de pérdidas económicas y humanas, así como también la aplicación de análisis de momentos, cuantiles y estimaciones no paramétricas y regresiones a nivel de cuantiles. A pesar de ello los resultados generados solo muestran que las regresiones medias subestiman la contribución real de los daños.

Para el desarrollo de la investigación utilizo la data recopilada a nivel mundial por la EM-DAT, lo cual se seleccionaron los desastres que pudieran estar relacionados con el cambio climático (inundaciones, temperaturas extremas, sequías, tormentas, incendios forestales, y deslizamiento de tierra), habiéndose seleccionado de la base de datos a 189 países con información correspondiente al período 1960 / 2015. A dicha información se le adicionó lo relacionado a las componentes macroeconómicas y demográficos, lo que nos llevó a fusionar la base de datos de EM-DAT y PWT (Feenstra et al., 2015). De los análisis desarrollados se logró caracterizar las muertes a nivel de media y varianza registran una tendencia decreciente; sin embargo, la curtosis y asimetría registran tendencias crecientes. Para la componente relacionada con las pérdidas económicas, en cada uno de los casos analizados, apreciamos una tendencia creciente en el comportamiento que nos indica que la distribución de los puntos se aglutina a la derecha de la media (**Figura 1.6**).

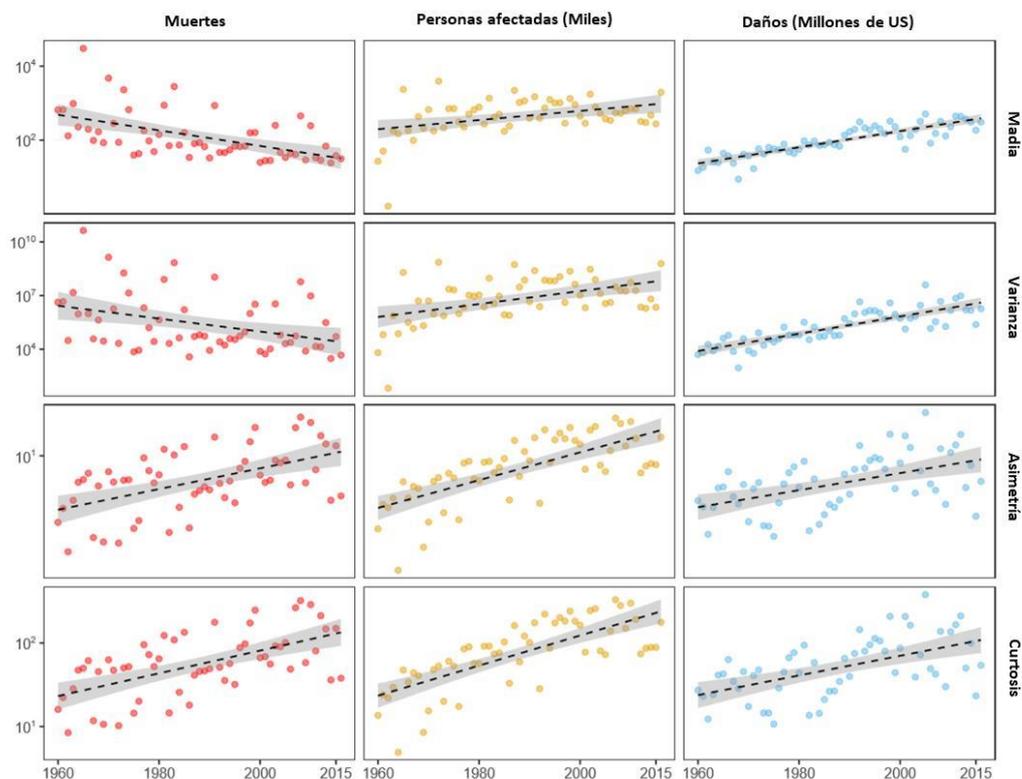


Figura 1.6. Comportamiento de los desastres basadas en momentos
 Fuente: traducido de Coromese M. et al. (2018)

CRED Cruch (2019), en su boletín Issue N° 56, desarrolla un análisis integral de la problemática de desastres en África para el período 2000/2019, determinando que todos años esta región experimenta permanentemente diferentes tipos de desastres, los cuales a veces pasan desapercibidos por los eventos registrados en Asia y América, cuyas intensidades superan muchas veces los impactos y sus costos; sin embargo, África, es una región en la cual se viene registrando un desarrollo poblacional creciente y como producto de ello también se viene dando un crecimiento en el impactos del cambio climático, lo que con lleva a concluir que los impactos por desastres naturales probablemente aumentara en la próximas décadas. Siendo este continente conformado por más de 50 países y con un área aproximada de 30 millones de kilómetros cuadrados de tierra, la amenaza de los peligros naturales experimentara una variabilidad según su geografía y la estación del año. Como resultados del análisis integral se ha elaborado la **Figura 1.7**, en la cual se muestra el panorama de los tipos de desastres que han ocurrido en el África entre las cuales se han presentado: Sequías, Temperaturas extremas, Inundaciones y Tormentas, apreciándose que las sequías mayormente se presentan al sur de África y en el cuerno de África y Sahel; mientras que gran parte del África central y occidental han experimentado problemas de inundaciones.

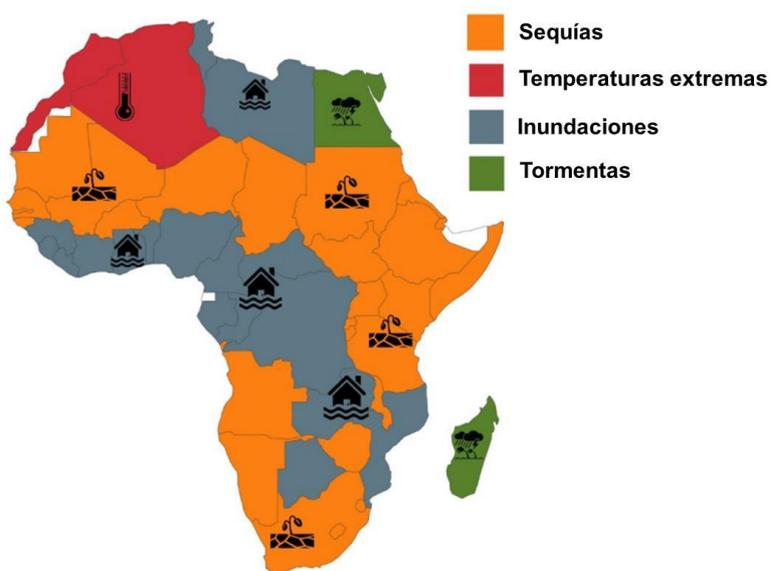


Figura 1.7. Tipos de desastres en el África (2000 -2019)
Fuente: Traducido de CRED Cruch (2019)

Como observamos en la **Figura 1.8**, los eventos relacionados con las inundaciones representan el 64% de los desastres generados en el África durante el período de 2000 / 2019, mientras que solo generan el 32% de muertes y el 16% de los afectados; sin embargo, la sequía que se presentan en un 11% en el continente, genera el 46% de muertes y el 80% de los afectados. Ambos eventos están directamente relacionados con el clima, en base a la presencia o ausencia de las precipitaciones. Esto queda corroborado en el 2010, cuando una sequía en Somalia provoco la muerte de 20,000 personas.



Figura 1.8. Análisis comparativo por tipo de desastre
Fuente: traducido de CRED Cruch (2019)

Para Zhou Quianqian et al. (2019), en su investigación titulada "The Role of Hazard and Vulnerability in Modulating Economic Damage of Inland Flood in the United States Using a Suvery-Based Dataset", evalúan la tendencia de los daños económicos originados por los tipos de inundaciones continentales (inundaciones, inundaciones repentinas, lluvias fuertes) ocurrido en USA para el período comprendido entre 1996 / 2016. La NOAA durante dicho periodo, informo que en promedio se ha presentado un total de 6518 caos de inundaciones; causando daños económicos de 3351 millones de dólares por año. Del total de los eventos extremos analizados, se tiene que el 53% corresponde a las inundaciones repentinas y el 32% a las inundaciones, cuyos impactos están directamente relacionados a las intensidades de la precipitación; mientras que las inundaciones, se basan en el aumento de la frecuencia anual y la intensidad del peligro; así como la vulnerabilidad y exposiciones de las poblaciones que van en aumento en función al desarrollo urbano y económico.

Sobre la base de ello, entendemos que las inundaciones es uno de los peligros naturales que causa los mayores daños a la sociedad y al medio ambiente, originando a nivel mundial, pérdidas económicas que superan los 19 000 millones de dólares y cuya tendencia está en procesos crecientes (Kundzewicz Z.W. et al., 2014; Easterling D.R. et al., 2000; Philip J.W. et al., 2013; IPCC, 2012). Los daños por inundaciones, por lo general son atribuidos no solo a los patrones cambiantes en las precipitaciones; además, a los cambios poblacionales que se vienen registrando; así como también, al grado de exposición de las zonas urbanas (Zhou Q. et al., 2012; Tanoue M. et al., 2016; Jogman B. et al., 2015; Floodsite, 2009).

La importancia de conocer la relación funcional entre el riesgo por inundación y su correspondiente proceso de mitigación, ha llevado a generar investigaciones que muestren la correlación entre el riesgo por inundación y los daños, lo que ha llevado a identificar que los eventos de lluvias fuertes de dos días y el número de días húmedos están altamente correlacionados con los daños por inundaciones (Zhou Q. et al., 2017). Además, Mallakpour I. and Villarini G. (2015) determinaron que el incremento de la frecuencia de las inundaciones en el centro de los USA (1962 / 2011); se debió principalmente a los cambios estacionales de la precipitación. Mientras que para otros investigadores argumentan que el alza en los daños por las inundaciones es por crecimiento de la población y el nivel de riqueza, estilo de vida y los cambios demográficos que se vienen experimentando (Kundzewicz Z.W. et al., 2014; Changnon S.A. et al., 2000; Wing O.E. et al., 2018).

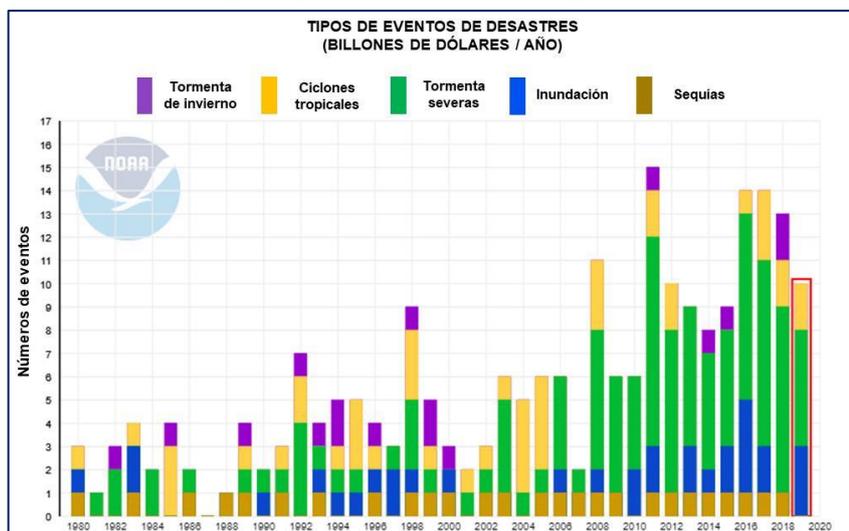
Sobre la base de investigaciones desarrolladas, se ha podido conocer que los peligros por lo general se miden por la intensidad y la profundidad de las precipitaciones, la escorrentía y la profundidad de la inundación, la frecuencia, la duración y el alcance del evento de inundación (Pielke R.A. and Downton M.W., 2000; Zhou Q. et al., 2017; Barredo J.L., 2007); mientras que la vulnerabilidad se caracteriza por indicadores altamente agregados como el producto bruto interno (PBI) y el crecimiento de la población (Wing O.E. et al., 2018; Visser H. et al., 2014; Neumayer E. et al., 2011; Hallegatte S. et al., 2013).

La necesidad de evaluar estas interacciones naturaleza y sociedad, han lleva a algunos investigadores a generar indicadores para representar mejor la vulnerabilidad regional; es así que Peduzzi et al. (2012) hace referencia a que la relación entre el número de personas fallecidas y el número total de personas expuestas es mayor en aquellas zonas altamente vulnerables; mientras que para Wu et al. (2018) describe la vulnerabilidad en función a los daños económicos y muertes de la población expuesta.

McPhillips Lauren E. et al. (20118), en su investigación “Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review” manifiestan que los eventos extremos son de gran importancia; debido a los impactos que se generan en los sistemas sociales, ecológicos y técnicos. Además de hacer una precisión de que los eventos extremos están aumentando a nivel de frecuencia y de magnitud, como consecuencia del cambio climático antropogénico; sin embargo, el escenario es aún más complicado si tenemos en consideración los desarrollos de urbanizaciones y la expansión de centros e infraestructuras urbanas. Finalmente, también nos indica que varias especialidades técnicas, están dedicadas a generar conocimiento sobre esta temática, a pesar de que no existe unas coherencias en lo que es y cómo se define un evento extremo, impidiendo de esta manera la capacidad de comprender y gestionarlo de una manera integral.

Los peligros naturales, a través de la historia han afectado a las comunidades, generando grandes pérdidas socio económicas, y que se vienen incrementado de una manera alarmante (**Figura 1.9**) provocando impactos severos en las componentes sociales, ecosistemas y técnicos, que se traducen en personas afectadas y pérdidas económicas, por la mala ubicación de los centros urbanos los cuales se asientan en áreas vulnerables y expuestas a peligros latentes de origen hidrometeorológico (UNISD, 2013; Chang et al., 2012; Brower, 2010; Chang & Franczyk, 2008; IPCC, 2012; Mendez-Lazaro et al., 2015, 2017; Neumann et al., 2015).

Figura 1.9. Pérdidas por tipos de desastres
Fuente: Traducido de NOAA (2020)



A pesar de ello, se han logrado mitigar ciertas

exposiciones a través de soluciones ingenieriles mejoradas y tecnología de pronósticos temprano, las cuales contribuyen a reducir las pérdidas de vidas e impactos financieros y de infraestructuras, logrando con ello a que las ciudades sean más resiliente; lo que conllevaría a que las ciudades tenga la capacidad para que el sistema técnico - ecológico – social, puedan resistir los choques y las perturbaciones (Chang et al., 2012; Fuchs et al., 2011; Wilby & Keenan, 2012; Rosenzweig et al., 2010; Meerow et al., 2016; Gallopin et al., 2006).

También se manifiesta que, a nivel global, la temperatura y precipitación diaria máxima están aumentando desde 1861 (Westra et al., 2012; Folland et al., 2001); sin embargo, el IPCC (2012), manifiesta que es muy probable que se haya registrado un incremento en la cantidad de días y noches cálidas, por lo cual se espera que los eventos de calor extremo aumenten en frecuencia, intensidad y duración a lo largo del siglo XXI (Neehl y Tebadi, 2004). Además, en relación con el ciclo hidrológico, los modelos nos indican que experimentara una aceleración lo que provocara un clima más cálido que generara impactos potenciales en la frecuencia de los eventos extremos, como producto de días con fuertes precipitaciones (Huntington, 2006).

Esto nos lleva a tratar de entender la dinámica de la evolución de los fenómenos meteorológicos extremos, lo que nos está llevando a un aumento en su interés, por lo cual muchas disciplinas vienen desarrollando estudios e investigación; siendo la climatológica la que cuenta con el mayor número de artículos relacionados con la variabilidad del clima, lo que se traduce en impactos por lluvia, inundaciones, calor y sequía (**Figura 1.10**). La presencia de eventos extremos no tiene fronteras; debido a que su presencia es en todos los continentes, teniéndose las mayores recurrencias en Europa y Asia-Pacífico, tal como se aprecia en la **Figura 1.11**.

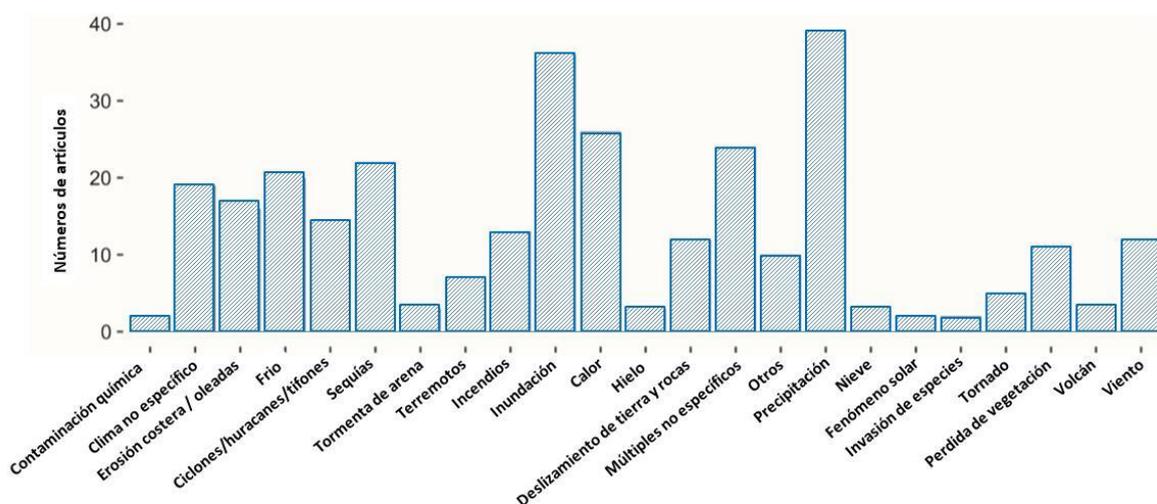


Figura 1.10. Tipos de eventos extremos analizados
 Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

A nivel espacial, menos del 10% de los artículos revisados por McPhillips Lauren E. et al. (2018), tuvieron como análisis principal a las áreas urbanas, a pesar de que en ellas se concentran las zonas urbanas y población. El 87% de los trabajos revisado incluían en su componente la definición de eventos extremos (**Figura 1.12**); mientras que un 27% de ellos habían definido evento extremo de una manera generalizada enmarcada en los tipos de eventos (Impacto; Sura, 2011), el resto lo había definido de manera específica en función los eventos (índice de precipitación estandarizada; Zhang et al., 2014).

Cuando se vio le tema de la caracterización de los eventos extremos, menos de la cuarta parte de los artículos habían considerado los términos intensidad, frecuencia y duración; sin embargo, el termino más discutido fue el de la magnitud (54%) y el de los impactos (23%).

En base al análisis desarrollado por McPhillips Lauren E. et al. (2018), logra identificar del mar de artículos revisado, que el 12% de ellos no dan una clara definición; mientras que el 51% no plasmo nada referente a una definición clara de evento extremos, lo que nos ha llevado a tener que admitir que lograr clarificar una solo y que sea homogénea entre todas las disciplinas y englobe sus impactos, es realmente difícil. Cada disciplina, utiliza un término para describir al evento y su impacto externo; sin embargo, se encontró que por lo general de manera explícita se utiliza el término “evento extremo” o similares, pero con diferente connotación. Por ejemplo en la especialidad de ecología emplean el término “perturbación”, mientras que en la ciencia de la tierra, hidrología, ingeniería y ciencias sociales, usan “peligro” para referirse a eventos de diversas magnitudes; mientras que “desastre” por lo general es utilizado en las

ciencias sociales, para identificar eventos con fuerte impactos sustancial, tal como se aprecia en la **Figura 1.13**.

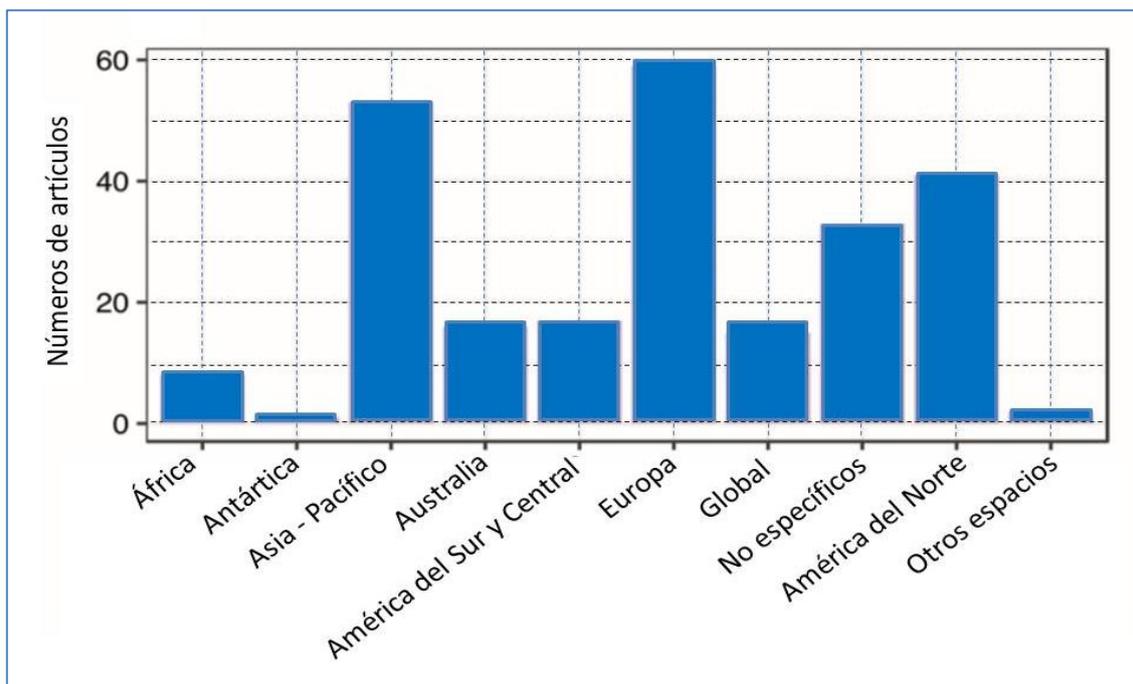


Figura 1.11. Regiones con estudios relacionados con los eventos extremos
 Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

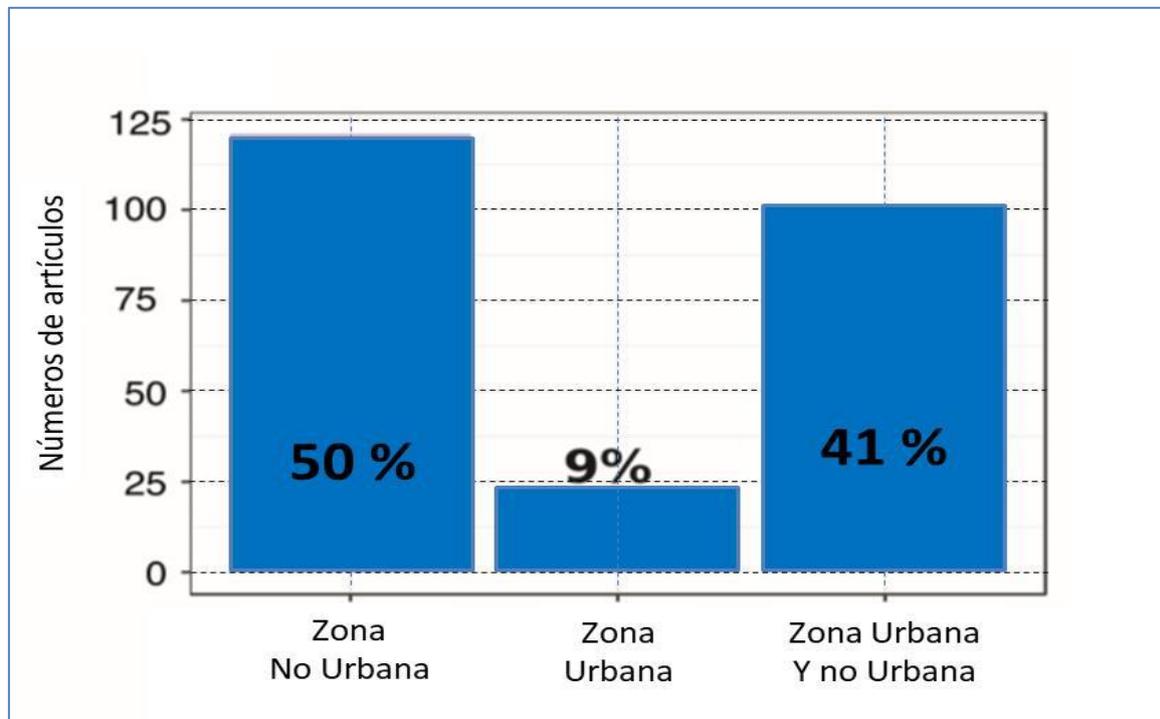


Figura 1.12. Zonas urbana y no urbana, con estudios de eventos extremos
 Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

Finalmente, muchos autores centran sus investigaciones en tratar de disminuir los impactos negativos, lo que nos lleva a identificar que la mayoría de las definiciones de eventos

extremos”, está relacionada con el impacto que genera; por ello es importante que cuando se defina con claridad evento extremo, este separado lo que es eventos e impacto.

La gestión de estos está en función a su imprevisibilidad, lo que se verá aún más alterado por el cambio climático que generará una alteración en la frecuencia y la duración de los eventos, provocando que los tomadores de decisión tengan problemas para poder definir estrategias sobre la base de ideas de consultorías, expertos y académicos, en términos sociales y económicas (Mitchell, 2006).

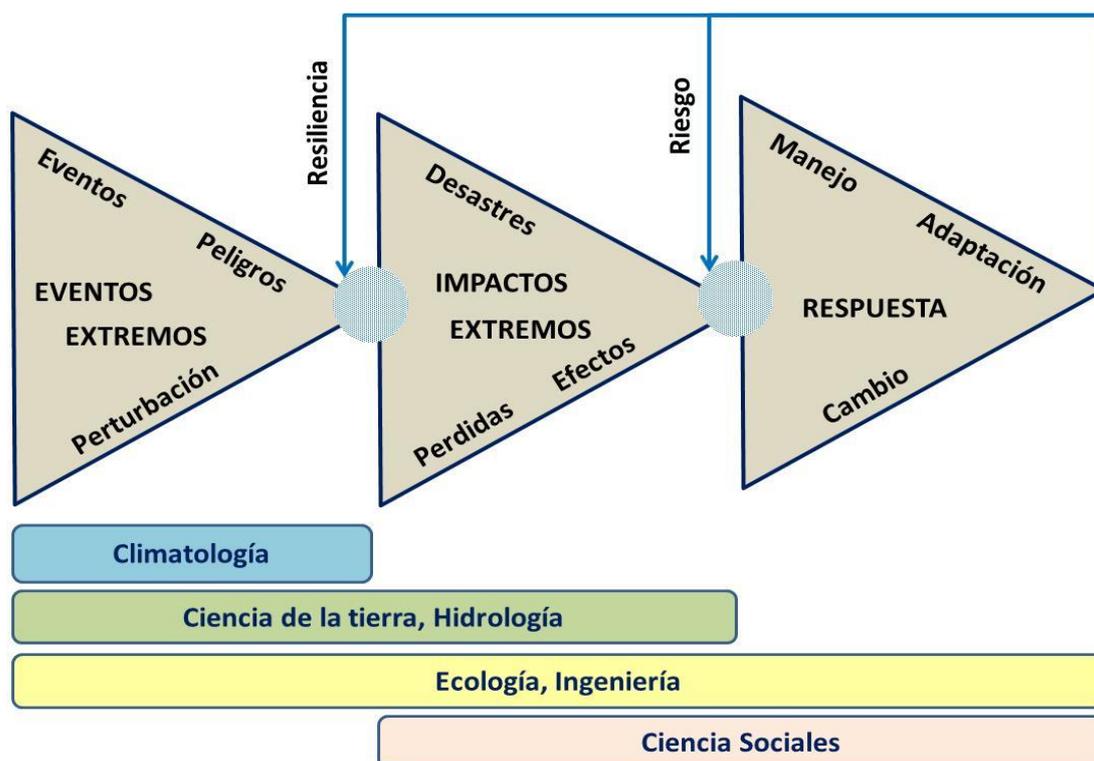


Figura 1.13. Esquema de conceptualización de eventos extremo. Impactos y respuestas en relación con las diferentes especialidades seleccionadas
 Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

Para Lozano S. DC. et al. (2015) los eventos climáticos extremos incrementaran la vulnerabilidad social en Guatemala, en especial para aquellas zonas rurales que dependen exclusivamente de los recursos naturales (Gutiérrez-Montes et al., 2012), lo que conllevaría a generar el desplazamiento de la población, tanto desde el punto de vista interno como externo, lo que es llamada la migración climática (IPCC, 2007; Warner et al., 2009; Unicef, 2010; Kniveton y García, 2012; Larna-URL, 2012). Sin embargo, para otros investigadores no existe migración debido a eventos climáticos extremos, ya que señalan que la migración es un fenómeno social en la cual las personas se desplazan para mejorar su calidad de vida (Gellert, 2000; OIM, 2008; Calleros, 2012). Pero también, al mismo tiempo es un proceso de adaptación debido a la interacción entre los seres humanos y su entorno. De acuerdo con las proyecciones desarrolladas, se han pronosticado entre 25 a 1000 millones de migrantes climático para el 2050 a nivel mundial (Warner et al., 2009; Jungehulsing, 2010), por lo cual la importancia de encontrar relaciones funcionales entre ambos fenómenos.

Según Nikolaos C. et al. (2019), en su investigación “The Extremely wet march of 2017 un Peru” manifiestan que las precipitaciones ocurridas durante marzo de 2017 fueron superiores a sus normales, ocasionando inundaciones generalizadas que obligaron a declarar en emergencia la mitad del país. Esto conllevó a la pérdida de 177 personas y a un costo estimado por daños de 3.1 millones de dólares (EM-DAT, 2017; Sanabria et al., 2018).

En la **Figura 1.14a**, apreciamos el comportamiento del Índice de Oscilación del Sur (SOI; CPC, 2017) en la cual se representa la ubicación del mes de marzo de 2017 y en la **Figura 1.14b**, se tiene las anomalías de precipitación generadas mediante el reanálisis (NCEP-CCAR - línea negra) y datos HadGEM3-A simulaciones multidecadales (ALL - líneas naranjas) y la obtenida mediante los datos observados (NAT - línea azul) durante la predicción de El Niño (Fraser, 2017) observándose claramente la relación funcional entre ambas variables (Trembert et al., 2016; Garreaud, 2018; Rhein et al., 2013).

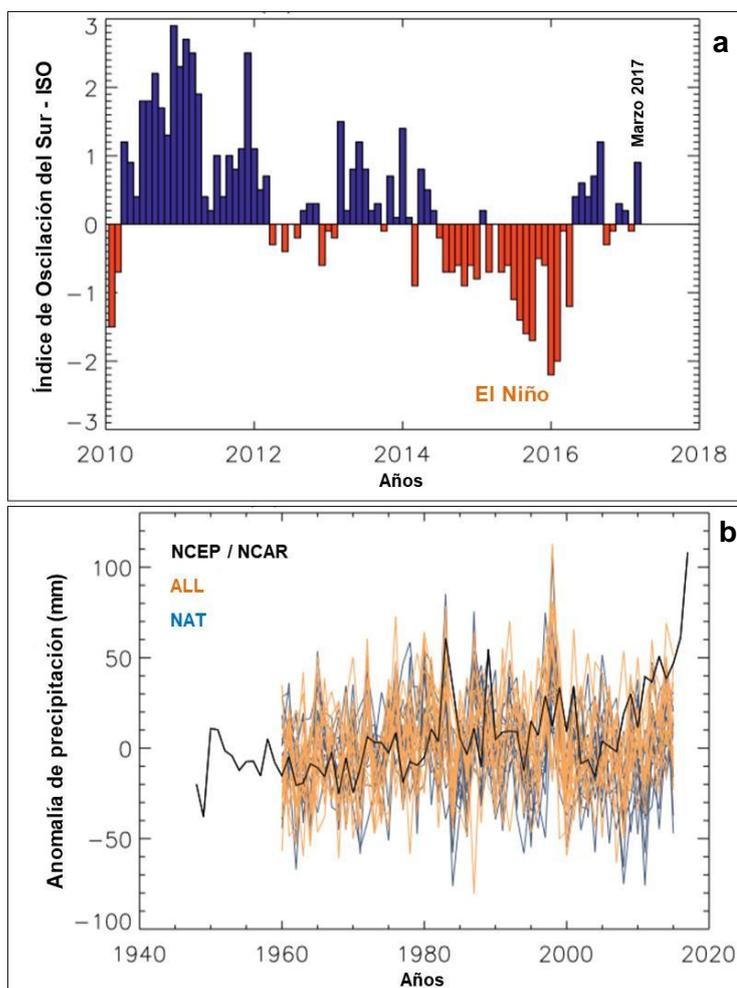


Figura 1.14. a) Comportamiento del índice de SOI
b) Anomalías de precipitación en el Perú
Fuente: Traducido de Nikolaos C. et al. (2019)

La investigación busca responder a dos preguntas básicas: 1.- ¿La influencia antropogénica ha alterado la probabilidad de la lluvia extrema de 2017 en Perú, dada la anomalía oceánica cálida presente en ese momento? 2.- ¿Cómo afecta la presencia de tal anomalía de TSM la probabilidad actual de lluvia extrema en la región? Para responder dichas preguntas se hizo uso del Centro Hadley, mediante el cual se generaron un conjunto de 525 simulaciones (ALL y NAT) para el primer trimestre del año 2017.

Los análisis comparativos de las estimaciones de ALL y NAT, nos indican que los forzamientos antropogénicos aumentan la probabilidad de extremos entre los eventos de diferentes intensidad y duración. Además, se aprecia que la influencia humana conduce a cambios en la distribución de la lluvia en marzo (Figura 1.15a), mientras que la mayor influencia antropogénica en los eventos extremos (1 a 100 años) se ve reflejada en la Figura 1.15b, en función a las razones de riesgos estimadas, entendiéndose que la incertidumbre aumenta en la probabilidad. Para las Figuras 1.15c y d, se muestran las anomalías de la TSM de 2017, donde hay un cambio marcado en la distribución de la precipitación lo que origina un

aumento de la probabilidad de extremos; sin embargo, las anomalías son muy débiles cuando la probabilidad de eventos no tiene el efecto significativo de la TSM, por lo tanto, el nivel de incertidumbre es muy pequeño.

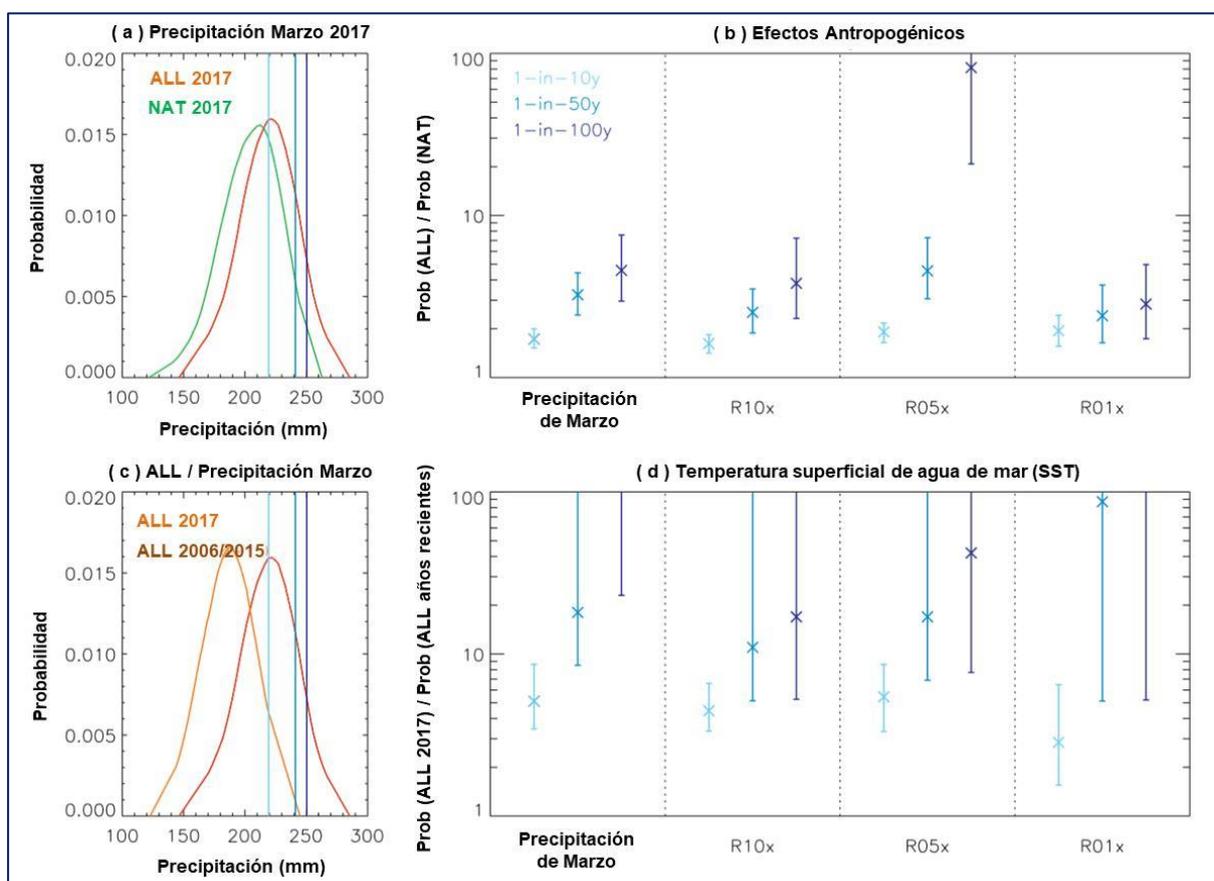


Figura 1.15 a) Precipitación estimada para marzo en función a ALL y NAT
 b) Efectos de la influencia antropogénica en la precipitación marzo 2017
 c) Precipitación estimada para marzo 2017 y periodo reciente
 d) Anomalía de la TSM para el 2017

Fuente: Traducido de Nikolaos C. et al. (2019)

UNEP (2000), elaboró “Un análisis del fenómeno El Niño 1997/98 y su impacto ambiental en la región de América del Sur”, reconociendo que El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno global de interacción entre el océano y la atmósfera, originando fluctuaciones en la temperatura superficial del agua de mar y la presión del aire en el Pacífico, dando origen a episodios cálidos y fríos, más conocido como El Niño / La Niña.

Durante el 1997, se inicia un evento cálido de El Niño, cuya intensidad supera al registrado durante el año 1982/83, lo que origina que la comunidad científica lo clasificara como el más intenso del siglo veinte. Esto llevó a que la región andina experimentara cambios significativos en el ciclo hidrológico, conllevando a que se presenten excedentes hídricos en los países de Bolivia, Ecuador y Perú; mientras que, en los países de Colombia y Venezuela, déficit de agua. Esto conlleva a que se generen grandes pérdidas en la región andina, tal como se aprecia en la **Tabla 1.7**, donde los mayores montos se han registrado por excedente de precipitaciones, que dan origen a las inundaciones y avalanchas.

El Perú y Ecuador, fueron los países más afectados por la presencia del fenómeno El Niño 1997/98, originando daños del orden de 47% y 38% respectivamente, tal como se aprecia en la **Tabla 1.8**; mientras Bolivia, Colombia y Venezuela, registraron daños menores del orden de 7% y 1%.

Tabla 1.7. Total del daño generado por El Niño 1997/98 - Zona Andina

Tipo de daño registrado	Monto del daño generado (10 ⁶ US\$)	Porcentaje del Total (%)
Inundaciones y avalanchas	5,112	68
Sequía	826	11
Cambios en el océano	780	10
Prevención / emergencia	827	11

Fuente: UNEP, 2000 (CAF, 1998)

Tabla 1.8. Total de daños generado por El Niño 1997/98 - por países

País	Monto del daño generado (10 ⁶ US\$)	Porcentaje del Total (%)
Bolivia	527	7
Colombia	564	7
Ecuador	2,882	38
Perú	3,498	47
Venezuela	72	1
Total	7,543	100

Fuente: UNEP, 2000 (CAF, 1998)

Las mayores pérdidas registradas fueron en los sectores productivos con el 48% y el de infraestructura con el 23%.

La GIZ (2017), en su estudio sobre la “Movilidad humana, desastres naturales y Cambio Climático en América Latina”, señala que en el 2015 Latinoamérica experimento un desplazamiento de 1.5 millones de personas por acción de los desastres naturales y que se prevé que con el cambio climático esta situación se vea incrementada a lo largo del tiempo. Esto llevo al IPCC (2014) a indicar que la migración es una estrategia de adaptación eficaz, para dar respuesta a los eventos climáticos extremos, variabilidad y cambio climático.

Latinoamérica está clasificada como la zona de mayor fragilidad y vulnerabilidad, siendo los países de Haití, Guayanas, Bolivia, Honduras y Guatemala los más vulnerables; sin embargo, los niveles de respuestas varían en función al grado de resiliencia alcanzado por cada uno de ellos. A pesar de ello se espera que los patrones del comportamiento de las precipitaciones presenten cambios importantes que alteran la misma dinámica del ciclo hidrológico y por ende la probabilidad de mayores eventos extremos (OIM, 2017).

Las zonas más vulnerables son la cuenca amazónica y la amazonia andina, lugares donde naces la mayoría de los ríos que abastecen de agua a las principales ciudades de en Sudamérica; sumado a ellos se tiene el problema del retroceso de los glaciares que aun reduce más la disponibilidad hídrica, lo que conllevaría al incremento del desplazamiento de las poblaciones locales, especialmente los nativos (The New York Time, 2017). En la **Tabla 1.9**, se aprecia los tipos de eventos y personas desplazadas para América Latina por cambio climático y desastres naturales, para el período 2000 / 2015.

Tabla 1.9. Tipos de eventos extremos y personas desplazadas

Tipos de eventos	Personas desplazadas
Inundaciones	4 707 668
Actividades volcánicas	73 053
Deslizamiento de tierras	154 632
Eventos sísmicos	2 972 545
Incendios forestales	20 924
Total	7 928 822

Fuente: NCR, UNHCR, IDMC (2016)

En relación con ello, en el 2015, los desplazamientos que se registraron con mayor frecuencia fueron debido a los desastres provocados por las inundaciones (procesos rápidos); en Paraguay (171.000 personas), Brasil (59.000 personas), Venezuela (45.000 personas), Argentina (36.000 personas) y Uruguay (240.000 personas) (RESAMA, 2016). Para el PIK-BM (2014), existen ya evidencias de que el calentamiento climático viene generando incrementos térmicos del orden de 1.5°C especialmente en la región de Latinoamérica, siendo las sequias (procesos lentos) registras en el 2005 y 2010 en la cuenca Amazónica y la pérdida de los glaciares tropicales, que nos dan un panorama nada alentador en relación con los escenarios futuros que le espera la región.

Según Barandiarán Melissa et al. (2019), en el informe del BID titulado “Resumen Ejecutivo de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático”, manifiestan que Desastre viene de la palabra griega DES – “sin” y ASTRUM – “estrella” o “mala estrella” realizando una referencia hacia un mal augurio; mientras que RESILIENCIA buen de RE – “reiteración” y SILIENCIA – “salir” que nos indica que la cualidad de volver a salir adelante. Además, nos indica que América Latina y el Caribe, está permanentemente expuestas a desastres por amenazas de tipo naturales, así como por el cambio climático. Solo en el 2017, el Perú experimento fuertes inundaciones que dejaron una pérdida económica promedio de 3.1 billones de dólares. Sobre esta base, el BID, desarrollo políticas y estrategias para la gestión de riesgo de desastres y cambio climático en proyectos de infraestructura.

Soluciones Prácticas y Zurich (2017), realizan una investigación titulada “Managing El Niño Risks Under Uncertainty un Peru: Learning from the past for a more disaster-resilient future”, en la cual manifiestan que el Perú es una vía directa para los riesgo de desastres por El Niño como los ocurridos en el 1982/83, 1997/98 y 2016/17 (**Figura 1.16**), los cuales han generado

grandes pérdidas socio económicas al país, como producto de las fuertes precipitaciones que se registran en la cuenca y que generan fuertes inundaciones fluviales, deslizamiento de tierras y flujos de escombros (huaycos – **Figura 1.17**); como consecuencia de las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca las cuales presentan laderas empinadas, desnudas e inestables. Dichas condiciones generaron, durante el 1997/98 una serie de desastres naturales por acción de la precipitación y dando origen a diferentes tipos de eventos tal como se muestra en la **Tabla 1.10** con sus respectivos niveles de frecuencia y porcentaje de eventos reportados; apreciándose que la magnitud de los tipos de eventos registrados.

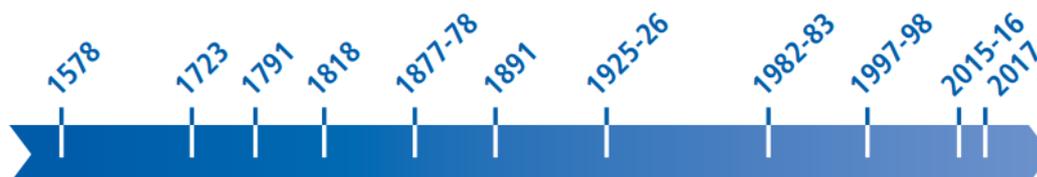


Figura 1.16. Cronología de los eventos El Niño en el Perú
Fuente: Soluciones Prácticas –Zurich (2017)



Figura 1.17. Quebrada árida propensa a ocurrencia de Huaycos
Fuente: Soluciones Prácticas –Zurich (2017)

En función a los daños sectoriales que se registran durante la ocurrencia de un evento El Niño, Soluciones Prácticas – Zurich (2017), realiza un análisis comparativo entre los tres eventos más emblemáticos que se han registrado en el país (1982/83, 1997/98 y 2016/17), en función a los impactos registrados, tal como se muestra en la **Tabla 1.11**, donde apreciamos claramente que a nivel del sector población se tiene una reducción significativa en los casos de muertes y heridos; sin embargo, a nivel de infraestructura (comunicación, centros de salud y colegios) han registrado un aumento significativo. En la valoración económica de las pérdidas generadas en estos tres eventos, se aprecia una tendencia creciente.

Tabla 1.10. Tipos de eventos extremos por acción de El Niño 1997/98

Tipo de evento	Frecuencia	% total de eventos reportado	Departamentos afectados a nivel Nacional
Precipitaciones intensas	444	34	Apurímac, Ayacucho, Piura, La Libertad, Lambayeque, Tumbes
Inundaciones	297	23	Ancash, Cuzco, Lambayeque, Lima, La Libertad, Piura, San Martín, Tumbes, Ica
Huaycos	229	18	Ancash, Arequipa, Lima, La Libertad
Deslizamientos	188	14	Ayacucho, Loreto, San Martín
Otros (Sequías, heladas, tormentas eléctricas)	143	11	
TOTAL	1301	100	

Fuente: Traducido de Soluciones Prácticas –Zurich (2017)

Tabla 1.11. Análisis comparativo de los daños registrados durante El Niño

Sector	1982 / 83	1997 / 98	2016/17
Población	<ul style="list-style-type: none"> • 512 muertes • 1,304 heridos • 1.27 millones afectados 	<ul style="list-style-type: none"> • 366 muertes • 1,053 heridos • 531,104 afectados 	<ul style="list-style-type: none"> • 114 muertes • 414 heridos • 1.08 millones afectados
Red de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • 2,600 km de vías dañadas • 51 puentes destruidos 	<ul style="list-style-type: none"> • 3,136 km de vías dañadas • 370 puentes destruidos 	<ul style="list-style-type: none"> • 6.614 km de vías dañadas • 326 puentes destruidos
Viviendas	<ul style="list-style-type: none"> • 98,000 casas destruidas • 111,000 casas dañadas 	<ul style="list-style-type: none"> • 48,563 casas destruidas • 108,000 casas dañadas 	<ul style="list-style-type: none"> • 41,632 casas destruidas • 242,433 casas dañadas
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • 875 colegios dañados 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,873 colegios dañados 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,150 colegios dañados
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • 260 centro de salud dañadas 	<ul style="list-style-type: none"> • 580 centro de salud dañadas 	<ul style="list-style-type: none"> • 726 centro de salud dañadas
Pérdida total en dólares	3.28 billion (1998 \$)	3.5 billion (1998 \$)	Estimated ~6-9 billion (2017 \$)

Fuente: Traducido de Soluciones Prácticas – Zurich (2017)

Para entender toda esta dinámica de las implicancias de los desastres originados por las acciones del clima, Huggel et al. (2015), desarrolla un análisis integral de las bases de datos de desastres como una herramienta para poder caracterizar el comportamiento y tendencia como mecanismos de que contribuya a la reducción de los riesgos de desastre y adaptación al cambio climático. Por ello selecciono tres tipos de base de datos: Eventos de emergencias (EM – DAT), Multinacional Latinoamericana (Desinventar) y Sistema Nacional de Información de Prevención del Perú (SINPAD), para lo cual planteo los análisis a nivel espacial (regional, local y nacional), temporal (eventos únicos a décadas) y por su métrica de desastre (número de eventos, personas muertas y afectadas). Como resultados, encontré ciertas limitaciones a la hora de definir los niveles de ocurrencia de desastres a nivel de década; sin embargo, a nivel de personas afectadas obtuvieron una tendencia creciente en su comportamiento. En relación con la métrica de los desastres, encontraron que existe una gran variación a nivel espacial y temporal, dependiendo de la base de datos.

1.4.- Problema

1.4.1. General

- *¿Cuáles son las relaciones funcionales entre las emergencias, daños y pérdidas económicas originadas por los eventos extremos relacionados con las precipitaciones?*

1.4.2. Específicos

- *¿Cómo los análisis exploratorios de los datos de ocurrencias de eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, en las bases de datos seleccionadas en la presente investigación, reflejan el comportamiento por del efecto de las precipitaciones?*
- *¿Cómo el análisis dendrológicos a los datos de ocurrencias de eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, de cada una de las bases de datos seleccionadas en la presente investigación, muestra conglomerados?*
- *¿Cómo el análisis de tendencias del comportamiento entre las ocurrencias de los eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, para los datos de las bases de datos seleccionadas en la presente investigación, no ayudan a entender las teles conexiones?*

1.5.- Objetivos

1.5.1. General

- *Evaluar las relaciones funcionales entre las emergencias, daños y pérdidas económicas originadas por los eventos extremos relacionados con las precipitaciones.*

1.5.2. Específicos

- *Desarrollar los análisis exploratorios de los datos de ocurrencias de eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, en las bases de datos seleccionadas en la presente investigación.*
- *Desarrollar los análisis dendrológicos a los datos de ocurrencias de eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, a cada una de las bases de datos seleccionadas en la presente investigación.*
- *Desarrollar los análisis de tendencias del comportamiento entre las ocurrencias de los eventos extremos, pérdidas de vidas, afectados y pérdidas económicas, para los datos de las bases de datos seleccionadas en la presente investigación.*

II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Marco teórico

Uno de los grandes problemas relacionado con la temática tratada en la investigación, es entender que es un desastre el cual es definido por UNISDR (2009) como “el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad y capacidades o medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas”; mientras que la vulnerabilidad, es entendida como “las características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza”.

McPhillips Lauren E. et al. (2018), en su investigación utiliza la Web of Science, para capturar artículos de investigación generados desde el 2006 al 2016, relacionadas a diferentes disciplinas, que para lo cual utiliza los términos siguientes:

Titulo (perturbación O evento extremo O clima severo O peligro O desastres)

Tema (clima O clima O meteorológico O hidrológico)

Tema (definición O definición O definición)

Dicho proceso permitió obtener un total de 244 documentos, los cuales fueron agrupados sobre la base del tipo de revista, el título del trabajo y el alcance del trabajo. Las disciplinas que fueron consideradas en la investigación fueron climatología (68), ciencia de la tierra (32), ecología (60) ingeniería (19), hidrología (14) y ciencias sociales - economía (51). De cada uno de los artículos seleccionados, se extrajo información relevante e contenido y definición de evento extremo, para lo cual se tuvo en consideración los términos: entorno, tipo de peligro, definición de eventos extremos y su características (duración, magnitud, intensidad, frecuencia e impacto / pérdidas). Con toda la información recopilada, se procedió a utilizar el software estadístico R, para generar un resumen integrado, así como también el análisis de palabras que nos permite extraer las definiciones de eventos extremos (McPhillips & Herndon, 2017). Finalmente se generó un análisis de frecuencia de las palabras seleccionadas en todas las disciplinas y aplicamos análisis de conglomerado para explorar la similitud de los términos utilizados en los artículos (**Tabla 2.1, Figuras 2.1 y 2.2**).

Sobre la base de ambos aspectos, Jaramillo et al., (2016) desarrollo su investigación teniendo como base de datos Emergency Events Database (EM – DAT), la cual anualmente es actualizada, lo que permitido contar con información específica para Bolivia para el período comprendido entre 1980 / 2012, registrando un total de 6251181 personas fallecidas, que representa en promedio 189 personas por año, 15 por mes y 0.5 por día. Además, se recopiló información del Banco Mundial sobre la demográfica y nivel de cultura de la población, así como de las variables macroeconómicas; con todo ello, se seleccionó el método de análisis de cointegración y la estimación de un modelo de corrección de errores, en vista que la desviación de equilibrio de largo plazo se corrige gradualmente mediante un ajuste a corto plazo.

El Vector de Corrección de Error (VEC), que está diseñado para ser usado con las series no estacionarias, se expresa de la manera siguiente:

Tabla 2.1. Frecuencias de palabras que más aparecen en los artículos por disciplina

Orden	Climatología	Ciencia de la tierra	Ecología	Ingeniería	Hidrología	Ciencias sociales
1	Eventos	Peligro	Perturbar	Oleada	Inundación	Desastre
2	Extremos	Área	Bosque	Viento	Eventos	Riesgo
3	Precipitación	Ola	Incendio	Eventos	Riesgo	Peligro
4	Modelo	Costa	Especie	Tormenta	Desastre	Resiliencia
5	Temperatura	Modelo	Área	Peligro	Modelo	Vulnerable
6	Región	Factor	Cambio	Extremos	Área	Cambio
7	Clima	Altura	Suelo	Vulnerable	Peligro	Eventos
8	Día	Roca	Estudio	Modelo	Agua	Comunidad
9	Datos	Data	Árbol	Inundación	Rio	Clima
10	Observación	Nivel	Clima	Data	Año	Estudio

Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

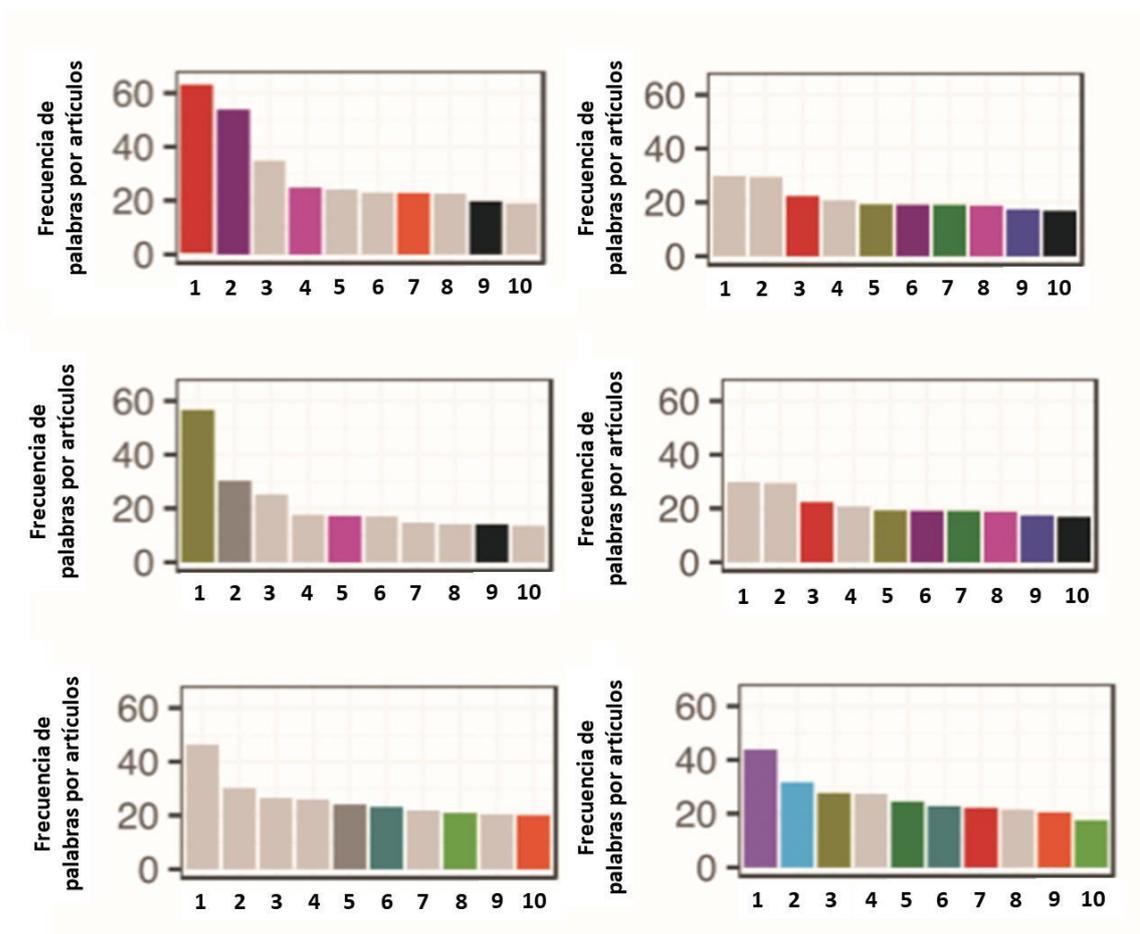


Figura 2.1. Distribución de frecuencias de las palabras que más aparecen en los artículos

Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

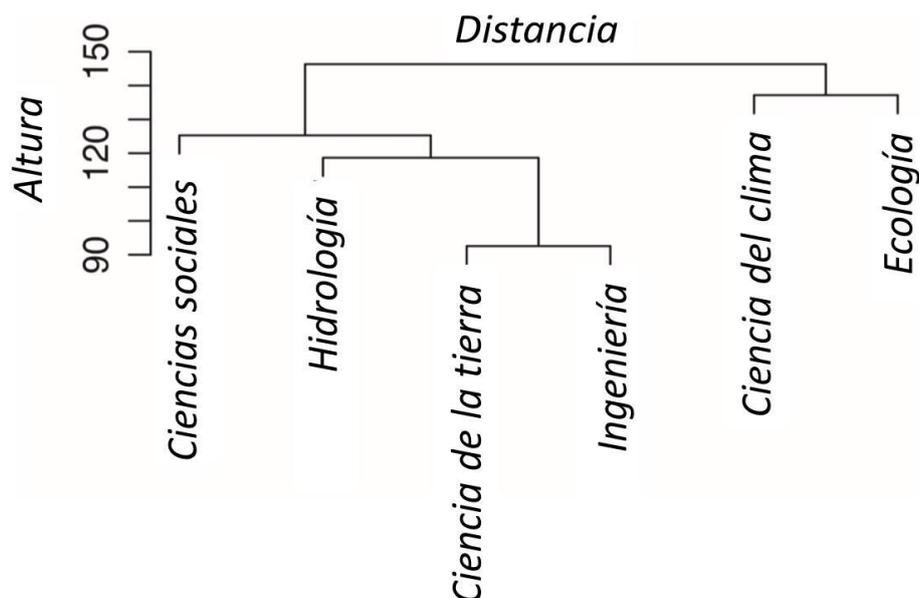


Figura 2.2. Dendrograma de conglomerados de palabras similares por artículos y disciplina

Fuente: Traducido de McPhillips Lauren E. et al. (2018)

$$\Delta Y_t = \alpha * \beta * Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho-1} \Gamma_i * \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde:

- α Parámetros de velocidad de ajuste
- $\beta'Y$ Es una variable aleatoria
- β Vector de cointegración

Esto nos indica que a mayor valor de α , la respuesta de Y_t será mayor a las desviaciones del equilibrio de largo plazo y viceversa (Novalés, 2013).

Lozano et al. (2015) por su parte en su trabajo de investigación con el fin de encontrar patrones de comportamiento sobre la temática de las migraciones en Guatemala, como respuesta a los eventos extremos, para lo cual se realizaron un total de 16 entrevistas semi estructuradas a expertos de las diferentes instituciones relacionadas con la temática desarrollada; para ellos se seleccionaron tres fases:

a) Preparación de un protocolo de colecta de información

Se basó en la propuesta desarrollada por Geifus (2005), el cual contempla una presentación y definición de los aspectos éticos; además, tuvo en consideración los temas siguientes. Cambio climático, efectos y casusa de los eventos climáticos extremos, vulnerabilidad social ante eventos extremos, época de sequía e inundaciones, motivos y efectos de la migración, relación de los eventos extremos con la migración, actividades productivas de la población, relación entre las actividades productivas con los eventos extremos y organizaciones e instituciones que desarrollan normatividad y leyes para la recuperación socio económica después de los eventos.

Una alternativa que se ha visto en la investigación es el uso de las redes sociales que permite a los residentes estar informado de la existencia de alguna actividad laboral no agrícola que ayude a incrementar el ingreso familiar y por ende reducir la problemática generada por las inundaciones.

Para ello, se desarrolló una encuesta en las localidades de Boinya y Daboya, con una muestra conformada por 220 encuestados, los cuales fueron seleccionados de manera al azar (54 mujeres y 166 hombres); en cada comunidad se seleccionaron 110 encuestados, que se caracterizaban por ser comunidades heterogéneas en términos de cultura, etnia, religión y agrupaciones sociales.

Además, se realizó entrevistas con cuestionarios semi estructurados; así como también, observaciones directas, para determinar los daños causados a los activos agrícolas y no agrícolas. El trabajo se complementó con entrevistas a las diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales con el fin de conocer la tasa de alfabetización.

Barandiarán Melissa et al. (2019), desarrollan un proceso metodológico para la evaluación del riesgo de desastres y cambio climático, en la preparación de proyectos que financia el BID en los diferentes sectores (**Figura 2.4**). Dicha metodología busca fusionar tanto la lógica técnica como operativa, para evaluar e identificar los potenciales riesgos por desastres naturales y cambio climático, bajo la perspectiva de la salvaguarda y de resiliencia,



Figura 2.4. Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático
Fuente: Barandiarán Melissa et al. (2019)

Coromese Matteo et al. (2018), para lograr alcanzar los resultados referentes al comportamiento de la distribución de los daños relacionada con los desastres naturales, utilizaron procesos metodológicos sobre la base de estimaciones de distribuciones no paramétricas, las cuales fueron complementadas con análisis de regresiones de cuantiles

para determinar las posibles tendencias en las diferentes partes de la distribución. Esto se puede deberse a dos factores básicos: los análisis sobre la base de regresiones en la media (Neumayer y Barthel, 2011) y lo otro es los desastres naturales inducen una distribución con mayores valores en las colas (Becerra et al., 2012; Mendelsohn et al., 2012). La generación de eventos extremos que engrosan las colas en las distribuciones genera implicancias políticas en los modelos de económica climática (Pindyck, 2011; Weitzman, 2011). Las regresiones de cuantiles son utilizamos mayormente para investigar las tendencias en las intensidades de los ciclones (Elsner et al., 2008; Kossin et al., 2013; Reich, 2012).

Los modelos empíricos utilizados en la investigación buscan relacionar las variables: número de personas fallecidas, número de personas afectadas y los daños económicos; a través de las expresiones algebraicas siguientes:

$$Deaths_{it} = \alpha_1 + \beta_1 * Trend_t + \gamma_1 * POP_{it} + \phi * X'_{it} \quad \text{---} \quad (2)$$

$$Affected_{it} = \alpha_2 + \beta_2 * Trend_t + \gamma_2 * POP_{it} + \varphi * X''_{it} \quad \text{---} \quad (3)$$

$$Damage_{it} = \alpha_3 + \beta_3 * Trend_t + \gamma_3 * GDP_{it} + \theta * X'''_{it} \quad \text{---} \quad (4)$$

Donde:

$Trend_t$	variable de tendencia estándar
GDP_{it}	medida del tamaño de la economía donde ocurre un desastre en el momento t
POP_{it}	tamaño total de la población del país afectado por desastre
X', X'', X'''	conjunto de variables de control

El uso de los modelos planteados tiene ciertas ventajas debido a que ofrece una interpretación simple y permite la aplicación de una variedad de metodologías para estimar; así como también permite superar el debate de la normalización de las pérdidas dejando al investigador la posibilidad de elegir que variable desea controlar en su análisis (Noy, 2009; Kellenberg y Mobarak, 2008).

En la investigación desarrollada por Zhou Quianqian et al. (2019), partió con los registros de las inundaciones las cuales fueron obtenidas de la base de datos de eventos de tormentas (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/severe-weather>), la cual es compilada por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y el Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC). La base de datos cuenta con información referente a las inundaciones registradas desde el 1996/2016, sobre el tipo de evento, hora de ocurrencia (inicio y finalización), ubicación (estado, condado, latitud y longitud), fuente del evento (observador capacitado (NWS, 2016)), daños económicos, víctimas humanas, descripción del evento e imágenes. Aquí se consideró 5 tipos de eventos relacionados con las inundaciones: Inundaciones costeras, Inundaciones, Inundaciones rápidas y lluvias intensas; siendo las tres últimas las utilizadas en la investigación para definir sus patrones de comportamiento y su relación con los daños que ellos producen.

La caracterización de los daños económicos por inundación, están en función a indicadores de peligro y vulnerabilidad, tal como se muestra en la **Tabla 2.2**, donde apreciamos claramente

los impactos considerados y sus correspondientes descripciones. Los análisis nos llevaron a estimar la tendencia de los cambios a través de los análisis estadísticos; para lo cual se utilizaron ajustes a través de curvas polinómicas, mediante la aplicación del programa MATLAB, para lo cual se utilizó la función *corrcoef*, que permite evaluar los coeficientes de correlación y los *p* valor, utilizando un nivel de confianza del 90% para identificar los daños económicos generados por los eventos de inundación, como se puede corroborar en la **Figura 2.5** (Tanoue M, et al., 2016; Peduzzi P. et al., 2012; Wu J. et al., 2018).

Tabla 2.2. Descripción de los impactos

Impactos	Descripción
Muertes	Daños económicos en USD incluidas pérdidas de propiedad y cosecha
Peligros	Número de eventos de inundación, Número de eventos validos Intensidad de la inundaciones y profundidad de la lluvia
Vulnerabilidad	Proporción de eventos dañinos Daño por evento

Fuente: Traducido de Zhuo Q. (2019)

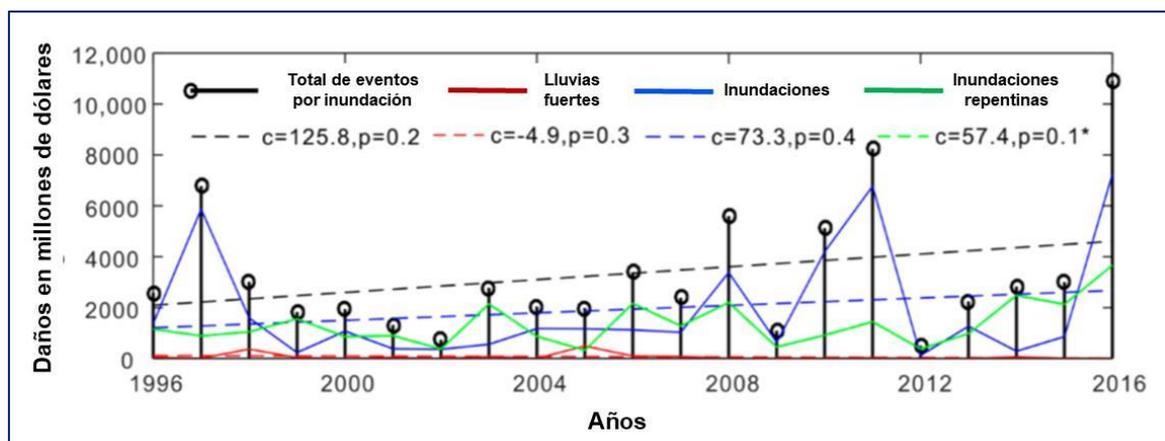


Figura 2.5. Cambio en las pérdidas económicas anuales

Fuente: Traducido de Zhou Q. (2019)

Huggel et al. (2015), para su investigación selecciona tres bases de datos sobre desastres:

- EM-DAT (considera desastres naturales y tecnológicas) y para ingresar información en ella es necesario cumplir cuatro requisitos: 1.- 10 o más personas denunciadas como muertas, 2.- 100 o más personas afectadas, 3.- declaración de estado de emergencia o 4.- convocatoria de asistencia internacional (CRED, 2013).
- DesInventar, se caracteriza por considerar información a nivel local, nacional y multinacional, nace como una necesidad de articular en la región una base de datos de desastres para la región de los Andes, dando origen a la formación de la Red de Estudios Sociales en la Prevención de Desastres en América Latina (La RED); para el caso de Perú, esta base cuenta con información desde 1970 sobre la base de información de periódicos El Comercio (DesInventar, 2013).
- SINPAD, base de datos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el cual cuenta con data desde el 2001 a nivel de regiones, provincias y distritos, identificando el número de muertes, personas afectadas, daños de infraestructura, superficie afectada (INDECI,

2013). Los desastres que incluye la base de datos están relacionados con el clima, geodinámica interna y externa. Los datos demográficos, económicos y sociales, se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). La cartografía utilizada corresponde a datos digitales obtenidos por la Misión de Topografía por Radar Shuttle (SRTM) a una escala de 90 m (Farr et al., 2007).

De las tres bases de datos, se extrae la información correspondiente a los desastres hidrometeorológicos, para lo cual se tuvo que definir algunas categorías comunes entre ellas, obteniéndose (**Figura 2.6**):

- Heladas y Friajes
- Sequías y Precipitaciones
- Inundaciones y Deslizamiento

Figura 2.6. Inundación Cuzco enero 2010

Fuente: Huggel et al. (2015)



Para los análisis de las tendencias a nivel espacial y temporal se utilizó básicamente la base de datos DesInventar. Las bases de datos DesInventar y SINPAD, no diferencia si el evento climático considerado ha sido originado por un evento extremo, entendiendo como eventos extremos aquel que está relacionado con el percentil 90, 95 o 99, dentro de una distribución estadística (Beniston et al., 2007; IPCC, 2012; Trenberh et al., 2007).

En relación con las métricas de los desastres, se utilizaron las bases de datos DesInventar y EM-DAT, a escala nacional para Perú.

Finalmente, para los análisis centrados en los eventos de inundaciones registrados en el 2010 en la localidad de Cusco (**Figura 2.6**), se utilizó la base de datos SINPAD y DesInventar; así como también, se utilizó datos de lluvia de 100 estaciones meteorológicas (Shwarb et al., 2011).

2.2 Marco conceptual

Sabemos que el desarrollo especial y temporal del ser humano está sujeto a los diferentes procesos de interacción con el sistema natural, por lo cual es importante tener la claridad de los diferentes conceptos de cada una de las variables que directamente influyen en la generación de los eventos extremos, entre los cuales tenemos:

- **Adaptación:**

“Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la

preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (Comunidad Andina, 2018).

- **Amenaza:**
“Proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, interrupciones sociales y económicas o daños ambientales” (Comunidad Andina, 2018).
- **Base de datos sobre pérdidas por desastres:**
“Conjunto de registros reunidos sistemáticamente sobre la incidencia, los daños, las pérdidas y los impactos de los desastres, con arreglo a los requisitos internacionales mínimos en materia de seguimiento del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 – 2030” (Comunidad Andina, 2018).
- **Capacidad adaptativa:**
“La capacidad de adaptación es la capacidad de planificar, prepararse e implementar medidas de adaptación. Los factores que determinan la capacidad de adaptación de los sistemas humanos incluyen riqueza económica, tecnología e infraestructura, información, conocimiento y habilidades, instituciones, equidad y capital social. La capacidad de adaptación no se puede medir. La capacidad de adaptación a menudo está representada por el capital social y otros activos” (Pelling M. et al., 2005).
- **Cambio climático:**
“Se refiere a una modificación perdurable del estado del clima que puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra” (IPCC, 2012).
- **Crecidas**
“Desbordamiento por encima de los confines normales de un arroyo u otro cuerpo de agua, o la acumulación de agua por encima de zonas que normalmente no están sumergidas. Los distintos tipos de crecidas comprenden las fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales, costeras y de desbordamiento de lagos glaciares” (IPCC, 2014).
- **Damnificado:**
“Persona afectada parcial o íntegramente por una emergencia o desastre y que ha sufrido daño o perjuicio graves a su salud o en sus bienes, en forma total o parcial, permanente o temporalmente por lo que recibe refugio y ayuda humanitaria temporales. No tiene capacidad propia para recuperar el estado de sus bienes y patrimonio. Pérdidas graves en la estructura de soporte de sus necesidades básicas, como vivienda, medio de subsistencia etc. en sus bienes y/o servicios individuales o colectivos... daños graves en su integridad física o la pérdida total de sus bienes o servicios básicos, a causa de un desastre. Generalmente, requiere de ayuda inmediata para su recuperación o sostenimiento” (Comunidad Andina, 2018).

- **Desastre natural:**
“Es una relación extrema entre fenómenos físicos, la estructura civil y la organización de la sociedad de tal manera que se constituyen en coyunturas que superan la capacidad material de la población para absorber, amortigua o evitar los efectos negativos del acontecimiento” (UNEP, 2000).
- **El Niño- Oscilación del Sur (ENOS)**
“Es un fenómeno oceánico-atmosférico acoplado en la región del Pacífico tropical que produce variaciones en los patrones del viento, las temperaturas de la superficie del mar y los niveles de precipitación en un período de tiempo de aproximadamente 2-7 años y se le atribuye ser el más fuerte del planeta, fuente de variabilidad climática interanual” (Cane, 2005).
- **EM – DAT**
La base de datos de eventos de emergencia (EM-DAT) se desarrolló en 1988 con el objetivo de racionalizar la toma de decisiones para la preparación ante desastres, al tiempo que proporciona una base objetiva para la evaluación de la vulnerabilidad y el establecimiento de prioridades. EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la ocurrencia y los efectos de más de 18,000 desastres masivos en todo el mundo, desde 1900 hasta el presente (EM-DAT, 2020).
- **Emergencia:**
“Escenario o situación de afectación a una comunidad, sus bienes, medios de vida, servicios y su entorno, causado por un evento peligroso de origen natural y antrópico, que puede ser resuelto por los recursos locales (Comunidad Andina, 2018).
- **Evaluación de riesgo de desastre:**
“Enfoque cualitativo o cuantitativo para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo de desastres mediante el análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de exposición y vulnerabilidad que conjuntamente podrían causar daños a las personas, los bienes, los servicios, los medios de vida y el medio ambiente” (UNISDR, 2017).
- **Evento climático extremos:**
“Es un episodio, suceso o evento meteorológico que es raro o infrecuente, según su distribución estadística para un lugar determinado. Para esta definición el término “raro” se debe entender como todo episodio que se encuentre por encima del percentil 90 o por debajo del 10, de la distribución observada” (IPCC, 2014).
- **Impactos**
“Efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodio meteorológicos, climáticos extremos y del cambio climático. Por lo general los impactos están referido a efectos en las vidas, medios de subsidios, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructura debido a las interacciones de los cambio o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un intervalo de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los

sistemas expuestos a ellos” (IPCC, 2014).

- **Inundación lenta:**

“Se produce cuando hay un aumento gradual del nivel del río hasta superar su capacidad máxima. El río se sale de su cauce, inundando las áreas planas cercanas al mismo. En este caso, el tiempo de anticipación que ofrece el SAT normalmente es suficiente para que las entidades operativas coordinen las actividades de respuesta con el apoyo de la comunidad” (González Julio, 2014).

- **Inundaciones urbanas:**

“Proviene de una combinación compleja de causas que generan problemas crecientes a las naciones desarrolladas y en vías de desarrollo, causando daños a edificios, obras de servicios públicos, viviendas, bienes del hogar, pérdidas de ingresos en industrias y comercios, interrupción del transporte y en algunos casos pérdidas de vidas humanas. La ocurrencia de estos eventos está sujeta a las mismas fuerzas naturales que experimenta los ecosistemas naturales y que son exacerbados por el incremento de los asentamientos humanos y la mala planificación del uso de la tierra” (Abhas K., 2012).

- **Inundaciones fluviales**

“Se da cuando la escorrentía del agua superficial excede la capacidad de los canales naturales o artificiales. El exceso de agua tiende a ocupar las áreas de inundaciones ubicadas en la parte baja del río hacia ambos márgenes; dicho proceso puede ser lento o rápido, dependiendo de la intensidad y frecuencia de la precipitación o por mecanismo de obstrucción de la red de drenaje debido a deslizamientos de tierra, hielo o escombros” (Abhas K., 2012).

- **Inundaciones pluviales**

“También conocidas como inundaciones terrestres, son causadas por la lluvia o el deshielo que no es absorbida por la tierra y fluye sobre ella a través de las áreas urbanas antes de que llegue a los sistemas de drenajes o cursos de agua. Ameno este tipo de inundación se dan en áreas urbanas debido a la falta de permeabilidad de la superficie del suelo que no permite el proceso de la infiltración, o por las condiciones geomorfológicas como es la pendiente del terreno” (Abhas K., 2012).

- **Inundaciones repentinas**

“Es aquella cuyo pico aparece dentro de las seis horas desde el inicio de una lluvia torrencial. Dichas inundaciones, pueden ser causadas por tormentas convectivas locales o por la liberación repentina de un embalse aguas arriba, deslizamiento de tierra, glaciación u obstrucción de hielo. Dentro de los factores que genera este tipo de eventos, tenemos a la intensidad y duración de la precipitación, las condiciones de la superficie, topografía y pendiente de la cuenca receptora” (Abhas K., 2012).

- **Pobreza**

“La pobreza es un concepto complejo definido de diversas formas según las diferentes corrientes de pensamiento. Puede hacer referencia a circunstancias materiales (como necesidad, patrón de privación o recursos limitados), condiciones

económicas (como nivel de vida, desigualdad o posición económica) o relaciones sociales (como clase social, dependencia, exclusión, falta de seguridad básica o ausencia de derechos)” (IPCC, 2014).

- **Peligro**

“Es el acontecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recurso ambientales” (IPCC, 2014).

- **Reducción del Riesgo de desastres:**

“Acción orientada a la prevención de nuevos riesgos de desastres y a la reducción de los existentes, a la gestión del riesgo residual, todo lo que contribuye a fortalecer la resiliencia y, por consiguiente, al logro del desarrollo sostenible” (Comunidad Andina, 2018).

- **Riesgo ambiental**

“Consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias” (IPCC, 2014).

- **Riesgo de desastre:**

“Posibilidad de que se produzcan muertes, lesiones o destrucción y daños en bienes en un sistema, una sociedad o una comunidad en un periodo de tiempo concreto, determinados (...) como una función de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad” (UNISDR, 2017).

- **Resiliencia:**

“Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación” (IPCC, 2014).

- **Sequía**

“Período de condiciones anormalmente secas durante un tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. El término sequía es relativo y, por tanto, ningún examen sobre déficit de precipitaciones debe referirse a la actividad particular asociada a las precipitaciones objeto de examen. La escasez de precipitaciones durante el período de crecimiento se le denominada sequía agrícola, y durante la estación de escorrentía y percolación afecta principalmente al abastecimiento de agua (sequía hidrológica). La humedad y las aguas subterráneas almacenadas en el suelo también resultan afectadas por los aumentos en la evapotranspiración efectiva y por las disminuciones en la

precipitación. Todo período con déficit anormal de precipitación se define como sequía meteorológica. Las mega sequías son sequías prolongadas y generalizadas, que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más” (IPCC, 2014).

- **Sistema climático**

“Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo” (IPCC, 2014).

- **Sistema ecológico social**

“Refleja la idea de que la acción humana y las estructuras sociales son parte integral de la naturaleza y, por lo tanto, cualquier distinción entre sistemas sociales y naturales es arbitraria” (Armah Frederick et al., 2010).

- **Variabilidad climática:**

“Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa)” (IPCC, 2014).

- **Vulnerabilidad**

“Es el estado de susceptibilidad al daño por la exposición al estrés asociado con el cambio ambiental y social y la ausencia de capacidad de adaptación” (Adger N., 2006).

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación tendrá como área de influencia los 05 continentes, sobre los cuales se basa toda la recopilación de la información referente al número de desastres naturales que han ocurrido; así como los costos que ellos generan.

Para ello es importante tener una idea general de cómo es el comportamiento espacial y temporal de la densidad poblacional, la cual se muestra en la **Figura 3.1**, donde se ve claramente que las zonas como mayor grado de densidad poblacional son la China (148 habitantes por km²) y la India (450 habitantes por km²) respectivamente. Esto nos llevó a conocer, como es el cambio anual de la población el cual registra un comportamiento creciente durante el período 1950/2016 (**línea continua roja**), como puede apreciarse en la **Figura 3.2**, donde además se observa que la proyección desarrollada por la ONU para el período 2017/2099 (**línea punteada azul**), presenta una tendencia decreciente.

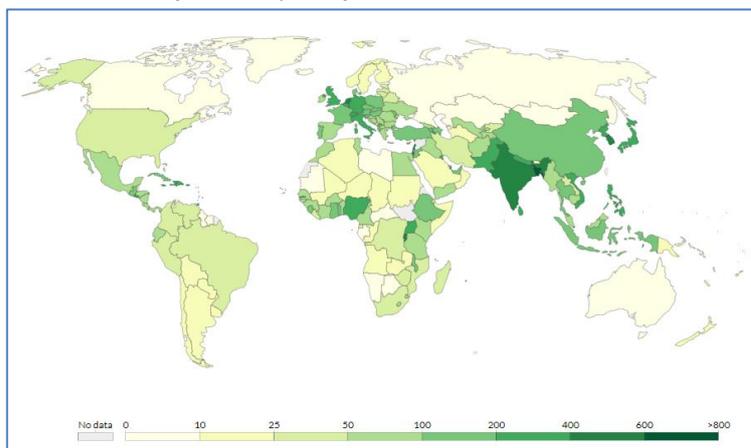


Figura 3.1. Densidad de población al 2017

Fuente: Max Roser et al. (2019)

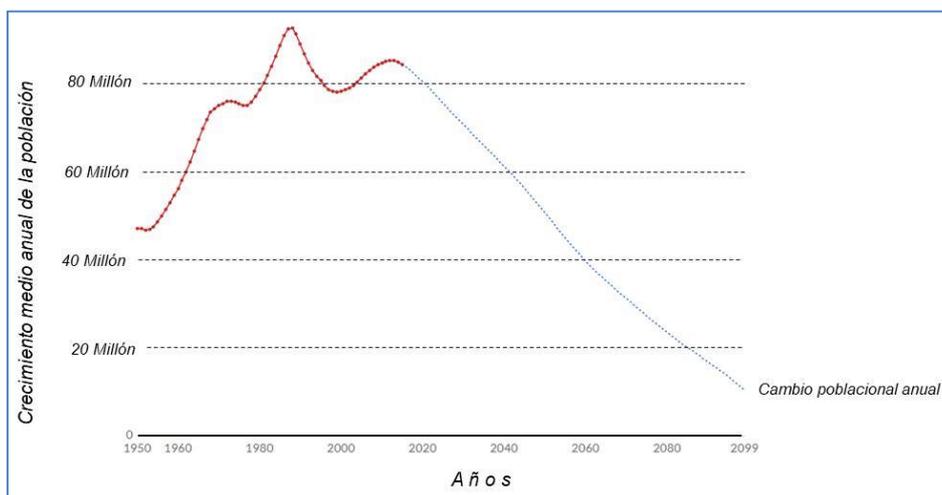


Figura 3.2. Crecimiento anual de la población mundial

Fuente: Traducido de Max Roser et al. (2019)

La población pico, se registró en el año 1980 con 90 millones de habitantes, para luego experimentar una tendencia decreciente, con la salvedad de que se pueda mantener dicho comportamiento con una reducción media de 1 millón de personas cada año. El período comprendido entre 1950/1981, fue el que registro el mayor nivel de crecimiento de población de 5 mil millones en menos de 37 años.

En relación con la capacidad de cobertura vegetal que presentan los países, en la **Figura 3.3** apreciamos como está distribuida en función a la superficie forestal existente (rodales naturales y plantaciones de árboles) apreciándose que las únicas áreas significativas se ubican en el hemisferio sur, donde aún persisten estos ecosistemas que son la base fundamental de la renovación del ciclo hidrológico.

Realizando un análisis comparativo entre las **Figuras 3.1 y 3.3**, apreciamos claramente como la India y China, presenta una relación inversa entre la cantidad de población y la cantidad de áreas forestales, lo que nos llevaría a que la disminución de la cobertura vegetal está dada por la explosión demográfica existente en ambos países.

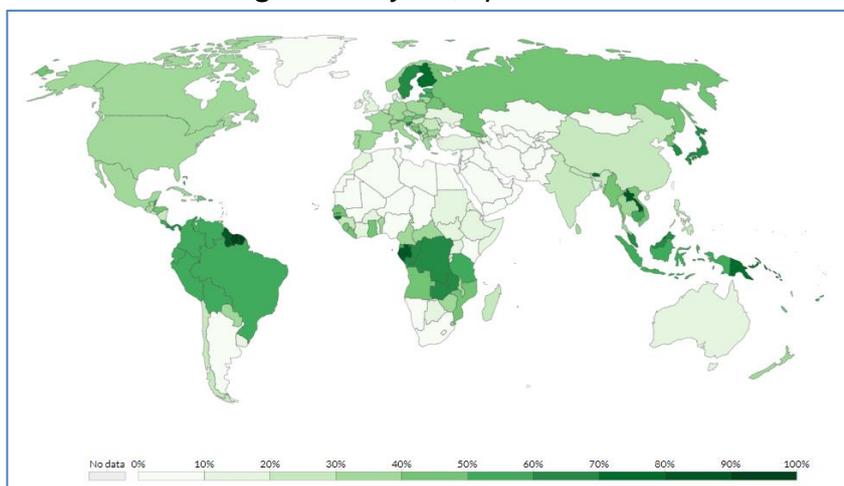


Figura 3.3. Porcentaje de superficie forestal al 2015
Fuente: FAO, 2018

En la **Figura 3.4**, apreciamos la variabilidad porcentual del área de cobertura vegetal existente por regiones, resaltando que América Latina-Caribe y África Central son las que cuentan con las mayores áreas forestales seguimos de Europa y Norte América; mientras que las zonas de África del Norte, África del Sur y Asia Central y Sur son las que registran las menores áreas con cobertura vegetal.

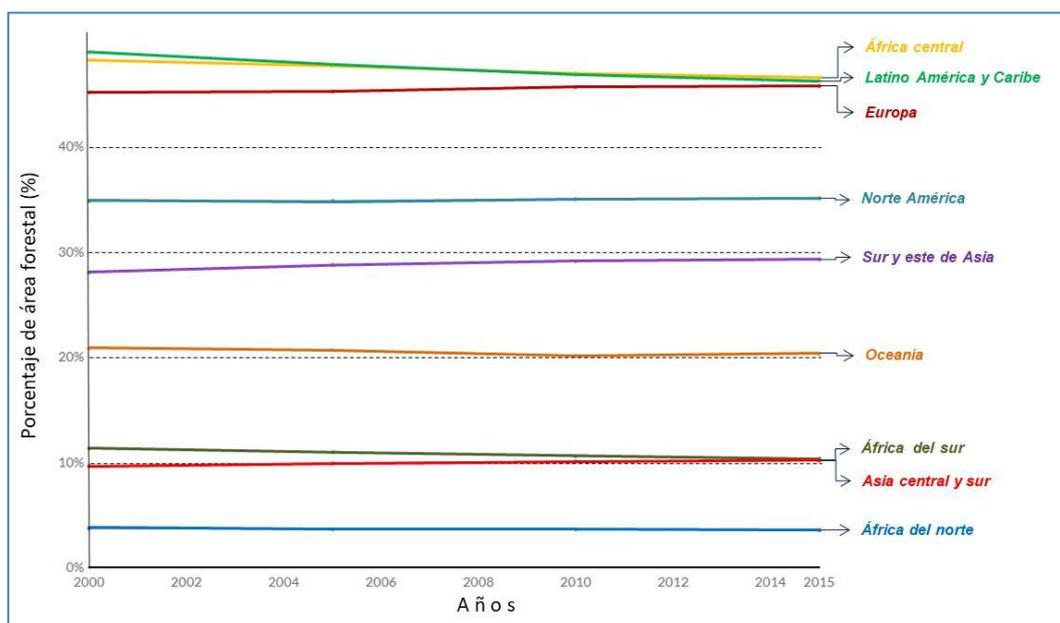


Figura 3.4. Variabilidad porcentual de superficie forestal – 2000/2015
Fuente: Traducido de FAO (2018)

Durante el período comprendido entre 1990 / 2017, se ha observado como a nivel mundial se han venido registrando las pérdidas de vidas humanas relacionadas con los eventos extremos naturales, como se puede apreciar en la **Figura 3.5**, donde claramente los cambios de tonalidad nos van indicando la magnitud que deja el evento en la componente social, no solo desde el punto de vista de la variabilidad climática, sino también por acción del cambio climático.

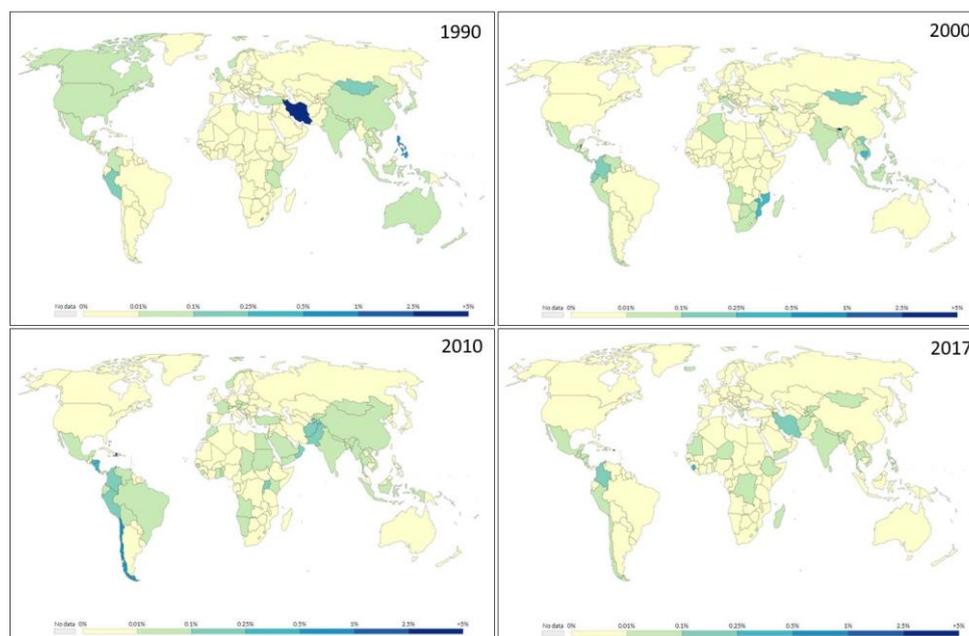


Figura 3.5. Muertes por desastres naturales a nivel de décadas
 Fuente: Elaborado con datos de (IHME, 2018)

En la **Figura 3.6**, apreciamos como es la distribución de los valores porcentuales de muertes por desastres naturaleza, a nivel de región; encontrándose que Asia y América Latina y Caribe son las que registran los mayores impactos provocados tanto por la geodinámica externa e interna de la tierra, comportamiento que muestra un ajuste de tipo logarítmico.

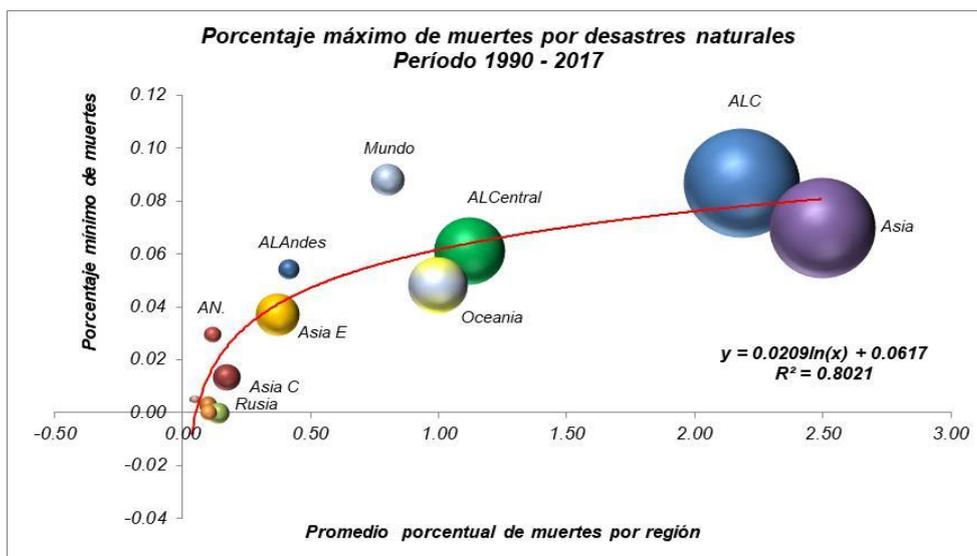


Figura 3.6. Variación porcentual de muertes por desastres y región
 Fuente: Elaborado con datos de (IHME, 2018)

A nivel mundial, podemos apreciar en la **Figura 3.7**, como se distribuye el promedio anual de muertes por décadas, generadas por los desastres naturales durante el período 1900 / 2015, encontrándose que los mayores impactos están relacionados con las inundaciones y sequías. Durante el periodo comprendido entre 1900 / 1920, se registró una tendencia creciente en el número de muertes; mientras que en el periodo 1920 / 2010, se registra una tendencia decreciente en el comportamiento de muerte ocurridas.

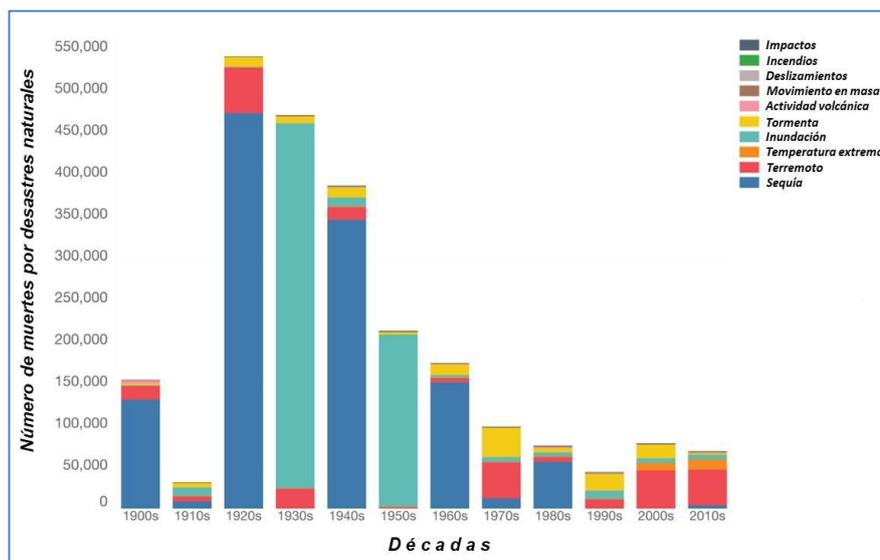


Figura 3.7. Número de muertes por tipos de desastres
Fuente: EM - DAT (2017)

Durante las décadas de los 1900, 1920, 1940, 1960 y 1980, se han presentado en forma recurrente impactos severos relacionados con la sequía; mientras que en las décadas de los 1910, 1930 y 1950 se han presentado impactos severos por inundaciones. En las décadas de los 1970, 1990, 2000 y 2010, lo que se han presentado de manera continua han sido los movimientos sísmicos (terremotos) dejando impactos muy significativos, pero de menor cuantía que las sequías e inundaciones.

A pesar de que a nivel mundial se aprecia una disminución de las pérdidas de vías por eventos extremos naturales, resulta impresionante que durante el periodo comprendido entre 1903 / 1963, el número de afectados registrado ha sido mínimos; comparado con los registrados durante el periodo 1963 / 2018, donde la tendencia que se viene presentando es de tipo creciente con los mayores valores en los últimos 10 años, tal como se aprecia en la **Figura 3.8**.

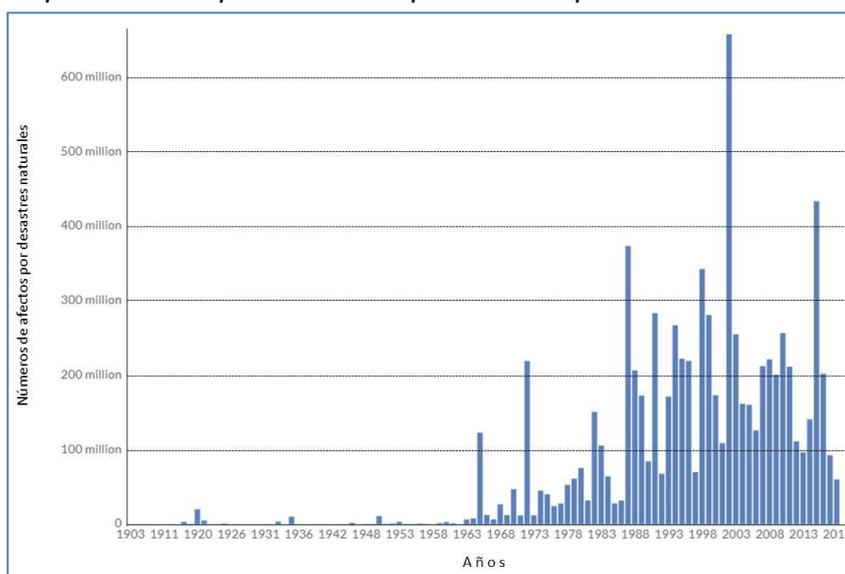


Figura 3.8. Número de afectados por desastres naturales
Fuente: EM-.DAT (2019)

3.2 Información requerida

Para la presente investigación, se utilizó información sobre los impactos originados por los desastres naturales, a nivel mundial, en cantidad y costos económicos que genera; los cuales han sido extraídos de la Base de Datos EM – DAT la cual es publicada por EMDAT (2019): OFDA / CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain - Bruselas – Bélgica (Figura 3.9).



Figura 3.9. Base de datos de EM - DAT

Fuente: <http://www.emdat.be/>

Se realizaron consultas a la base de datos denominada “Nuestro Mundo en Datos”, que nace dentro del marco de un proyecto denominado Global Change Data Lab, registrada en Inglaterra y Gales con número 1186433 (Figura 3.10). La base de datos cuenca con información de investigaciones y datos de 297 temas diferentes generadas por un equipo multidisciplinario encabezado por Max Roser (fundador).

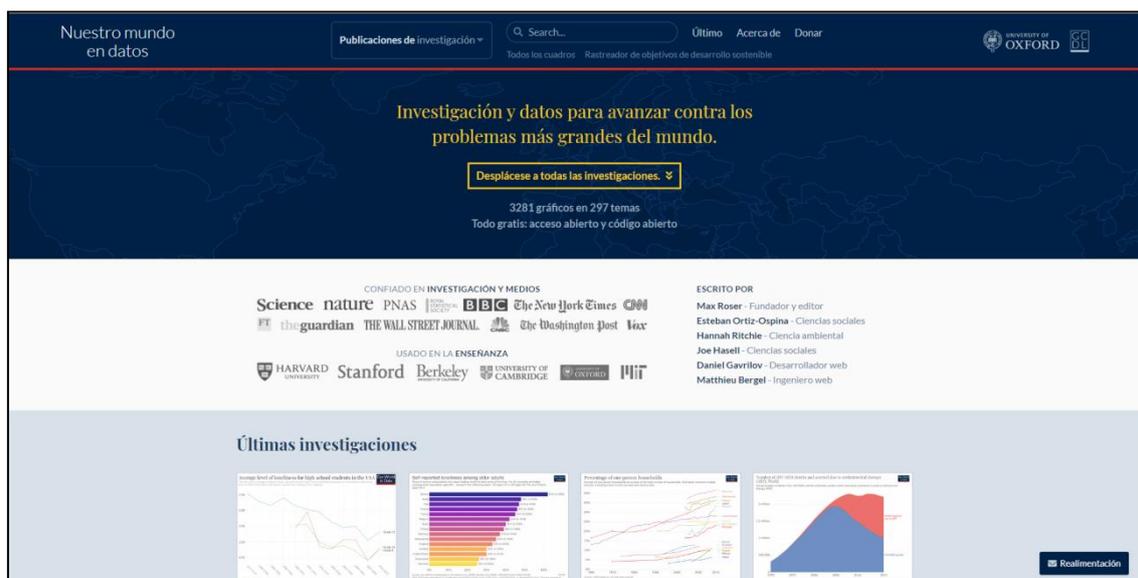


Figura 3.10. Base de datos de Nuestro Mundo en Datos

Fuente: <https://ourworldindata.org/#entries>

Se ha utilizado, la base de datos DesInventar que es un Sistema de Inventario de efectos de Desastres de pequeño y mediano impacto, desde una escala espacial local, que muestras los datos de pérdidas y daños ocasionados por emergencias o desastres. Dicha base de datos ha sido desarrollada por el Corporación OSSO de Colombia desde 1994, tal como se aprecia en la **Figura 3.11**.

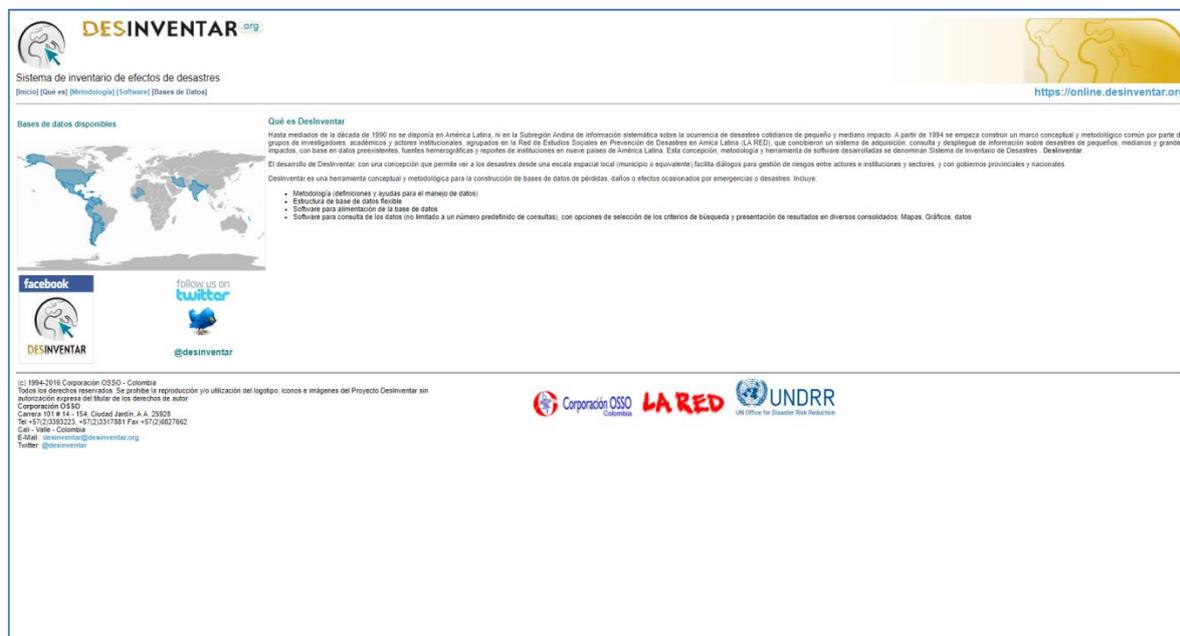


Figura 3.11. Base de datos DesInventar

Fuente: <https://www.desinventar.org/es/>

También se tuvo acceso a la base de datos del INDECI, denominada Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres SINPAD, el cual nos permitió acceder a los datos de números de emergencias, perdidas y daños generadas durante el período de 1995 / 2004, tanto a nivel nacional y regional, tal como se puede apreciar la **Figura 3.12**.



Figura 3.12. Base de datos del SINPAD

Fuente: <http://sinpad.indeci.gob.pe/PortalSINPAD/>

3.3 Metodología

El desarrollo de la investigación partió por la definición de cuatro fases operativas a ejecutar, desde la misma concepción de la base de datos; hasta pasar por el procesamiento, análisis y redacción de informe, tal como se aprecia en la **Figura 3.13**.

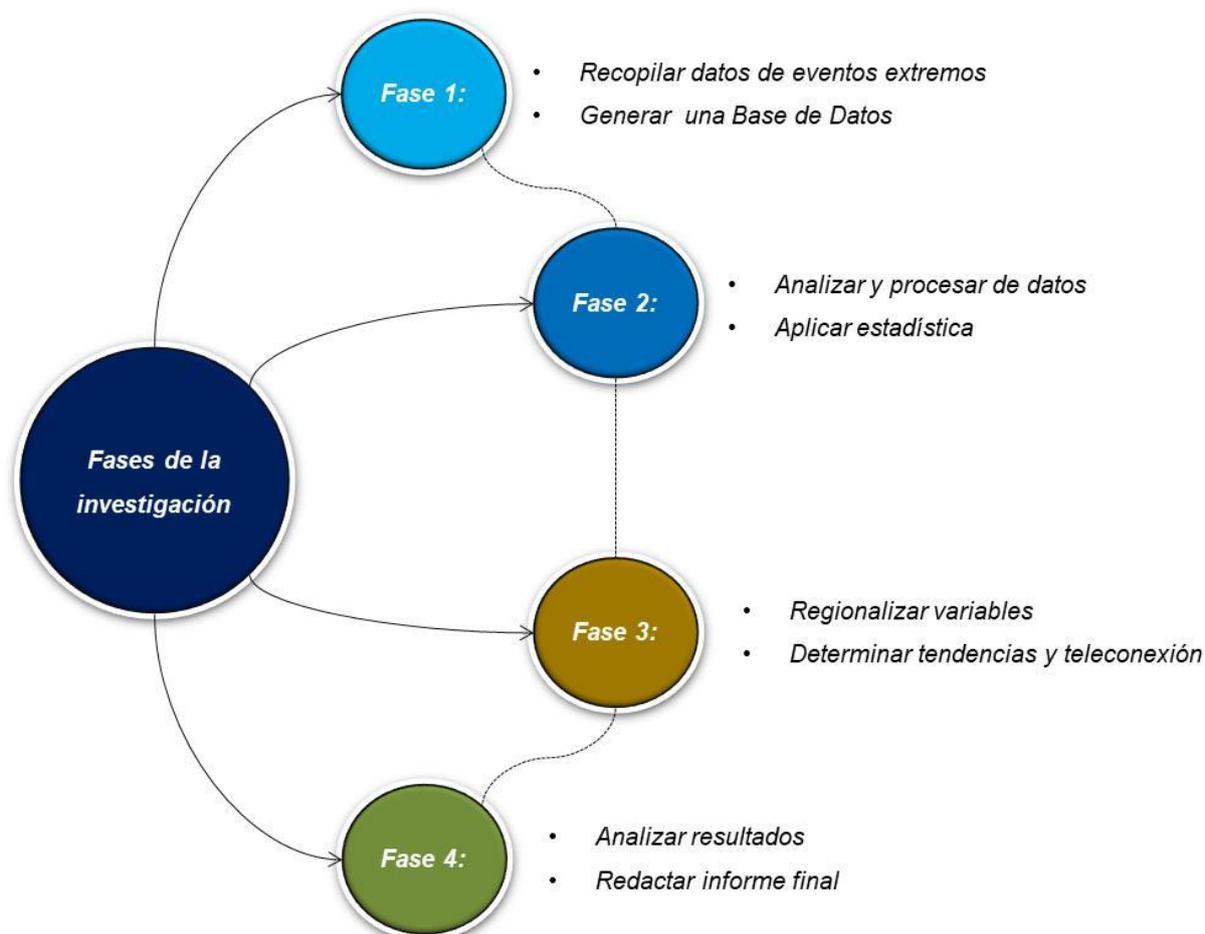


Figura 3.13. Esquema operativo de las Fases de investigación

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las componentes identificadas y seleccionadas, cumplió una función específica, que permitió conocer su comportamiento y variabilidad espacial y temporal, para luego ingresar como un insumo a las secuencias siguientes y así ir obteniendo los resultados esperados. En vista de ello, en la **Figura 3.14**, se muestra el diagrama de flujo elaborado para conceptualizar los procesos metodológicos desarrollados.

En el Análisis Exploratorio de Datos, lo que buscamos es ver si la data seleccionada de cada una de las bases de datos presenta la condición de fiabilidad y confiabilidad, para definir los subsiguientes análisis dentro de la estadística inferencial, dentro de la cual desarrollamos las componentes de correlación y modelamiento integral.

También desarrollaremos los análisis de cluster, mediante el cual lograremos definir del conjunto de variables seleccionadas cuál de ellas presentan una mayor homogeneidad la ser agrupadas o presentan una mayor diferencia. Para ello, se hizo uso del algoritmo jerárquico,

mediante el método WAR que nos dio una jerarquía de divisiones del conjunto de elementos que fueron conglomerados. Esto nos permitió generar una representación gráfica de los análisis mediante el Dendrograma, la cual tiene la forma de un árbol que resume el proceso de agrupación obtenido, el cual culmina con la selección del número de cluster adecuado para la asociación d ellos grupos de variables que forman la muestra poblacional analizada y representada.

Sobre eso análisis anteriores, se plasma la regionalización, tendencias y tele conexión, a nivel espacial y temporal, con el fin de encontrar indicadores entre los impactos que nos ayuden a inferir las respuestas entre las variables, como un mecanismo de mejora continua ante la necesidad de prevenir futuros impactos severos a la sociedad.

Finalmente, se analizó todos los resultados y genero un informe final con los productos escalonados de cada una de las fases, durante la ejecución de la investigación.

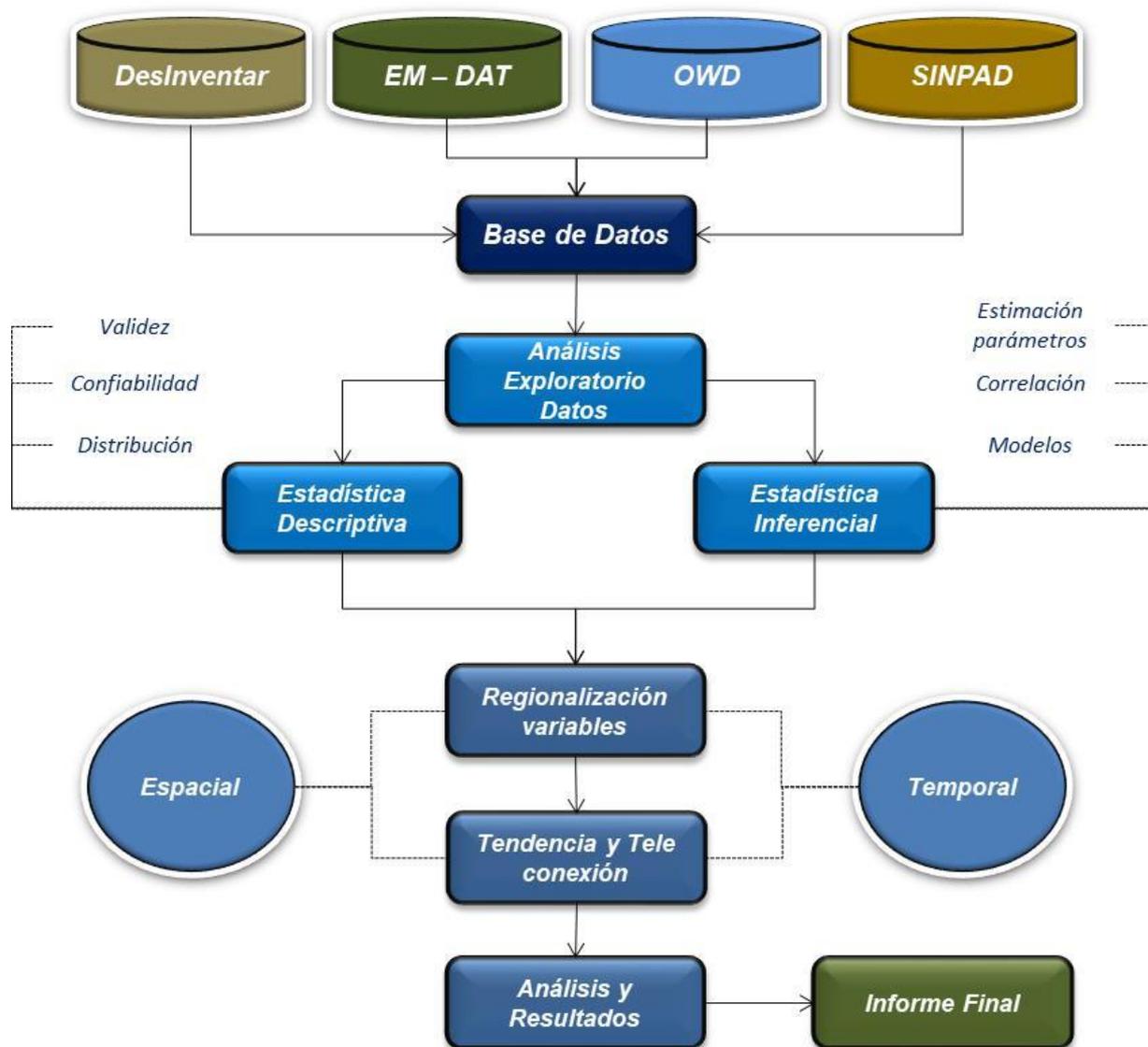


Figura 3.14. Esquema de análisis temporal y regional de emergencias

Fuente: Elaboración propia

IV.- ANALISIS Y RESULTADOS

Esta fase de la investigación se inicia con la presentación de los análisis exploratorios de datos para cada una de las bases de datos generadas, teniéndose los siguiente:

4.1 Análisis exploratorio de datos

Se han realizado los análisis de la normalidad de los datos y su correspondiente confiabilidad, lo que nos llevó a caracterizar la estadística descriptiva dentro de los análisis paramétricos y no paramétricos.

a) Base de datos de emergencias y Daños por zona regional

Del análisis desarrollado a los datos que conforman la base de datos, se ha obtenido que la misma obedece a un comportamiento que no se ajusta a una distribución normal, sobre la base de la prueba de normalidad utilizando los estadísticos de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, tal como se aprecia en la **Tabla 4.1**, donde se muestran los valores del p valor (Sig.) que es menor a 0,05. Para nuestro caso, se utilizó Shapiro-Wilk, por tener menos de 50 datos.

Tabla 4.1. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AAL	,209	28	,003	,794	28	,000
AC	,392	28	,000	,311	28	,000
EC	,255	28	,000	,781	28	,000
EEYAC	,324	28	,000	,519	28	,000
ALC	,480	28	,000	,323	28	,000
ASC	,225	28	,001	,725	28	,000
AE	,419	28	,000	,255	28	,000
EE	,378	28	,000	,375	28	,000
ALCa	,455	28	,000	,267	28	,000
ANE	,409	28	,000	,450	28	,000
NAM	,405	28	,000	,386	28	,000
ECEA	,380	28	,000	,302	28	,000
ASUR	,354	28	,000	,394	28	,000
ASAE0	,489	28	,000	,329	28	,000
ALSE	,321	28	,000	,533	28	,000
ALTR	,389	28	,000	,333	28	,000
EOES	,160	28	,064	,818	28	,000
WORLD	,303	28	,000	,639	28	,000
TOTAL	,293	28	,000	,669	28	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.1**, se aprecia la distribución de los valores de muertes por fuerzas de la naturaleza, para cada una de las zonas seleccionadas, a través de la representación del diagrama de caja, donde apreciamos que en todos los casos se presentan valores atípicos que no permiten la normalidad de la población.

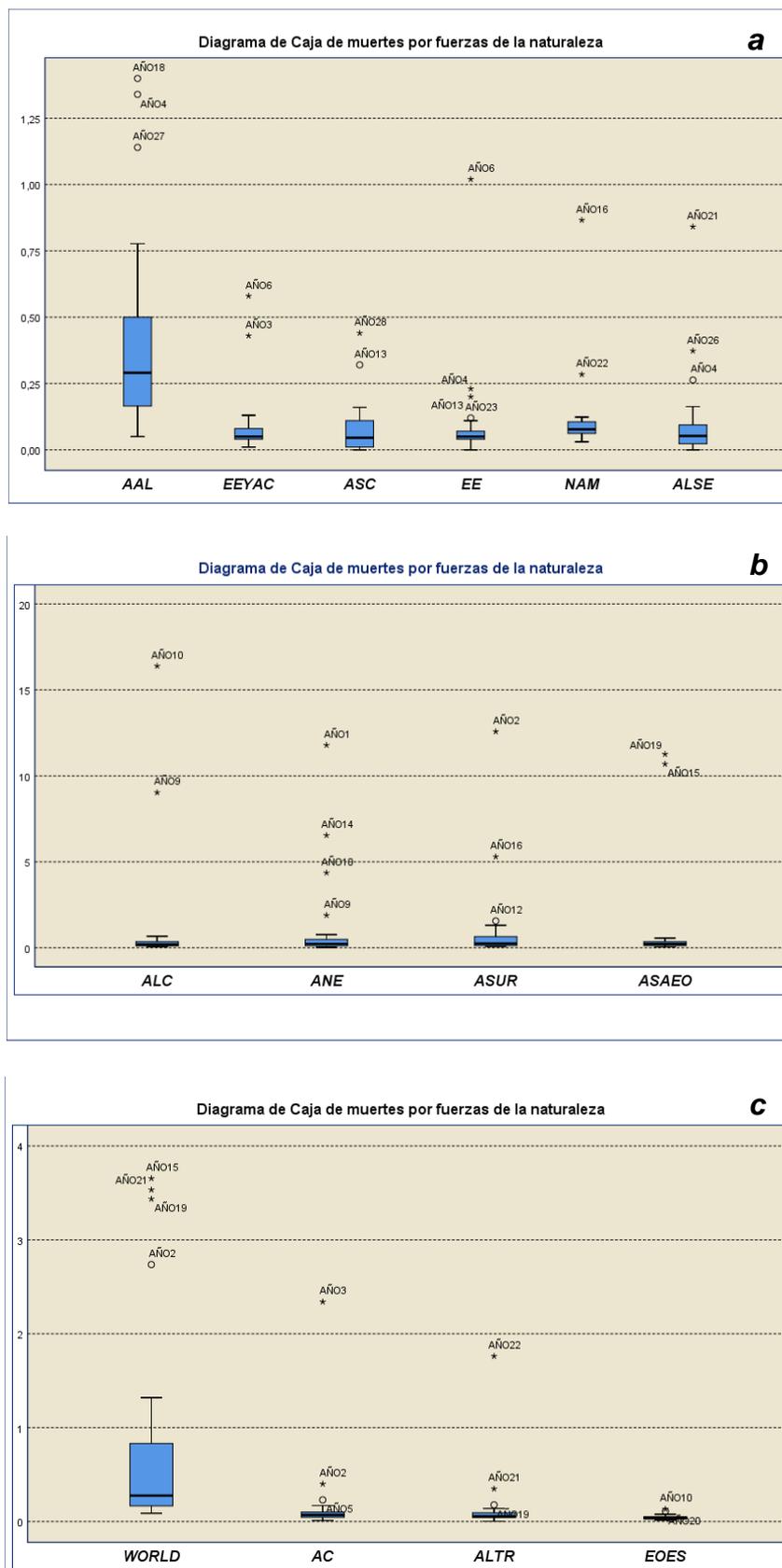


Figura 4.1. Diagrama de cajas - muertes por fuerzas de la naturaleza
 a) Zona de AAL, EEYAC, ASC, EE, NAM, ALSE
 b) Zona de ALC, ANE, ASUR, ASAEO
 c) Zona de World, AC, ALTR, EOES

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor comprensión de los resultados que presentamos, se muestran las equivalencias de las variables utilizadas en los análisis estadísticos, como se detalla en la **Tabla 4.2**.

Tabla 4.2. Equivalencias simbólicas de las variables utilizadas en el análisis

AÑOS		ZONAS REGIONALES	SIMBOLO	AÑOS	
1990	AÑO1	Andean Latin America	AAL	2004	AÑO15
1991	AÑO2	Central Asia	AC	2005	AÑO16
1992	AÑO3	Central Europe	EC	2006	AÑO17
1993	AÑO4	Central Europe, Eastern Europe, and Central Asia	EEYAC	2007	AÑO18
1994	AÑO5	Central Latin America	ALC	2008	AÑO18
1995	AÑO6	Central Sub-Saharan Africa	ASC	2009	AÑO19
1996	AÑO7	East Asia	AE	2010	AÑO20
1997	AÑO8	Eastern Europe	EE	2011	AÑO21
1998	AÑO9	Latin America and Caribbean	ALCa	2012	AÑO22
1999	AÑO10	North Africa and Middle East	ANE	2013	AÑO23
2000	AÑO11	North America	AN	2014	AÑO24
2001	AÑO12	Oceania	OCE	2015	AÑO25
2002	AÑO13	South Asia	AS	2016	AÑO26
2003	AÑO14	Southeast Asia, East Asia, and Oceania	ASAE	2017	AÑO27
		Southern Latin America	ALO		
		Tropical Latin America	ALT		
		Western Europe	EOES		
		World	WORLD		
		Total general	TOTAL		

Fuente: Elaboración propia

Además, realizamos el análisis de fiabilidad de los datos conformantes de la base de datos, con el fin de saber si los mismo reflejan la representatividad del evento que se pretende medir, obteniéndose en la **Tabla 4.3**, el valor final de estadísticos del Alfa de Cronbach que es de $0,591 > 0,05$, lo que nos permite confirmar que los datos son fiables.

Tabla 4.3. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,591	,466	19

Fuente: Elaboración propia

En base a ello, se obtuvieron los parámetros estadísticos descriptivos de cada una de las series utilizadas en la base de dato, para presentar el comportamiento y variabilidad de la cantidad de muertes ocasionados por las fuerzas de la naturaleza, en las diferentes zonas regionales seleccionadas, tal como se aprecia en la **Tabla 4.4**. Además, en la **Figura 4.2**, apreciamos la representación de la distribución de los valores de datos de muertes previo proceso de transformación mediante la aplicación de la función logaritmo.

Tabla 4.4. Estadísticos descriptivos

Nombre	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Asimetría		Curtosis	
						Estadístico	Error	Estadístico	Error
AAL	28	,05	1,40	,411	,361	1,686	,441	2,298	,858
AC	28	,01	2,34	,169	,433	5,030	,441	25,987	,858
EC	28	,01	,12	,036	,031	1,356	,441	,819	,858
EEYAC	28	,01	,58	,092	,123	3,306	,441	11,015	,858
ALC	28	,06	16,39	1,117	3,427	4,002	,441	16,208	,858
ASC	28	,00	,44	,076	,101	2,308	,441	6,030	,858
AE	28	,04	6,34	,366	1,176	5,213	,441	27,411	,858
EE	28	,00	1,02	,097	,188	4,745	,441	23,778	,858
ALCa	28	,09	43,57	2,180	8,242	5,045	,441	26,058	,858
ANE	28	,02	11,79	1,088	2,534	3,445	,441	12,465	,858
NAM	28	,03	,87	,114	,154	4,652	,441	22,903	,858
ECEA	28	,00	29,52	1,693	5,530	5,064	,441	26,286	,858
ASUR	28	,08	12,58	1,013	2,479	4,227	,441	18,974	,858
ASAE0	28	,05	11,26	,994	2,823	3,512	,441	11,174	,858
ALSE	28	,00	,84	,100	,166	3,701	,441	15,403	,858
ALTR	28	,00	1,76	,136	,326	4,954	,441	25,391	,858
EOES	28	,02	,13	,044	,027	1,846	,441	3,782	,858
WORLD	28	,09	3,65	,799	1,110	1,914	,441	2,355	,858
TOTAL	28	1,70	50,93	10,525	13,288	2,110	,441	3,901	,858
N válido	28								

Fuente: Elaboración propia

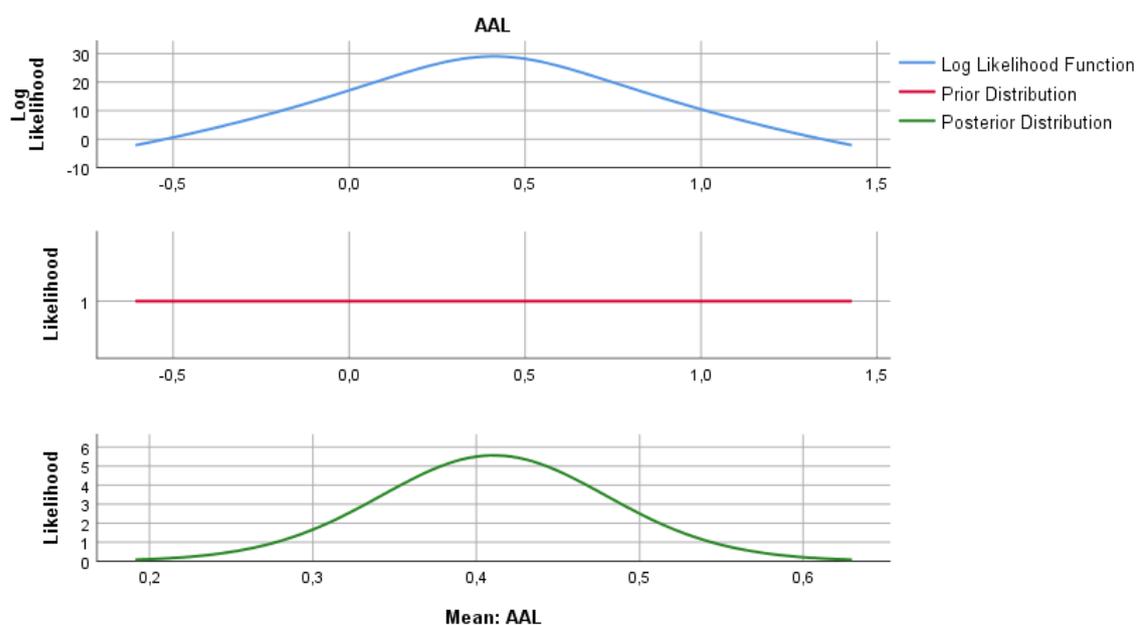


Figura 4.2. Distribución de los valores de muertes para América Latina Andina AAL
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.3**, apreciamos el análisis comparativo entre la distribución de los valores naturales y los transformados mediante la aplicación de la función logarítmica, lo que nos permite analizar la base de datos mediante la estadística paramétrica.

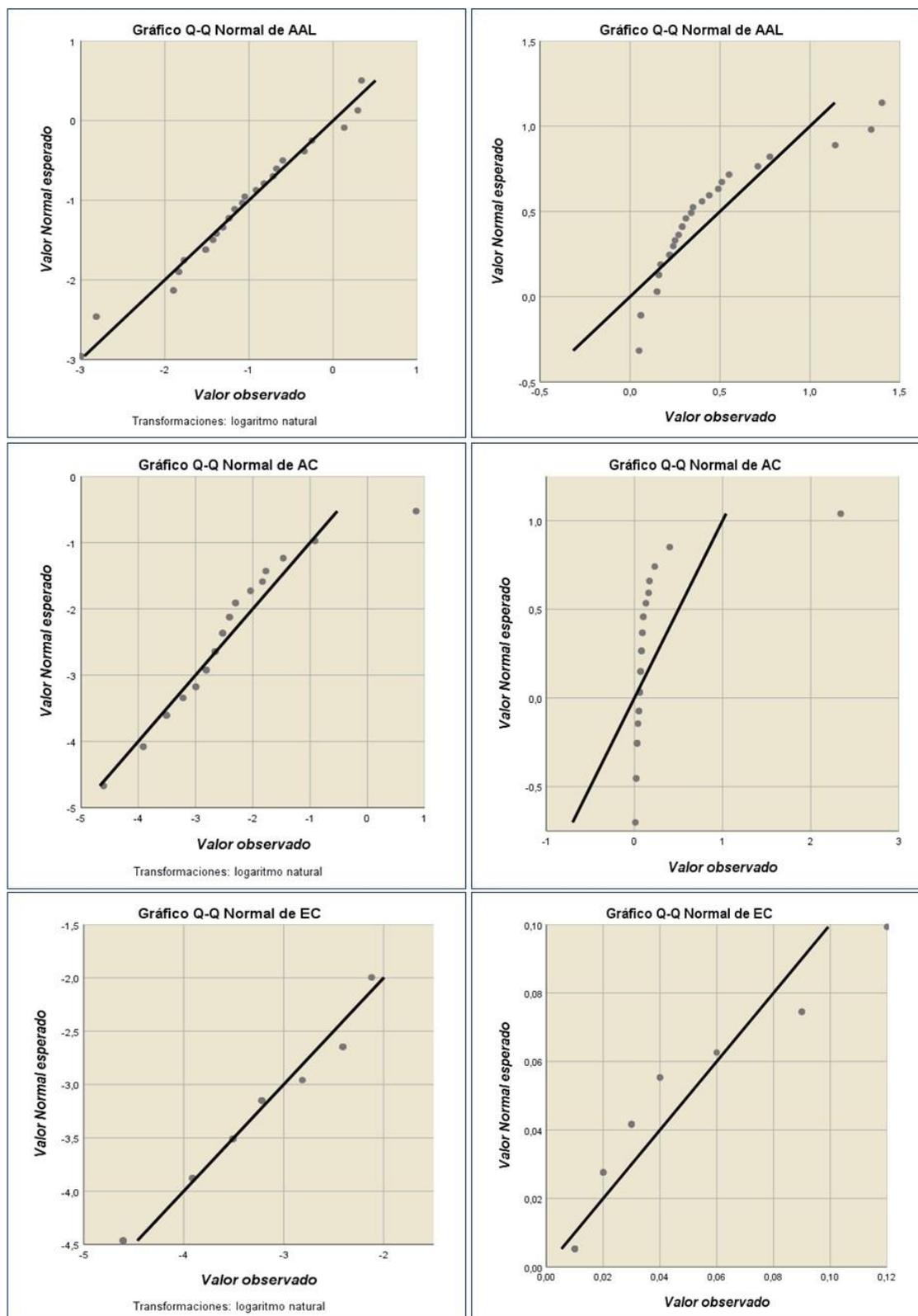


Figura 4.3. Comparación de la distribución normal de los datos originales y con transformación mediante la función logaritmo

Fuente: Elaboración propia

b) Base de dato de tipos de eventos extremos hidrológicos por continente

Esta base de datos conformada por los diferentes tipos de eventos extremos de rigen hidrológico que se han logrado registrar en los diferentes continentes analizados abarca el periodo de 1900 a 2019, presenta las características siguientes:

Los datos recopilados fueron analizados con el fin de conocer si cada uno de ellos proviene de una misma población; para lo cual se aplicó el estadístico de Alfa de Cronbach, que permitirá conocer si se comportan dentro de una distribución normal lo que definiría utilizar la estadística paramétrica o no paramétrica.

En la **Tabla 4.5**, mostramos el análisis de la prueba de normalidad de los datos para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, por contar con datos menores a 50; observándose que el Sig para cada uno de los continentes es menor a 0,05, lo que nos lleva a definir que dichos valores no presentan una distribución normal y por ende se debería aplicar la estadística no paramétrica. En la **Figura 4.4**, se muestra la representación de los datos mediante la distribución de caja, donde se aprecia los valores extremos que se presentan en Asia.

Tabla 4.5. Pruebas de normalidad de datos por tipo de evento extremo hidrológico

	Contiente	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad	Africa	,308	9	,014	,693	9	,001
	América	,304	9	,016	,719	9	,002
	Asia	,282	9	,037	,798	9	,019
	Europe	,285	9	,034	,703	9	,002
	Oceanía	,216	9	,200*	,779	9	,012
Muertes	Africa	,294	9	,024	,714	9	,002
	América	,281	9	,039	,770	9	,009
	Asia	,456	9	,000	,572	9	,000
	Europe	,442	9	,000	,525	9	,000
	Oceanía	,288	9	,031	,763	9	,008
Afectados	Africa	,376	9	,001	,591	9	,000
	América	,397	9	,000	,630	9	,000
	Asia	,381	9	,000	,595	9	,000
	Europe	,402	9	,000	,594	9	,000
	Oceanía	,362	9	,001	,675	9	,001
Costo	Africa	,345	9	,003	,561	9	,000
	América	,346	9	,003	,635	9	,000
	Asia	,356	9	,002	,578	9	,000
	Europe	,359	9	,001	,625	9	,000
	Oceanía	,374	9	,001	,501	9	,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

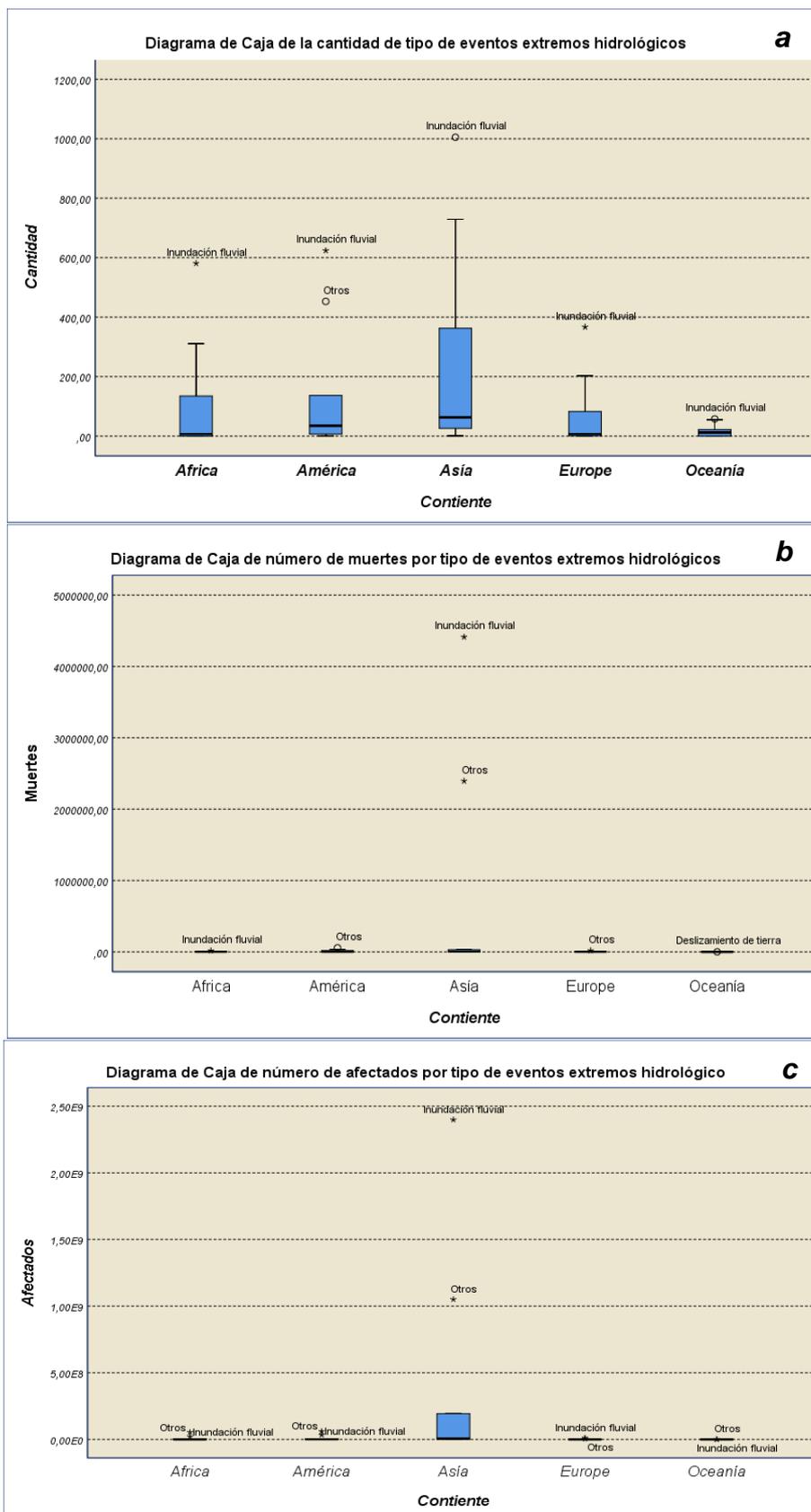


Figura 4.4. Diagrama de caja de cantidad, muertes y afectados por eventos extremos hidrológicos

a) Cantidad b) Muertes c) Afectados

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.6**, presentamos el análisis de la fiabilidad de los datos, para lo cual aplicamos el estadístico del Alfa de Cronbach, para lo cual el valor de **Sig** obtenido fue superior a 0,05.

Tabla 4.6. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,282	4

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.7**, se muestran el análisis de los datos por tipos de desastres registrados en los continentes, lo que nos ha llevado a determinar que los valores analizados no presentan una distribución normal, debido a que el **Sig**, encontrado es menor a 0,05,

Tabla 4.7. Pruebas de normalidad de datos de cantidad, muertes, afectados y costos por tipo de desastre

	TipoDesa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad	Deslizam	,338	25	,000	,476	25	,000
	Inundaci	,219	20	,013	,833	20	,003
Muertes	Deslizam	,373	25	,000	,428	25	,000
	Inundaci	,505	20	,000	,367	20	,000
Afectados	Deslizam	,430	25	,000	,355	25	,000
	Inundaci	,442	20	,000	,391	20	,000
Costo	Deslizam	,416	25	,000	,544	25	,000
	Inundaci	,305	20	,000	,550	20	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.5**, apreciamos como se distribuyen los valores de la base de datos, por tipo de desastres, en relación con la cantidad, muertes y afectados que se han generados por cada uno de los continentes, observándose que las inundaciones son las que presentan los mayores valores atípicos, y en forma especial los originados por el tema fluvial que está estrechamente relacionada con la presencia de las precipitaciones.

Los deslizamientos, también registran valores atípicos en sus recurrencias, asociados no solo a la cantidad de ellos, sino además a las muertes y afectados que generan, indudablemente también este tipo de desastre está relacionado con la presencia de las precipitaciones.

En relación con la estadística descriptiva de los valores de esta base de datos, se han determinado aquellos parámetros básicos que se muestran en la **Tabla 4.8**, en el cual el número de afectados es bastante elevado en relación con la cantidad de muertes que originan los desastres de tipo hidrológicos.

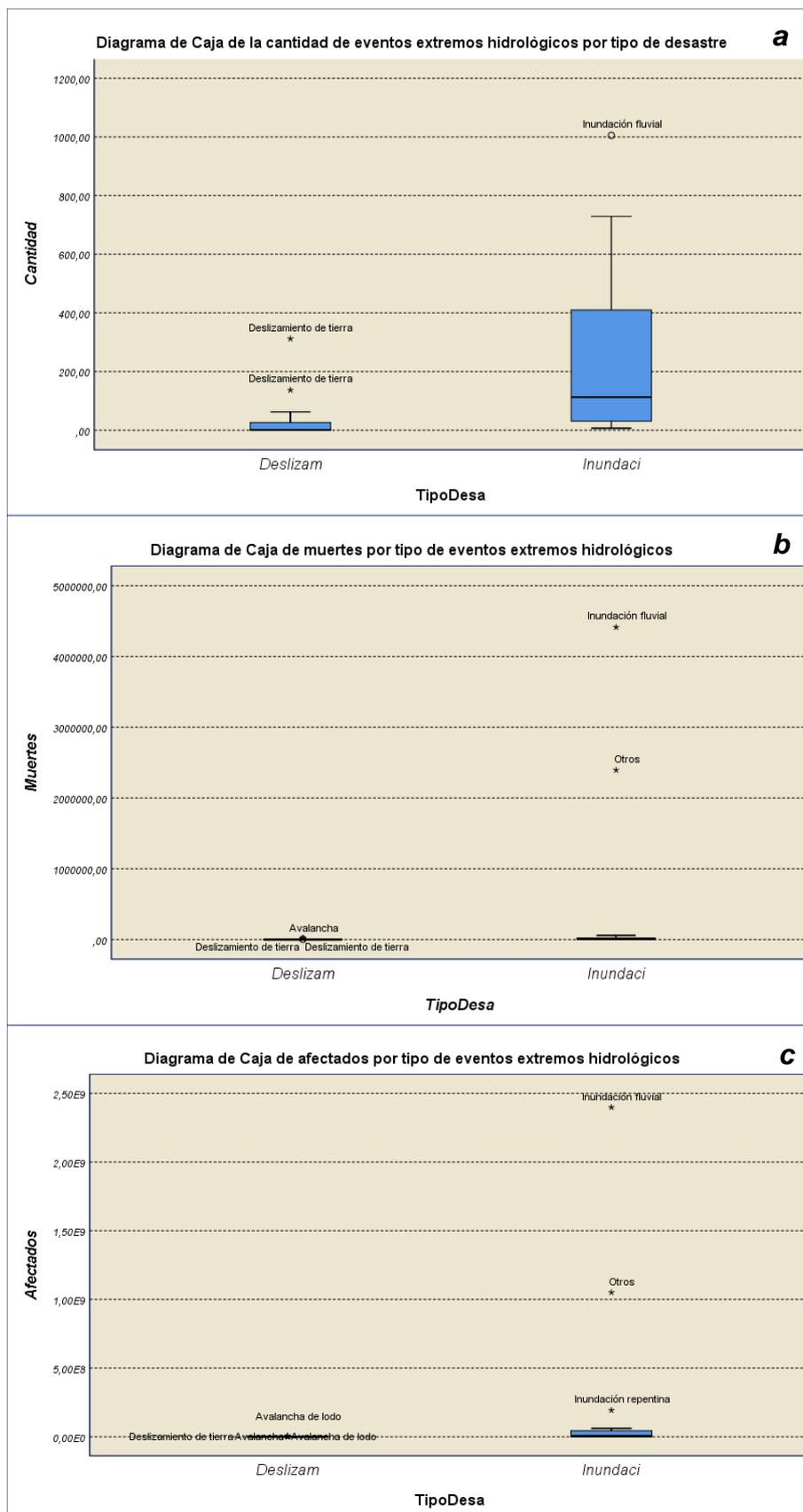


Figura 4.5. Diagrama de caja de la cantidad, muertes y afectados por tipo de desastre

a) Cantidad b) Muertes c) Afectados
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Asimetría		Curtosis	
						Estadístico	Desv Error	Estadístico	Desv Error
Cantidad	45	,00	1005,00	130,27	227,79	2,246	,354	4,912	,695
Muertes	45	,00	4412443,00	156677,89	740177,38	5,169	,354	27,431	,695
Afectados	45	,00	2397942502,00	86052437,24	386338313,44	5,458	,354	31,204	,695
Costo	45	,00	344177357,00	18152361,22	55671263,65	4,959	,354	27,761	,695
N válido	45								

Fuente: Elaboración propia

El proceso de analizar los datos y lograr que estos se comporten dentro de una distribución normal, no hace transformar los valores mediante un proceso de aplicación de la función logarítmica, la cual permite que los patrones de comportamiento de los datos se ajusten como se observa en la **Figura 4.6**.

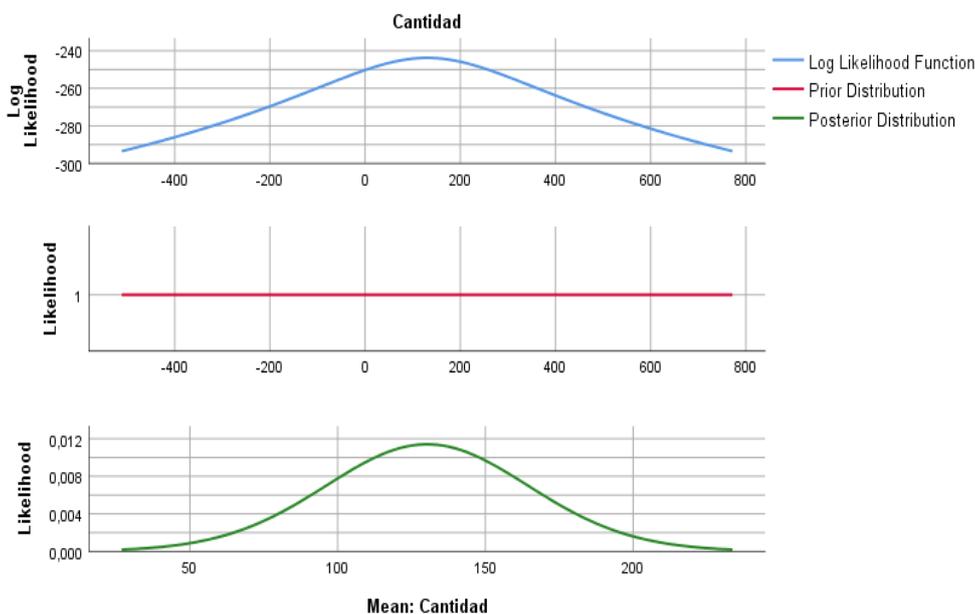


Figura 4.6. Distribución de los valores de las cantidades de eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.7**, apreciamos el análisis comparativo entre la distribución de los valores naturales y los transformados mediante la aplicación de la función logarítmica, lo que nos permite ver las mejoras que registran los datos a la hora de aplicar el proceso de conversión y obtener finalmente, que los datos se comporten como una distribución normal, lo que nos garantiza la viabilidad de la aplicación de la estadística paramétrica.

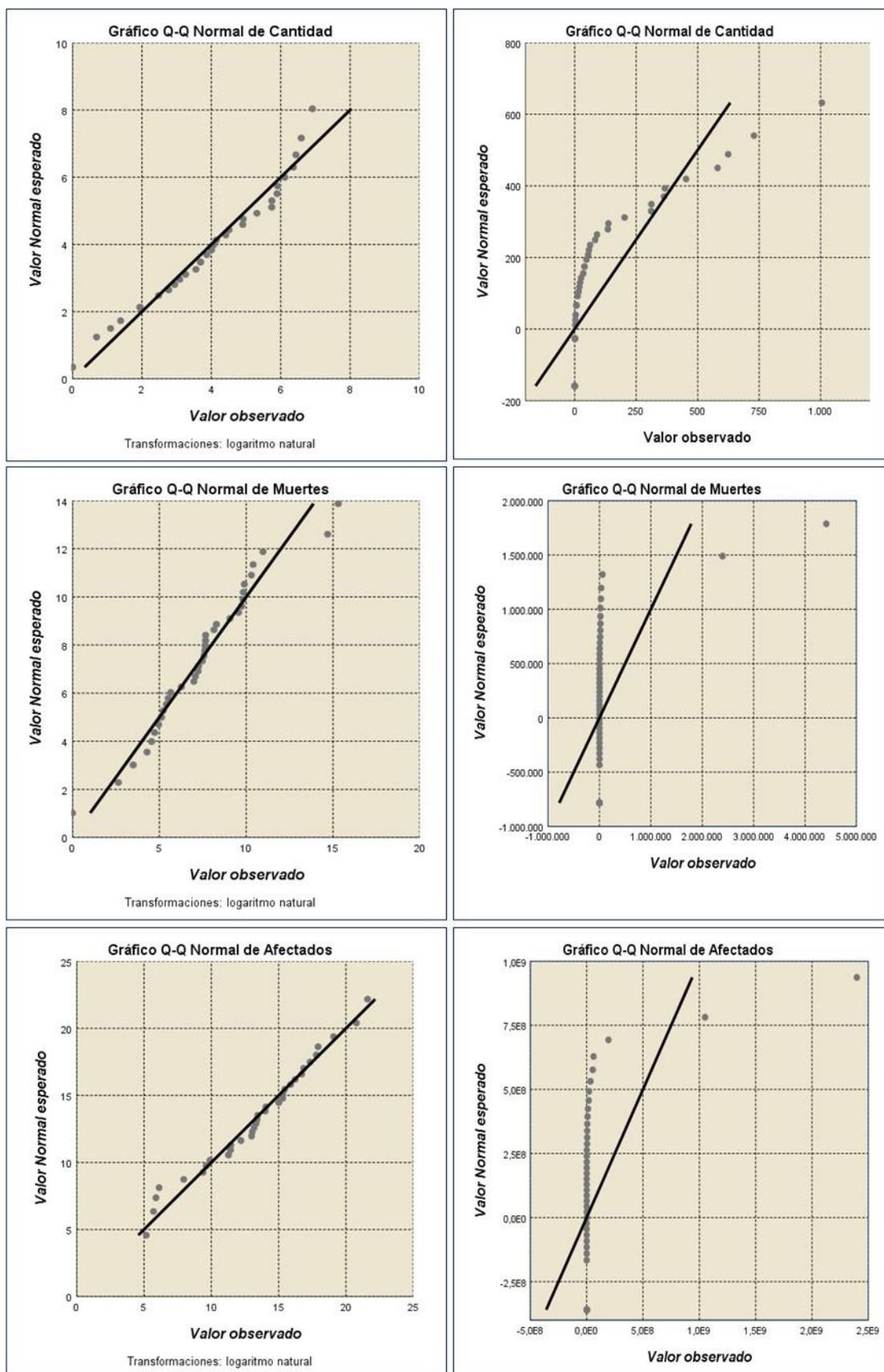


Figura 4.7. Análisis comparativo de la distribución normal de los datos antes y después de su transformación por la función logarítmica, para la cantidad, muertes y afectados por los eventos extremos hidrológicos

Fuente: Elaboración propia

c) Emergencias y Daños en América del Sur

La base de datos, utilizada para América del Sur, fue analizada con el fin de evaluar si los valores provienen de una misma población muestral, por lo cual procedimos a determinar su distribución normal, confiabilidad y obtención de los parámetros estadísticos descriptivos, de la cantidad de eventos extremos, muertes, lesionados, afectados, sin vivienda y total de afectados; permitiendo de esta manera, tener una noción general de la representatividad de los datos.

En la **Tabla 4.9**, apreciamos los resultados del análisis estadístico para conocer la normalidad de los datos, mediante la aplicación del estadístico de Alfa de Cronbach, para lo cual utilizamos el método de Shapiro-Wilk, cuyos valores obtenidos son menores a 0,05 y por ende no se ajustan a una distribución normal; mientras que en algunos casos como en Brasil, Venezuela, Argentina, Bolivia, Ecuador, han sido mayores, lo que nos indica que los datos tienen una distribución normal.

Tabla 4.9. Pruebas de normalidad^{c,d,e,f,g,h} para datos de ocurrencia, muertes, lesionados, afectados, no vivienda y total de afectados en países de América del Sur

	País	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ocurrencia	ARG	,385	3	.	,750	3	,000
	BOL	,441	4	.	,630	4	,001
	BRA	,175	14	,200*	,923	14	,243
	CHL	,416	10	,000	,650	10	,000
	COL	,291	13	,004	,798	13	,006
	ECU	,360	7	,007	,664	7	,001
	PER	,271	17	,002	,778	17	,001
	VEN	,221	5	,200*	,902	5	,421
Muertes	ARG	,337	3	.	,855	3	,253
	BOL	,297	4	.	,920	4	,537
	BRA	,185	14	,200*	,870	14	,042
	CHL	,289	10	,018	,735	10	,002
	COL	,374	13	,000	,503	13	,000
	ECU	,406	7	,001	,614	7	,000
	PER	,256	17	,004	,853	17	,012
	VEN	,471	5	,001	,555	5	,000
Lesionados	ARG	,358	3	.	,812	3	,144
	BOL	,353	4	.	,793	4	,090
	BRA	,278	14	,005	,749	14	,001
	CHL	,443	10	,000	,481	10	,000
	COL	,501	13	,000	,340	13	,000
	ECU	,159	7	,200*	,975	7	,934
	PER	,275	17	,001	,695	17	,000
	VEN	,423	5	,004	,630	5	,002

Afectados	ARG	,298	3	.	,916	3	,437
	BOL	,246	4	.	,937	4	,638
	BRA	,369	14	,000	,636	14	,000
	CHL	,384	10	,000	,622	10	,000
	COL	,446	13	,000	,447	13	,000
	ECU	,241	7	,200*	,816	7	,059
	PER	,217	17	,032	,771	17	,001
	VEN	,412	5	,006	,633	5	,002
ViviendaNO	ARG	,385	3	.	,750	3	,000
	BOL	,270	4	.	,945	4	,688
	BRA	,292	14	,002	,602	14	,000
	CHL	,367	10	,000	,620	10	,000
	COL	,403	13	,000	,388	13	,000
	ECU	,365	7	,005	,723	7	,007
	PER	,324	17	,000	,532	17	,000
	VEN	,468	5	,001	,564	5	,000
Totalafectado	ARG	,316	3	.	,890	3	,354
	BOL	,241	4	.	,961	4	,786
	BRA	,374	14	,000	,646	14	,000
	CHL	,371	10	,000	,622	10	,000
	COL	,438	13	,000	,495	13	,000
	ECU	,244	7	,200*	,883	7	,240
	PER	,274	17	,001	,677	17	,000
	VEN	,426	5	,003	,616	5	,001

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

c. No hay casos válidos para Ocurrencia cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular el nivel.

d. No hay casos válidos para Muertes cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular este nivel.

e. No hay casos válidos para Lesionados cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular el nivel.

f. No hay casos válidos para Afectados cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular este nivel.

g. No hay casos válidos para ViviendaNO cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

h. No hay casos válidos para Totalafectado cuando Pais = ,000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.8**, se muestran los análisis de diagrama de caja para cada una de las variables analizadas, en relación con los eventos extremos ocurrido en América del Sur, obteniéndose los siguiente:

- En relación con la ocurrencia de los eventos extremos, estos se distribuyen de manera uniforme entre los países, sin mayores discrepancias en relación con valores extremos
- En el caso de muertes originadas por eventos extremos, se aprecia que los países de Brasil, Chile, Colombia, Ecuador y Venezuela registran valores atípicos extremos, especialmente en este último país.
- Los lesionados durante la ocurrencia de los eventos extremos, muestran un comportamiento con valores atípico en los países de Brasil, Chile, Colombia, Perú y Venezuela, siendo Chile el que presentan los más discrepantes.
- Los afectados que se han registrado durante la ocurrencia de los eventos extremos, se han caracterizado por tener valores atípicos en los países de Brasil, Chile, Colombia, Perú y Venezuela, siendo Brasil, e que presenta las mayores discrepancias
- Para el caso de las viviendas siniestradas, estas se han concentrado en los países de Brasil, Chile, Colombia, Perú y Venezuela, registrándose los mayores valores atípicos en los tres primeros países.

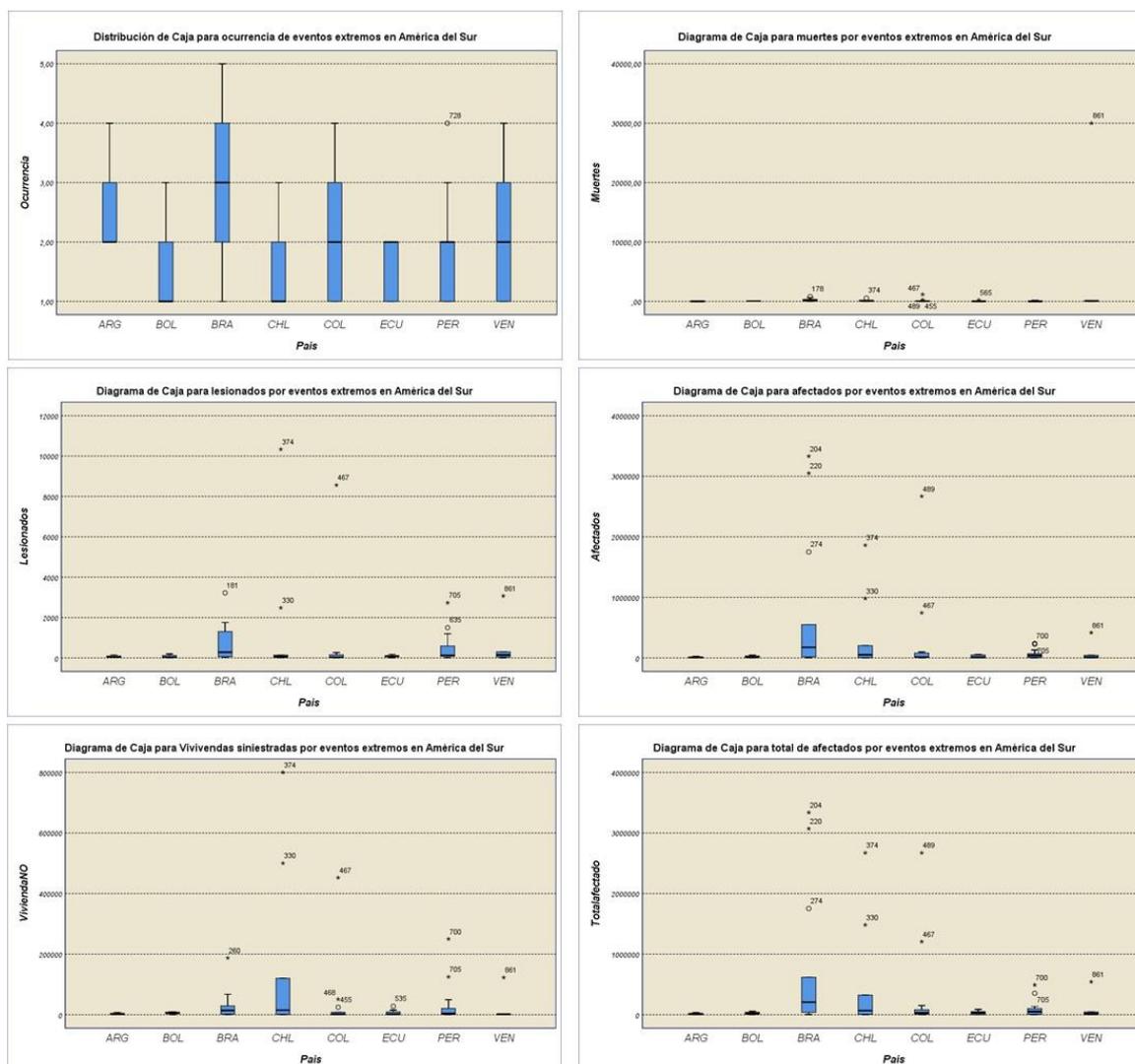


Figura 4.8. Distribución de Caja, para ocurrencia, muertes, lesiones, afectados, sin vivienda y total de afectados en países de América del Sur
 Fuente: Elaboración propia

En relación con la fiabilidad de los datos que conforman la base de datos, se ha logrado determinar que estos son confiables, sobre la base del estadístico utilizado como el Alfa de Cronbach, cuyo valor final fue de 0,631 mayor que el 0,05, tal como se aprecia en la **Tabla 4.10**.

Tabla 4.10. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,631	6

Fuente: Elaboración propia

Esto nos llevó a determinar la estadística descriptiva para cada una de las componentes consideradas que se dan paso bajo la presencia de eventos extremos, para la región de América del Sur, observándose que, para cada una de ellas, se registran diferentes acciones durante el período comprendido entre 1900 al 2019 en promedio, ya que esto está en función a la capacidad de cada país para la recopilación de la información estadística de los eventos ocurridos en cada uno de ellos.

Tabla 4.11. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Asimetría		Curtosis	
						Estadísti co	Desv. Error	Estadísti co	Desv. Error
Ocurrencia	878	1,00	8,00	1,3633	,77083	3,002	,083	13,017	,165
Muertes	632	1,00	66823,00	422,85	3419,21	14,479	,097	246,845	,194
Lesionados	246	1	1800000	9428,44	115299,65	15,421	,155	240,262	,309
Afectados	579	6	27000000	324262,04	1624781,41	11,785	,102	166,742	,203
ViviendaNO	219	40	800000	27752,03	80475,96	6,240	,164	47,887	,327
Totalafectado	696	5	27000000	281817,26	1492986,99	12,732	,093	196,203	,185
N válido	73								

Fuente: Elaboración propia

Al comparar las series de datos de la base de datos, identificada con distribución normal y no normal, el proceso de transformación de los valores, mediante la función logarítmica, nos ha permitido obtener el análisis de las **Figuras 4.9 y 4.10**, donde se aprecia con detalle, como a través de esta transformación podemos lograr darle a la serie de datos un adecuado ajuste a la distribución normal.

Esto no ha llevado a poder representar las series de datos, bajo el esquema de una distribución normal, lo que garantiza desde ya la representatividad de los mismo para cada uno de los países analizado, para entender la misma dinámica de los impactos que generan los eventos extremos, y que a manera de ejemplo representamos en las **Figuras 4.11 y 4.12**.

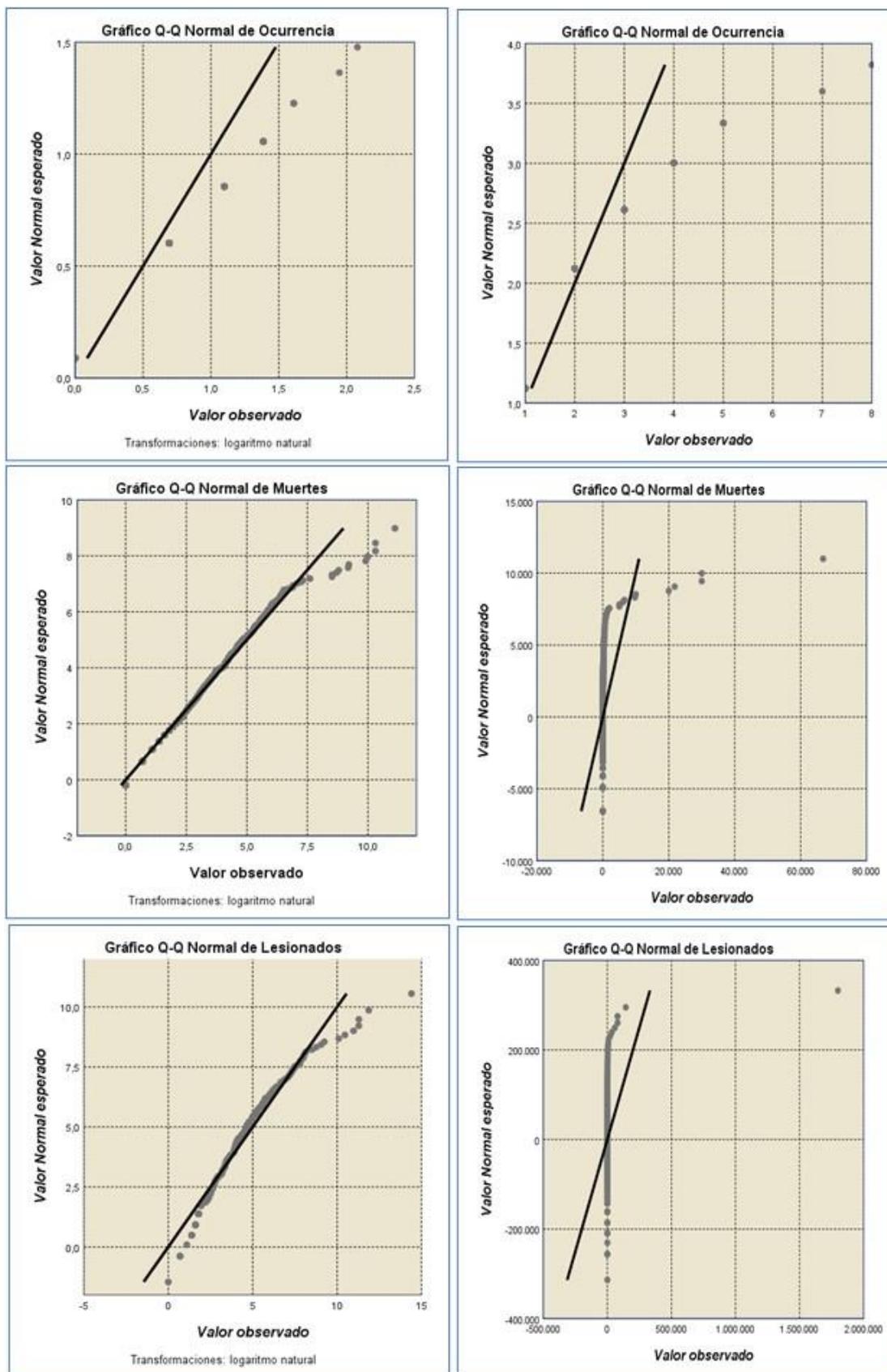


Figura 4.9. Análisis comparativo de valores originales y transformados para la ocurrencia, muertes y lesionados para los países de América del Sur
 Fuente: Elaboración propia

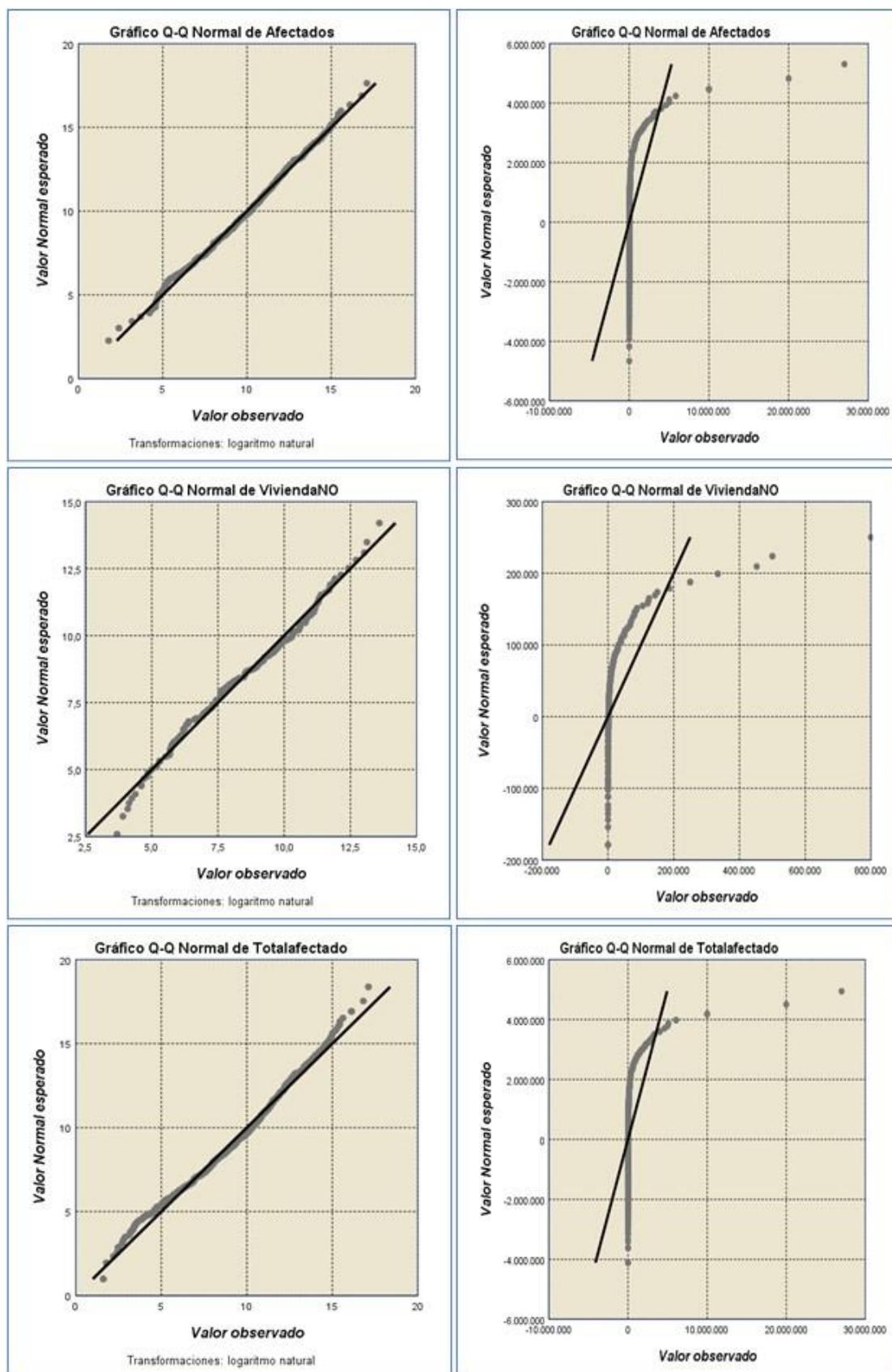


Figura 4.10. Análisis comparativo de valores originales y transformados para la afectados, sin vivienda y total de afectados para los países de América del Sur

Fuente: Elaboración propia

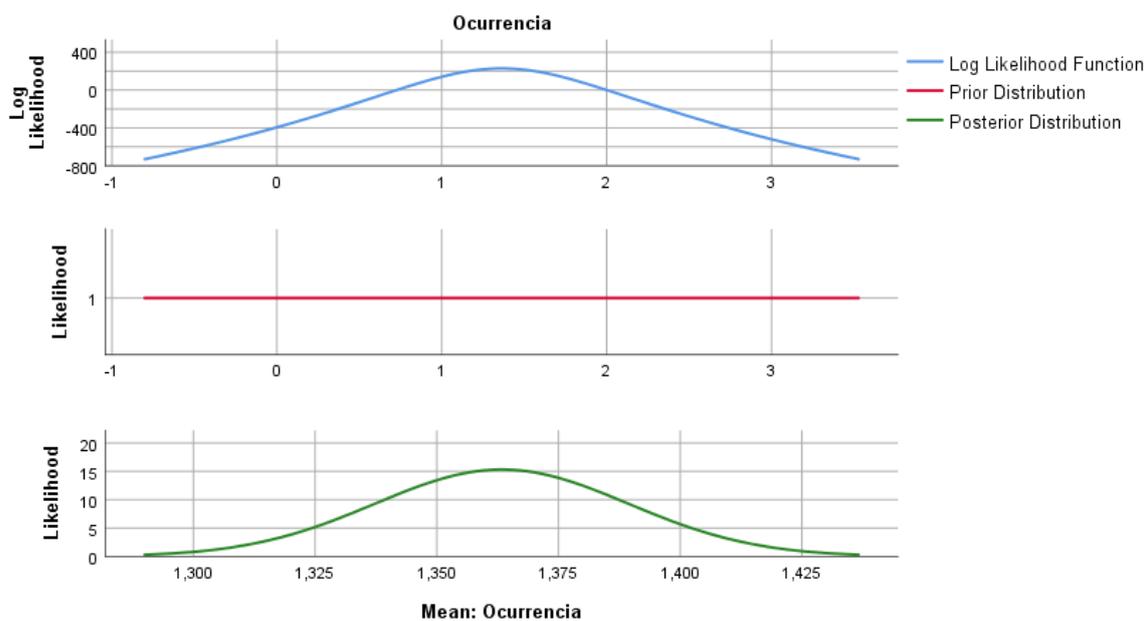


Figura 4.11. Distribución de los valores de las ocurrencias de eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica
 Fuente: Elaboración propia

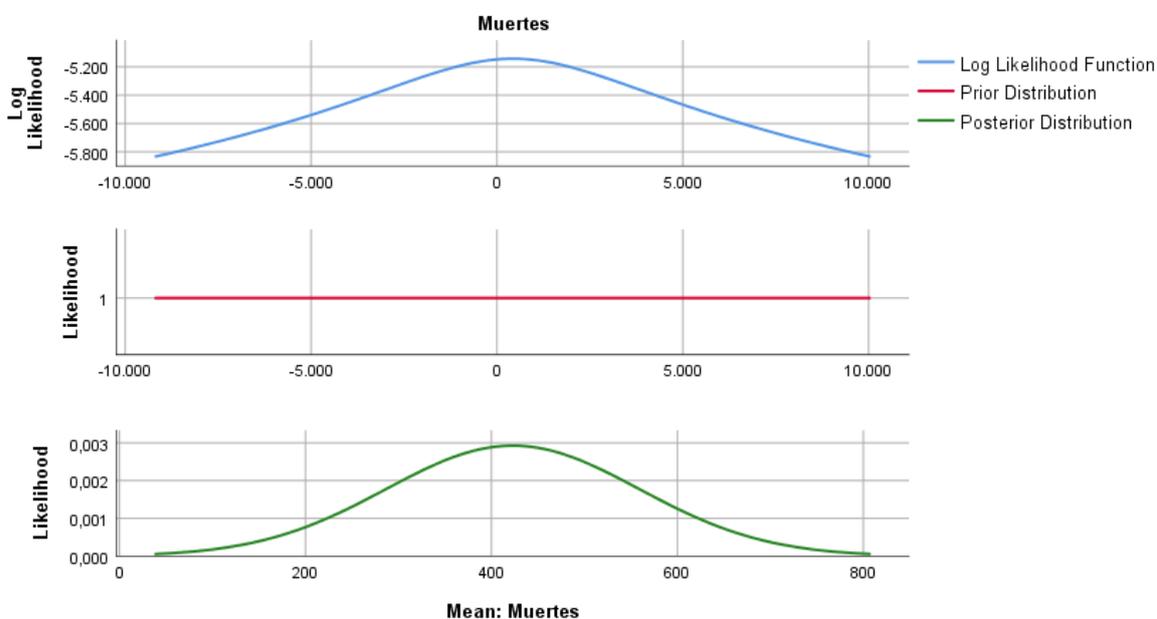


Figura 4.12. Distribución de los valores de las muertes originadas por los eventos extremos hidrológicos, transformados por la función logarítmica
 Fuente: Elaboración propia

d) Base de dato de emergencia en Perú

Para el caso del Perú, la base de datos utilizada también fu sometida al análisis estadístico con el fin de conocer el tipo de distribución, para lo cual procedimos como en los anteriores casos, llevando los datos a procesos exploratorios, descriptivos y finalmente de fiabilidad.

En la **Tabla 4.12**, presentamos los valores del **Sig**, para saber si los datos se ajustan a una distribución normal, siempre y cuando estos sean mayores a 0,05. Para nuestro caso, solamente los departamentos de Ancash, Callao, Huancayo, La Libertad, Lima, Loreto, Madre de dios, Moquegua y Piura, presentan valores inferiores al 0,05, por lo que no presentan distribución normal.

Tabla 4.12. Pruebas de normalidad de emergencias por departamentos Perú

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AMA	,114	16	,200*	,976	16	,919
ANC	,332	16	,000	,502	16	,000
APU	,181	16	,168	,907	16	,106
ARE	,160	16	,200*	,938	16	,323
AYA	,099	16	,200*	,980	16	,966
CAJ	,110	16	,200*	,954	16	,550
CALL	,223	16	,033	,866	16	,024
CUS	,127	16	,200*	,962	16	,707
HUANC	,236	16	,018	,874	16	,031
HUAN	,142	16	,200*	,938	16	,328
ICA	,199	16	,090	,889	16	,053
JUN	,156	16	,200*	,905	16	,097
LIBER	,399	16	,000	,470	16	,000
LAMB	,144	16	,200*	,957	16	,610
LIM	,369	16	,000	,523	16	,000
LORE	,276	16	,002	,818	16	,005
DIOS	,224	16	,030	,749	16	,001
MOQ	,206	16	,067	,736	16	,000
PAS	,206	16	,067	,905	16	,098
PIU	,263	16	,004	,826	16	,006
PUN	,197	16	,096	,915	16	,142
MART	,109	16	,200*	,948	16	,464
TEAC	,139	16	,200*	,956	16	,595
TUM	,160	16	,200*	,917	16	,153
UCA	,174	16	,200*	,891	16	,057

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.13**, se muestran el análisis del diagrama de caja, para cada una de las series de datos por departamentos, observándose que, en Ancash, Callao, Huancayo, La Libertad, Lima, Loreto, Madre de dios, Moquegua, Piura, Puno y Ucayali, registran valores atípicos en su serie; sin embargo, a pesar de ellos los datos de Puno y Ucayali presentan una distribución normal.

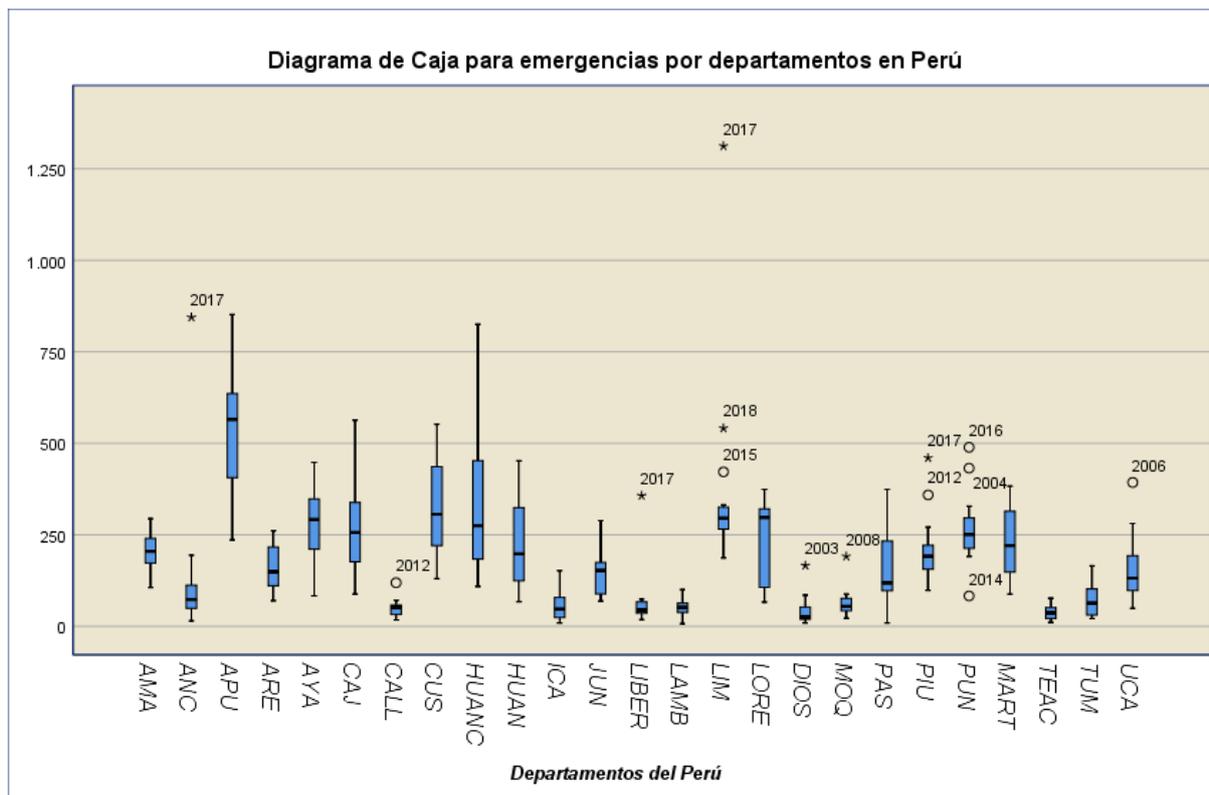


Figura 4.13. Diagrama de caja de las emergencias, por departamentos en Perú
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.13**, se aprecia el estadístico del Alfa de Cronbach cuyo valor de 0,661, es superior al criterio utilizado de 0,05, por lo cual los datos analizados muestran una buena fiabilidad para los análisis posteriores.

Tabla 4.13. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,661	25

Fuente: Elaboración propia

Para aquellos departamentos cuyos datos no presentan distribución normal, fueron sometidos a un proceso de transformación por la función logarítmico, como se aprecia en la **Figura 4.14**, con el fin de apreciar los análisis comparativos y los cambios conseguidos, al pasar de una estadística no paramétrica a una estadística paramétrica. Además, en las **Figuras 4.15 y 4.16** apreciamos los niveles de ajustes de los valores transformados para los departamentos de Ancash y Lima.

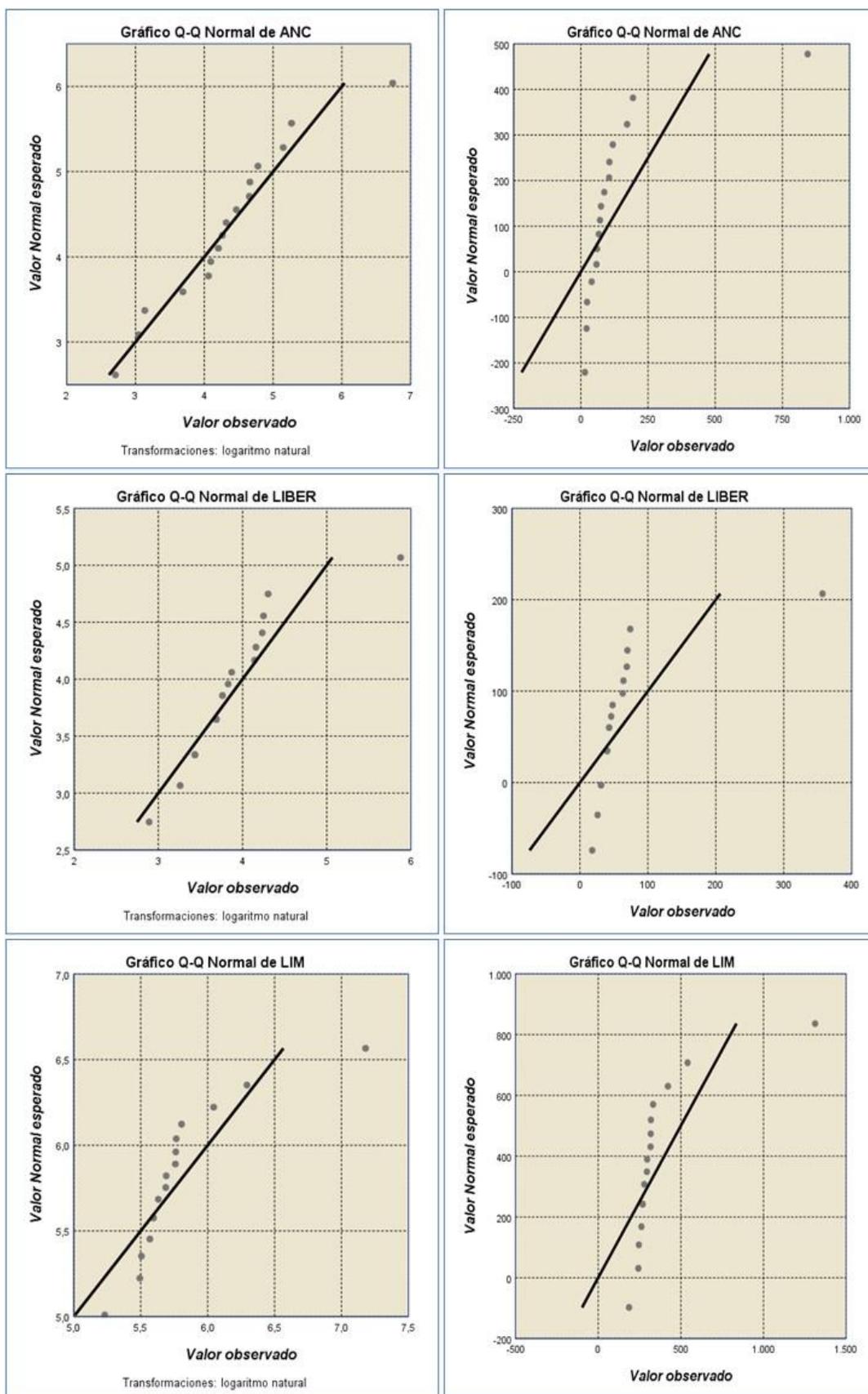


Figura 4.14. Análisis comparativo de valores de emergencia original y transformado para los departamentos de Ancash, Loreto y Lima

Fuente: Elaboración propia

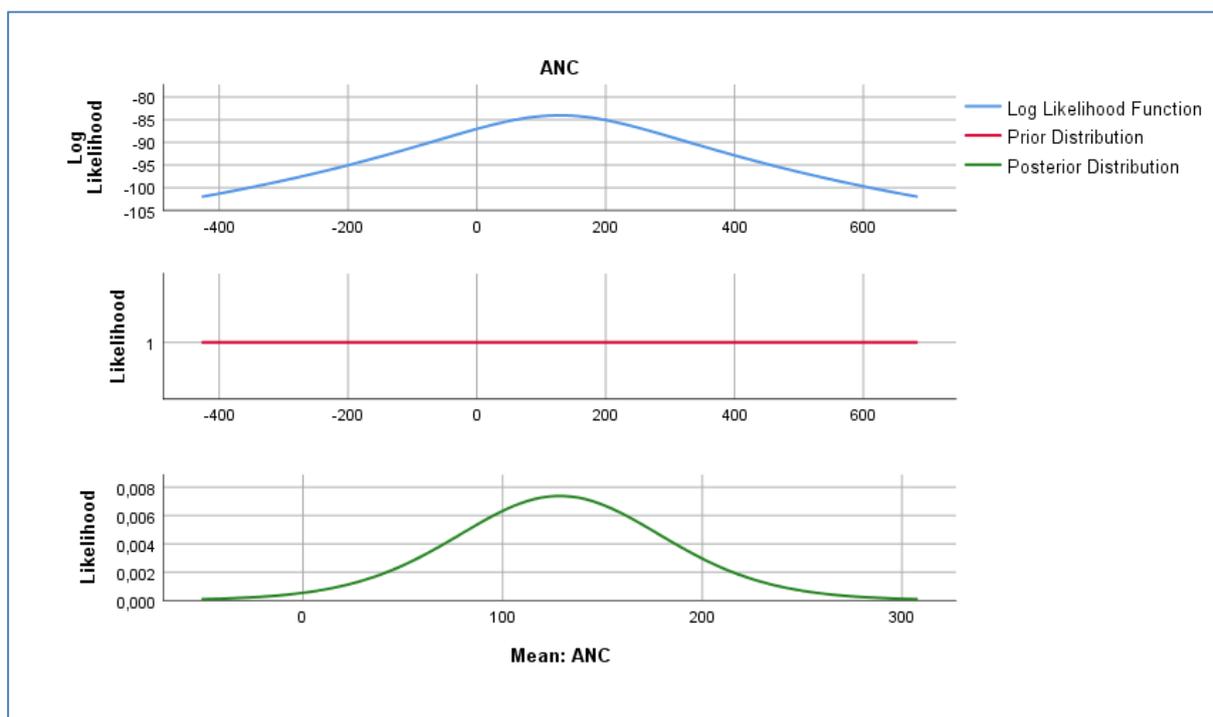


Figura 4.15. Distribución de los valores de emergencias transformados para el departamento de Ancash
Fuente: Elaboración propia

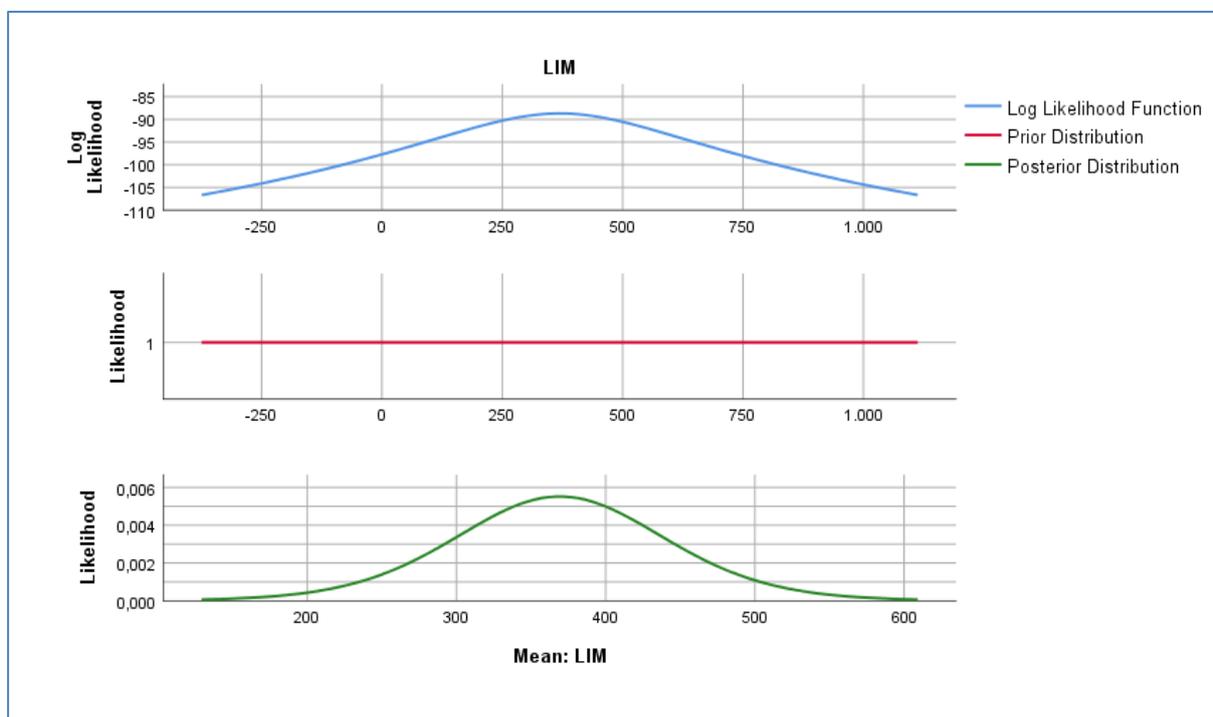


Figura 4.16. Distribución de los valores de emergencias transformados para el departamento de Lima
Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis mediante dendogramas jerárquicos

En esta fase de la investigación, nos centramos en desarrollar los Análisis de Clúster (Análisis de Conglomerados) la cual, mediante análisis estadístico multivariante, definiremos agrupar las variables con la finalidad de lograr la máxima homogeneidad o diferencias entre los grupos.

a) Base de dato de Emergencias y Daños por zonas regionales

Para el análisis de clúster para esta base de datos, procederemos a tener en consideración que las variables están referidas a los casos de emergencias registrados en cada año y como casos, tendremos a las zonas regionales consideradas en esta investigación.

Para nuestro análisis se han generado una serie de procesos de forma escalonada que nos ayudara a entender con claridad la obtención de las agrupaciones obtenidas de las series de datos. En la **Tabla 4.13**, se aprecia el historial de los conglomerados, donde se muestran cómo van interaccionado los datos en función a la distancia euclidiana que se registran entre ellas.

Tabla 4.13. Historial de conglomeración

Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	3	17	,025	0	0	3
2	4	8	,220	0	0	6
3	3	6	1,032	1	0	4
4	3	15	2,270	3	0	5
5	3	11	3,579	4	0	6
6	3	4	6,615	5	2	7
7	3	16	11,642	6	0	8
8	2	3	22,545	0	7	9
9	1	2	43,572	0	8	14
10	7	18	89,142	0	0	11
11	7	14	233,400	10	0	14
12	10	13	427,086	0	0	15
13	5	12	815,345	0	0	16
14	1	7	1224,264	9	11	15
15	1	10	1796,969	14	12	16
16	1	5	3976,967	15	13	17
17	1	9	7487,303	16	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.17**, se muestran finalmente el dendrograma generado para esta base de datos en la cual se muestran como se van integrando cada uno de los casos, en función a la distancia entre datos, obteniéndose un total de cuatro (04) conglomerados

los cuales agrupan la totalidad de la serie de datos; siendo el número 1, el que agrupa la mayor cantidad de casos (13).

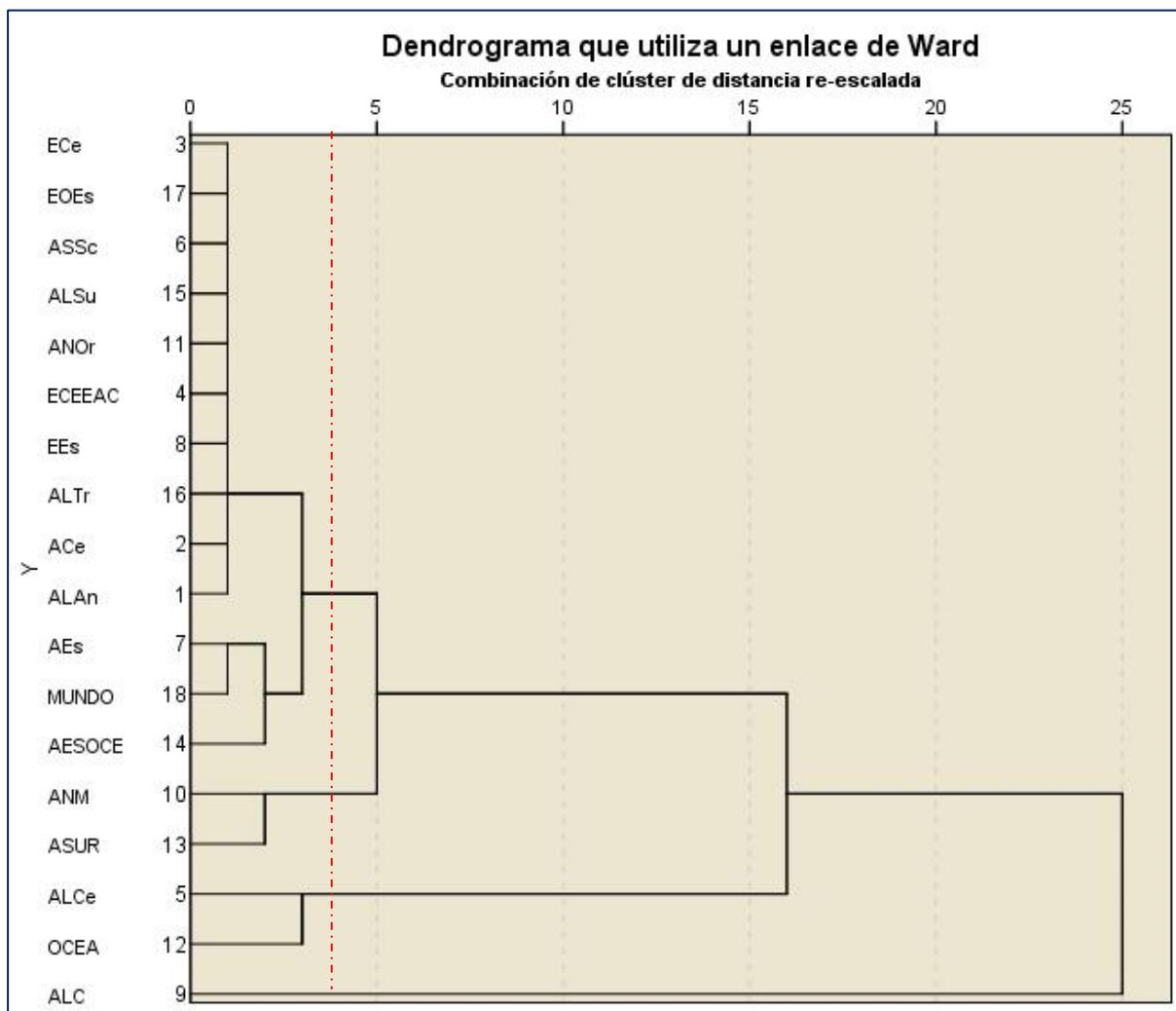


Figura 4.17. Representación del dendrograma por medio del método de Clúster jerárquico
 Fuente: Elaboración propia

Mediante dichos proceso, se obtuvo las secuencias de conglomerados generados entre la serie de datos, lo que nos llevó a realizar el análisis de medias entre cada uno de los conglomerados con el cual se obtuvo la **Figura 4.18**, donde apreciamos como los valores se distribuyen en el diagrama de cajas que nos permite conocer no solo el comportamiento sino su ubicación; es decir, cuan cercano están con relación a la media de toda la serie de la base de datos analizados, donde los clúster 1 y 2, son los que están por debajo de la media; mientras que los clúster 3 y 4, registran valores superiores a su media.

En la **Figura 4.19**, mostramos como queda la distribución de los conglomerados desarrollado mediante el clúster jerárquico, habiéndose obtenido en nuestro caso cuatro (04) clúster para la representación espacial y temporal de la base de datos de emergencias en las zonas regionales seleccionadas.

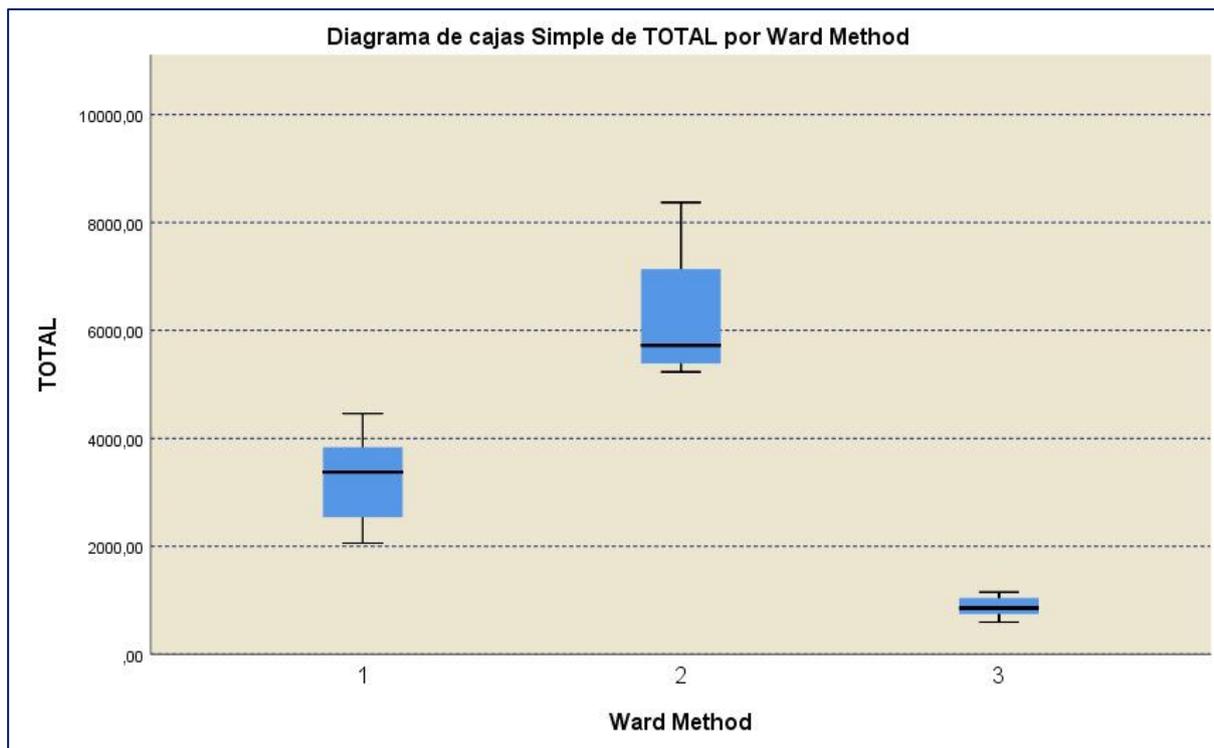


Figura 4.18. Diagrama de caja para el análisis de medias de los conglomerados
Fuente: Elaboración propia

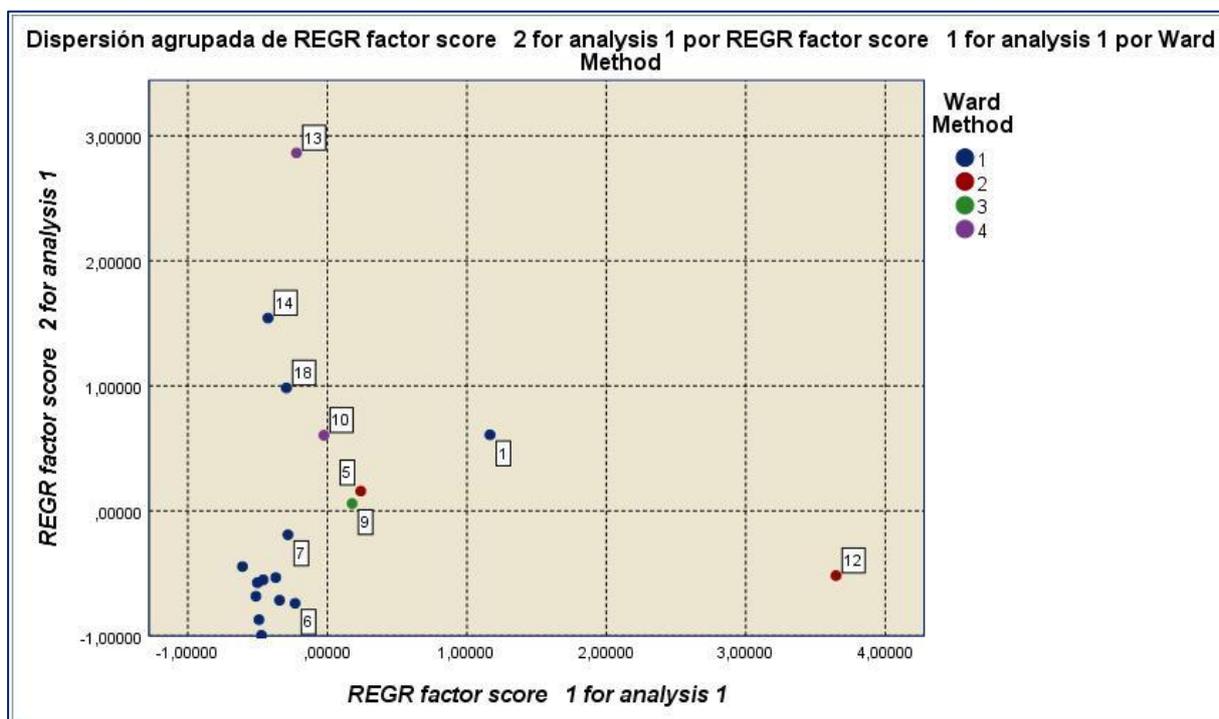


Figura 4.19. Distribución de los clústeres de emergencias de las zonas regionales
Fuente: Elaboración propia

b) Base de dato de Emergencias y Daños por continente

Con la data recopilada sobre los tipos de eventos extremos hidrológicos por continente, realizamos los análisis de clúster jerárquico con la finalidad de conocer cómo se comportan la serie de datos a nivel de relaciones entre ellas, con el fin de esbozar una primera aproximación de la interrelación entre ellas.

Bajo este aspecto se obtuvieron algunos resultados desarrollados bajo la misma secuencia lógica del paso anterior descrito; es por lo que, en la **Tabla 4.14** podemos apreciar el histograma de conglomerados generados en función a los datos de cantidad muertes y afectados que generaron los eventos extremos en cada uno de los continentes, donde se tiene conformado los clústeres y su conectividad.

Tabla 4.14. Historial de conglomeración

Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	44	45	,000	0	0	2
2	38	44	,000	0	1	3
3	36	38	,000	0	2	4
4	35	36	,000	0	3	5
5	18	35	,000	0	4	6
6	9	18	,000	0	5	7
7	8	9	,000	0	6	8
8	2	8	,000	0	7	10
9	17	32	800,000	0	0	10
10	2	17	5398,182	8	9	14
11	26	33	10073,182	0	0	12
12	26	42	24851,515	11	0	13
13	11	26	71217,682	0	12	14
14	2	11	405184,667	10	13	16
15	6	29	5010427,167	0	0	18
16	2	27	12169369,375	14	0	23
17	20	40	20988362,875	0	0	19
18	6	41	49380153,042	15	0	23
19	20	39	185346421,542	17	0	27
20	15	37	429454687,542	0	0	26
21	4	28	761977124,542	0	0	30
22	31	43	1267988037,042	0	0	25
23	2	6	1864674728,763	16	18	28
24	3	12	3721871533,263	0	0	31
25	30	31	5866963522,763	0	22	29
26	15	24	10039249996,096	20	0	29
27	5	20	19085744295,596	0	19	28

28	2	5	61158718224,399	23	27	33
29	15	30	108259391736,732	26	25	31
30	4	14	435329511421,065	21	0	32
31	3	15	1105784263377,773	24	29	33
32	4	13	2526580442185,190	30	0	37
33	2	3	5515101265300,621	28	31	39
34	1	21	9176833537815,121	0	0	38
35	23	34	14199353692361,621	0	0	37
36	7	16	39600234994211,125	0	0	40
37	4	23	75989986948180,220	32	35	39
38	1	10	208241107129576,380	34	0	40
39	2	4	380854425930165,500	33	37	41
40	1	7	1709657877236173,500	38	36	41
41	1	2	7538466773081800,000	40	39	42
42	1	22	41929481787056896,000	41	0	44
43	19	25	949240495369689340,000	0	0	44
44	1	19	6567344972726989800,000	42	43	0

Fuente: Elaboración propia

Sobre los valores obtenidos en la tabla anterior podemos entender con claridad como se ha estructurado la conformación de los grupos por afinidad en relación con la distancia euclidiana, lo que nos lleva a saber que la serie de datos analizada da paso a la conformación de tres grupos, cuya representación esquemática es el dendrograma que se tiene en la **Figura 4.20**; donde se aprecia que la totalidad de los datos quedan agrupados en el clúster 1, mientras que el clúster 2 y 3, están representados por los datos generados en Asia.

Luego procedimos a realizar los análisis de medias, con el fin de conocer si la media de cada uno de los grupos formados está por encima o debajo del promedio de la serie de datos, esto queda reflejado en la **Tabla 4.15**, donde el clúster 1, los valores que la conforman están por debajo de la media general, para las variables cantidad y muertes. Además, consideramos importante realizar un análisis de ANOVA, con el fin de conocer si la variable costos presenta una diferencia significativa en su media, para lo cual se generó la **Tabla 4.16**, que confirma que justamente la media de los clústeres es diferente.

Se generaron los factores de reducción, en cuyo análisis se pudo ver que los factores explican más del 90%, lo que nos permitió elaborar la **Figura 4.21**, que muestra cómo queda conformada la distribución de ellos grupos generados con el análisis de clúster jerárquico.

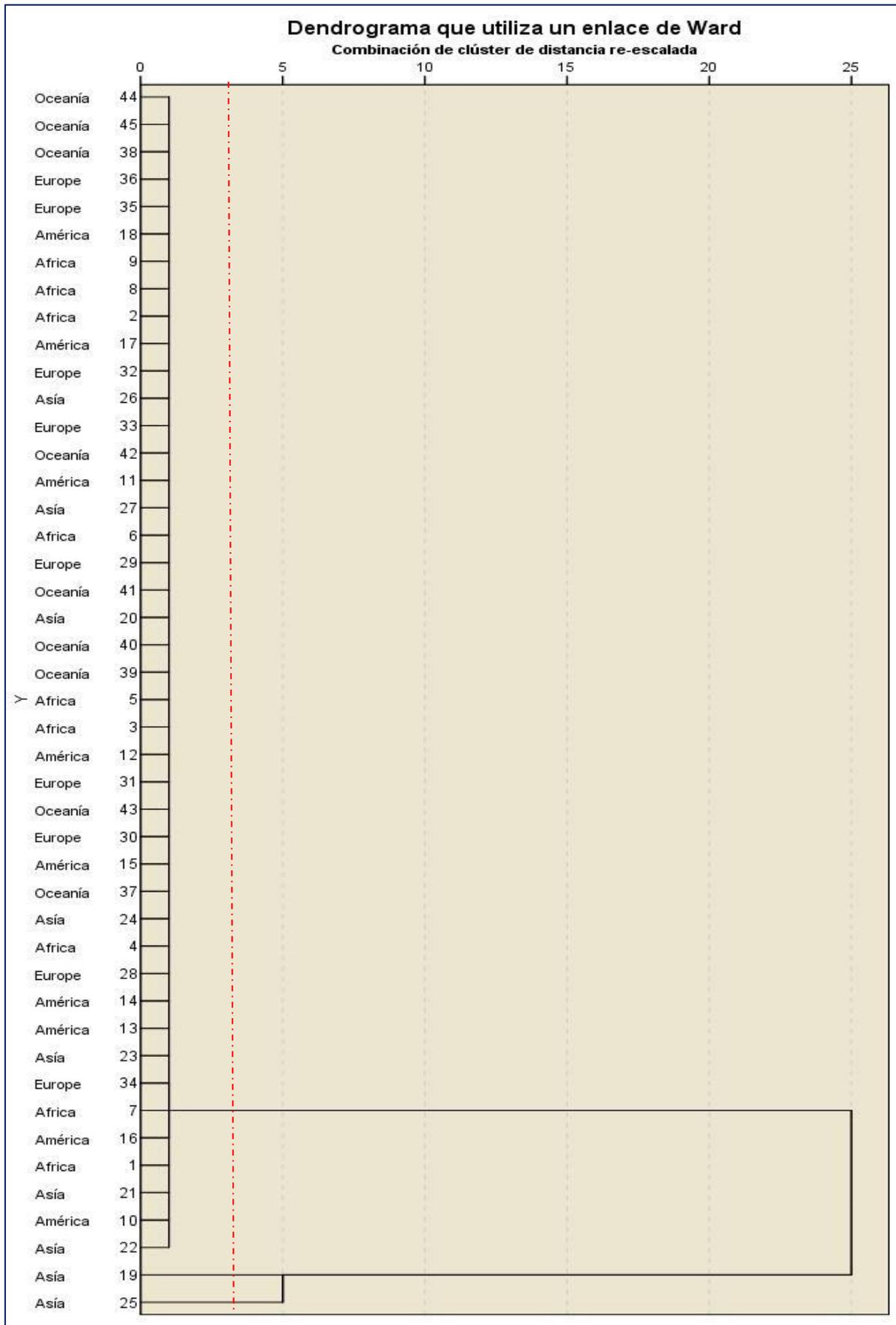


Figura 4.20. Representación del dendrograma por medio del método de Clúster jerárquico
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Informe de análisis de media

Media

<i>Ward Method</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Muertes</i>	<i>Afectados</i>
1	96,0000	5662,6279	9850051,9302
2	729,0000	2394569,0000	1050864941,0000
3	1005,0000	4412443,0000	2397942502,0000
Total	130,2667	156677,8889	86052437,2444

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16. Análisis de ANOVA

Costo

	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Entre grupos</i>	1185539886663 68720,000	2	5927699433318 4360,000	139,751	,000
<i>Dentro de grupos</i>	1781475357447 2782,000	42	4241607993922 09,100		
Total	1363687422408 41504,000	44			

Fuente: Elaboración propia

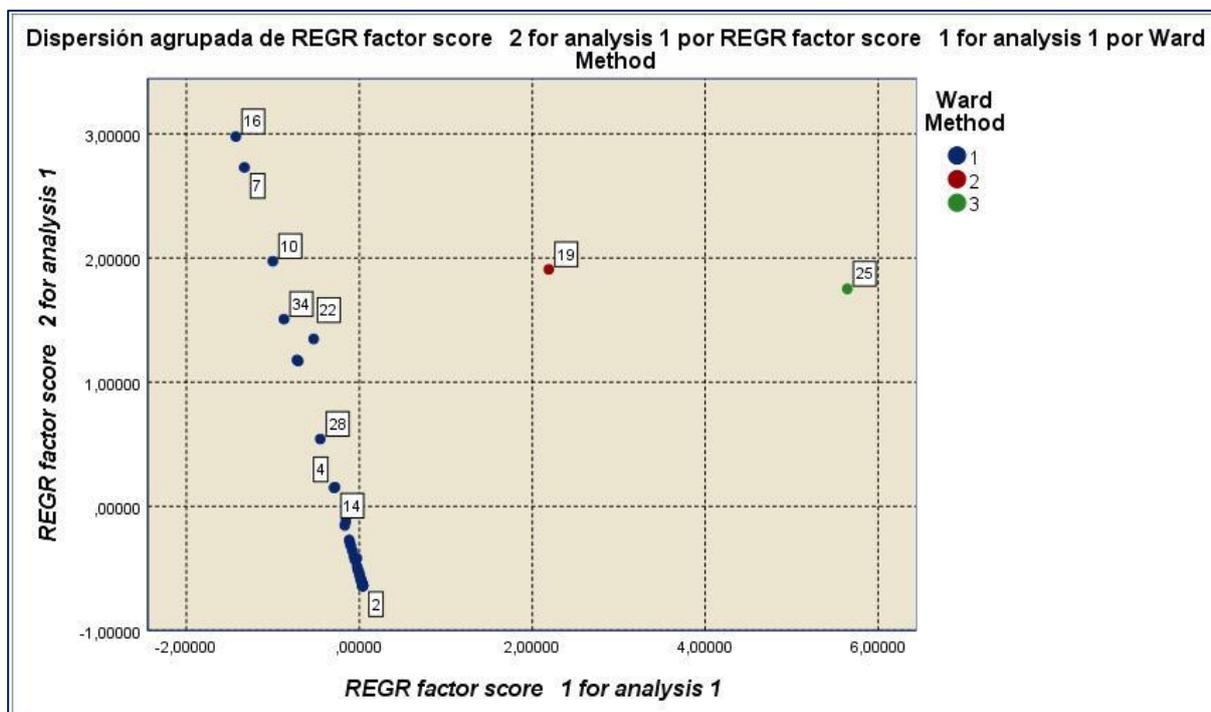


Figura 4.21. Distribución de los clústeres de emergencias por continentes

Fuente: Elaboración propia

c) Base de dato de Emergencias y Daños en América del Sur

Para esta base de datos conformado por los países de América del Sur y a nivel anual, cuenta con un total de 873 válidos y 5 datos perdidos, para las variables de ocurrencia, muertes y total de afectados, como se detalla en la **Tabla 4.17**.

Tabla 4.17. Resumen de procesamiento de casos^a

Válido		Casos Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
873	99,4	5	,6	878	100,0

a. Enlace de Ward

Fuente: Elaboración propia

Con dicha información se procedió a generar los clústeres jerárquicos, obteniéndose un total de 872 etapas en el proceso de la conformación de los grupos homogéneos seleccionados, cuya distribución inicial se muestran en la **Tabla 4.18**, donde se presenta una parte del historial de conglomerado, ya que dicha tabla está conformada por 22 hojas.

Tabla 4.18. Historial de conglomeración

Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	870	877	,000	0	0	3
2	777	872	,000	0	0	30
3	827	870	,000	0	1	12
4	648	855	,000	0	0	50
5	522	853	,000	0	0	75
6	618	850	,000	0	0	158
7	825	849	,000	0	0	13
8	704	848	,000	0	0	171
9	429	837	,000	0	0	85
10	549	836	,000	0	0	68
11	146	830	,000	0	0	159
12	816	827	,000	0	3	20
13	813	825	,000	0	7	21
14	52	824	,000	0	0	282
15	587	822	,000	0	0	62
16	819	821	,000	0	0	18
17	574	820	,000	0	0	65
18	272	819	,000	0	16	213
19	26	817	,000	0	0	145
20	803	816	,000	0	12	22

21	793	813	,000	0	13	25
22	780	803	,000	0	20	28
23	530	799	,000	0	0	72
24	772	797	,000	0	0	616
25	336	793	,000	0	21	104
26	494	791	,000	0	0	171
27	548	787	,000	0	0	430
28	766	780	,000	0	22	32
29	39	779	,000	0	0	425
30	46	777	,000	0	2	180
31	97	769	,000	0	0	192
32	718	766	,000	0	28	38
33	64	765	,000	0	0	668
34	687	759	,000	0	0	43
35	349	753	,000	0	0	191

Nota; la tabla solo representa un extracto de los casos analizados que son 872

Fuente: Elaboración propia

Conformados los grupos, se realizó el análisis de comparación de medias, tal como se detalla en la **Tabla 4.19**, donde apreciamos que la serie conformada por el clúster 3, nos indica que hay menos ocurrencias de eventos extremos, por ende, menos muertes y una gran cantidad de afectados.

Tabla 4.19. Informe de la comparación de medias

Media	Ocurrencia	Muertes	Total afectado
Ward Method			
1	1,3460	224,2666	65992,78
2	1,9630	2886,6667	3378620,30
3	1,0000	10,0000	23500000,00
Total	1,3643	306,1180	222131,33

Fuente: Elaboración propia

En relación con la determinación de los factores de reducción, logramos definir que el 70% de los datos son explicados durante el proceso de la conformación de los tres conglomerados, tal como queda representado en la **Tabla 4.20**. Dichos factores nos han permitido generar la **Figura 4.22**, donde tenemos distribuido la serie de valores que conforma la base de datos de emergencias por eventos extremos en América del sur, la cual esta agrupada en base a los tres clústeres seleccionados.

Además, consideramos importante realizar el análisis a nivel de país, con el fin de conocer cómo se distribuyen la serie de emergencias anuales en cada una de ellas, generándose los clústeres, tal como se muestra en las **Figuras 4.23 y 24**, donde cada uno de ellos está conformado por tres (03) clúster, siendo el clúster 1, el que contiene

Tabla 4.20. Varianza total explicada

Componete	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% de varianza	% acumula	Total	% de varianza	% acumula	Total	% de varianza	% acumula
1	1,095	36,498	36,498	1,095	36,498	36,498	1,060	35,320	35,320
2	,977	32,558	69,057	,977	32,558	69,057	1,012	33,736	69,057
3	,928	30,943	100,000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración propia

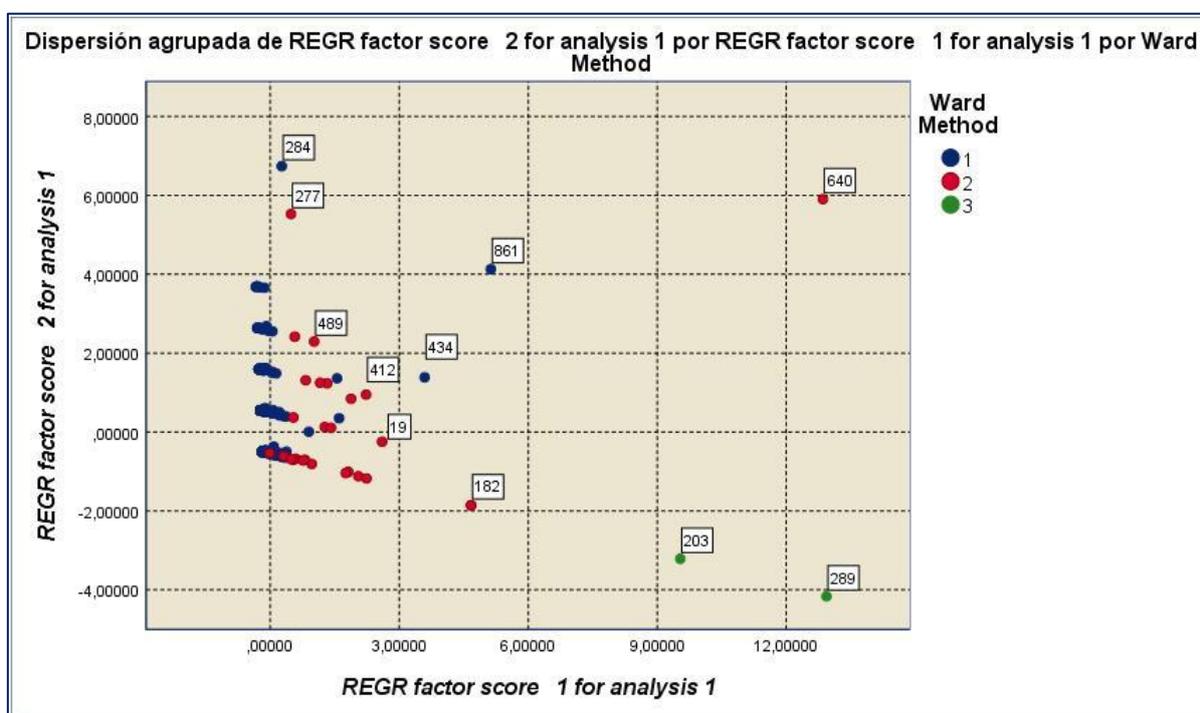


Figura 4.22. Distribución de los clústeres de emergencias por países de América del Sur

Fuente: Elaboración propia

la mayor cantidad de datos, seguido del clúster 2 y finalmente el clúster 3 con datos mínimos. En la **Figura 4.25**, apreciamos la cantidad porcentual de datos por países en América del Sur.

Figura 4.25. Distribución porcentual de datos de emergencias por países
Fuente: Elaboración propia



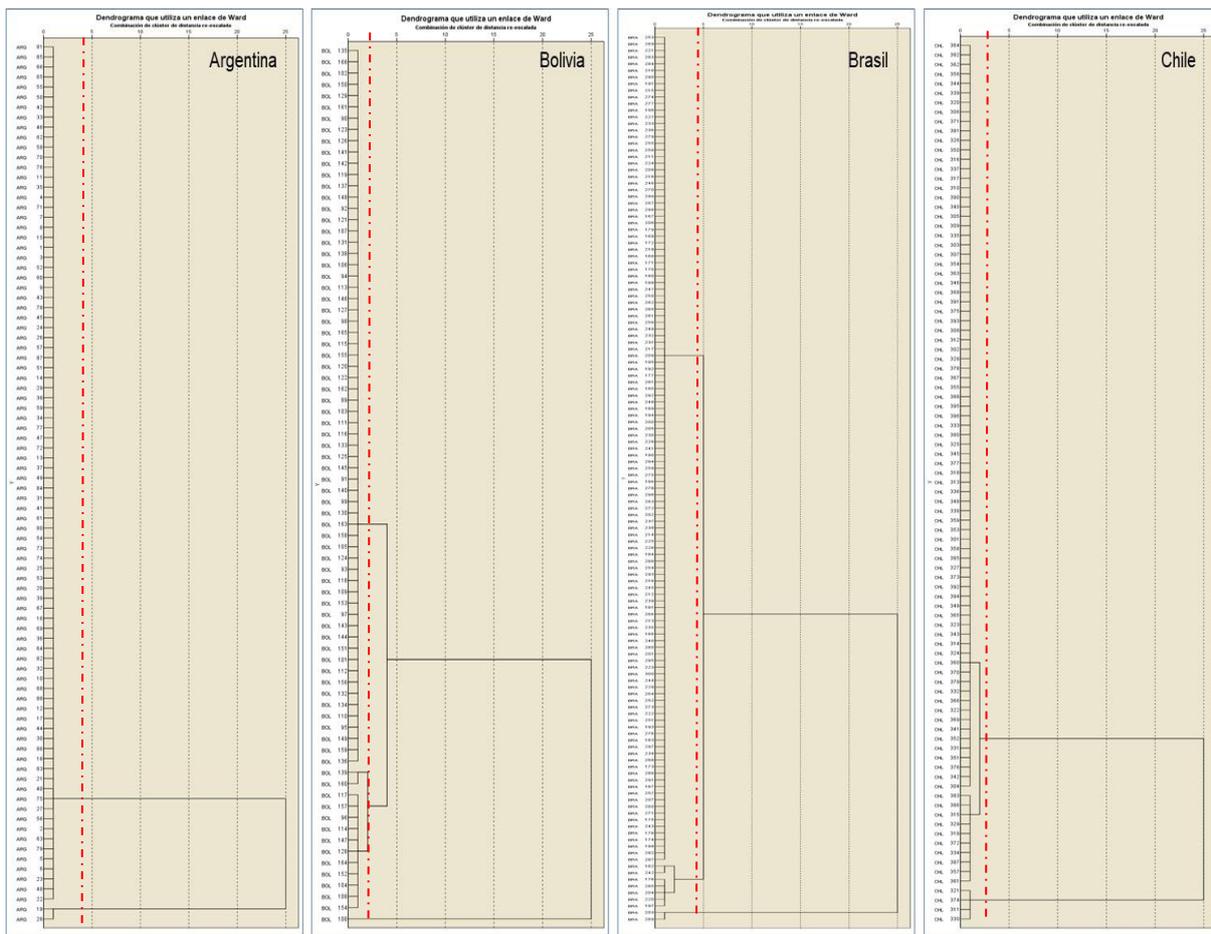


Figura 4.23. Dendrograma - método de Clúster jerárquico por país de América del Sur
Fuente: Elaboración propia

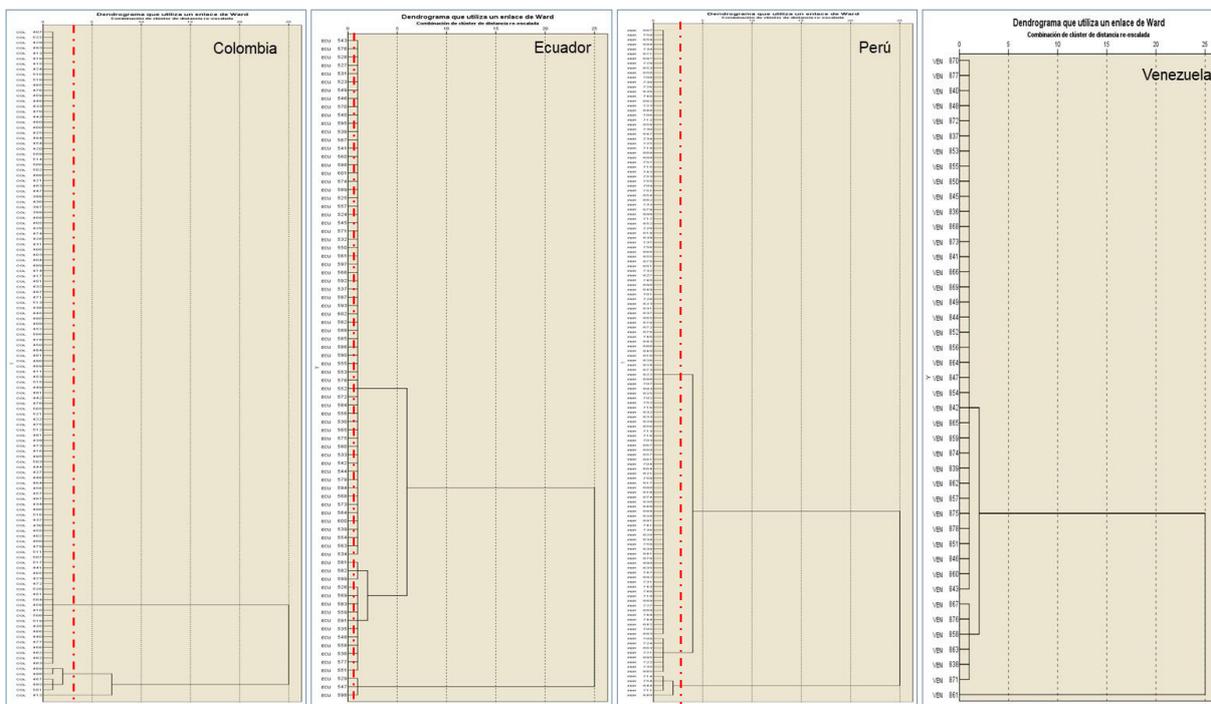


Figura 4.24. Dendrograma - método de Clúster jerárquico por país en América del Sur
Fuente: Elaboración propia

d) Base de dato de Emergencias y Daños por departamentos en Perú

Esta base de datos cuenta con información refiere tes a las emergencias y daños registrados en el Perú, por departamentos desde el año 2003 hasta 2018, periodo que nos permitió conocer como dichas variables interaccionan entre si a través del análisis de conglomerados por el método jerárquicos.

En la **Tabla 4.21**, se aprecia parte del proceso de los análisis desarrollados, donde apreciamos como están distribuidos la formación de los clústeres de los veinticuatro (24) departamentos que conforman el Perú. Aquí se muestras como se va encadenado los valores analizados entre cada uno de los departamentos, sobre la base del análisis de la distancia euclidiana que determina el programa.

Tabla 4.21. Historial de conglomeración

Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	7	14	4310,500	0	0	2
2	7	11	14800,000	1	0	4
3	17	23	26978,500	0	0	5
4	7	24	44350,500	2	0	7
5	17	18	69709,333	3	0	7
6	4	12	104231,333	0	0	10
7	7	17	141297,143	4	5	8
8	7	13	209476,500	7	0	23
9	10	16	284726,000	0	0	14
10	4	19	361288,667	6	0	13
11	1	25	438049,667	0	0	16
12	5	21	556639,667	0	0	15
13	4	20	677943,000	10	0	16
14	10	22	816314,167	9	0	18
15	5	6	1013460,167	12	0	18
16	1	4	1212382,833	11	13	19
17	8	9	1444978,833	0	0	21
18	5	10	1777343,833	15	14	20
19	1	2	2213406,167	16	0	20
20	1	5	2868944,500	19	18	23
21	8	15	3620547,833	17	0	22
22	3	8	4583260,000	0	21	24
23	1	7	6419949,786	20	8	24
24	1	3	10150294,080	23	22	0

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 4.26**, se muestra la representación esquemática del dendrograma generados mediante el análisis del clúster jerárquico, donde apreciamos con claridad como se han distribuidos los casos relacionados a los departamentos con relación a las variables que representan los años con cantidades de emergencias y daños registrados.

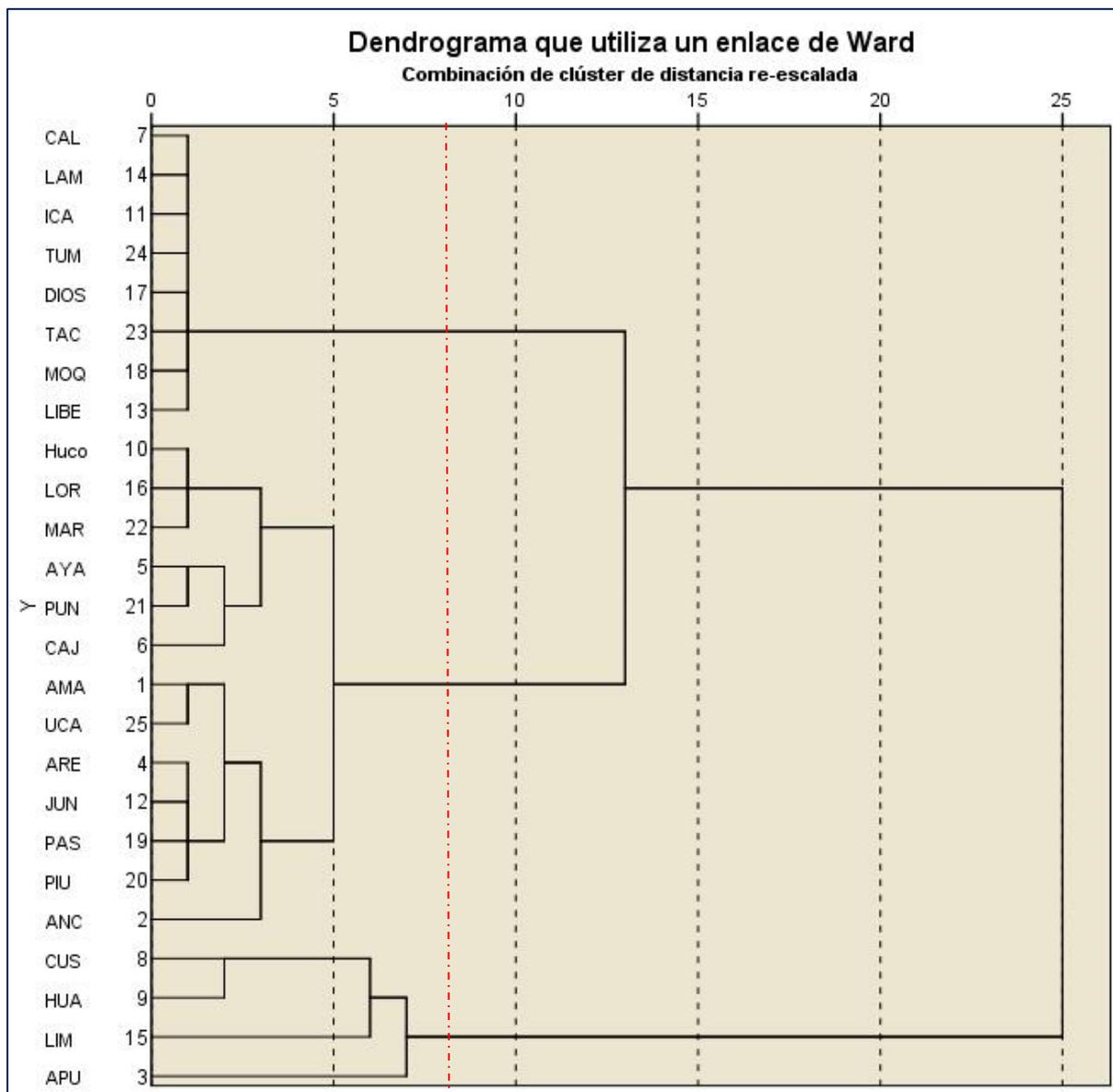


Figura 4.26. Dendrograma - método de Clúster jerárquico por departamento en Perú
 Fuente: Elaboración propia

En base a dicho análisis, se procedió a realizar una comparación de medias entre los grupos formados que a criterio del investigador se seleccionaron tres (03) conglomerados, los cuales se pueden visualizar en la **Figura 4.27**, donde podemos apreciar como el valor medio del clúster 2 se ubica por encima de la media; mientras que en el clúster 3, se posiciona por debajo. En el caso del clúster 1, este presenta un comportamiento muy similar a la media grupal. A pesar de ello, el análisis de ANOVA, nos indica que si existe diferencias entre las medias de cada uno de los grupos formados.

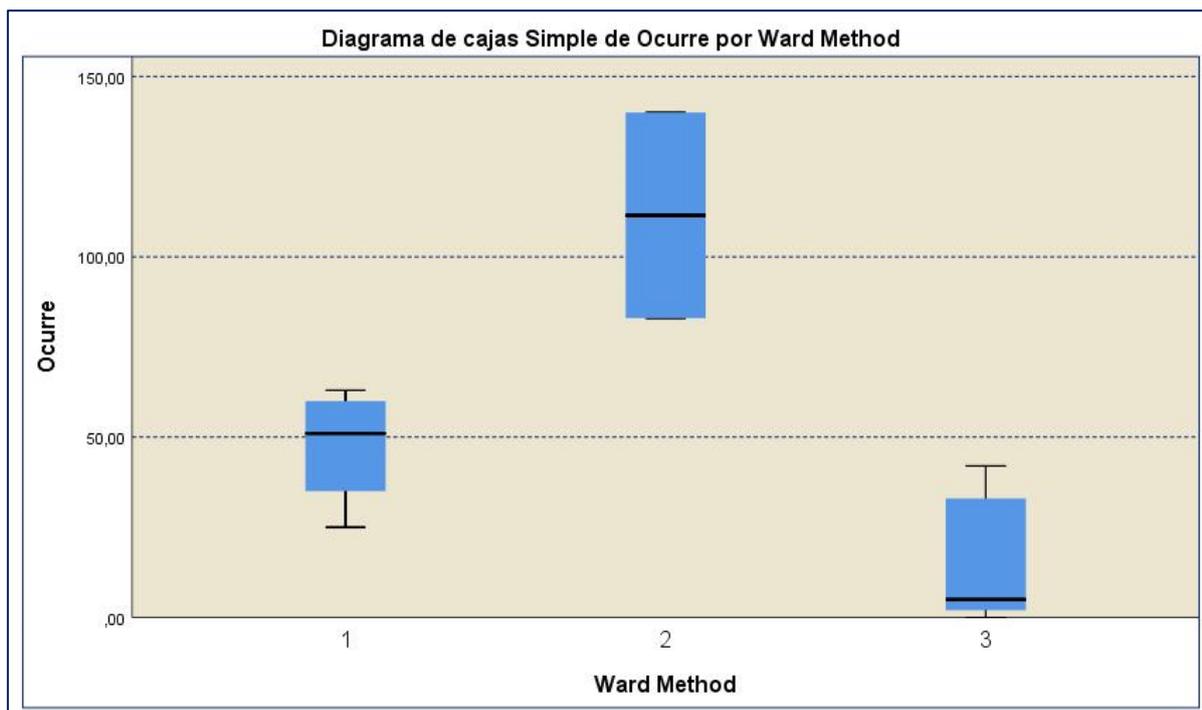


Figura 4.27. Diagrama de caja para el análisis de medias de los conglomerados
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, lo que se determinó son los factores de reducción, con el fin de poder plasmar en la **Figura 4.28** la distribución de los valores analizados para la agrupación realizada, la cual quedó conformada por tres (03) clústeres, los cuales muestran una distribución en paralelo, lo que queda corroborado con el análisis de medias realizado.

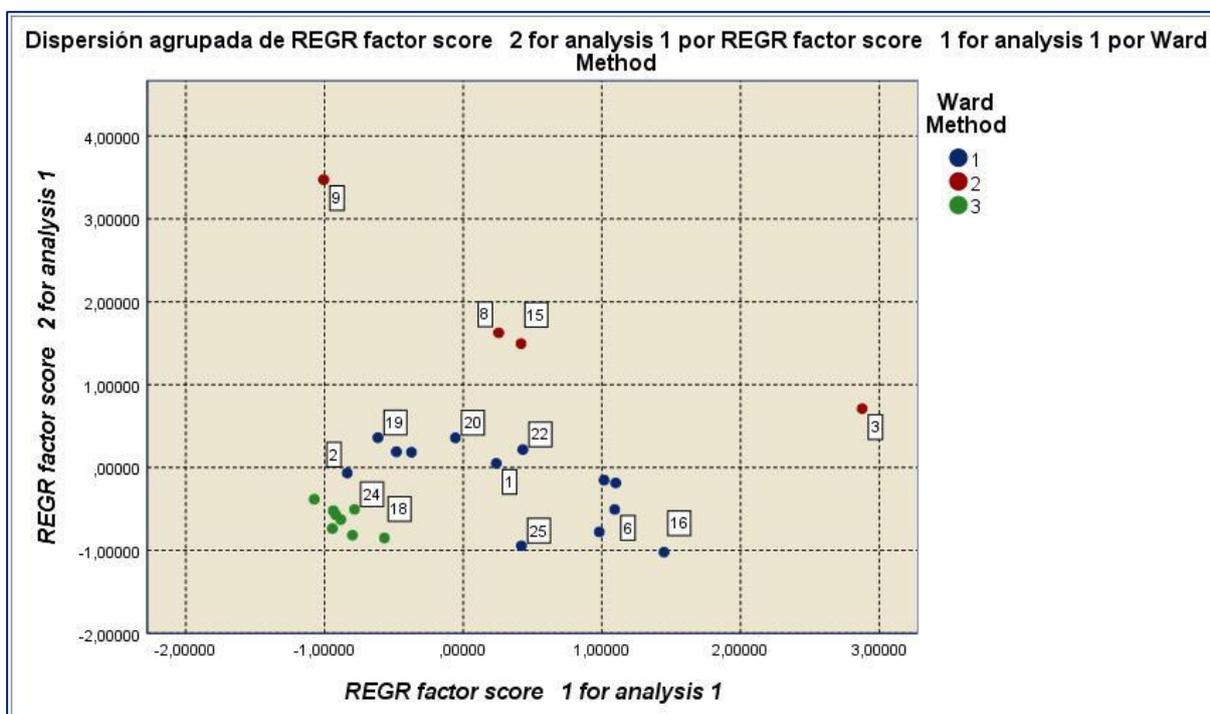


Figura 4.28. Distribución de los clústeres de emergencias y daños por departamento Perú
Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de tendencias

En base a los resultados generados en los puntos anteriores, en los cuales podemos apreciar con claridad las bondades de los datos, a nivel de su representatividad para describir no solo el comportamiento de las emergencias y daños registrados a raíz de los eventos extremos, complementamos estos análisis con la determinación de las tendencias para cada una de las bases de datos, las cuales se muestran a continuación:

a) Base de dato de emergencia por zonas regionales

Los análisis desarrollados con esta base de datos, se da inicio con saber cómo se distribuyen las diferentes pérdidas de vidas ocurridas por eventos extremos en las diferentes zonas regionales seleccionadas en el mundo, es que elaboramos la **Figura 4.29** donde se muestra cómo se distribuyen, por período de cinco años, las ocurrencias de muertes en las zonas analizadas; cuya significación para América Latina, es bastante diferencias en relación a la zona: en la parte andina se nota una uniformidad, mientras que en la parte central fue en el 2000 donde se registró la mayor cantidad de muertes. Si comparamos Sudamérica y el Mundo apreciamos una cierta similitud en la cuantificación de la variable analizada.

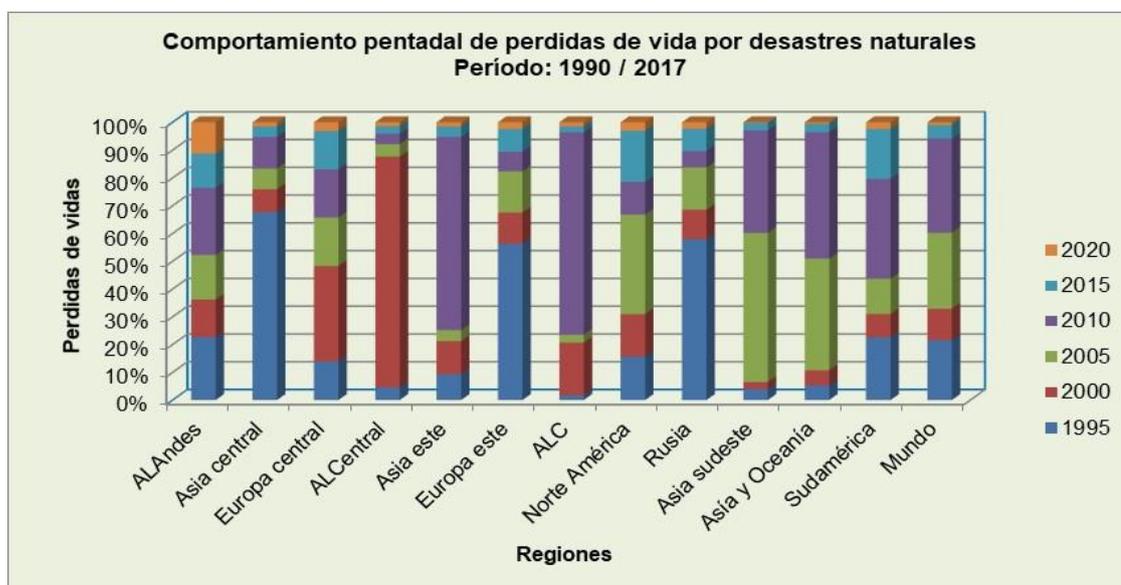


Figura 4.29. Distribución de muertes por eventos extremos por zonas regionales
Fuente: Elaboración propia

Esto nos llevó a desarrollar el análisis del comportamiento quinquenal de las muertes en cada una de las zonas regionales, con el fin de conocer cómo se distribuyen en el tiempo y que tipo de tendencia registra en la escala temporal generándose la **Figura 4.30**, donde se ha encontrado que las series analizadas se ajustan a una distribución exponencial y polinómica, para el período 1990 / 2020, identificándose eventos que no fueron considerados en el ajuste debido a que estos rompen o quiebran la armonía de la serie natural, como los presentados en las zonas regionales de: ALcentral, ALC, Asia sudeste, Sudamérica y Mundial.

Consideramos que este análisis no permito no solo definir las series de ocurrencias de eventos extremos asociados a pérdidas de vidas; además, en dicha secuencia estos años extremos se han presentado durante la década del 2010.

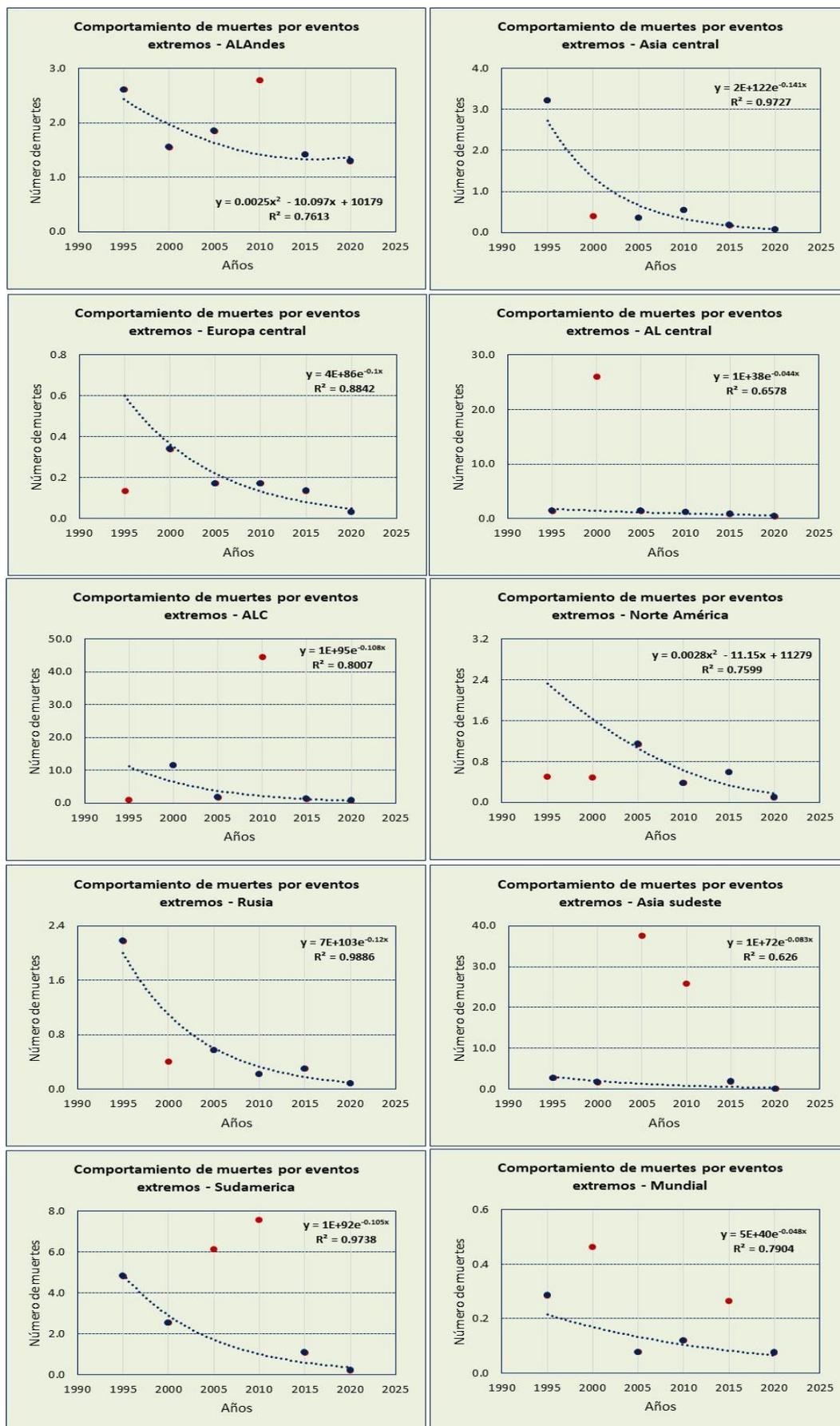


Figura 4.30. Comportamiento quinquenal de muertes por zonas regionales
 Fuente: Elaboración propia

Dentro de la amalgama de análisis desarrollados, presentamos la **Figura 4.31**, donde se muestra la secuencia de los impactos generados por los eventos extremos ajustados a probabilidades y a período de retorno, lo que nos lleva a definir cada cuanto tiempo se estarían presentando dichos impactos traducidos en pérdidas de vidas humanas. Lo más notorio en el análisis es que cada una de las zonas regionales analizadas muestran comportamiento muy diferenciado en cantidad; siendo las zonas de Asia y América Latina, las que vienen experimentando grandes pérdidas por acción de los eventos extremos.

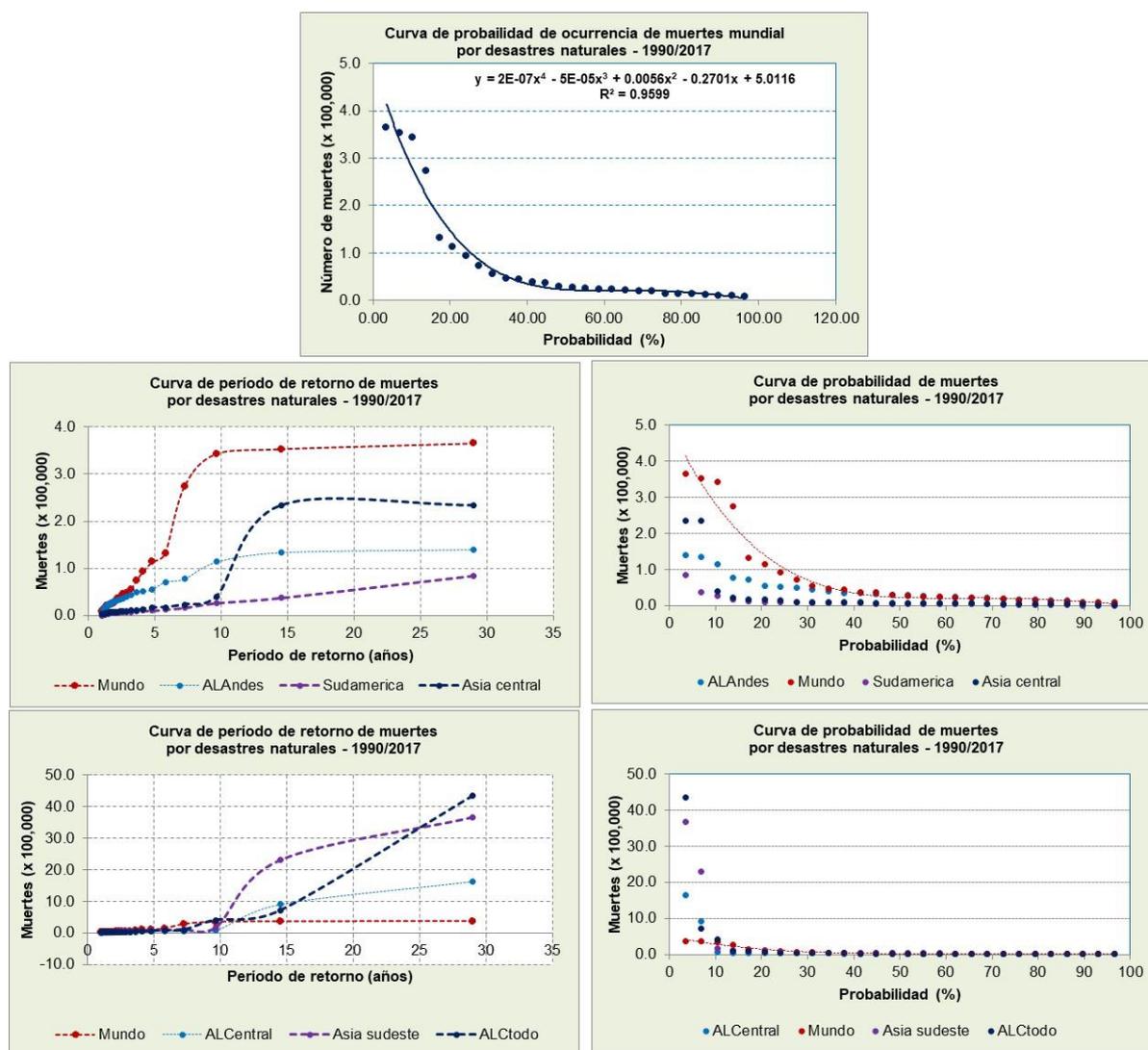


Figura 4.31. Análisis de curvas de probabilidades y período de retorno del comportamiento de las muertes por eventos extremos, a nivel de las diferentes zonas regionales
 Fuente: Elaboración propia

Sobre la base de estos análisis, consideramos importante saber las relaciones espaciales y temporales entre las diferentes zonas regionales analizadas, con el fin de encontrar patrones de comportamiento y probables incidencias de tele conexión entre ellas, que nos lleve a entender esa dinámica espacial sujeta al sistema climático, al comportamiento y respuesta de las cuencas dentro de la componente social, la cual ha quedado plasmando en la **Figura 4.32**, donde apreciamos como se van distribuyendo la serie de datos en el tiempo y los niveles de dispersión que nos dan

una idea clara del comportamiento y tendencia de las series, las cuales se han ajustados a expresiones algebraicas del tipo polinómica de segundo grado.

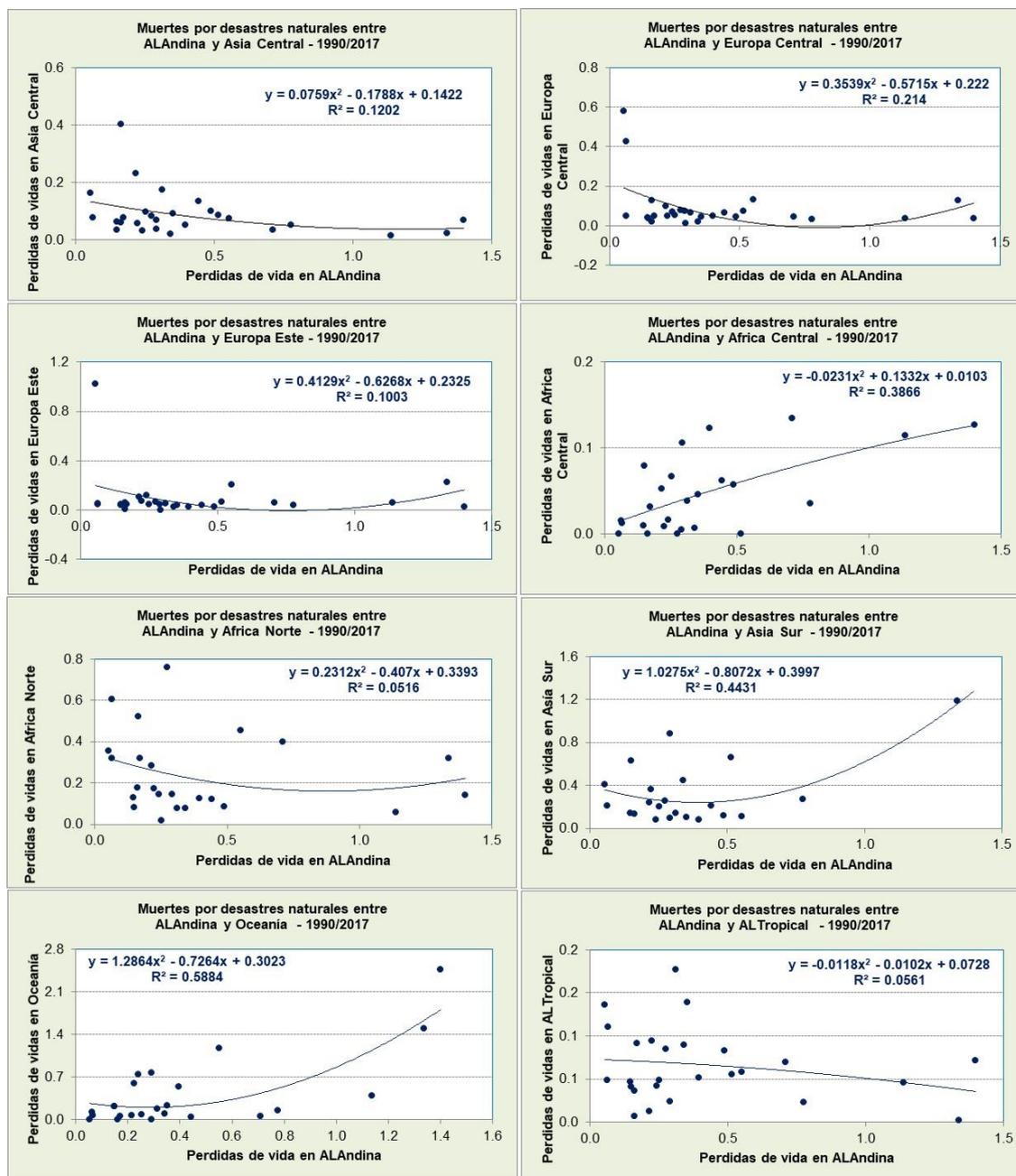


Figura 4.32. Análisis de correlación entre las series de datos de las diferentes zonas regionales con las registradas en América Latina Andina (ALAndina)

Fuente: Elaboración propia

En cada una de las figuras generadas, apreciamos como se va definiendo la tendencia en base a los valores de intensidad de muertes por eventos extremos, lo que implica que estos serán más recurrentes en el tiempo; sin embargo, cuando analizamos las variables ALAndina vs AL-Tropical, el patrón de comportamiento muestra una mayor dispersión y por ende la curva ajustada muestra una tendencia inversamente proporcional; es decir, mientras en una de ellas se tienen mayores muertes en la otra la respuesta es la presencia de menores muertes y viceversa.

b) Base de dato de tipos de eventos extremos hidrológicos por continente

Con dicha base de datos, procedimos a generar una serie de análisis estadístico que nos permitió desarrollar una caracterización del comportamiento de las diferentes variables aglutinadas en este repositorio, entre las cuales tenemos:

En la **Figura 4.33**, se muestra el comportamiento espacial de las variables: números de eventos extremos, números de muertes generadas y números de afectados, siendo los de mayor impacto los relacionado a las inundaciones fluviales, inundaciones rápidas y deslizamientos de tierras, comprendiéndose que cada una de ellas están estrechamente relacionadas con la presencia en intensidad y duración de la precipitación y condiciones del relieve de la cuenca.

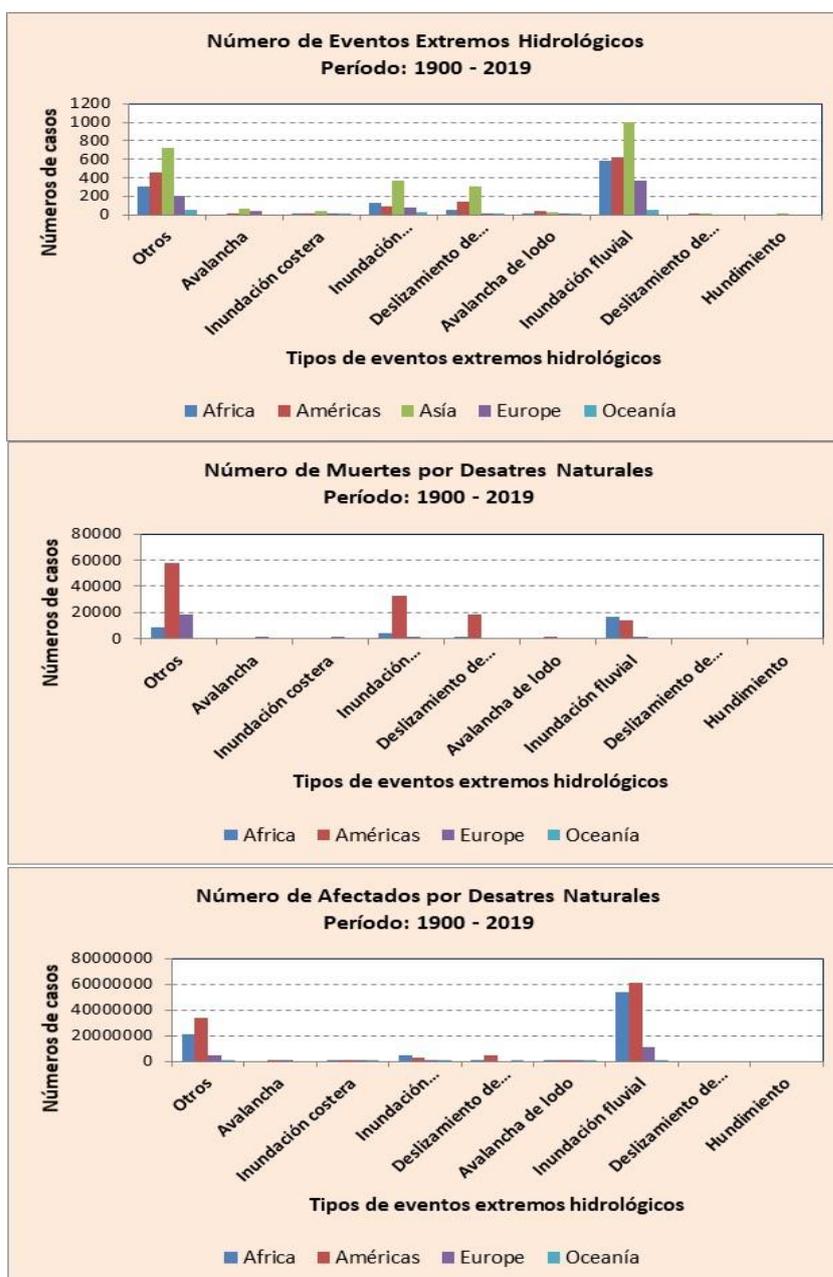


Figura 4.33. Comportamiento de los impactos generados por los eventos extremos en cada uno de los continentes analizados

Fuente: Elaboración propia

Dichos eventos extremos, se concentran en los continentes de Oceanía, Asia y América, con una mayor recurrencia en los temas de inundaciones.

Con dichos datos, se procedió a generar los análisis de correlación entre las variables con el fin de encontrar patrones de comportamientos e interacciones directas o indirectas con el fin de describir, estimar y medir las respuestas que se puedan esperar. Para ello se generó la **Figura 4.34**, en el cual se aprecian dichos análisis para cada uno de los continentes, donde el ajuste realizado a la distribución de los puntos ploteados, tienen tendencias lineales (África y América) y las demás de tipo polinómica de segundo grado (Asia, Europa y Oceanía).

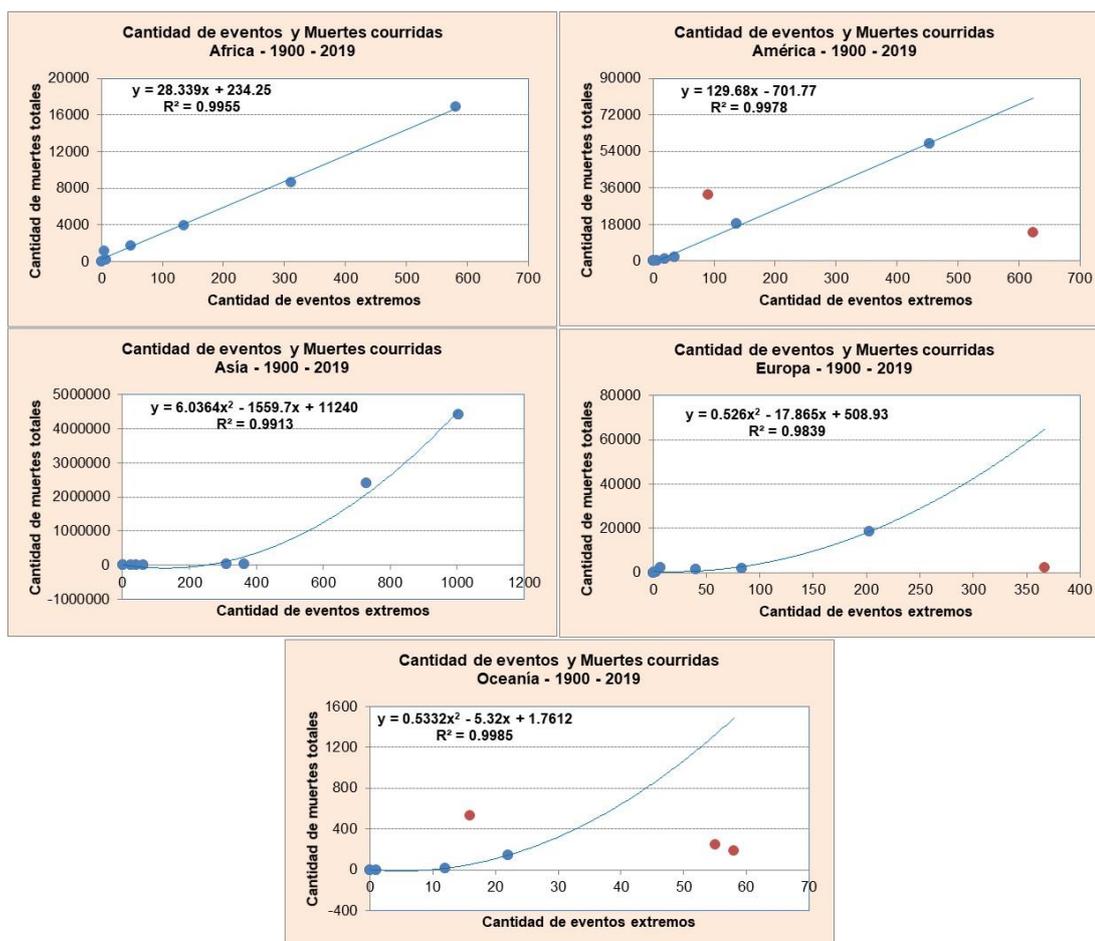


Figura 4.34. Análisis de correlación entre las variables seleccionadas de la base de datos de eventos extremos por continente

Fuente: Elaboración propia

Para América, Europa y Oceanía, fue necesario discretizar algunos de los datos, por generar distorsión en la distribución de los puntos por no seguir el comportamiento de la distribución.

Estos análisis se completaron con las correlaciones entre continentes, para encontrar patrones de tele conexión que nos ayuden a explicar no solo las tendencias sino también la posibilidad de predecir las repuestas sobre la base de las acciones que se puedan estar presentando en algunos de los continentes en temas de cantidades de eventos e impactos que estos generan, logrando generar la **Figura 4.35**.

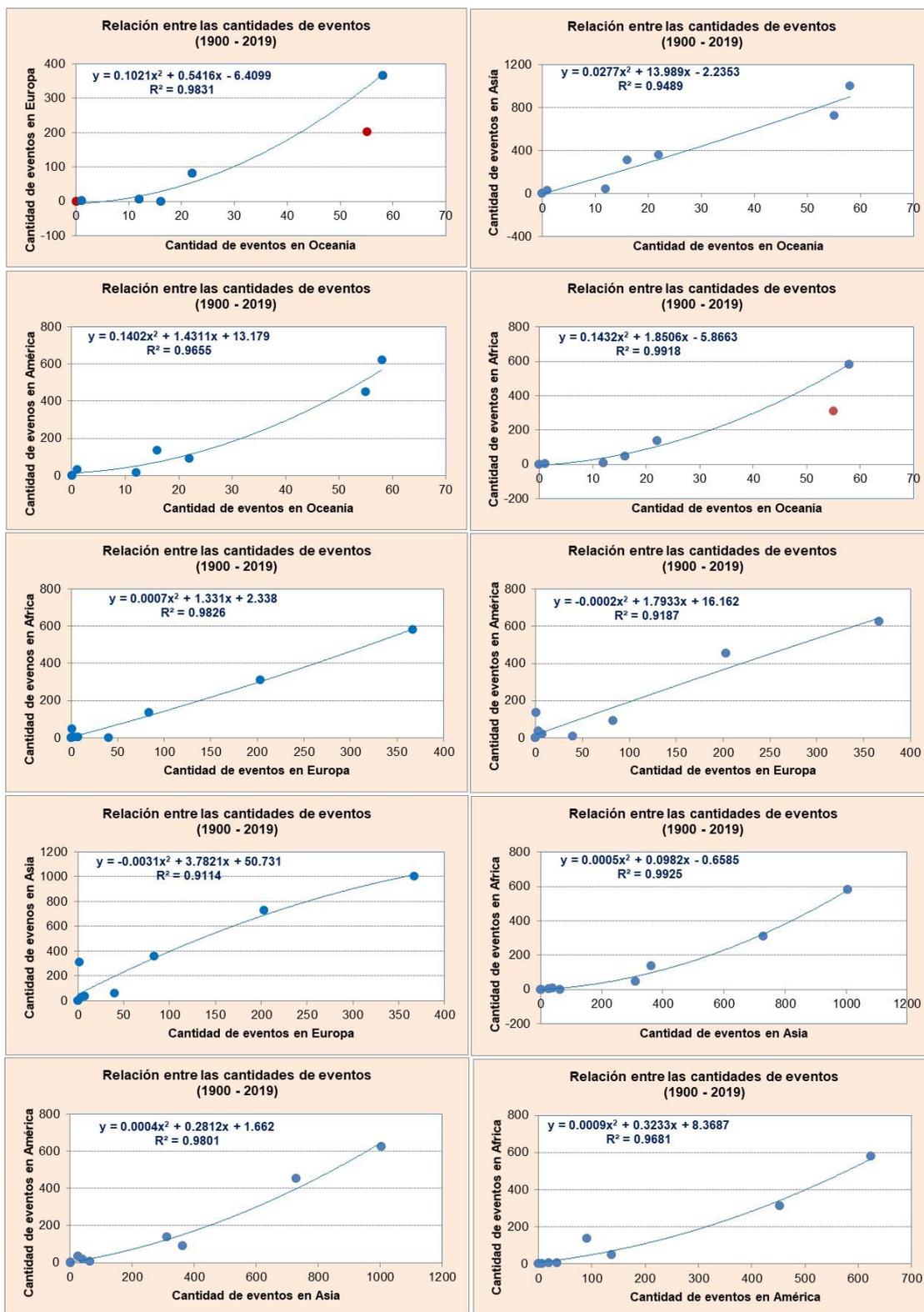


Figura 4.35. Análisis de correlación entre los continentes por las variables seleccionadas de la base de datos de eventos extremos por continente
Fuente: Elaboración propia

Al igual que en los pasos anteriores, algunos datos de Oceanía, tuvo que se omitido en el análisis debido a que generaba cierta distorsión en el comportamiento de la curva de ajuste que se definió, y que corresponde al conjunto de otros eventos.

c) Emergencias y Daños en América del Sur

La importancia de los análisis desarrollados en esta base de datos, esta centrada en la necesidad de conocer el comportamiento e impacto que han dejado los eventos extremos en cada uno de los países sudamericanos seleccionado con el fin de detectar patrones de cambios o estacionalidad en su variabilidad espacial y temporal.

Partimos primeramente con conocer cómo se distribuyen los impactos por los eventos extremos en los países de: Argentina, Bolivia Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, con el fin de poder abarcar las zonas conformada por la parte tropical y andina que conforman el relieve de Sudamérica.

En el caso de **Argentina**, la base de datos registra un total de 68 ocurrencias de eventos extremos que han originado un total de 548 muertes y 2633832 afectados en total, durante el período comprendido entre 1965/2019.

Los eventos extremos registrados y seleccionados que hemos analizado son: Deslizamiento e Inundación, cuya información cuantitativa ha permitido caracterizar el comportamiento de cada una de las variables, tal como se aprecia en la **Figura 4.36**, donde la ocurrencia de muertes tiene una tendencia decreciente (**puntos de color azul**); habiéndose presentado las mayores cantidades durante 1960/1990; los **puntos de color rojo** muestran cierta dispersión.

En relación con el total de afectado y muertes, la distribución de los valores ploteados, previo análisis de comportamiento entre las variables ha permitido ajustar una expresión polinómica de segundo grado con tendencia creciente; mientras que la relación del total de afectados y su valoración económica ha sido ajustado a una expresión polinómica de segundo grado de tendencia decreciente.

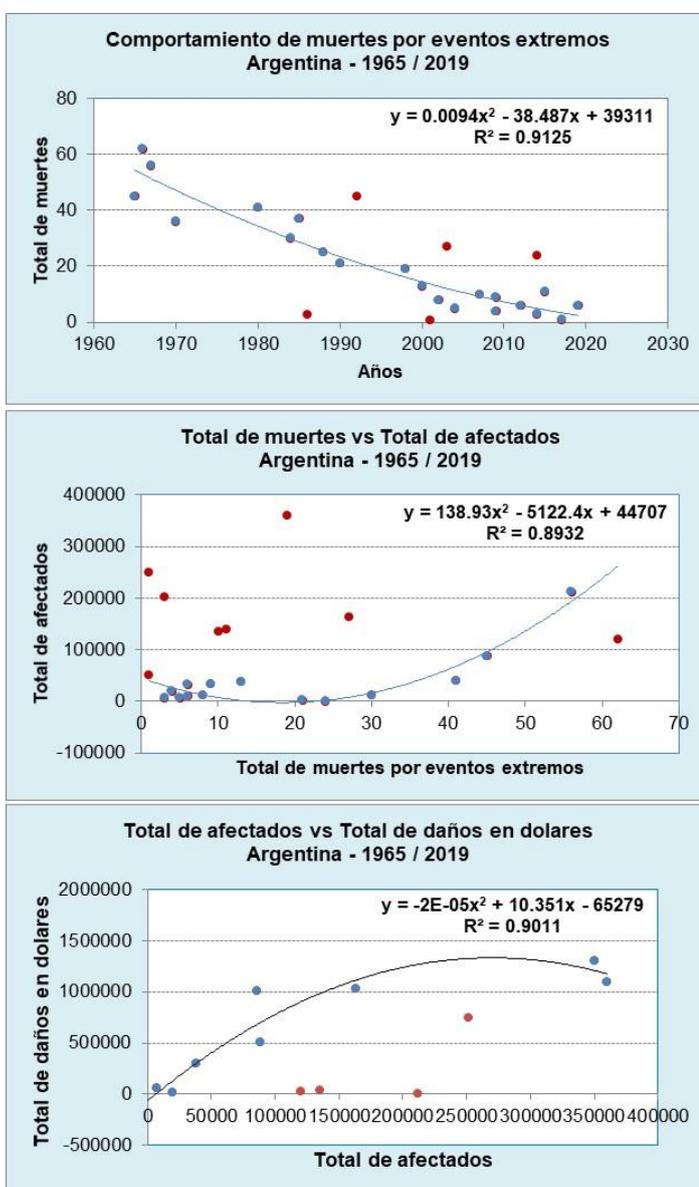


Figura 4.36. Eventos extremos en Argentina

Fuente: Elaboración propia

En **Bolivia**, se han presentado un total de 54 ocurrencias de eventos extremos, los cuales han generado 1289 muertes y 4120929 afectados, originados por deslizamientos, inundaciones y movimiento en masa, los cuales se han registrados durante el período comprendido entre 1965 / 2019.

La serie de valores analizados se muestran en la **Figura 4.37**, donde se aprecia el comportamiento de la variabilidad de ocurrencias de muertes, cuya distribución de valores muestra una cierta dispersión identificados con los **puntos de color rojo**; mientras que, a los **puntos de color azul**, se le ajusto una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, que registra, además una tendencia creciente.

En relación con el total de muertes y afectados, se ha identificado valores que muestran una dispersión (**puntos de color rojo**), mientras que los **puntos de color azul** permiten describir el comportamiento y una tendencia creciente que existe entre las variables analizadas. Esto también se ve reflejado en la valoración económica de los daños determinados por los afectados.

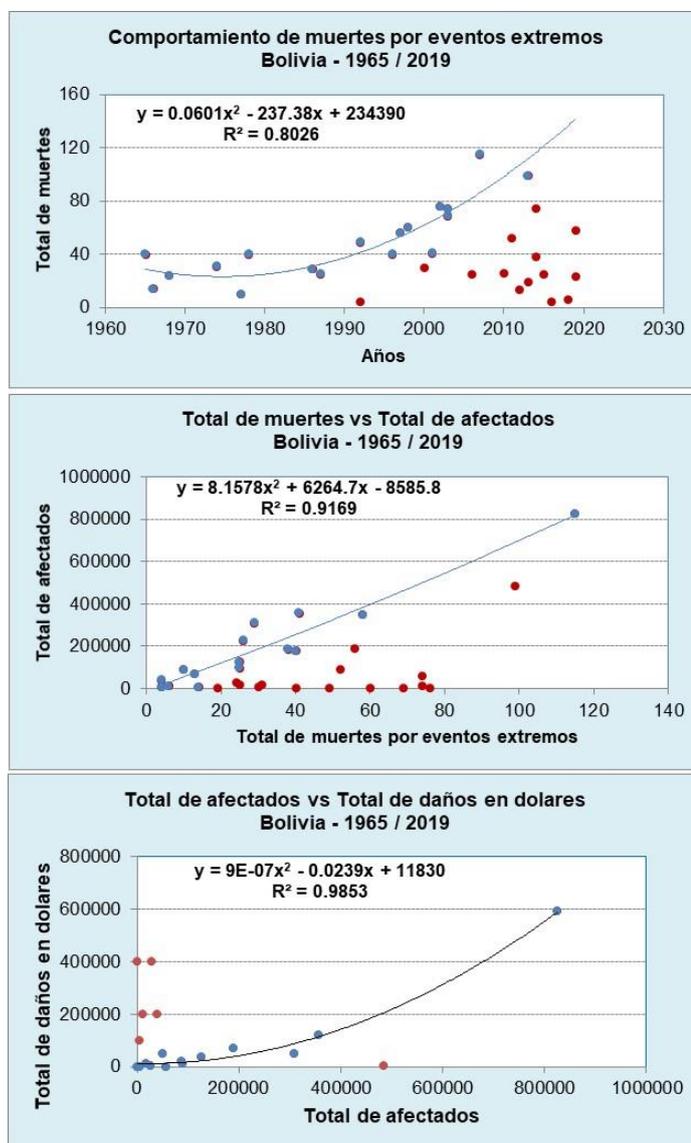


Figura 4.37. Eventos extremos en Bolivia

Fuente: Elaboración propia

Los eventos ocurridos en **Brasil**, ha permitido registrar una estadística que nos muestra que durante el periodo comprendido entre 1965/2019, se han presentado un total de 165 ocurrencias de eventos extremos los cuales han generados 8603 muertes y 24490855 afectados, como consecuencia de la presencia de Deslizamientos e Inundaciones.

En base a dicha información, se han generado una serie de análisis que se representan en la **Figura 4.38**, donde se muestra el comportamiento temporal de las muertes ocurridas, cuya distribución ha permitido identificar puntos discordantes, más no discrepantes, que se han identificado con **puntos de color rojo**; mientras que los

puntos de color azul, permiten visualizar una distribución homogénea promedio, que ha sido ajustada a una expresión algebraica de segundo grado y que además describe una tendencia decreciente en el comportamiento de la serie. Es importante indicar, que esos puntos discordantes, de cierta manera podrían presentar comportamientos que indiquen que los eventos se van haciendo más intensos o que la población está más vulnerable.

La relación entre las muertes y afectados, muestran un cierto nivel de dispersión que ha permitido identificar los **puntos de color rojo** y los **puntos de color azul**, a este últimos se le ha ajustado una expresión algebraica de segundo grado y con una tendencia creciente. De igual manera, la relación entre los afectados y el valor económico de los mismos está representada por una expresión polinómica de segundo grado.

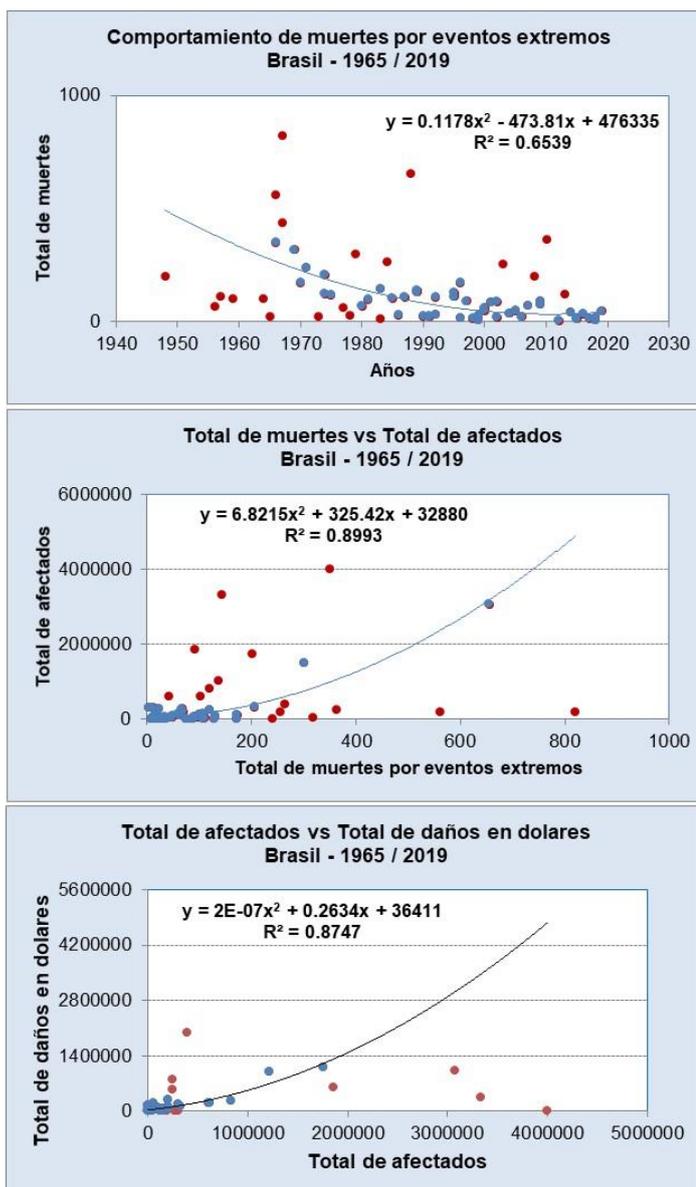


Figura 4.38. Eventos extremos en Brasil
Fuente: Elaboración propia

En el caso de **Chile**, se han registrado un total de 40 ocurrencias de eventos extremos, entre Deslizamientos e Inundaciones, los cuales han provocado 896 muertes y 1740650 afectados, originados por deslizamientos, inundaciones y movimiento en masa, los cuales se han registrados durante el período comprendido entre 1965/2019.

En la **Figura 4.39**, se presentan los análisis desarrollados con los valores existente en la base de datos, que nos ha permitido determinar las relaciones funcionales de dichas variables de manera individual y de forma colectiva. El comportamiento temporal de las muertes registradas durante el periodo comprendido entre 1965/2019, nos ha permitido identificar valores discrepantes señalizados con **puntos de color rojo**, mientras que aquellos **puntos de color azul** muestran un cierto nivel de uniformidad en la distribución, lo que ha permitido que se represente mediante una expresión

algebraica de segundo grado describiendo; además, de una describir una tendencia decreciente en su comportamiento.

En relación con las muertes y afectados, se ha podido identificar la serie de puntos ploteados, muestras un cierto nivel de dispersión, que nos ha llevado a discretizar la serie en **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, siendo estos últimos los que obedecen a un patrón de comportamiento ajustados mediante una expresión algebraica de segundo grado y que demás muestra una tendencia creciente.

En el caso de la relación entre los afectados y la valoración económica, se encontró que la distribución de los valores se ajusta a una expresión algebraica de segundo grado con tendencia creciente.

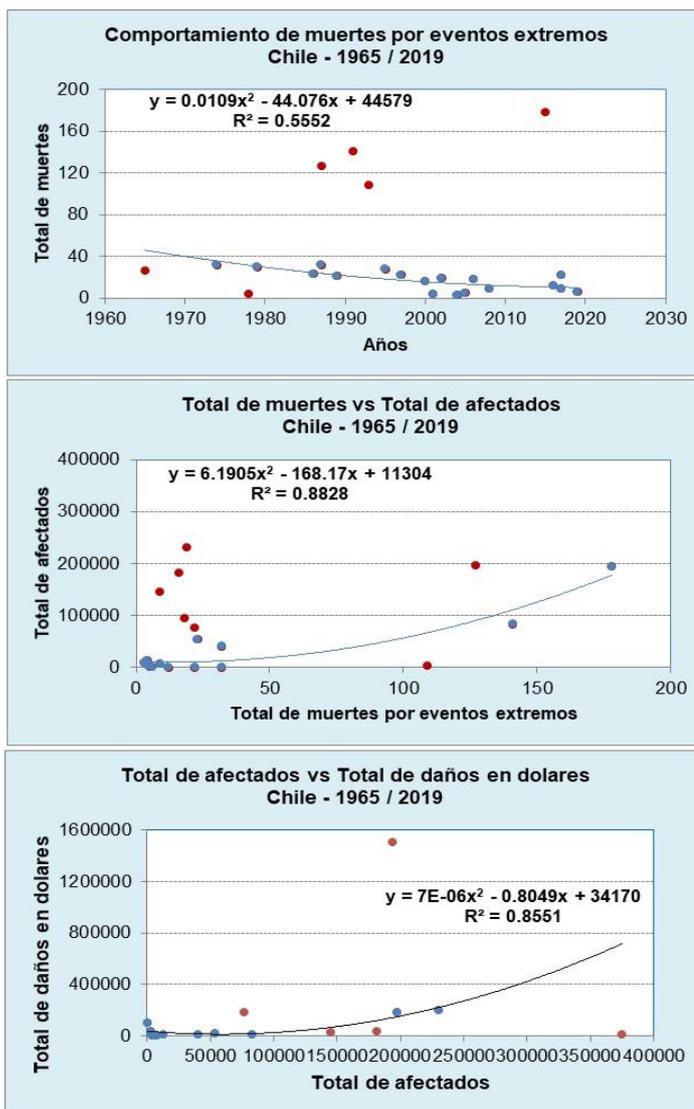


Figura 4.39. Eventos extremos en Chile
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a **Colombia**, se han registrado durante el período 1954/2019 la ocurrencia de 128 eventos extremos, entre los cuales tenemos Deslizamientos, Inundaciones y Movimiento en masa, que han dejado 7154 muertes y 16406236 afectados, dejando grandes daños económicos al país.

Hemos podido generar los análisis del comportamiento temporal de cada una de las variables seleccionadas, lo que nos ha permitido conocer el tipo de distribución y recurrencia que ellas siguen, habiéndose identificado aquellos **puntos de color rojo** como los de mayor dispersión; mientras que los **puntos de color azul**, obedecen a un patrón de distribución que ha permitido ajustar una expresión algebraica de segundo grado la cual muestra una tendencia decreciente, tal como apreciamos en la **Figura 4.40**.

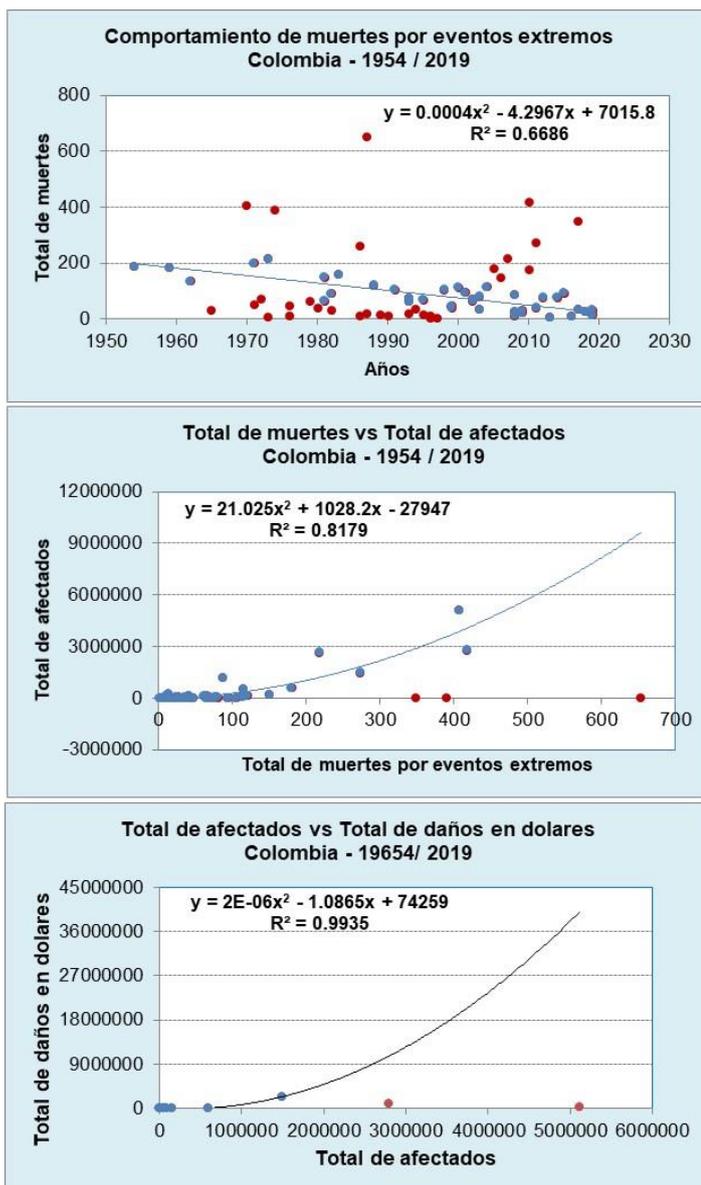
Las relaciones encontradas entre las variables muestran claramente el patrón de comportamiento y tendencia que sigue la distribución del total de muertes y afectados

que generan los eventos extremos en el país; habiéndose identificado en la serie de valores **ploteados puntos de color rojo** que generan distorsión; sin embargo, dichos puntos nos están mostrando que durante el período 2000/2020, se están presentando eventos que registran más pérdidas de vida humana.

Para la relación entre el total de afectados y la valoración económica de los mismos, nos ha permitido conocer que la distribución de los valores **ploteados** sigue un patrón de comportamiento descrito por la expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, con dos **puntos de color rojo** que provocan discrepancia en la serie.

Figura 4.39. Eventos extremos en Colombia

Fuente: Elaboración propia



En **Ecuador**, durante el período 1931/2019, se han registrado eventos extremos que han totalizado alrededor de 49, como producto de la ocurrencia de Deslizamientos, Inundaciones y Movimientos en masa, generando la muerte de 2151 personas y afectando a un total de 2105919, lo que ha conllevado a grandes pérdidas económicas al país.

La estadística sobre los impactos de los eventos extremos en este país ha permitido conocer el comportamiento temporal de los mismo y como se distribuyen en el tiempo. En base a ellos se ha generado la **Figura 4.40** donde se muestra que la serie de valores presenta algunos puntos de discrepancia a la hora de describir dicho patrón de variabilidad (**puntos de color rojo**) los cuales no han sido considerados en el análisis final, lo que nos ha llevado a identificar los **puntos de color azul** a los cuales se les ha ajustado una expresión algebraica de segundo grado cuya tendencia decreciente es bien representado.

La relación funcional entre el total de muertes y afectados, que se registran durante la ocurrencia de los eventos extremos seleccionados, nos ha dado dos tipos de distribución identificado con **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**; a este

último se le ajusto una expresión algebraica de segundo grado para poder representar su variabilidad temporal y su tendencia creciente conservadora.

Teniendo presente estas consideraciones realizadas en el paso anterior, cuando determinamos la relación entre el total de afectados y su valoración económica, la distribución de los valores fueron agrupados con **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, ajustándose a esta última una expresión polinómica de segundo grado con una tendencia creciente; sin embargo, no descartamos la posibilidad que los **puntos de color rojo** puedan representar de cierta manera el comportamiento entre dichas variables para el país.

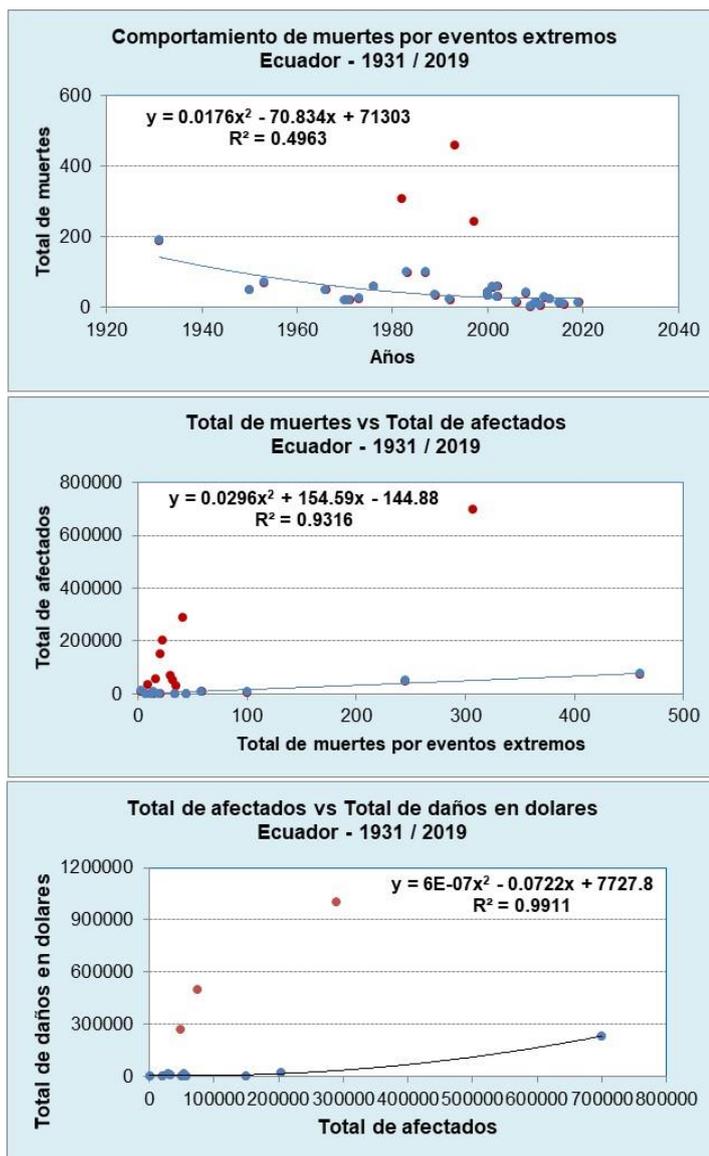


Figura 4.40. Eventos extremos en Ecuador
Fuente: Elaboración propia

En el caso de **Perú**, la estadística recopilada de los eventos extremos hidrometeorológicos, correspondiente al período comprendido entre 1941/2019, muestra una ocurrencia de 92 desastres (Deslizamientos, Inundaciones y Movimiento en masa), que han originado 7777 muertes y 6982991 afectados, provocando en el país grandes pérdidas económicas y sociales.

El análisis de esta estadística nos permite conocer el comportamiento temporal de las muertes registradas en el país, por la ocurrencia de desastres, observándose que la distribución de los valores muestra una cierta dispersión en los valores que nos ha llevado a representarlos mediante la identificación de los **puntos de color rojo** y aquellos **puntos de color azul** que mantienen una distribución uniforme en su variabilidad, permitiendo ajustar a dicha serie de datos una expresión algebraica de segundo grado con un comportamiento decreciente en su tendencia, tal como se muestra en la **Figura 4.41**.

La relación entre el total de muertes y afectados que se han registrado durante la ocurrencia de los desastres en el país, presenta una distribución en sus valores que ha sido caracterizado mediante la representación de **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, estos últimos muestran un patrón en su comportamiento que ha sido descrito mediante el ajuste de una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, como el más conservador; sin embargo, no podríamos descartar que los **puntos de color rojo**, describan un tipo de respuesta asociado a la ocurrencia de eventos extremos y sus impactos.

Para el análisis entre el total de afectados y el valor económico de los daños causado, apreciamos que la distribución de los valores ploteados obedece a un comportamiento descrito por una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado que muestra una tendencia creciente en su distribución.

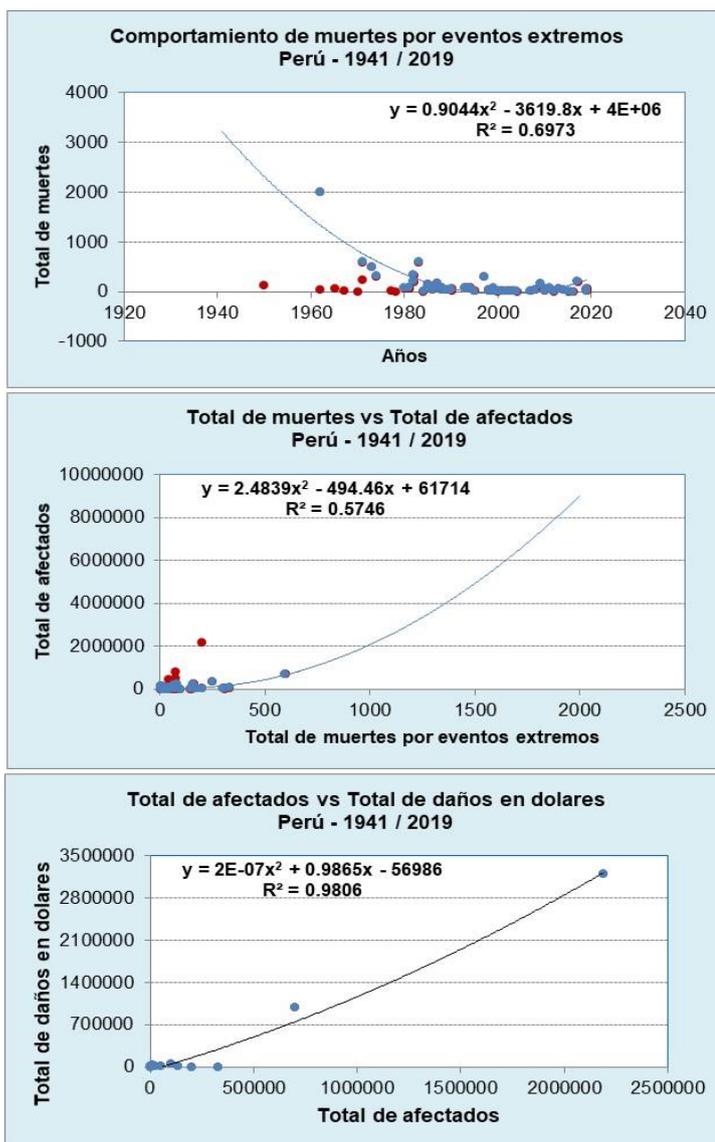


Figura 4.41. Eventos extremos en Perú
 Fuente: Elaboración propia

En **Venezuela**, durante el período comprendido entre 1962/2019, se han registrado un total de 37 ocurrencias de desastres (Deslizamientos e Inundaciones), los cuales han provocado 557 muertes y 434454 afectados, que han provocado grandes pérdidas económicas al país.

Los datos utilizados en el análisis, ha permitido caracterizar el comportamiento de cada una de las variables: Muertes, Afectados y Daños en dólares, generándose para cada una de ellas los análisis gráficos mediante el ploteo de los valores y analizando el nivel de dispersión que estos tienen. Para definir el patrón de la variabilidad temporal del total de muertes, la distribución de los valores muestra una cierta dispersión lo que nos ha llevado a representar la serie a través de **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, siendo estos últimos los que tienen una mejor uniformidad en su espaciamento, permitiendo que podamos describir la serie a través del ajuste de una expresión

algebraica de tipo polinómica de segundo grado y que además nos indica que la tendencia es decreciente.

Para la relación entre las variables muertes y total de afectados, la distribución de los valores ploteados muestra una dispersión en los datos los cuales se han agrupados entre **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, siendo esta última agrupación la que presenta una mayor afinidad en la serie temporal, cuya representación está dada por una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado y con tendencia creciente.

Para las variables total de afectados y total de daños en dólares, la distribución de los puntos ploteados que están conformados por **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, siendo este último grupo el que mejor uniformidad presenta en los datos, siendo su variabilidad representada por una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, con tendencia creciente.

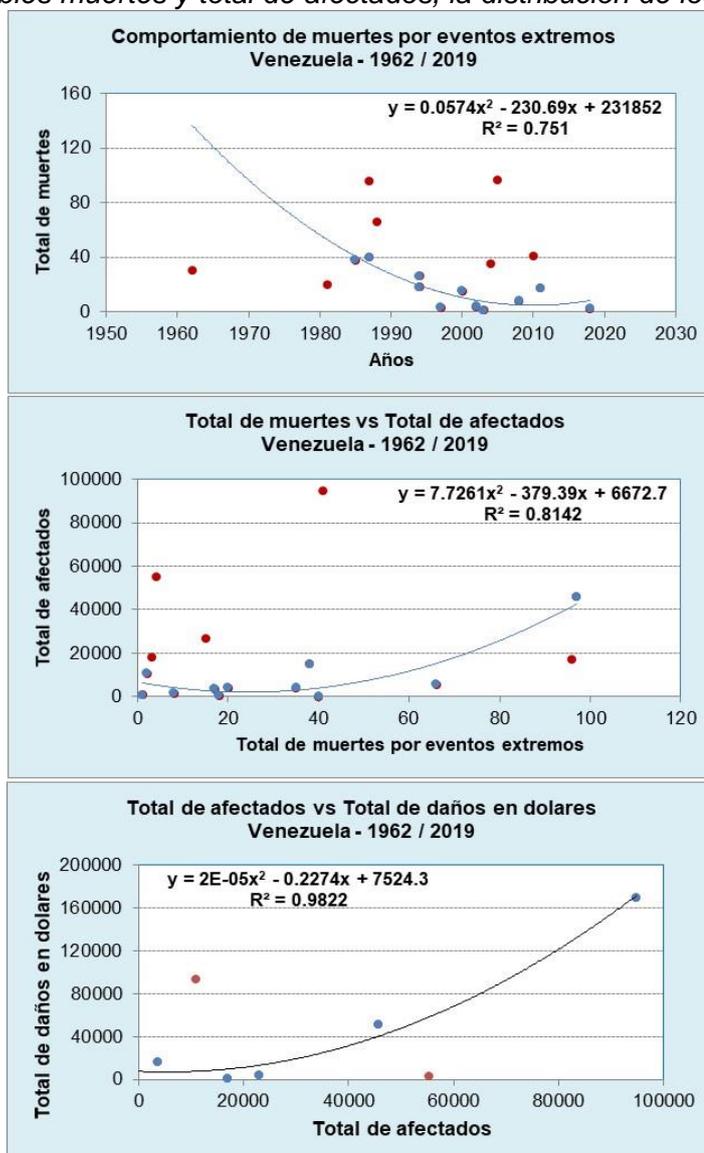


Figura 4.42. Eventos extremos en Venezuela
Fuente: Elaboración propia

Consideramos importante aquí incluir el análisis integral de los países seleccionados para América del Sur, en relación a la ocurrencias de los eventos extremos asociados a Deslizamientos e Inundaciones; así como también a las muertes registradas durante el período 1965/2019, tal como se presentan en la **Figura 4.43a**, donde claramente se identifica que en Brasil, Colombia y Perú son donde se presentan los mayores problemas relacionados a las inundaciones y en Argentina se tienen los mayores deslizamientos.

En relación con el número de muertes registradas, se tiene que en Brasil y Colombia están asociadas las mayores pérdidas por las inundaciones y en Perú y Colombia, las relacionadas a los deslizamientos, tal como se aprecia en la **Figura 4.43b**.

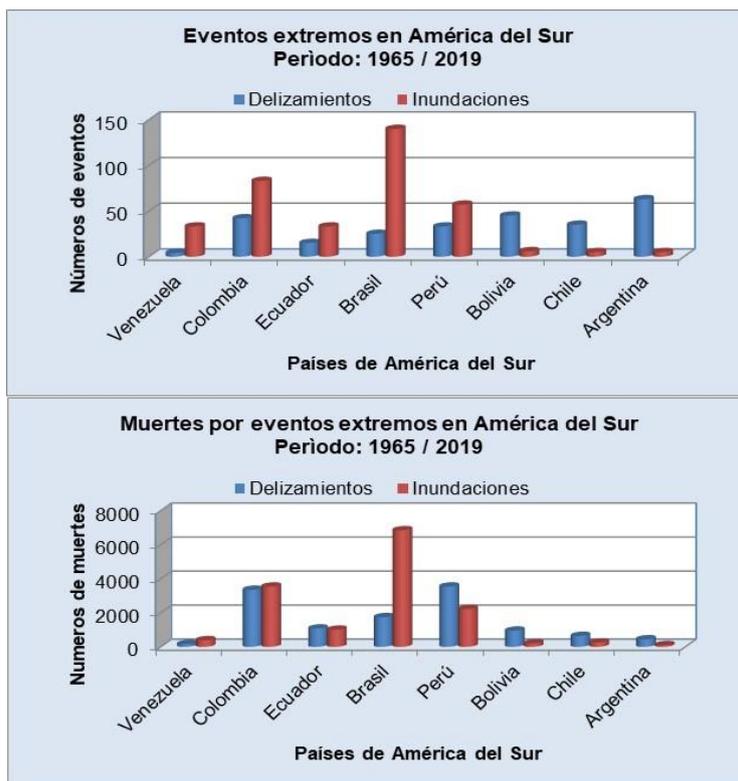


Figura 4.43. a) Ocurrencia de ventos extremos
b) Muertes registradas en AS
Fuente Elaboración propia

La relación encontrada entre las variables analizadas se muestra en la **Figura 4.44**, donde apreciamos como la distribución de los valores ploteados están representados mediante **puntos de color rojo** y **puntos de color azul**, en ambos casos consideramos convenientes ajustar la serie de datos a una expresión algebraica de tipo polinómica de **primer grado** y **segundo grado** mediante el cual se pueda representar el comportamiento temporal de la ocurrencia del evento y el número de muertes originadas.

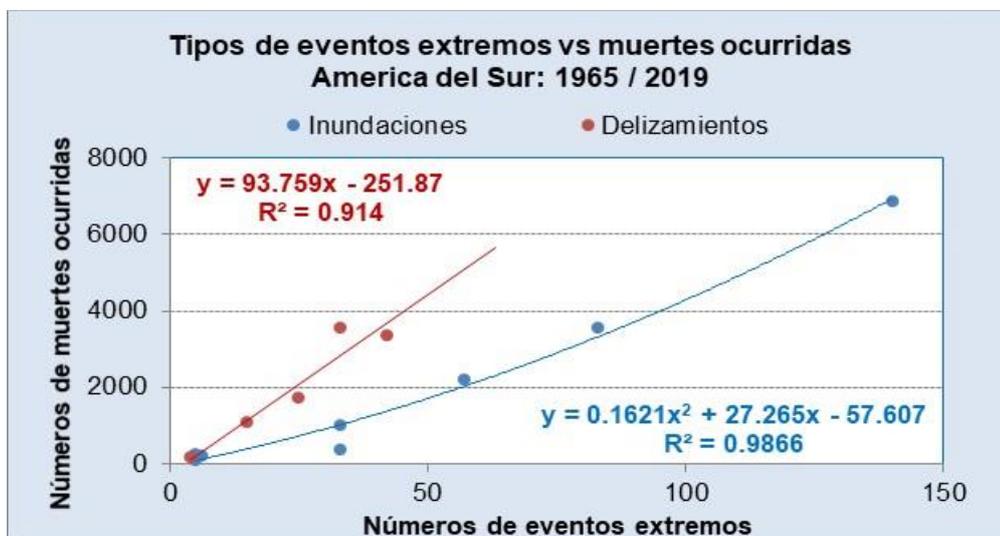


Figura 4.44. Correlación entre ocurrencia de eventos y muertes originadas
Fuente Elaboración propia

En las **Tablas 4.22 y 4.23**, se muestran los valores totales para las ocurrencias de eventos extremos por *Deslizamientos e Inundaciones* y sus correspondientes impactos generados (muertes y afectados), apreciándose que las mayores inundaciones se han registrados en *Brasil, Colombia y Perú*, ya que superan significativamente el promedio de la serie que es 45, las muertes y el total de afectados relacionadas a esta variable es directamente proporcional; sin embargo, los deslizamientos más importantes se han registrado en *Argentina, Colombia y Bolivia* cuyos valores superar al promedio que es de 33; las mayores muertes asociadas a esta variables se han presentado en *Perú, Colombia y Brasil*, mientras para los mayores afectados se han presentado en los países de *Brasil, Bolivia y Argentina*.

Tabla 4.22. Ocurrencias de eventos extremos y muertes en América del Sur

Orden	Países	Ocurrencias		Muertes	
		Deslizamientos	Inundaciones	Deslizamientos	Inundaciones
1	Venezuela	4	33	164	393
2	Colombia	42	83	3360	3547
3	Ecuador	15	33	1080	1011
4	Brasil	25	140	1745	6858
5	Perú	33	57	3549	2228
6	Bolivia	45	6	955	205
7	Chile	35	5	645	251
8	Argentina	63	5	445	103
Promedio		33	45	1493	1825

Fuente Elaboración propia

Tabla 4.23. Ocurrencias de eventos extremos y afectados en América del Sur

Orden	Países	Ocurrencias		Afectados	
		Deslizamientos	Inundaciones	Deslizamientos	Inundaciones
1	Venezuela	4	33	21518	412936
2	Colombia	42	83	76082	16327743
3	Ecuador	15	33	81606	2024313
4	Brasil	25	140	4238614	20252241
5	Perú	33	57	790706	6192285
6	Bolivia	45	6	3938876	177029
7	Chile	35	5	1657667	82983
8	Argentina	63	5	2598802	35030
Promedio		33	45	1675484	5688070

Fuente Elaboración propia

En base a dicha información se desarrollaron los análisis comparativos en relación con la magnitud de cada una de las variables, tal como se muestra en la **Figura 4.45**, donde apreciamos el comportamiento de los deslizamientos e inundaciones y los impactos que generan como son las muertes y total de afectados, para cada uno de los países seleccionados en América del Sur, con el fin de comparar gráficamente los niveles de magnitud representadas a través de los diferentes tamaños de las esferas y en tonalidad de colores a los países.

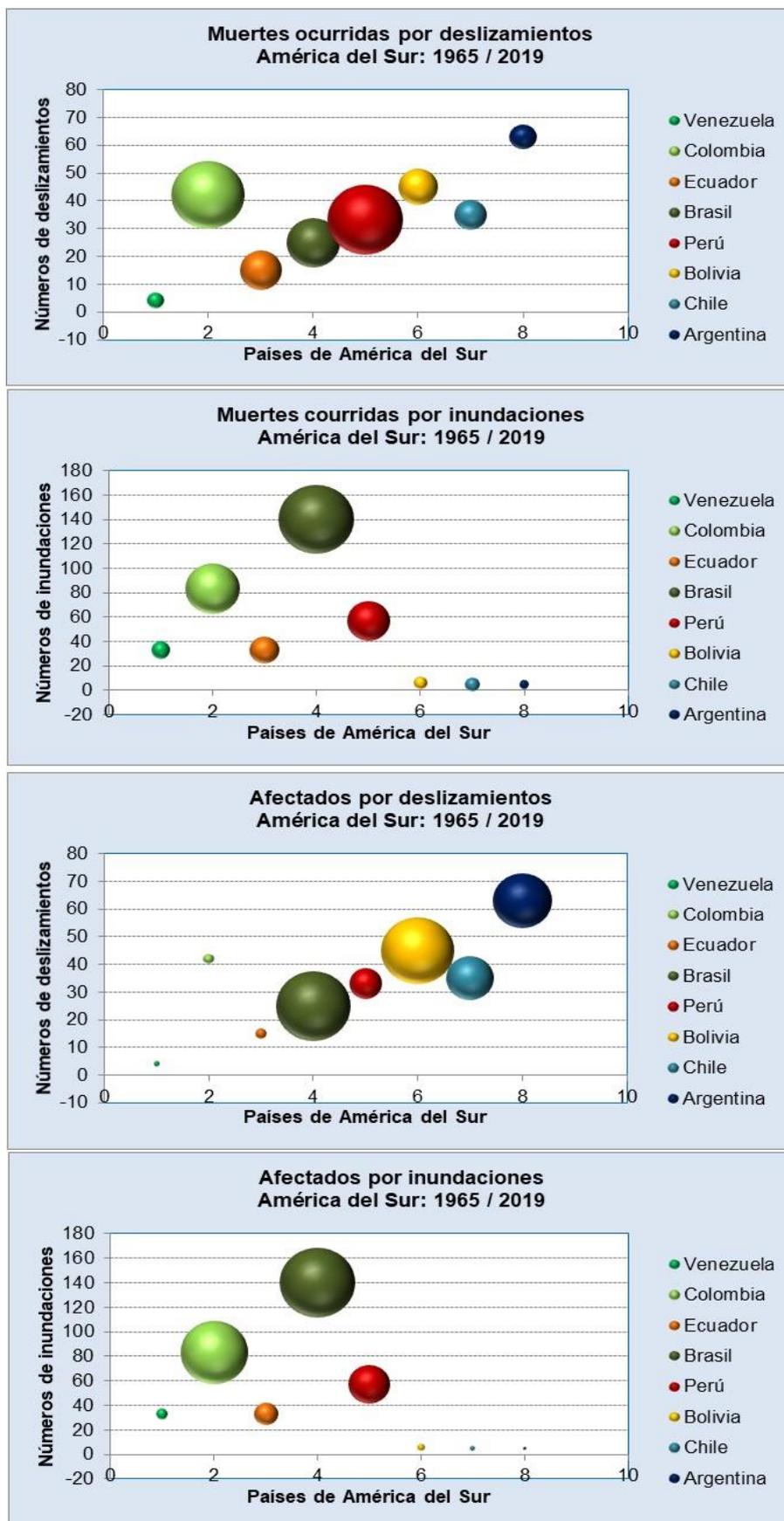


Figura 4.45. Análisis espacial por magnitud de impactos ocasionado por eventos por extremos en países de América del Sur
 Fuente: Elaboración propia

La necesidad de conocer el comportamiento espacial y temporal de las pérdidas de vidas ocasionada por los eventos extremos hidrometeorológicos nos llevó a desarrollar los análisis complementarios con la información concernientes a:

- AL Andina América Lantina Andina
- AL Sur América Latina Sur
- AL Central América latina Central
- Mundo Mundo

para identificar procesos de tele conexión y explicar las interacciones entre los impactos registrados en la región, priorizando los países de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú. En base a ello, se generaron los análisis de interacción entre los datos de pérdidas de vidas que se han registrado durante el período 1990 al 2017.

En la **Figura 4.46**, se presentan cada uno de los análisis generados en función a los valores ploteados y que ha permitido que dichas distribuciones sean descritos o representados mediante el ajuste de una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado y que presenta una tendencia creciente.

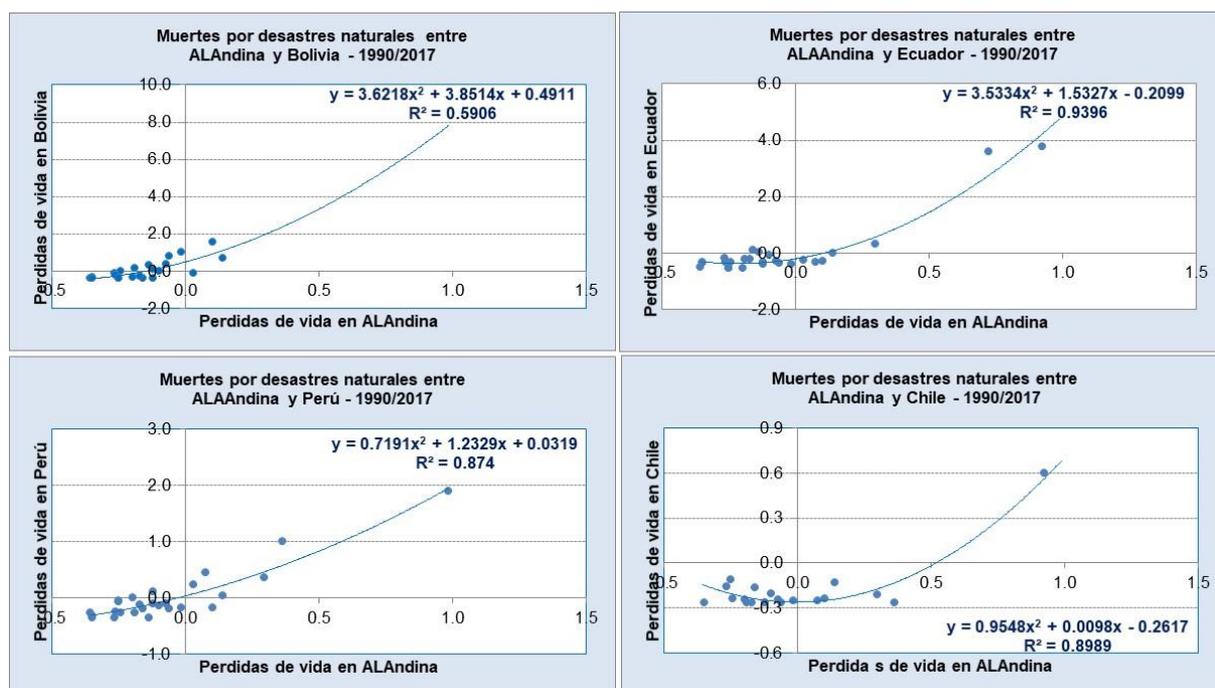


Figura 4.46. Análisis de tele conexión de las pérdidas de vidas entre los países de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú y América Latina Andina, Sur y Central

Fuente: Elaboración propia

De estos análisis, apreciamos que en Ecuador y Perú se registran las mayores pérdidas de vidas, seguida de Bolivia y Chile finalmente. En cada uno de los casos analizados, se ha podido observar que la concentración de los datos de pérdidas de vidas se concentra en la parte inferior de la curva, que se distribuyendo paulatinamente a niveles superiores de manera proporcional y de forma creciente, en relación a la región de América Latina Andina, que se tomó como referencia para desarrollar los análisis comparativos con cada uno de los países priorizados.

Adicional a los análisis, definimos las relaciones funcionales entre las diferentes zonas seleccionadas en América Latina, con el fin de conocer los niveles de respuesta y las interrelaciones que existe entre ellas, tal como se aprecia en la **Figura 4.47**. Para cada uno de los análisis desarrollados, la base de estos se concentra en América Latina Andina, donde apreciamos:

- En las tres zonas: América Latina Sur, América Latina Centro y El mundo, el comportamiento de las pérdidas de vida se distribuyen bajo el ajuste teórico de una distribución polinómica de segundo grado.
- La distribución de los puntos ploteados, nos permiten apreciar no solo su variabilidad espacial y temporal; sino además describir la tendencia creciente.

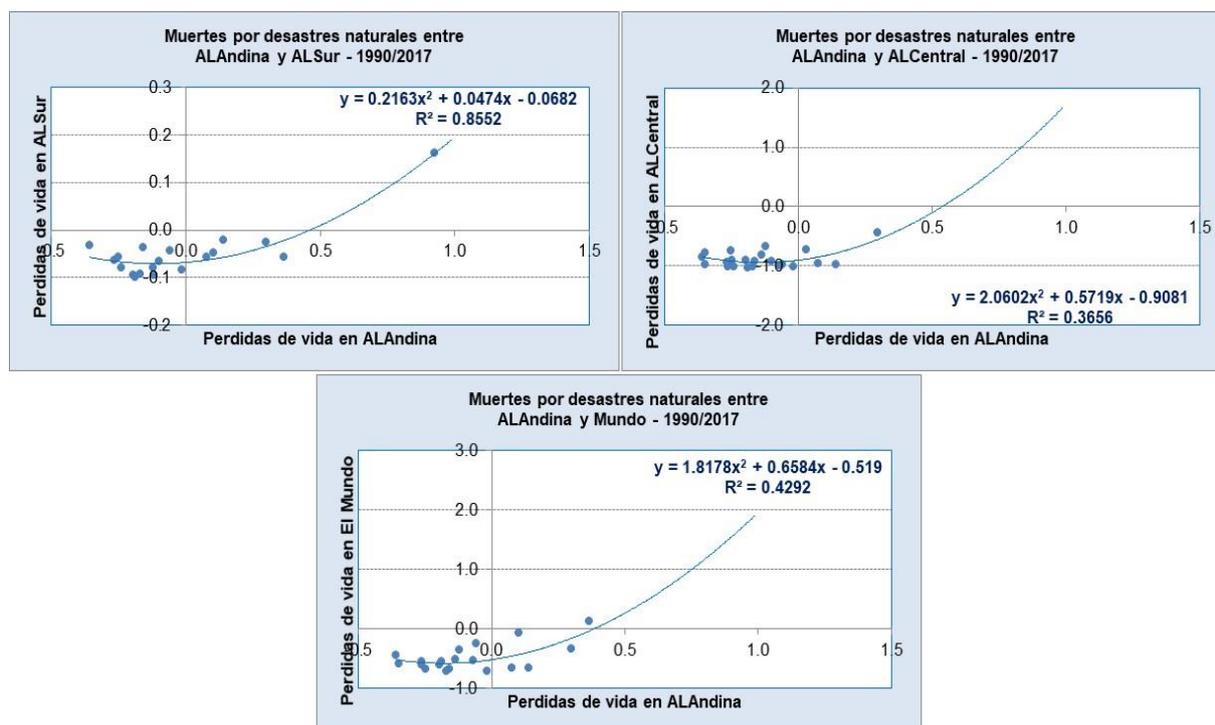


Figura 4.47. Análisis de tele conexión entre las diferentes zonas identificadas en América Latina

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar aquí, que los análisis desarrollados están basados en la obtención de las anomalías de pérdidas de vida; es decir, que a los valores registrados en cada una de las zonas se le resta su promedio histórico, con lo cual se obtienen valores positivos y negativos los cuales nos ayudan a identificar si la ocurrencia de los eventos extremos genero pérdidas superiores a las que se venían presentando a través del tiempo.

Por ello, cuando apreciamos las figuras desarrolladas, estas muestran concentraciones de puntos en la zona negativa, para las dos variables, lo que nos indica que las pérdidas de vidas no superan el valor promedio de la zona; sin embargo, en América Latina Sur, se registra una anomalía positiva que interpretamos que si superaron al promedio histórico.

d) Base de dato de emergencia en Perú

En esta fase de la investigación, la cual estuvo concentrada en conocer el comportamiento espacial y temporal de las pérdidas de vidas por la ocurrencia de eventos extremos por departamento, lo que nos llevó a determinar y caracterizar la intensidad del impacto para lo cual se ordenó los datos anuales de mayor a menor; obteniéndose las distribuciones que se muestran en las **Figuras 4.48 y 4.49**, donde se ubican además los cuartiles en que se divide cada serie, para conocer los niveles de ocurrencias que se presentan cada una de las regiones que conforman el territorio nacional, que muestra una cierta variabilidad.

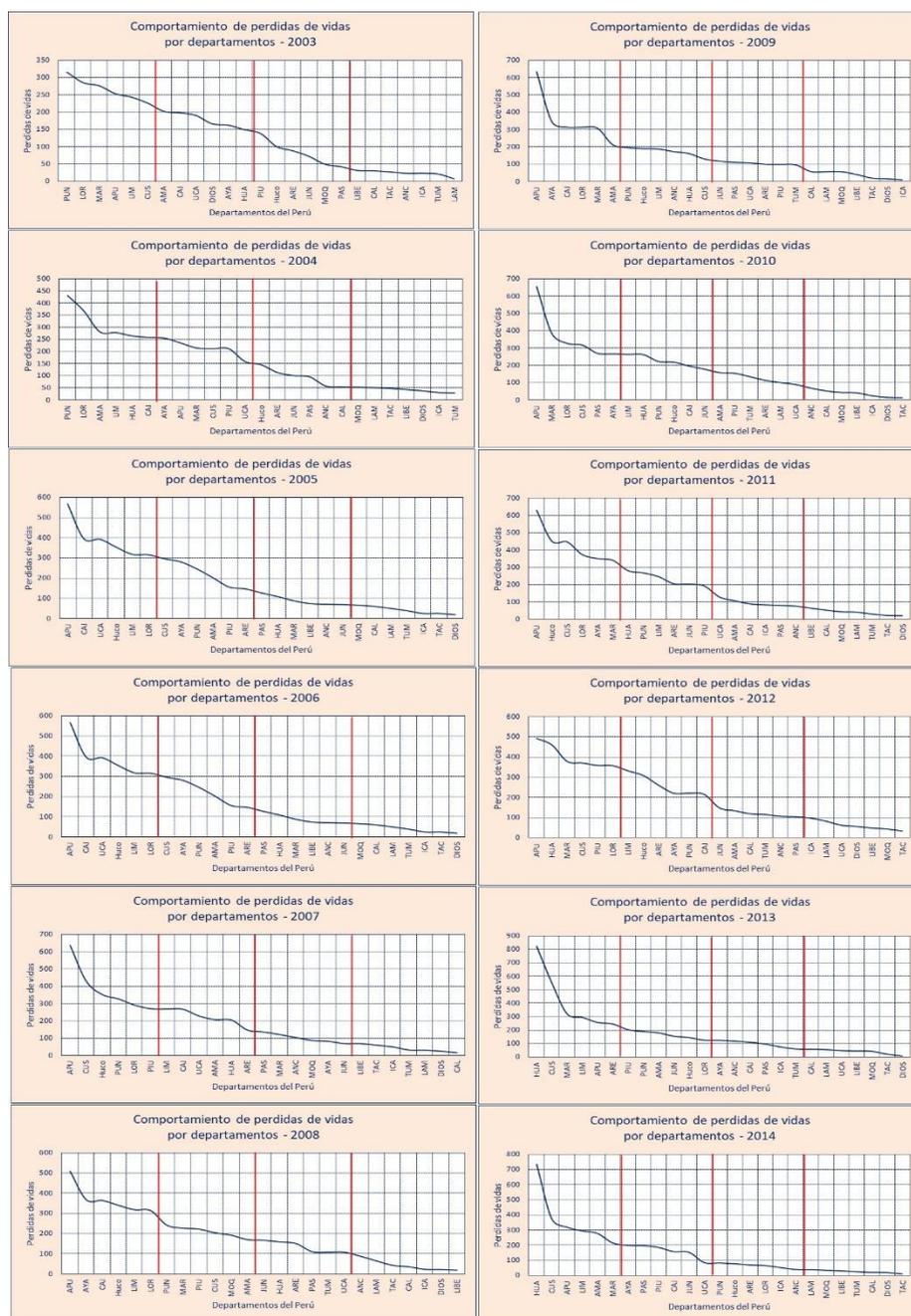


Figura 4.48. Caracterización de la curva de recurrencia de pérdidas de vidas por departamentos, asociado a eventos extremos hidrometeorológicos

Fuente: Elaboración propia

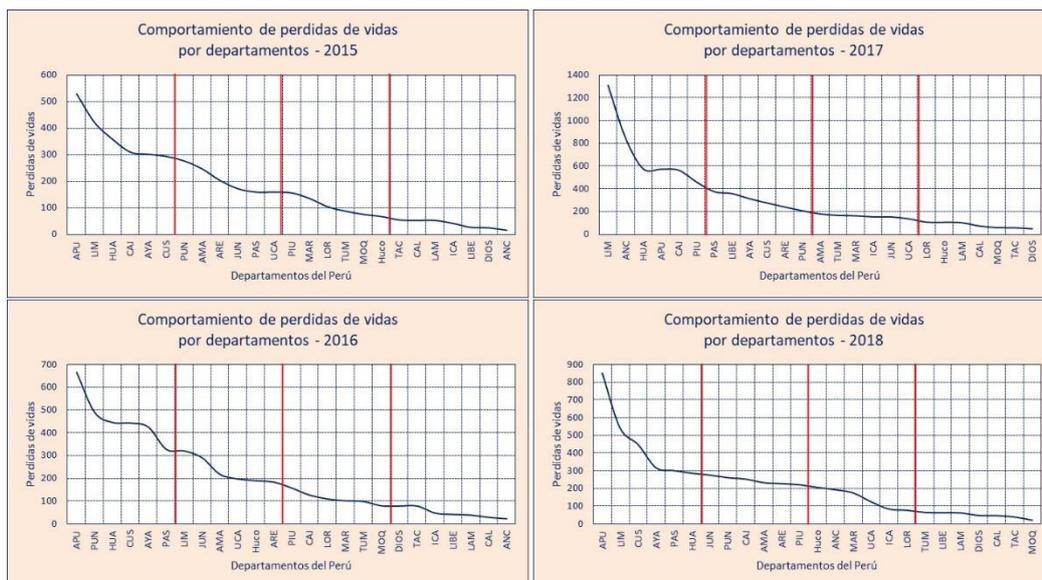


Figura 4.49. Caracterización de la curva de recurrencia de pérdidas de vidas por departamentos, asociado a eventos extremos hidrometeorológicos

Fuente: Elaboración propia

En ambas figuras, lo que podemos apreciar, es como la recurrencia de los impactos de pérdidas de vidas en cada uno de los departamentos van mostrando un comportamiento variable y una tendencia creciente, la cual se ve reflejada por la línea de pendiente de las curvas trazadas que presenta pendientes muy pronunciadas en el Cuartil 1, Cuartil 2 y Cuartil 3; mientras que en le Cuartil 4, se mantiene ligeramente la misma linealidad en el tiempo.

En la **Figura 4.49**, apreciamos como la serie de valores referente a las pérdidas de vidas registradas en el Perú por departamentos, durante el período comprendido entre el 2003/2018, registra una concentración de diez (10) años con datos entre 3316 y 4618; mientras que cinco (05) años están entre 4616 y 5916.

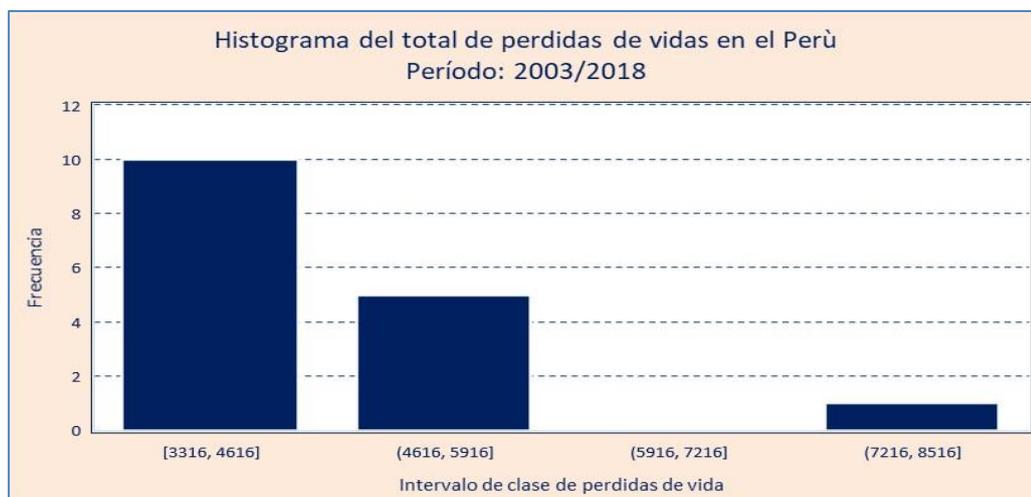


Figura 4.49. Histograma de frecuencia de pérdidas de vidas en Perú por departamentos – 2003/2018

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4.24**, se muestran los datos correspondientes a los cuartiles obtenidos de la serie histórica de pérdidas de vidas por eventos extremos hidrometeorológicos por departamentos en el Perú, ocurridos durante el período 2003/2018, permitiendo identificar lo siguiente:

- Para el **Cuartil 1**, se ha identificado que la frecuencia de los impactos a nivel anual, con mayores recurrencias se han registrado en los departamentos Apurímac con (15), Cusco y Loreto con (10), Lima con (09), Ayacucho y Huancavelica con (08).
- En el **Cuartil 2**, los departamentos con mayores incidencias son; Puno con (11), Arequipa y Amazonas con (08), Ucayali, Piura, Lima y Junín con (07).
- En el **Cuartil 3**, tenemos las mayores incidencias en los departamentos de Pasco y Junín con (09), Tumbes y Ancash (08) y Arequipa con (07).
- En el **Cuartil 4**, las mayores intensidades se han presentado en los departamentos de Tacna con (16), Lambayeque con (15), Madre de Dios y Callao con (14), La Libertad con (13), Ica con (11) y Moquegua con (10).

Tabla 4.24. Caracterización de las pérdidas de vidas por cuartiles en el Perú

Departamentos	Código	Frecuencias de pérdidas de vidas por Cuartiles				Totales de pérdidas de vidas por Cuartiles			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Amazonas	AMA	4	8	4	0	1066	1659	397	0
Ancash	ANC	1	1	8	6	844	172	768	273
Apurímac	APU	15	1	0	0	8137	236	0	0
Arequipa	ARE	1	8	7	0	247	1612	743	0
Ayacucho	AYA	8	6	2	0	2820	1432	208	0
Cajamarca	CAJ	7	6	3	0	2599	1288	324	0
Callao	CAL	0	0	2	14	0	0	173	691
Cusco	CUS	10	6	0	0	3901	1330	0	0
Huancavelica	HUA	8	6	2	0	3950	1326	267	0
Huánuco	Huco	5	5	5	1	1799	1049	598	103
Ica	ICA	0	0	5	11	0	0	363	417
Junín	JUN	0	7	9	0	0	1428	970	0
La libertad	LIBE	0	1	2	13	0	357	143	560
Lambayeque	LAM	0	0	1	15	0	0	99	746
Lima	LIM	9	7	0	0	4023	1884	0	0
Loreto	LOR	10	1	4	1	3249	126	356	105
Madre de dios	DIOS	0	1	1	14	0	166	85	432
Moquegua	MOQ	0	1	5	10	0	191	376	460
Pasco	PAS	3	3	9	1	896	731	903	9
Piura	PIU	3	7	6	0	1090	1393	892	0
Puno	PUN	4	11	1	0	1564	2583	1	0
San Martín	MAR	7	3	6	0	2223	719	782	0
Tacna	TAC	0	0	0	16	0	0	0	594
Tumbes	TUM	0	0	8	8	0	0	861	289
Ucayali	UCA	1	7	6	2	393	1300	691	111
Total		96	96	96	112	38801	20982	10000	4790

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 4.24**, podemos apreciar que el número total de frecuencias de pérdidas de vidas fue de 96 para los cuartiles 1, 2 y 3; mientras que para el Cuartil 4, se registró un total de 112. Además, para cada uno de los cuartiles se han obtenido el número de departamentos que experimentan incidencias por los eventos extremos, registrándose para el Cuartil 1, un total 16, para el cuartil 2 un total de 20, para el Cuartil 3 un total de 21 y en el Cuartil 4 un total de 13.

La relación a nivel de cuartil, entre el total de pérdidas de vidas y el número de departamento incididos por el evento extremos fueron de:

- En el **Cuartil 1**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 2425.06
- En el **Cuartil 2**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 1049.10
- En el **Cuartil 3**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 476.19
- En el **Cuartil 4**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 368.46

Con los valores de las frecuencias obtenidas para cada uno de los Cuartiles, desarrollamos los análisis de correlación con el fin de encontrar patrones de comportamiento con el total de pérdidas de vidas identificadas en cada rango estadístico; lo que nos llevó a generar la **Figura 4.50** donde apreciamos que existe una buena afinidad en el comportamiento de las variables, permitiendo poder explicar las incidencias entre ellas a través de la generación de un curva de ajuste polinómica de primer grado.

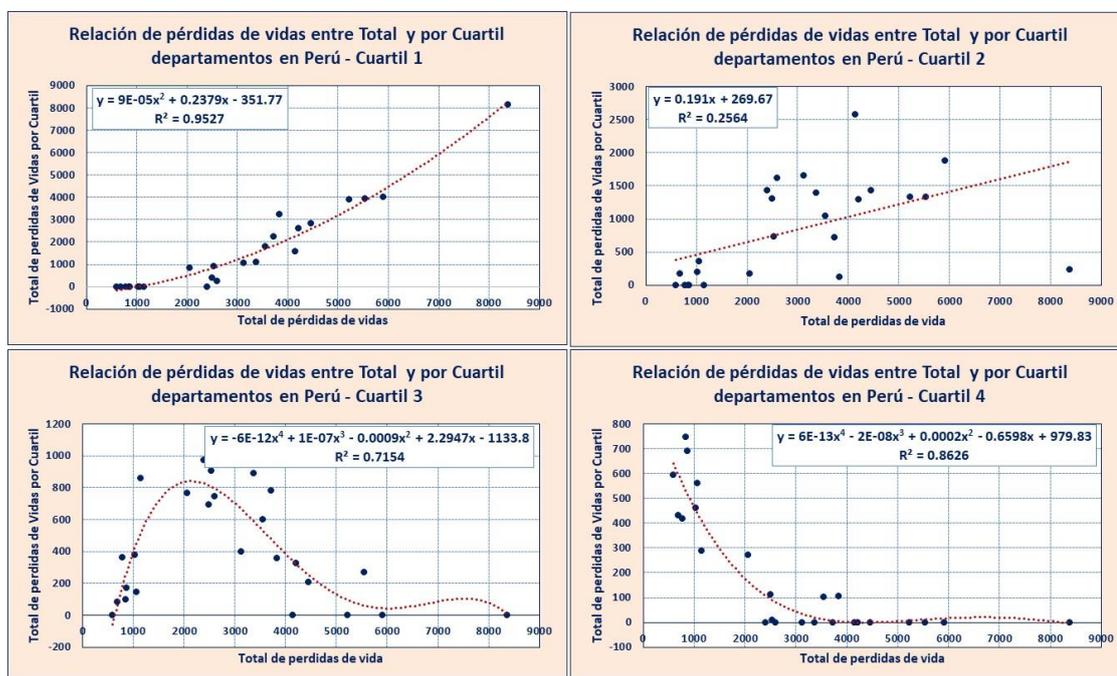


Figura 4.50. Relaciones de las frecuencias de pérdidas de vida por cuartiles – para el período 2003/2018

Con el fin de conocer cómo está la distribución de las pérdidas de vidas totales con respecto a las caracterizadas para cada Cuartil, en cada departamento, se pudo generar la **Figura 4.51**, en la cual se muestran los análisis finales de las diferentes correlaciones y/o asociación entre las variables, observándose lo siguiente:

- En el **Cuartil 1**, la asociación entre las variables refleja un comportamiento bastante homogéneo espacialmente, lo que se representa mediante una expresión algebraica de segundo grado.
- En el **Cuartil 2**, la asociación de las variables muestra una fuerte variabilidad entre los valores; lo que no ha permitido un buen ajuste en la correlación. Hemos identificado que el dato correspondiente al Q2 para Apurímac, Q2 para Loreto y el Q2 para Puno, son los que generan dicha dispersión.
- En el **Cuartil 3**, el comportamiento de las variables queda reflejada en una variabilidad que ha generado una representación teórica mediante una expresión polinómica de cuarto grado.
- En el **Cuartil 4**, la distribución de los puntos planteado nos ha permitido ajustar a dicho comportamiento una expresión algebraica de tipo polinómica de cuarto grado y con 0endencia decreciente.

En base a ello, también podemos identificar que las mayores ocurrencias de las incidencias de muertes, por departamentos, se presentan entre los Cuartiles 2 y 3; sin embargo, en el Cuartil 1, donde se registran las mayores pérdidas de vidas.

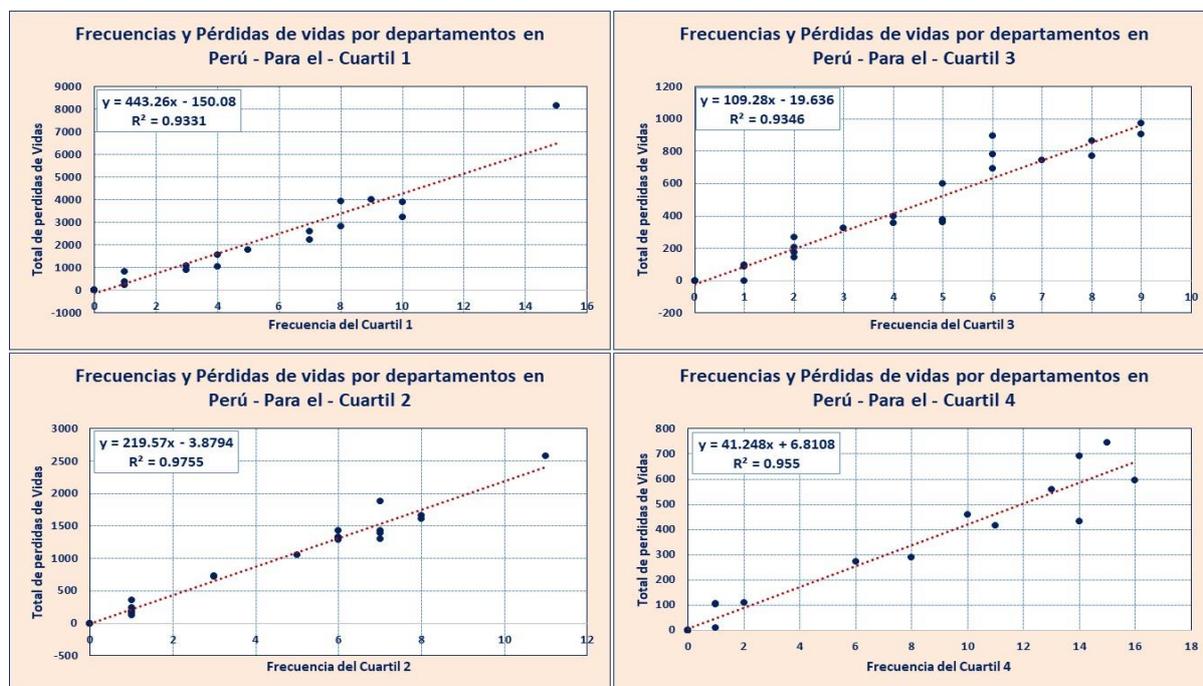


Figura 4.51. Relaciones de las pérdidas de vida por cuartiles y el total – para el periodo 2003/2018

También, hemos identificado que los 24 departamentos y la provincia constitucional del Callao, algunos han experimentado incrementos en el nivel de incidencia de la ocurrencia de pérdidas de vidas como es el caso de: Arequipa, Huancavelica, Pasco y Piura; mientras que, en otros, se han registrado un descenso en el nivel del cuartil como es el caso de: Loreto, Madre de dios, Moquegua y San Martin.

En base a todos estos resultados hemos obtenido como resumen las Tablas A-1 hasta la A-13, donde mostramos las expresiones algebraicas que explican el comportamiento y tendencias de las variables analizadas.

V.- Discusión

La presente investigación cuyo obtenido central es evaluar las relaciones funcionales entre las emergencias, daños y pérdidas económicas originadas por los eventos extremos relacionados con las precipitaciones, nos ha permitido conocer en cada uno de los procesos identificados; resultados relevantes para entender la dinámica mundial, regional, nacional y local de las pérdidas de vidas (emergencias y daños), que generan los eventos extremos causando grandes pérdidas socio económicas como las estudiadas por Hermin Stephanie et al. (2019); Oliver ECJ et al. (2019); Funk et al. (2008); Hoell et al. (2019); Wang et al. (2016).

La estadística utilizada en la presente investigación se apoya en el uso de tres bases de datos, donde se lleva la contabilidad de las ocurrencias de los eventos extremos, las emergencias y daños que ellos generan sobre la base de las múltiples vulnerabilidades que presenta la sociedad dentro de su propio entorno y de la cuenca por su nivel de intervención y degradación, lo que nos lleva a coincidir con lo expresado por Gall (2015), que considera que las bases de datos debería también contemplar todo los procesos incluido los de impactos indirectos.

Dentro de los análisis desarrollados, partimos con los procesos de evaluación de los datos mediante análisis de estadística descriptiva que no lleve a conocer las bondades de los mismos y el tipo de distribución que ellas obedecen, encontrándose similitudes en todas las bases de datos analizadas, lo cual no lleva a inferir que el comportamiento de ellas obedece a las mismo condiciones y factores que las provocan; sin embargo, no logramos profundizar este análisis prior de la dinámica de la data para caracterizar sus patrones de distribuciones. En relación con los análisis de dendrogramas, estos nos brindan información sobre los niveles de asociación en cada una de las bases de datos, llevándonos a generar conglomerados donde se identifican los clústeres de agrupación homogéneas en su comportamiento.

A nivel de tendencias, se han obtenidos resultados bastante interesantes, que nos permite inferir las relaciones funcionales a nivel espacial y temporal entre las variables analizadas, incidiendo con mayor importancia en la cantidad de vidas perdidas y el número total de eventos extremos ocurrido, seguidos del total de afectados y las pérdidas económicas generadas. Dichas tendencias han sido representadas mediante ecuaciones algebraicas de primero, segundo y cuarto orden, como las que se muestran los resumen en el Anexo I. Dichas relaciones van de la mano con las obtenidas por otros investigadores entre los cuales podemos mencionar: Coromese Matteo et al., (2018); Feenstra et al. (2015); CRED Crunch (2019); Zhou Quiangian et al. (2019), (2017).

Sobre todo los analizado, podemos apreciar que la necesidad de encontrar patrones de comportamiento no solo a la ocurrencias de los eventos extremos sino además de su interacción con el medio ambiente y social, implica que los resultados aquí generados serán de gran ayuda para entender la dinámica espacial y temporal de las respuestas de los ecosistemas natural y urbanos frente a los escenarios de riesgo y desastres, lo que nos permitirá generar niveles de tele conexión a nivel local, nacional, regional y mundial, más aún frente a los cambios que viene originando el cambio climático, y que se evidencian todos los años en diferentes partes del mundo, como los que se vienen presentando durante el 2021 en algunos países de Europa, América y Asia.

VI.- Conclusiones

6.1 Análisis exploratorio de datos

En términos generales podemos indicar que los datos registrados en las diferentes bases de datos de emergencias y daños presentan un comportamiento de no normalidad en su distribución, con valores atípicos muy significativos, lo que nos llevó a transformar las series. Sin embargo, todas las ellas, presentan una fiabilidad en los datos.

A continuación, tenemos los resultados más relevantes para cada base de datos:

a) Zonas regionales

- En relación con los valores que conforma la base de datos de las emergencias y daños para las zonas regionales, se ha determinado que estos no se ajustan a una distribución normal.*
- Sobre la representación del diagrama de cajas, se detecto que en cada una de las zonas se registran valores atípicos positivos que estaría generando distorsión en la distribución de loa valores planteados.*
- La fiabilidad de los valores que conforman la base de datos muestra una fiabilidad que función al estadístico de Alfa de Cronbach cuyo valor fue de 0,591 mayor a 0,05.*

b) Por continente

- En relación con los valores que conforma la base de datos de las emergencias y daños para las zonas regionales, se ha determinado que estos no se ajustan a una distribución normal.*
- Asía, América y África, muestran valores significativos en la dispersión de los datos, para los tres niveles de análisis desarrollados.*
- La fiabilidad de los valores que conforman la base de datos muestra una fiabilidad que función al estadístico de Alfa de Cronbach cuyo valor fue de 0,282 mayor a 0,05.*
- El evento extremo con mayor incidencia en los continentes es el de inundación, seguido por los deslizamientos, cuyos valores no obedecen a una distribución normal.*
- Para aquellos datos que no obedecen a una distribución normal, se desarrolló una transformación de tipo logarítmico logrando con ellos que los datos muestren una normalidad en su distribución.*

c) América del Sur

- En los países de Brasil, Venezuela, Argentina, Bolivia, Ecuador, el p valor determinado nos indica que los datos se ajustan a una distribución normal, mientras que los demás no.*
- Se observo que la representación gráfica de cajas permitió detectar que las series de valores registran una gran variabilidad entre los países.*
- La fiabilidad de los datos, quedo demostrada mediante el estadístico de Alfa de Cronbach que fue de 0,631.*
- Para aquellos datos que no obedecen a una distribución normal, se desarrolló una transformación de tipo logarítmico logrando con ellos que los datos muestren una normalidad en su distribución.*

d) Perú por departamentos

- Los departamentos de Ancash, Callao, Huancayo, La Libertad, Lima, Loreto, Madre de dios, Moquegua y Piura, presentan valores inferiores al 0,05, por lo que no presentan distribución normal.
- Los departamentos de Ancash, Callao, Huancayo, La Libertad, Lima, Loreto, Madre de dios, Moquegua, Piura, Puno y Ucayali, registran valores atípicos en su serie.
- La fiabilidad de los datos, quedo demostrada mediante el estadístico de Alfa de Cronbach cuyo valor fue de 0,661, mayor a Sig. 0,05.
- Para aquellos datos que no obedecen a una distribución normal, se desarrolló una transformación de tipo logarítmico logrando con ellos que los datos muestren una normalidad en su distribución.

6.2 Análisis de dendrograma

Las diferentes bases de datos analizada, a través de la técnica de dendrogramas jerárquicos, no ha permitido conocer la distribución de los valores queda completamente integrada por tres conglomerados (clústeres 1, 2 y 3), los cuales presentan diferencias en la media y al menos una de ellas se encuentra por debajo de la media grupa., tal como se describe a continuación:

a) Zonas regionales

- Se han obtenido un total de 17 clúster individuales, dentro del cual se seleccionó cuatro (04) conglomerados (clústeres 1, 2, 3 y 4) como los de mejor representación en la interacción entre las regiones.
- Del análisis de medias, entre los conglomerados generado, se obtuvo que los clústeres 1 y 2, están por debajo de la media.
- Los clústeres 3 y 4, son los que registran valores mayores a la media.

b) Por continente

- Se generaron un total de 44 clúster individuales, los cuales fueron combinados para obtener como representativos la formación final de tres (03) conglomerados (clústeres 1, 2 y 3), estando los dos últimos conformados por Asia.
- En el análisis de medias, entre los conglomerados, obtuvimos que los valores del clúster 1 está por debajo de la media, mientras que los otros dos restantes son superiores.
- Del análisis de ANOVA, se determinó que la media es diferente entre los conglomerados formados por los clústeres 1, 2 y 3.

c) América del Sur

- Se obtuvieron en el análisis un total de 872 clústeres individuales, los cuales al ser combinados nos permitido identificar tres conglomerados (03), en los cuales se agrupan la integridad de los datos a través de los clústeres 1, 2 y 3.
- En el análisis de medias entres los conglomerados generados, identificamos que el clúster 1, presenta los menores valores; mientras que los otros dos restantes son mayores.
- A nivel de países, los mayores porcentajes de emergencias se registran en Brasil, Perú, Colombia y Chile, cuyo acumulado representa el 58% del total registrado en América del Sur.

d) Perú por departamentos

- Se generaron un total de veinte cuatro clústeres individuales (24), los cuales permitieron obtener tres (03) conglomerados (Clústeres 1, 2 y 3) que agrupan a la totalidad de los datos por departamento.
- En el análisis de medias, se ha encontrado que los clústeres 2 y 1, se encuentra por encima; mientras que el clúster 3 está por debajo.
- El análisis de ANOVA, permitido conocer que existe diferencias entre las medias de cada uno de los conglomerados formados.

6.3 Análisis de tendencias

Los análisis de tendencias desarrollados nos han permitido conocer no solo el comportamiento de la distribución de las pérdidas de vidas, ocurrencias de eventos extremos y afectados, sino además su tendencia temporal, lo que ha quedado reflejado en cada uno de los análisis finales obtenidos, de los cuales hemos extraído los siguientes resultados más emblemáticos:

a) Por zonas regionales

- En la zona de América Latina Andina (**ALAndes**), se aprecia que la distribución de las pérdidas de vidas es uniforme anualmente durante el período comprendido entre 1995 al 2020.
- Para América Latina Central (**ALCentral**), se aprecia que, durante el año 2000, se registran las mayores pérdidas de vida.
- Al comparar las pérdidas de vidas entre Sudamérica y el Mundo, apreciamos que estas guardan cierta uniformidad en su distribución temporal.
- El análisis quinquenal, permitido conocer que las series de datos se ajustan a una expresión algebraica de tipo exponencial y polinómica, para lo cual se consideró necesario excluir las zonas regionales de **ALCentral**, **ALC**, Asia Sudeste, Sudamérica y Mundial.
- A nivel de probabilidad y periodo de retorno, encontramos que las zonas de Asia y América Latina registran las mayores pérdidas de vidas por acción de eventos extremos.
- Del análisis de tele conexión entre las diferentes zonas regionales, se ha podido identificar que la distribución de los puntos ploteados obedece a comportamiento descritos por expresiones algebraicas de tipo polinómica de segundo grado, con tendencia creciente indicándonos que la ocurrencia de pérdidas de vidas ira incrementándose; mientras que aquellas zonas con tendencia decreciente, debido a la dispersión los valores nos indica que la relación entre las variables es inversamente proporcional.

b) Por continentes

- Se identificó que las inundaciones fluviales, inundaciones rápidas y deslizamientos de tierras, son los que generan las mayores pérdidas de vidas, el mayor número de ventos y el mayor número de afectados, en todos los continentes; sin embargo, Oceanía, Asia y América, es donde se concentran con mayor frecuencia.
- A nivel de tendencias, se logró identificar que los continentes de África y América registran un comportamiento lineal; mientras que Asia, Europa y Oceanía, el comportamiento es descrito por una expresión algebraica de tipo polinómica de

sungo grado. Todas ellas son crecientes y guardan una relación directamente proporcional.

- Para los análisis de la variable cantidad de eventos ocurridos, entre los continentes, el comportamiento y la tendencia muestran relaciones directamente proporcionales entre ellas, las cuales han sido descritas mediante expresiones algebraicas de tipo polinómica de segundo grado.

c) América del Sur

- En **Argentina**, durante el período 1965/2019, se han registrado 68 eventos extremos (Deslizamientos e Inundaciones), los cuales han dejado 548 pérdidas de vida y 2 633 832 afectados, cuyo comportamiento temporal presenta una tendencia decreciente representada por una ecuación de tipo polinómica de segundo grado.
- En **Bolivia**, se han registrado 54 eventos extremos (Deslizamiento e Inundaciones), que han provocado 1 289 muertes y 4 120 929 afectados durante el período de 1965/2019. La distribución temporal de los valores plotados, muestra una dispersión notoria durante el período 2000/2019, lo que nos indica que los impactos registrados son muy variables; a pesar de ellos, se logró representar una serie uniforme mediante una expresión algebraica de segundo grado.
- En **Brasil**, tenemos la ocurrencia de 165 eventos extremos (Deslizamientos e Inundaciones), los cuales han generado pérdidas de vidas de 8 603 y afectados del orden de 24 490 855 durante el período 1965/2019. El comportamiento temporal de los valores plotados muestra una dispersión bastante significativa; a pesar de ello, la tendencia es decreciente, la cual ha sido ajustada a una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, para lo cual fue necesario discretizar la serie.
- En **Chile**, la ocurrencia de 40 eventos extremos (Deslizamientos, Inundaciones y movimiento en masa) ha provocado la pérdida de 896 vidas y 1 740 650 afectados durante el período 1965/2019. El comportamiento de la serie de valores plotados registra una tendencia decreciente representada por una expresión algebraica de segundo grado y con ciertos valores discrepantes que no fueron considerados en el análisis final.
- En **Colombia**, se han registrado un total de 128 eventos extremos (Deslizamientos, Inundaciones y Movimiento en masa) que han provocado 7 154 pérdidas de vidas y 16 406 236 afectados, durante el período comprendido entre 1954/2019. La distribución de los valores plotados muestra una gran variabilidad durante el período 2000/2019 lo que nos lleva a inferir que estos se van incrementando paulatinamente; sin embargo, se ha podido inferir un comportamiento el cual queda reflejado con el ajuste de una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado, como el más conservador, cuya tendencia es decreciente.
- En **Ecuador**; se han presentado un total de 49 eventos extremos (Deslizamiento, Inundaciones y Movimiento en masa), que han generado 2 151 pérdidas de vidas y 2 105 919 afectados entre el período 1931/2019. La serie de valores plotados muestra un comportamiento uniforme en el tiempo, lo que nos ha llevado a representar la distribución mediante un ajuste de una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado con una tendencia decreciente.

- En **Perú**, la presencia de los eventos extremos (Deslizamientos, Inundaciones y Movimiento en masa) han generado la ocurrencia de 92 desastres que han provocado un total de 7 777 muertes y 6 982 991 afectados durante el período comprendido entre 1941/2019. La distribución de ellos valores muestras un comportamiento uniforme en los últimos años, lo que ha permitido ajustar una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado que presenta una tendencia decreciente en su comportamiento.
- En **Venezuela**, ha registrado un total de 37 eventos extremos (Deslizamientos e Inundaciones) que han provocado la ocurrencia de 557 pérdidas de vidas y 434454 afectados, durante el período comprendido entre 1962/2019. La serie de valores ploteados presenta un comportamiento variable especialmente en el período 1990/2019; sin embargo, a través de los análisis desarrollados podemos inferir que la serie de datos obedece a un ajuste de tipo polinómico de segundo grado con tendencia decreciente.
- En términos generales, en América del Sur, se han identificado que en Brasil, Colombia y Perú se presentan los mayores problemas relacionados a las inundaciones y en Argentina se tienen los mayores deslizamientos.
- En relación con las pérdidas de vidas, entre los países de andinos y la zona de América Latina Andina, encontramos que existe una buena asociación la cual queda reflejada mediante los ajustes a las series de valores mediante una expresión algebraica de segundo grado y que presenta una tendencia creciente
- A nivel de América Latina, para las diferentes zonas seleccionadas (Andina, Sur, Central y el Mundo), estas también registran la misma tendencia en su comportamiento, descrita mediante la expresión algebraica de tipo polinómica de segundo grado.

d) Perú por departamentos

- La serie de eventos extremos ocurridos en el Perú, por departamentos, durante el período comprendido entre 2003/2018, muestra una distribución por frecuencias de 10 años, con pérdidas de vidas del orden de 3 316 a 4 618, cinco años con pérdidas entre 4 616 a 5 916. en el Perú.
- La serie de pérdidas de vidas, por departamentos en el Perú, a nivel anual, registra un comportamiento variable en su distribución en relación con la ubicación de ellos departamentos que registraron muertes por eventos extremos, lo que nos indica que la intensidad del impacto varía con el tiempo. Esto nos llevó a caracterizar por cuartiles las series anuales, desde las mayores cantidades hacia las menores presentadas.
- Para el **Cuartil 1**, se ha identificado que la frecuencia de los impactos a nivel anual, con mayores recurrencias se han registrado en los departamentos Apurímac con (15), Cusco y Loreto con (10), Lima con (09), Ayacucho y Huancavelica con (08).
- En el **Cuartil 2**, se tiene que los departamentos con mayores incidencias son; Puno con (11), Arequipa y Amazonas con (08), Ucayali, Piura, Lima y Junín con (07).
- En el **Cuartil 3**, tenemos las mayores incidencias en los departamentos de Pasco y Junín con (09), Tumbes y Ancash (08) y Arequipa con (07).
- En el **Cuartil 4**, las mayores intensidades se han presentado en los departamentos de Tacna con (16), Lambayeque con (15), Madre de Dios y Callao con (14), La Libertad con (13), Ica con (11) y Moquegua con (10).

- En el **Cuartil 1**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 2425.06, en el **Cuartil 2**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 1049.10, en el **Cuartil 3**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 476.19, en el **Cuartil 4**, el promedio de pérdidas de vidas fue de 368.46
- Las relaciones funcionales entre las frecuencias y pérdidas de vidas generadas entre los cuartiles, nos ha permitido conocer una buena afinidad entre las variables, habiéndose logrado ajustar a la serie de datos expresiones algebraicas de tipo polinómica de primer grado y cada uno con tendencias creciente en el tiempo.
- Para la relación funcional entre el total de pérdidas de vidas y las registradas por cuartiles, nos mostros una cierta variabilidad en la dispersión en forma especial para los **Cuartiles 2** y tres; mientras que en el **Cuartil 1** y **4**, la distribución de los puntos fue ajustados a una expresión algebraica de tipo polinómica de segundo con tendencia creciente y de cuarto grado con tendencia decreciente.

VII.- RECOMENDACIONES

- Generar los mismos análisis para cada una de las regiones del país, con el fin de poder caracterizarla con un mayor detalle técnico.
- Incluir en los análisis la variable precipitación, para integrar la causa y el efecto y definir los rangos de variabilidad que están sujetos a la generación de los desastres.
- Incluir en los análisis el comportamiento social en cada uno de los casos analizados.
- Relacionar los niveles de crecimiento espacial y temporal de las ciudades con el fin de detectar niveles de sensibilidad en el crecimiento social de la mano con la vulnerabilidad física, social, económica, ambiental y económica.
- Generar los escerario de los impactos que generaría la exacerbación del comportamiento de la precipitación por el cambio climático.

VIII.- Referencias

Abhas K. Jha, Bloch Robin and Lamond Jessica. (2012). *Cities and Flooding – A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21 st Century*. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) – Bank World (BM). 638 pp.

Adger, N. (2006). *Vulnerability*. *Glob. Environ. Change* 2006, 16, pp. 268-281.

Arent DJ., Tol RSJ., Faust E., Hella JP., Kumar S., Strzepek K., Tóth FL., Yan D. (2014). *Key economic sectors and services*. In: Field CB., Barros VR., Dokken DJ., Mach KJ., Mastrandrea MD., Bilir TE., Chatterjee M., Ebi KL., Estrada YO., Genova RC., Girma B., Kissel ES., Levy AN., MacCracken S., Mastrandrea PR., White LL. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 659–708.

Armah Frederick, Yawson David, Yengoh Genesis, Odoi Justice and Afrifa Ernest. (2010). *Impact of Floods on Livelihoods and Vulnerability of Natural Resource Dependent Communities in Northern Ghana*. *Water* 2010, 2, ISSN 2073-4441: pp. 120-139.

doi: 10.3390/w2020120.

www.mdpi.com/journal/water

Awudu, A. and Wallace, H. (2007). *Structural adjustment and economic efficiency of rice farmers in northern Ghana*. *Econ. Dev Cult. Herit*, 48, pp. 503-520.

Babbie, E. (2000). *Fundamentos de la investigación social*. México: Editorial Internacional Thomson.

Baradiarán M., Esquivel M., Lacambre S., Suarez G. y Zuloaga D. (2019), *Resumen ejecutivo de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático*. Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID. División de Cambio Climático – Unidad de Salvaguardias Ambientales y Sociales – Nota Técnica N° IDB-TN-01583, 43 pp.

Baredo, L. (2010). *No upward trend in normalised windstorm losses in Europe: 1970–2008*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, pp. 97–104.

Barredo, J. I. (2009). *Normalised flood losses in Europe: 1970–2006*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 97–104.

Barredo, J.I. (2007). *Major flood disasters in Europe: 1950–2005*. *Nat. Hazards*, 42, pp. 125–148. [CrossRef]

Becerra, O., Johnson, N., Meier, P., Restrepo, J., and Spagat, M. (2012). *Natural disasters, casualties and power laws: A comparative analysis with armed conflict*. In *Proceedings of the annual meeting of the American Political Science Association*. Citeseer.

Beniston, M., Stephenson, D. B., Christensen, O. B., Ferro, C. A. T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., and Koffi, B. (2007). *Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections*, *Climatic Change*, 81, pp. 71–95,

Blankespoor B., Dasgupta S., Laplante B. and Wheeler D. (2010). *The Economics of Adaptation to Extreme Weather Events in Developing Countries*. World Bank Dev. Clim. Chang. Discuss. Pap. Number 1.

Boruff, B. J., Easoz, J.A., Jones, S.D., Landry, H.R., Mitchem, J.D. and Cutter, S.L. (2003). *Tornado hazards in the United States*. *Climate Res.*, 24, pp. 103–117.

Bouwer Laurens, M. (2019). *Observer and Projected Impacts from Extreme Weather Events: implications for Loss and damage*. *Loss and damage from Climate Change, Climate risk Management, Policy and Governance*; pp. 20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72026-5_3

Bouwer Laurens, M. (2013). *Projections of future extreme weather losses under changes in climate and exposure*. *Risk Anal* 33(5): pp. 915–930.

Bouwer, L. (2011). *HAVE DISASTER LOSSES INCREASED DUE TO ANTHROPOGENIC CLIMATE CHANGE?* *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(1), pp. 39-46. Retrieved from www.jstor.org/stable/26226798.

Bouwer, L.M. (2010). *Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change?* *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(1), pp. 39–46. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3092.1>

Bouwer, L. M. and Aerts, J. C. (2006). *Financing climate change adaptation*. *Disasters*, 30, pp. 49–63.

Brooks, H. E. and Doswell, C. A. (2001). *Normalized damage from major tornadoes in the United States: 1890–1999*. *Wea. Forecasting*, 16, pp. 168–176.

Calleros, J. (2012). *Los efectos del cambio climático sobre la migración internacional: análisis de la evidencia en el caso mexicano*. *Revista Centroamérica de ciencias sociales, movilidad humana y medio ambiente*. <http://observatoriodemigraciones.org/apc-aa-files/69e3909999fd8ec8018dd3f5d7dbdc5d/DMigrantesNo.8.pdf>

Cane, M. (2005). *The evolution of El Niño, past and future*. *Earth and Planetary Science Letters*, 230(3-4), 227-240.

Chang, S.E., Gregorian, M., Pathman, K., Yumagulova, L. & Tse, W. (2012). *Urban growth and long-term changes in natural hazard risk*. *Environment and Planning A*, 44(4), pp. 989–1008. <https://doi.org/10.1068/a43614>.

Chang, H., Franczyk, J. and Kim, C. (2009). *What is responsible for increasing flood risks? The case of Gangwon Province, Korea*. *Nat. Hazards*, 48, pp. 339–354.

Chang, H. & Franczyk, J. (2008). *Climate change, land-use change, and floods: Toward an integrated assessment*. *Geography Compass*, 2(5), pp. 1549–1579. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00136.x>

Changnon, S. A. (2009). *Increasing major hail losses in the U.S*. *Climatic Change*, 96, pp. 161–166.

Changnon, S. A. (2001). Damaging thunderstorm activity in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82, pp. 597–608.

Changnon, S.A., Pielke, R.A., Changnon, D., Sylves, R.T. and Pulwarty, R. (2000). Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 81, pp. 437–442. [CrossRef]

Choi, O. and Fisher, A. (2003). The impacts of socioeconomic development and climate change on severe weather catastrophe losses: Mid-Atlantic region (MAR) and the U.S. *Climatic Change*, 58, pp. 149–170.

Comunidad Andina. (2018). *Glosario de Términos y Conceptos de la Gestión del Riesgo de Desastres para los países miembros de la Comunidad Andina – Decisión 825*. Secretaría General de la Comunidad andina – CAPRADE. 28 pp.

<http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf>

Coronese Matteo, Lampereti F., Chiaromonte F. and Roventini A. (2018). *Natural Disaster Risk and the Distributional Dynamics of Damages*. Laboratory of Economics and Management – LEM. Institute of Economics Scuola Superiore Sant'Anna – Italy, 46 pp.

<http://www.lem.sssup.it/WPLem/files/2018-22.pdf>

CPC. (2017). *Southern Oscillation Index (SOI): (Stand Tahiti—Stand Darwin) sea level pressure data*. Climate Prediction Center, accessed June 2017.

www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi

Cramer W., Yohe G., Auffhammer M., Huggel C., Molau U., Da Silva Dias MAF, Solow A., Stone D., Tibig L. (2014). *Detection and attribution of observed impacts*. In: Field CB, Barros VR., Dokken DJ., Mach KJ., Mastrandrea MD., Bilir TE., Chatterjee M., Ebi KL., Estrada YO, Genova RC., Girma B., Kissel ES., Levy AN., MacCracken S., Mastrandrea PR., White LL. (eds) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects, Chap18. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 979–1037.

CRED Crunch. (2019), *Disaster in Africa: 20 Year Review (2000-2019)*. Issue No 56 – November 2019. Centre for Research on the Epidemiology of Disaster – CRD – USAID – UCLouvain. EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, 2 pp.

CRED. (2013). *EM-DAT The International Disaster Database*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED, Université Catholique de Louvain, Brussels (Belgium).

<http://www.emdat.be>

Crompton RP., Pielke RA Jr., McAneney KJ. (2013). *Emergence time scales for detection of anthropogenic climate change in US tropical cyclone loss data*. *Environ Res Lett* 6:014003

Crompton, R. P. and McAneney, K.J. (2008). *Normalised Australian insured losses from meteorological hazards: 1967–2006*. *Environ. Sci. Policy*, 11, pp. 371–378.

Crompton, R. P., Chen, K., Pielke, R.A. Jr. and Haynes, K. (2010). Influence of location, population, and climate on building damage and fatalities due to Australian bushfire: 1925–2009. *Wea. Climate Soc.*, 2, pp. 300–310.

DesInventar. (2013). *DesInventar – Inventory system of the effects of disasters*, Corporación OSSA, Cali, Colombia, available at: <http://desinventar.org>, last access: 25 November 2013.

Downton, M. and Pielke, R.A. Jr. (2005). How accurate are disaster loss data? The case of U.S. flood damage. *Nat. Hazards*, 35, pp. 211–228.

Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R., and Mearns, L.O. (2000). Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289, pp. 2068–2074. [CrossRef] [PubMed]

Elsner, J. B., Kossin, J. P., and Jagger, T. H. (2008). The increasing intensity of the strongest tropical cyclones. *Nature*, 455(7209):92.

EM-DAT. (2020). *The International Disaster Database – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters -CRED. The School of Public Health of the Université Catholique de Louvain, Belgium.*

<https://www.emdat.be/>

EM – DAT. (2019). *Total Affected – Total number of people affected by natural disasters. Global 1900 – 2018. EMDAT:OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain - Bruselas - Bélgica.*

<http://www.emdat.be/>

EM-DAT. (2017). *The Emergency Events Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, accessed December 2017, www.emdat.be.*

EM – DAT. (2017). *Global annual deaths from natural disaster, by decade. EMDAT: EMDAT:OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain - Bruselas - Bélgica.*

<https://ourworldindata.org/uploads/2018/04/Global-annual-absolute-deaths-from-natural-disasters-01.png>

FAO. (2018). *Superficie Forestal como proporción de la Superficie Total (%)*. División de Estadística de las Naciones Unidas – Alimentación y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura - FAO

<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/>

Farr, T., Rosen, P., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., and Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission, *Rev. Geophys.*, 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.

Feenstra, R. C., Inklaar, R., and Timmer, M. P. (2015). The next generation of the penn world table. *The American Economic Review*, 105(10): pp. 3150–3182.

Fengqing, J., Cheng, Z., Guijin, M., Ruji, H. and Qingxia, M. (2005). Magnification of flood disasters and its relation to regional precipitation and local human activities since the 1980s in Xinxiang, northwestern China. *Nat. Hazards*, 36, pp. 307–330.

Floodsite. (2009). *Flood Risk Assessment and Flood Risk Management. An Introduction and Guidance Based on Experiences and Findings of Floodsite (An Eu-Funded Integrated Project)*; Deltares/Delft Hydraulics: Delft, The Netherlands, ISBN 97890840670.

Fraser, B. (2017). Peru's floods teach tough lessons. *Nature*, 544, pp. 405–406, <https://doi.org/10.1038/544405a>.

Fuchs, S., Kuhlicke, C. & Meyer, V. (2011). Editorial for the special issue: Vulnerability to natural hazards — The challenge of integration. *Natural Hazards*, 58(2), pp. 609–619. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9825-5>

Funk, C. and Coauthors. (2019). Examining the potential contributions of extreme 'Western V' sea surface temperatures to the 2017 March–June East African drought [in "Explaining Extremes of 2017 from a Climate Perspective"]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 100 (1), pp. S55–S60. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0108.1>.

Gall M. (2015). The suitability of disaster loss data bases to measure loss and damage from climate change. *Int J Global Warming* 8(2): pp. 170–190.

Gallopín, G.C. (2006). Link ages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 293 – 303 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>

GAO. (2007). *Climate change: Financial risks to federal and private insurers in coming decades are potentially significant. United States Government Accountability Office Rep. GAO-07-285*, 20 pp.

García M. y Naranjo H. (2016). Factores influyentes en la vulnerabilidad ante desastres naturales en Bolivia 1980 – 2012. *Universidad Privada Bolivariana - UPB. Investigación & Desarrollo*, No. 16, Vol. 2: pp. 31-44. ISSN 2518-4431.

Garreaud, R. (2018). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *Int. J. Climatol.*, 38, pp. e1296– e1302 <https://doi.org/10.1002/joc.5426>.

Geilfus, F. (2005). *80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. Costa Rica.

Gellert, G. (2000). *Las migraciones como estrategias de sobrevivencia de los excluidos y sus determinantes territoriales. Guatemala: exclusión social y estrategias para enfrentarla. Guatemala: flacso*.

Gonzales Velandia, Julio Cesar, (2014). *La Gestión del Riesgo de Desastres en la Inundación de Colombia: Una Mirada Crítica*. Tesis de grado de la Universidad Católica de Colombia – Facultad de Ingeniería. 73 pp.

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2128/1/Gesti%C3%B3n_riesgo_desastres_inundaciones_%20Colombia_mirada-cr%C3%ADtica.pdf

Gutiérrez-Montes, I., Soares, D., Thibault, M., Rivas-Platero, G., Pinto, G., Ramírez, F., Romero, R. y López, R. (2012). *Vulnerabilidad social ante el cambio climático: retos y propuestas de políticas desde un enfoque de equidad social*. Programa Agroambiental Mesoamericano -CATIE.

Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J. and Corfee-Morlot, J. (2013). *Future flood losses in major coastal cities*. *Nat. Clim. Chang.*, 3, pp. 802–806. [CrossRef]

Handmer J., Honda Y., Kundzewicz ZW., Arnell N., Benito Z., Hatfield J., Mohamed IF., Peduzzi P., Wu S., Sherstyukov B., Takahashi K., Yan Z. (2012). *Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems*. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds) Chapter 4. Cambridge University Press, USA, Cambridge, UK, and New York, NY, US: pp. 231–290.

Herring C. Stephany, Nikolaos C., Hoell Andrew, Hoerling Marty and Stott Peter A. (2019). *Introduction to explaining extreme events of 2017 from a climate perspective*. Special Supplement to the *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol 100. No . pp. 126.

Hoell, A., Perlwitz, J., Dewes, C., Wolter, K., Rangwala, I., Quan, X.W. and Eischeid, J. (2019). *Anthropogenic contributions to the intensity of the 2017 United States northern Great Plains drought [in “Explaining Extremes of 2017 from a Climate Perspective”]*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 100 (1), pp. S19–S24.

Hilker, N., Badoux, A., and Hegg, C. (2009). *The Swiss flood and landslide damage database 1972–2007*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 913–925.

Huggel, Christian, Raissig, A., Rohrer, Mario, Romero, G., Diaz, A. and Salzmann, Nadine. (2015). *How useful and reliable are disaster databases in the context of climate and global change? A comparative case study analysis in Peru*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 15. 10.5194/nhess-15-475-2015.12 pp.

https://www.researchgate.net/publication/307782532_How_useful_and_reliable_are_disaster_databases_in_the_context_of_climate_and_global_change_A_comparative_case_study_analysis_in_Peru/citation/download

IHME. (2018). *Deaths exposure to forces of nature . Sex-both-age: all ages (percent)*. Global Burden of Disease Collaborative Network – Institute for Health Metrics and Evaluation.

<http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

INDECI. (2019). *Boletín estadístico virtual de la gestión reactiva – N° 10-Año 6 –Enero 2019*. Dirección de Políticas, Planes y Evaluación, pp. 69.

https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/BOLETIN_VIRTUAL_ENERO_2019_PDF.pdf

INDECI. (2013). SINPAD – Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación, Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima, Perú, available at: <http://sinpad.indeci.gob.pe>

INFORM. (2018). Index for risk management for latin america and the caribbean lac-inform 2018 update - Contributing to more effective risk management of crises and disasters in Latin America and the Caribbean. Inter Agency standing Committee – IASC, pp. 17.
http://www.inform-index.org/Portals/0/InfoRM/2018/Subnational/LAC_INFORM_2018_v005_MainResults_Eng.pdf?ver=2018-03-09-082636-400

IPCC. (2014). IPCC's Working Group II, Contribution to the Fifth Assessment Report, released in March 2014: IPCC 5AR, WG2, Volume 1, Chapter 12, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

IPCC. (2014). Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf

IPCC. (2013). Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Stocker TF., Qin D., Plattner G-K., Tignor M., Allen SK., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley PM. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change. In: Field CB., Barros V., Stocker TF., Qin D., Dokken DJ., Ebi KL., Mastrandrea MD., Mach KJ., Plattner G-K., Allen SK., Tignor M., Midgley PM. (eds). Cambridge University Press, USA, Cambridge, UK, and New York, NY, US, 582 pp.
<http://www.ipcc.ch/report/srex/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Summary for Policymakers, en Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

James RA., Jones RG., Boyd E., Young HR., Otto FEL, Huggel C., Fuglestedt JS. (2018). Attribution: how is it relevant for loss and damage policy and practice? In: Mechler R., Bouwer L., Schinko T., Surminski S., Linnerooth-Bayer J. (eds) Loss and damage from climate change. Concepts, methods and policy options. Springer, Cham, pp. 113–154.

Jaramillo H. C. (2009). Do Natural Disasters have Long – term Effects on Growth. Universidad de los Andes – Facultad de Economía. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico – CEDE. 24, pp.44. ISSN 1657-5354.

Jongman, B., Winsemius, H.C., Aerts, J.C., de Perez, E.C., Van Aalst, M.K., Kron, W. and Ward, P.J. (2015). Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 112, pp. E2271–E2280. [CrossRef].

Jungehülsing, J. (2010). *Las que se van, las que se quedan: reacciones frente al cambio climático. Un estudio de caso sobre migración y género en Chiapas. México, Centroamérica y el Caribe.*

Kahn M. E. (2005). *The Death Toll from Natural Disasters: The Role of Income, Geography, and Institutions,*” *Rev. Econ. Stat.*, vol. 87, no. 2, pp. 271–284.

Kellenberg, D. K. and Mobarak, A. M. (2008). Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters? *Journal of Urban Economics*, 63(3): pp. 788–802.

Kew, S. F., S. Y. Philip, G. J. van Oldenborgh, F. E. L. Otto, R. Vautard, and G. van der Schrier. (2019). Attribution study of the exceptional summer heatwave in southern Europe 2017 [in “Explaining Extremes of 2017 from a Climate Perspective”]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 100 (1), pp. S49–S53.

Kniveton, D. y García, J. (2012). *Impactos del cambio climático y evidencia de migraciones en Colombia. Revista del observatorio de migraciones*, 8.

Kossin, J. P., Olander, T. L., and Knapp, K. R. (2013). Trend analysis with a new global record of tropical cyclone intensity. *Journal of Climate*, 26(24): pp. 9960–9976.

Kundzewicz, Z.W., Kanae, S., Seneviratne, S.I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L.M., Arnell, N., Mach, K. et al. (2014). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrol. Sci. J.*, 59, pp. 1–28. [CrossRef]

Larna-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2012). *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala. Serie Perfil Ambiental*, 12 (468).

Lozano Sivilsaca DC., Chacón-Cascante A., Gutiérrez Montes I. y Robalino H. A. (2015). *Eventos climáticos extremos y migración interna en Guatemala, un análisis basado en percepción de expertos. CIENCIA ergo-sum*, ISSN 1405-0269, Vol. 22-1. Universidad Autónoma del Estado de México – Toluca, pp. 35-44.

Mallakpour, I. and Villarini, G. (2015). The changing nature of flooding across the central united states. *Nat. Clim. Chang*, 5, pp. 250–254. [CrossRef]

Max Roser, Hannah Ritchie and Esteban Ortiz-Ospina. (2020). *Nuestro mundo en datos. University of Oxford. Publicado en línea en OurWorldInData.org*
<https://ourworldindata.org/world-population-growth>

McPhillips, L.E., Chang, H., Chester, M. V., Depietri, Y., Friedman, E., Grimm, N. B., Kominoski, J.S., McPhearson, T., Méndez-Lázaro, P., Rosi, E.J. & Shafiei Shiva, J. (2018). *Defining Extreme Events: A Cross-Disciplinary Review. Earth’s Future*, 6, pp. 441-455.

<https://doi.org/10.1002/2017EF000686>

McPhillips, L.E. & Herndon, M.R. (2017). *R Code for Text Analysis of Research Papers (V1.0)*. Zenodo.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.894888>

Meerow, S., Newell, J.P. & Stults, M. (2016). *Defining urban resilience: A review. Land scape and Urban Planning*, 147 (suppl. C), pp. 38 – 49.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>

Mendelsohn, R., Emanuel, K., Chonabayashi, S., and Bakkensen, L. (2012). *The impact of climate change on global tropical cyclone damage. Nature Climate Change*, 2:205 EP –.

Méndez-Lázaro, P.A., Martínez-Sánchez, O., Méndez-Tejeda, R., Rodríguez, E., Morales, E. & Schmitt-Cortijo, N. (2015). *Extreme heat events in San Juan Puerto Rico: Trends and variability of unusual hot weather and its possible effects on ecology and society. Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 03, pp. 1–7.

<https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000135>

Méndez-Lázaro, P.A., Muller-Karger, F.E., Otis, D., McCarthy, M.J. & Rodríguez, E. (2017). *A heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico. International Journal of Biometeorology*, pp. 1–14.

<https://doi.org/10.1007/s00484017-1319-z>

Mitchell, J.K. (2006). *The primacy of partnership: scoping a new National Disaster Recovery Policy. The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 604(1), pp. 228–255.

<https://doi.org/10.1177/0002716205286044>

Miller, S., R. Muir-Wood and A. Boissonnade. (2008). *An exploration of trends in normalized weather-related catastrophe losses. Climate Extremes and Society*, H. F. Diaz and R. J. Murnane, Eds., Cambridge University Press, pp. 225–347.

Muis S., Verlaan M., Winsemius HC., Aerts JCJH. and Ward PJ. (2016). *A global reanalysis of storm surges and extreme sea levels. Nat Commun* 7:11969

Munich Re. (2010). *Topics Geo natural catastrophes 2009: Analyses, assessments, positions. Munich Reinsurance Company Rep.*, 40 pp.

Nadim, Farrokh, Oddvar Kjekstad, Pascal Peduzzi, Christian Herold y Christian Jaedicke. (2006). *“Global Landslide and Avalanche Hotspots”. Landslides* 3: pp. 159-173.

<https://doi.org/10.1007/s10346-006-0036-1>

National Ocean Service. (2013). *National Coastal Population Report: Trends From 1970 to 2020 (NOAA’s State of the Coast)*. National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved from

<https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/facts/coastalpopulation-report.pdf>

NCR, UNHCR, IDMC. (2016). *Human mobility in the context of natural hazard-related disasters in South America. BACKGROUND PAPER Prepared by Nicolás Rodríguez Serna For the Nansen Initiative South America Consultation Quito, Ecuador, 15-16 July 2015*, pp. 38.

https://www.nanseninitiative.org/wp-content/uploads/2015/12/14122015_FINAL_BACKGROUND_PAPER_SOUTH_AMERICA_screen.pdf

Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J. & Nicholls, R.J. (2015). *Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding—A global assessment. PLoS One*, 10(3), e0118571.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>

Neumayer, E. and Barthel, F. (2011). *Normalizing economic loss from natural disasters: a global analysis. Global Environmental Change*, 21(1): pp. 13–24.

Noy, I. (2009). *The macroeconomic consequences of disasters. Journal of Development economics*, 88(2): pp. 221–231.

Nikolaos Christodis, Richard A. Betts and Peter A. Stott. (2019). *The extremely wet march of 2017 march in Peru. Chapter 7, American Meteorological Society*, pp. 35-40.

Nordhaus, W. D. (2010). *The economics of hurricanes and implications of global warming. Climate Change Econ.*, 1, pp.1–20.

Novales A. (2013). *Modelos vectoriales autoregresivos – VAR. Departamento de Economía Cuantitativa – Universidad Complutense de Madrid España*, pp. 149.

<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR.pdf>

NWS. (2016). *National Weather Service Instruction 10-1605, Storm Data Preparation. Available online: https://www.ncdc.noaa.gov/stormevents/pd01016005curr.pdf (accessed on 8 March 2018).*

OIM. (2017). *The Atlas of environmental migration: Routledge, Earthscan*

OIM (Organización Internacional para las Migraciones). (2008). *Migración y cambio climático. Series de estudios de la OIM sobre la migración. Número 31.*

http://www.derechoshumanosbolivia.org/archivos/biblioteca/migracion_y_cambio_climatico_oim.pdf

Oliver ECJ., Burrows MT., Donat MG., Sen Gupta A., Alexander LV., Perkins-Kirkpatrick SE., Benthuysen JA., Hobday AJ., Holbrook NJ., Moore PJ., Thomsen MS., Wernberg T y Smale DA. (2019). *Ondas de calor marinas proyectadas en Siglo XXI y potencial de impacto ecológico. Frente. Mar. Sci.* 6: 734. doi: 10.3389 / fmars.2019.00734.

Parry, M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., Van der Linden P.J. and Hanson C. E. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press*, 986 pp.

Peduzzi, P., Chatenoux, B., Dao, H., De Bono, A., Herold, C., Kossin, J., Mouton, F. and Nordbeck, O. (2012). *Global trends in tropical cyclone risk. Nat. Clim. Chang.*, 2, 289. [CrossRef]

Pelling, M. and High, C. (2005). *Understanding Adaptation: What can Social Capital offer assessments of Adaptive Capacity?* *Glob. Environ. Change* 2005, 15, pp. 308-319.

Philip, J.W., Brenden, J., Frederiek Sperna, W., Arno, B., Rens van, B., Marc, F.P.B., Willem, L., Hessel, C.W. (2013). *Assessing flood risk at the global scale: Model setup, results, and sensitivity.* *Environ. Res. Lett.*, 8, 044019. 5.

Pielke, R. A., Gratz, J., Landsea, C.W., Collins, D., Saunders, M. and Musulin, R. (2008). *Normalized hurricane damages in the United States: 1900–2005.* *Nat. Hazards Rev.*, 9, pp. 29–42.

Pielke, R. A. Jr. (2007). *Mistreatment of the economic impacts of extreme events in the Stern review report on the economics of climate change.* *Global Environ. Change*, 17, pp. 302–310.

Pielke, R. A., Rubiera, J., Landsea, C., Fernández, M.L. and Klein, R. (2003). *Hurricane vulnerability in Latin America and the Caribbean: Normalized damage and loss potentials.* *Nat. Hazards Rev.*, 4, pp. 101–114.

Pielke, R.A. and Downton, M.W. (2000). *Precipitation and damaging floods: Trends in the United States, 1932–1997.* *J. Clim.*, 13, pp. 3625–3637. [CrossRef]

Pindyck, R. S. (2011). *Fat tails, thin tails, and climate change policy.* *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(2): pp. 258–274.

PIK – BM. (2014). *Impacto del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: cómo hacer frente a la nueva realidad climática.* Banco Mundial e Instituto de investigación sobre el impacto y análisis climático de Potsdam (PIK).

<http://www.bancomundial.org/es/news/speech/2014/12/02/climate-change-impacts-in-latin-america-and-the-caribbean-confronting-the-new-climate-normal>

Preston BL. (2013). *Local path dependence of U.S. socio economic exposure to climate extremes and the vulnerability commitment.* *Glob Environ Change* 23(4): pp. 719–732

Raghavan, S. and Rajesh, S. (2003). *Trends in tropical cyclone impact: A study in Andhra Pradesh, India.* *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, pp. 635–644.

Raschky, P. A. (2008). *Institutions and the losses from natural disasters,* *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 8, no. 4, pp. 627–634.

Reich, B. J. (2012). *Spatiotemporal quantile regression for detecting distributional changes in environmental processes.* *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 61(4):535–553.

RESAMA. (2016). *Migración, medio ambiente y cambio climático: agenda 2030, buenas prácticas y desafíos para la región suramericana.* Informe Técnico para la XVI Conferencia Suramericana sobre Migraciones. Asunción, 2016.

https://www.researchgate.net/publication/311765043_Migracion_medio_ambiente_y_cambio_climatico_agenda_2030f

Rhein, M., and Coauthors. (2013). *Observations: Ocean. Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, T. F. Stocker et al., Eds., Cambridge University Press, pp. 255–315.

Rosenzweig, C., Solecki, W., Hammer, S.A. & Mehrotra, S. (2010, October 20). *Cities lead the way in climate – change action*. *Nature*, 467, pp. 909–911.

<https://doi.org/10.1038/467909a>

Rosenzweig, C. and Coauthors. (2008). *Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change*. *Nature*, 453, pp. 353–357.

Sanabria, J., Bourrel, L., Dewitte, B., Frappart, F., Rau, P., Solis, O. and Labat, D. (2018). *Rainfall along the coast of Peru during strong El Niño events*. *Int. J. Climatol.*, 38, pp. 1737–1747.

<https://doi.org/10.1002/joc.5292>

Schinko T., Mechler R., Hochrainer-Stigler S. (2018). *The risk and policy space for loss and damage: integrating notions of distributive and compensatory justice with comprehensive climate risk management*. In: Mechler R., Bouwer L., Schinko T., Surminski S., Linnerooth-Bayer J. *Loss and damage from climate change. Concepts, methods and policy options*. Springer, Cham, pp. 83–110

Schmidt, S. C., Kemfert and Höppe P. (2009). *Tropical cyclone losses in the USA and the impact of climate change: A trend analysis based on data from a new approach to adjusting storm losses*. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 29, pp. 359–369.

Scribano, A. (2007). *El proceso de investigación social cualitativo*. Buenos Aires: Prometeo.

Serdeczny O. (2018). *Non-economic loss and damage and the Warsaw international mechanism*. In: Mechler R., Bouwer L., Schinko T., Surminski S., Linnerooth-Bayer J. (eds) *Loss and damage from climate change. Concepts, methods and policy options*. Springer, Cham, pp. 205–220.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M.M.B., Miller, H.L. Jr. and Chen, Z. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, 996 pp.

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press, 712 pp.

Sura, P. (2011). *A general perspective of extreme events in weather and climate*. *Atmospheric Research*, 101(1/2), pp. 1–21.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.01.012>

Tanoue, M., Hirabayashi, Y. and Ikeuchi, H. (2016). *Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years*. *Sci. Rep.*, 6, 36021. [CrossRef].

The New York Time Magazine. (Abril, 19, 2017). *El desplazamiento provocado por el cambio climático*.

https://www.nytimes.com/es/2017/04/25/el-desplazamiento-provocado-por-el-cambio-climatico/?ref=collection%2Fsectioncollection%2Farchive&action=click&contentCollection=desplazados-internos®ion=stream&module=stream_unit&version=latest&contentPlacement=1&pgtype=collection

Toya H. and Skidmore M. (2007). *Economic development and the impacts of natural disasters*. *Econ. Lett.*, vol. 94, no. 1, pp. 20–25.

Trenberth, K., and Coauthors, Eds. (2016). *The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)*. NCAR/UCAR, accessed March 2018.

Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J. A., Rusticucci, M., Soden, B., and Zhai, P. (2007). *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., pp. 235–336, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

UNEP. (2000). *Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en América Latina y el Caribe*. Comité Técnico Interagencial del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América latina y el caribe. PNUD-PNUMA-CEPAL-BIAD. UNEP/LAC-IGWG-XII/TD.2, pp. 55.

Unicef (United Nations Childre's Fund). (2010). *Guatemala la tormenta perfecta. Impacto del cambio climático y la crisis económica en la niñez y la adolescencia*. Guatemala: Unicef.

UNISDR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres). (2017). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

UNISDR-GAR. (2015). *El GAR de bolsillo 2015. Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_EN.pdf

UNISDR. (2015). *Impacto de los desastres en América Latina y El Caribe – 1990-2013 – Tendencia y estadísticas para 22 países*. file:///F:/SEGURIDAD/DGIA/2020/POI/Investigación/Readacción/Articulos/48578_impactodesastresamericalatina_caribe.pdf

UNIDRR (2015). *Perfil de riesgo y desastre en Perú – Estadísticas e indicadores básicos de país (2014)*. Wordbank. <https://www.preventionweb.net/countries/per/data/>

UN-ISDR. (2009). *Risk and poverty in a changing climate: Invest today for a safer tomorrow*. *United Nations International Strategy for Natural Disaster Reduction Global Assessment Rep. on Disaster Risk Reduction*, 207 pp.

UNISDR. (2001). *Menos vulnerabilidad, Menos Desastres. Estrategia Internacional Para la Reducción de los Desastres (EIRD)*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2013). *From Shared Risk to Shared Value —The Business Case for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland: UNISDR.

Van Aalst, M. K. (2006). *The impacts of climate change on the risk of natural disasters*. *Disasters*, 30(1): pp. 5–18.

Van der Geest K., Sherbinin A., Kienberger S., Zommers Z., Sitati A., Roberts E., James R. (2018). *The impacts of climate change on ecosystem services and resulting losses and damages to people and society*. In: Mechler R., Bouwer L., Schinko T., Surminski S., Linnerooth-Bayer J. (eds) *Loss and damage from climate change. Concepts, methods and policy options*. Springer, Cham, pp. 221–236.

Visser, H., Petersen, A.C. and Ligtoet, W. (2014). *On the relation between weather-related disaster impacts, vulnerability and climate change*. *Clim. Chang.*, 125, pp. 461–477. [CrossRef]

Vranes, K. and Pielke, R.A. Jr. (2009). *Normalized earthquake damage and fatalities in the United States: 1900–2005*. *Nat. Hazards Rev.*, 10, pp. 84–101.

Wang, H., Schubert, S.D., Koster, R.D. and Chang, Y. (2019). *Attribution of the 2017 northern high plains drought [in “Explaining Extremes of 2017 from a Climate Perspective”]*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 100 (1), pp. S25–S29, <https://doi.org/10.1175/BAMSD-18-0115.1>.

Ward, R. E. T., Herweijer, C., Patmore, N. and MuirWood, R. (2008). *The role of insurers in promoting adaptation to the impacts of climate change*. *Geneva Pap. Risk Insur.: Issues Pract.*, 33, pp. 133–139.

Warner, K., Ehrhart, C., de Sherbinin, A., Adamo, S. y Chai-Onn, T. (2009). *In search of shelter. Mapping the effects of climate change on human migration and displacement*. United Nations University Institute for Environment and Human Security. *care International*. Center for International Earth Science Information Network at the Earth Institute of Columbia University. http://www.ciesin.columbia.edu/documents/clim-migr-reportjune09_media.pdf

Weitzman, M. L. (2011). *Fat-tailed uncertainty in the economics of catastrophic climate change*. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(2): pp. 275–292.

Wilby, R.L. & Keenan, R. (2012). *Adapting to flood risk under climate change*. *Progress in Physical Geography*, 36(3), pp. 348 – 378. <https://doi.org/10.1177/0309133312438908>

Wing, O.E.J., Bates, P.D., Smith, A.M., Sampson, C.C., Johnson, K.A. and Fargione, J. (2018). *Morefield, P. Estimates of present and future flood risk in the conterminous united states*. *Environ. Res. Lett.*, 13, 034023. [CrossRef]

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2003). *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2nd ed.; Routledge: New York, NY, USA; pp. 15-134.

Wu, J., Han, G., Zhou, H. and Li, N. (2018). *Economic development and declining vulnerability to climate-related disasters in china*. *Environ. Res. Lett.*, 13, 3. [CrossRef]

Zhang, Q., Zhang, J., Wang, C., Cui, L., & Yan, D. (2014). *Risk early warning of maized rought disaster in north western Liaoning Province, China*. *Natural Hazards*, 72(2), pp. 701–710. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-1030-2>

Zhang, Q., L. Wu and Q. Liu. (2009). *Tropical cyclone damages in China: 1983–2006*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 90, pp. 489–495.

Zhou, Q., Leng, G. and Feng, L. (2017). *Predictability of state-level flood damage in the conterminous united states: The role of hazard, exposure and vulnerability*. *Sci. Rep.*, 5354. [CrossRef] [PubMed]

Zhou, Q., Mikkelsen, P.S., Halsnæs, K. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2012). *Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits*. *J. Hydrol*, 414, pp. 539–549. [CrossRef].

ANEXO

Tabla A-1. Ecuación de comportamiento y tendencias de pérdidas de vidas por año (X), por zonas regionales

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	AL Andes	$Y = 0.0025 * X^2 + 10179$	0.7613
2	Asia Central	$Y = 2E+122 * e^{-0.141 * X}$	0.9727
3	Europa Central	$Y = 4E+86 * e^{-0.10 * X}$	0.8842
4	AL Central	$Y = 1E+38 * e^{-0.0640 * X}$	0.6578
5	ALC	$Y = 1E+95 * e^{-0.108 * X}$	0.8007
6	Norte América	$Y = 0.0028 * X^2 - 11.15 * X + 11279$	0.7599
7	Rusia	$Y = 7E+103 * e^{-0.120 * X}$	0.9886
8	Asia Sudeste	$Y = 1E+72 * e^{-0.083 * X}$	0.6260
9	Sud América	$Y = 1E+92 * e^{-0.105 * X}$	0.9738
10	Mundial	$Y = 5E+40 * e^{-0.048 * X}$	0.7904

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-2. Relación de pérdidas de vidas entre las zonas regiones (Y) y AL Andina (X)

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	Asia Central	$Y = 0.0759 * X^2 - 0.1788 * X + 0.1422$	0.1202
2	Europa Central	$Y = 0.3539 * X^2 - 0.5715 * X - 0.222$	0.2140
3	Europa Este	$Y = 0.4129 * X^2 - 0.6258 * X + 0.2325$	0.1003
4	África Central	$Y = -0.0231 * X^2 + 0.1332 * X + 0.0103$	0.3866
5	África Norte	$Y = 0.2312 * X^2 - 0.407 * X + 0.3393$	0.0516
6	Asia Sur	$Y = 1.0275 * X^2 - 0.8072 * X + 0.3997$	0.4431
7	Oceanía	$Y = 1.2864 * X^2 - 0.7264 * X + 0.3023$	0.5884
8	AL Tropical	$Y = -0.0118 * X^2 - 0.0102 * X + 0.0728$	0.0561

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-3. Relación de la pérdida de vidas por continentes (Y) y las cantidades de eventos extremos (X) para cada continente

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	África	$Y = 0.28.339 * X + 234.25$	0.9955
2	América	$Y = 129.68 / X - 701.77$	0.9978
3	Asia	$Y = 6.0364 * X^2 - 1559.7 * X + 11240$	0.9913
4	Europa	$Y = 0.526 * X^2 - 17.865 * X + 58.93$	0.9839
5	Oceanía	$Y = 0.5332 * X^2 - 5.320 * X + 1.7613$	0.9985

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-4. Relación de la cantidad de eventos extremos por continentes

Orden	Ecuación	R ²
1	$Europa = 0.1021 * (Oceanía)^2 + 0.5416 * (Oceanía) - 6.4099$	0.9831
2	$Asia = 0.0277 * (Oceanía)^2 + 13.989 * (Oceanía) - 2.2353$	0.9489
3	$América = 0.1402 * (Oceanía)^2 + 1.4311 * (Oceanía) + 13.179$	0.9655
4	$África = 0.1732 * (Oceanía)^2 + 1.8506 * (Oceanía) - 5.8663$	0.9918
5	$África = 0.0007 * (Europa)^2 + 3.7821 * (Europa) + 50.731$	0.9114
6	$América = - 0.0002 * (Europa)^2 + 1.933 * (Europa) + 16.163$	0.9187
7	$Asia = - 0.0031 * (Europa)^2 + 3.7821 * (Europa) + 50.731$	0.9114
8	$África = 0.0005 * (Asía)^2 + 0.982 * (Asía) - 0.6585$	0.9925
9	$América = 0.0004 * (Asía)^2 + 0.2812 * (Asía) + 1.662$	0.9801
10	$África = 0.0009 * (América)^2 + 0.3233 * (América) + 8.3687$	0.9681

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-5. Tendencia temporal del comportamiento de pérdidas de vidas (Y) por año (X) para países en América del Sur

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	Argentina	$Y = 0.0094 * X^2 - 38.487 * X + 393.11$	0.9125
2	Bolivia	$Y = 0.0601 * X^2 - 237.38 * X + 234390$	0.8026
3	Brasil	$Y = 0.1178 * X^2 - 473.81 * X + 476335$	0.6539
4	Chile	$Y = 0.109 * X^2 - 44.076 * X + 44579$	0.552
5	Colombia	$Y = 0.0004 * X^2 - 4.2967 * X + 7015.8$	0.6686
6	Ecuador	$Y = 0.0176 * X^2 - 70.834 * X + 71303$	0.4963
7	Perú	$Y = 0.9044 * X^2 - 3619.8 * X + 4E+06$	0.6973
8	Venezuela	$Y = 0.0574 * X^2 - 230.69 * X + 231852$	0.7510

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-6. Relación entre Total de afectados (Y) y Total de muertes (X) por países en América Latina

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	Argentina	$Y = 138.93 * X^2 - 5122.40 * X + 44707$	0.8932
2	Bolivia	$Y = 8.1578 * X^2 + 6264.7 * X - 8585.8$	0.9169
3	Brasil	$Y = 6.8215 * X^2 + 325.42 * X + 32880$	0.8993
4	Chile	$Y = 6.1905 * X^2 - 168.17 * X + 11304$	0.8828
5	Colombia	$Y = 21.025 * X^2 + 1028.2 * X - 27947$	0.8179
6	Ecuador	$Y = 0.296 * X^2 + 154.59 * X - 144.88$	0.9316
7	Perú	$Y = 2.4839 * X^2 - 494.46 * X + 61714$	0.5746
8	Venezuela	$Y = 7.7261 * X^2 - 379.39 * X + 6672.7$	0.8142

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-7. Relación entre Total de daños en dólares (Y) y Total de afectados (X) por países en América Latina

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	Argentina	$Y = -2E-05 * X^2 + 10.351 * X - 65279$	0.9011
2	Bolivia	$Y = 9E-07 * X^2 - 0.0239 * X + 11830$	0.9863
3	Brasil	$Y = 2E-07 * X^2 + 0.2634 * X + 36411$	0.8747
4	Chile	$Y = 7E-06 * X^2 - 0.8049 * X + 34170$	0.8551
5	Colombia	$Y = 2E-06 * X^2 - 1.0865 * X + 74259$	0.9935
6	Ecuador	$Y = 6E-07 * X^2 - 0.0722 * X + 7727.8$	0.9911
7	Perú	$Y = 2E-07 * X^2 + 0.9865 * X - 56986$	0.9806
8	Venezuela	$Y = 2E-05 * X^2 - 0.2274 * X + 7524.3$	0.9822

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-8. Relación entre muertes ocurridas (Y) y eventos extremos (X) para América del Sur

Orden	Ecuación	R ²
Deslizamientos	$Y = 93.759 * X - 251.87$	0.914
Inundaciones	$Y = 0.1621 * X^2 + 27.265 * X - 57.607$	0.9866

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-9. Relación entre Total de muertes por países Andinos (Y) y AL Andina (X) para América Latina

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	Bolivia	$Y = 3.6218 * X^2 + 3.8514 * X + 0.4911$	0.5906
2	Ecuador	$Y = 3.5334 * X^2 + 1.5327 * X - 0.2099$	0.9396
3	Perú	$Y = 0.7191 * X^2 + 1.2329 * X + 0.0319$	0.8740
4	Chile	$Y = 0.9548 * X^2 + 0.0098 * X - 0.2617$	0.8989

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-10. Relación entre pérdidas de vidas (Y) y pérdida de vida en AL Andina

Orden	Variable (Y)	Ecuación	R ²
1	AL Sur	$Y = 0.263 * X^2 + 0.0474 * X - 0.0682$	0.8552
2	AL Central	$Y = 2.0602 * X^2 + 0.5719 * X - 0.9081$	0.3656
3	Mundo	$Y = 1.8178 * X^2 + 0.6584 * X - 0.5190$	0.4292

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-11. Relación entre el total de pérdidas de vidas (Y) y la frecuencia de cuartiles (X) por departamentos en Perú

Orden	Ecuación	R ²
1	$Y = 443.26 * (\text{Cuartil } 1) - 150.08$	0.9331
2	$Y = 219.57 * (\text{Cuartil } 2) - 3.8794$	0.9755
3	$Y = 109.28 * (\text{Cuartil } 3) - 19.636$	0.9346
4	$Y = 41.248 * (\text{Cuartil } 4) - 6.8108$	0.9550

Fuente: Elaboración propia

Tabla A-12. Relación entre el total de pérdidas de vidas por cuartiles (Y) y el número total de perdidas (X) por departamentos en Perú

Orden	Ecuación	R ²
1	$Y = 9E-05 * X^2 + 0.2379 * X - 351.77$	0.9527
2	$Y = 0.191 * X + 269.67$	0.2564
3	$Y = -6E-12 * X^4 + 1E-07 X^3 - 0.0009 * X^2 + 2.2947 * X - 1133.8$	0.7154
4	$Y = 6E-13 * X^4 - 2E-08 * X^3 + 0.0002 * X^2 - 0.6598 * X + 979.83$	0.8626

Fuente: Elaboración propia