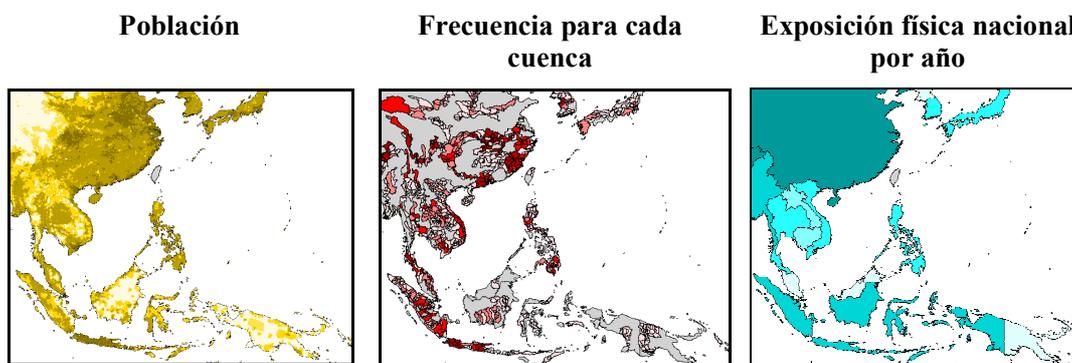


fronteras entre los países y, a continuación se obtuvo la cifra de habitantes y se la multiplicó por la frecuencia del evento. La exposición física anual media se calculó en el ámbito nacional utilizando la Ecuación 3.

**Figura T.5 Población, frecuencia y exposición física para las inundaciones**



Considerando las limitaciones inherentes a un modelo conceptual basado en la mortalidad, se encontraron dos dificultades para medir el riesgo de inundaciones.

Primero, continúa siendo necesario afinar el cálculo de la exposición física y la vulnerabilidad humana a las inundaciones en la formulación del IRD. Si se utilizan las cuencas hidrográficas afectadas por las inundaciones para delimitar el peligro, se exagera el alcance de las zonas expuestas a las inundaciones, exagerando posteriormente la exposición humana y reduciendo los indicadores de vulnerabilidad.

Segundo, a falta de datos históricos sobre inundaciones, la probabilidad anual de que se produjeran inundaciones se debería basar en modelos hidrológicos más que en deducciones a partir de los registros de inundaciones de la base de datos EMDAT.

#### *T.4.5 Las sequías*

##### **Determinación de las sequías**

En este análisis se utilizaron datos sobre las precipitaciones mensuales representados en una cuadrícula que cubre el planeta en el período comprendido entre 1979 y 2001. Este conjunto de datos se basó en una combinación de observaciones de estaciones terrestres y cálculos de las precipitaciones extraídas de imágenes de satélite. El primer paso para evaluar la exposición a la sequía meteorológica fue calcular, para cada mes calendario, las precipitaciones medias para todos los puntos de la cuadrícula entre las latitudes 60S y 70N sobre el período de base comprendido entre 1979 y 2001 (el período de 23 años para el cual se disponía de datos). El siguiente paso, para cada punto de la cuadrícula, fue calcular el porcentaje de las precipitaciones medias a largo plazo para cada mes del período comprendido entre enero de 1980 y diciembre de 2000. Para un mes dado, se excluyeron del análisis los puntos de la cuadrícula con precipitaciones medias de largo plazo de menos de 0,25 mm por día. Esas escasas precipitaciones medias pueden registrarse durante la 'estación seca' de determinado lugar o en regiones desérticas, y en ninguno de los dos casos se aplica nuestra definición de sequía.

Se consideró que había ocurrido una sequía meteorológica cuando el porcentaje de precipitaciones medias fuera igual o menor a un determinado umbral por lo menos durante tres

meses consecutivos. Los diferentes umbrales considerados fueron del 50%, el 75% y el 90% de las precipitaciones medias en el largo plazo, donde el porcentaje más bajo indicaba la sequía más grave según este método. Se determinó la cifra total de eventos para cada punto de la cuadrícula en el período 1980-2000 y los resultados se trasladaron a gráficos en mapamundis.

### Cálculo de la exposición física

Utilizando el conjunto de datos del IRI/Universidad de Columbia, se calculó la exposición física multiplicando la frecuencia de los peligros por la población de una zona expuesta. Se determinaron los eventos mediante diferentes mediciones, según la gravedad y la duración del suceso, como se explica en el cuadro T.7. Para cada una de las seis definiciones siguientes, se obtuvo la frecuencia dividiendo la cifra de eventos entre 21 años, lo que arrojó una frecuencia media de eventos por año.

**Cuadro T.7 Definición de sequía**

Duración	Gravedad
3 meses	90% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-10%)
3 meses	75% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-25%)
3 meses	50% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-50%)
6 meses	90% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-10%)
6 meses	75% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-25%)
6 meses	50% de las precipitaciones medias 1979-2001 (-50%)

La exposición física se calculó, como en la ecuación 5, para cada definición de sequía. Con el análisis estadístico se seleccionó la que mejor se adaptaba, lo cual se obtuvo con sequías de tres meses de duración y un 50% de disminución en las precipitaciones.

## T.5 Análisis estadístico: métodos y resultados

### T.5.1 Definir un modelo multiplicativo

El análisis estadístico se basa en dos grandes hipótesis. Primero, que el riesgo se puede expresar en términos de la cantidad de víctimas que han cobrado los eventos catastróficos del pasado. Segundo, que la ecuación del riesgo sigue un modelo multiplicativo como el de la Ecuación 8.

#### Ecuación 8. Cálculo de víctimas mortales

$$\text{Ecuación 8} \quad M = C \cdot (\text{ExpFís})^\alpha \cdot V_1^{\alpha_1} \cdot V_2^{\alpha_2} \dots \cdot V_p^{\alpha_p}$$

Donde

*M* es la cantidad de muertos que cobró un determinado tipo de peligro natural

*C* es la constante de multiplicación

*ExpFís* es la exposición física: la población que vive en zonas expuestas multiplicada por la frecuencia con la que se manifiesta el fenómeno natural

*V<sub>i</sub>* son los parámetros socioeconómicos

*α<sub>i</sub>* es el exponente de *V<sub>i</sub>*, que puede adoptar un valor negativo (según el cociente)

Luego de aplicar propiedades logarítmicas, la ecuación se puede reformular de la siguiente forma:

#### **Ecuación 9. Propiedades logarítmicas**

Ecuación 9

$$\ln(M) = \ln(C) + \alpha \ln(\text{ExpFís}) + \alpha_1 \ln(V_1) + \alpha_2 \ln(V_2) + \dots + \alpha_p \ln(V_p)$$

Esta ecuación define una relación lineal entre conjuntos de valores logarítmicos. Esto permite hallar, mediante regresiones lineales, importantes parámetros socioeconómicos  $V_i$  (con las transformaciones necesarias) y los exponentes  $\alpha_i$ .

#### *T.5.2 Detalles sobre los procesos*

##### **Datos sobre las víctimas**

Las cifras de fallecidos provienen de la base de datos EMDAT y se calcularon como el promedio de personas muertas por año durante el período comprendido entre 1980 y 2000.

##### **Filtrado de datos**

Los modelos estadísticos para cada tipo de desastre se definieron a partir de grupos de países, de los que se excluyeron:

- Los países que no presentan exposición física o que no informaron de víctimas (valores igual a cero o nulos).
- Los países donde no fue posible confirmar la información sobre la exposición física (un ejemplo de esto son las inundaciones en Kazajstán) o sobre los factores socioeconómicos.
- Países con baja exposición física (menos del 2% del total de la población) debido a que las variables socioeconómicas se registraron a escala nacional. Aquellos países cuya población expuesta no es representativa de la situación del país, por lo que el modelo no puede mostrar tendencias generales.
- Los países que no contaban con información sobre todas las variables socioeconómicas elegidas.
- Valores atípicos que se presentan cuando fenómenos excepcionales u otros factores arrojan cifras claramente anormales de víctimas mortales, como el huracán Mitch en Nicaragua y Honduras, o las sequías en Sudán y Mozambique.

##### **Transformación de las variables socioeconómicas**

A los efectos estadísticos, las variables socioeconómicas a analizar deben convertirse en los valores promedio de 21 años y luego transformarlos en logaritmos. Para algunas de las variables, el logaritmo se calculó directamente. A las variables que se expresan como porcentajes, se les aplicó una transformación con el objetivo de que todas las variables estén comprendidas entre los valores de -8 y +8. A las demás, no fue necesario aplicarles ninguna transformación logarítmica. Por ejemplo, el “crecimiento de la población” ya tiene de por sí un efecto acumulativo y puede aplicarse directamente al cálculo.

**Ecuación 10. Transformación de las variables que adoptan valores entre 0 y 1.**

Ecuación 10

$$V'_i = \frac{V_i}{(1 - V_i)}$$

Donde*V'\_i es la variable transformada (que adopta valores entre  $-\infty$  y  $+\infty$ )**V\_i es la variable socioeconómica (que adopta valores entre 0 y 1).***La selección de las variables**

Una condición importante cuando se calculan regresiones es que las variables utilizadas en el modelo deben ser independientes, es decir, que la correlación entre dos conjuntos de variables sea baja. Es evidente que esto no se cumple para el IDH y el PIB per cápita según la paridad del poder adquisitivo (al que se referirá de aquí en más como PIBcap), índices que se encuentran estrechamente correlacionados. El PIBcap fue más utilizado que el IDH pues no se contaba con información sobre este último para varios países. Para que la muestra fuese lo más completa posible, se seleccionaron las variables que guardaran la mínima relación con las demás, las más independientes. La selección se llevó a cabo mediante un análisis gráfico de los datos y una matriz de correlaciones (utilizando como criterio de selección una correlación baja, por lo tanto un valor “P” bajo).

**El método de aproximaciones sucesivas (stepwise)**

Para cada tipo de peligro natural, se efectuaron varias regresiones lineales con aproximaciones sucesivas (inclusivas y exclusivas) con el objetivo de reconocer las variables socioeconómicas más importantes. La validación de cada resultado de la regresión se efectuó utilizando el coeficiente  $R^2$ , análisis de varianza y análisis residual detallado.

Una vez definido el modelo, se utilizó la representación gráfica y los coeficientes de correlación de Pearson para hallar la relación entre las víctimas mortales que predice el modelo y la cantidad de muertos registrados en la EMDAT.

Si bien intuitivamente se puede comprender que la exposición física se encuentre directamente relacionada con la cantidad de víctimas, y que el PIBcap se encuentre inversamente relacionado con la cantidad de muertos (a menor PIB, mayor es la cifra de víctimas mortales), esto no es tan evidente para otras variables como, por ejemplo, el porcentaje de tierra cultivable. Este método de regresión logarítmica múltiple permite calcular los coeficientes  $\alpha_i$ . Los signos sirven para indicar si las variables operaban como numerador o como denominador y por lo tanto la relación directa o inversa entre la variable y las cifras de muertos calculadas según el modelo.

El modelo permitió reconocer los parámetros que contribuyen a aumentar o reducir el riesgo, pero no debería emplearse como un modelo de predicción. Pequeñas diferencias en la escala logarítmica pueden significar enormes diferencias en la cantidad de muertes calculadas según el modelo.

Los resultados que se desprenden de este modelo fueron sorprendentemente amplios y correctos, especialmente al tener en cuenta que las fuentes de información son independientes entre sí y que la información disponible internacionalmente no ofrece un alto nivel de detalle.

**T.5.3 El mapa de los riesgos**

Los indicadores de riesgo se calcularon por separado (por ejemplo: cantidad de muertos, muertos por millón de habitantes, muertos por población expuesta).

#### T.5.4 Terremotos

##### Modelo estadístico

La regresión múltiple se realizó con los datos de 48 países. La línea de regresión que mejor se ajusta se halló mediante la Ecuación 11.

##### Ecuación 11. Modelo de regresión logarítmica múltiple para los terremotos

$$\text{Ecuación 11} \quad \ln(M) = 1,26 \ln(\text{ExpFís}) + 12,27 \cdot C_u - 16,22$$

##### Donde

*M es la cantidad de muertos por terremotos*

*ExpFís es la exposición física a los terremotos*

*C<sub>u</sub> es la tasa de crecimiento urbano (las tasas no requieren de transformación pues ya son valores acumulativos)*

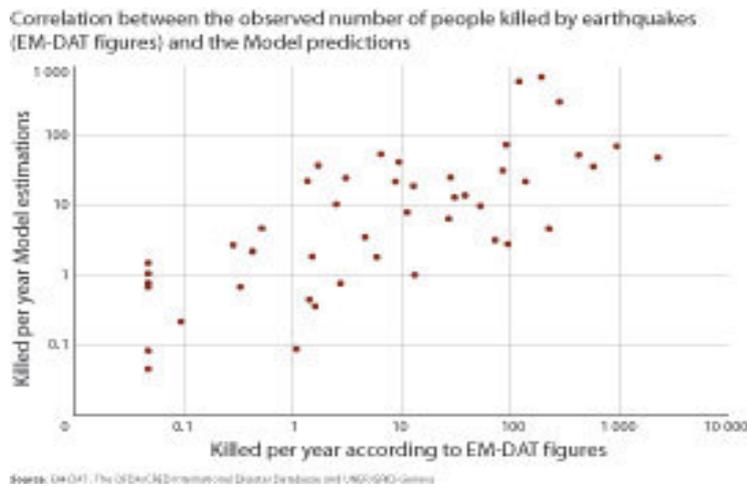
##### Cuadro T.8 Exponente y valor P para la regresión múltiple correspondiente a los terremotos

48 países	B	valor P <sup>h</sup>
Intersección	-16,22	0,000000
ExpFís	1,26	0,000000
Cu	12,27	0,047686

R= 0,75; R<sup>2</sup>= 0,56; R<sup>2</sup> ajustado= 0,54

<sup>h</sup> En grandes términos, un valor P menor que 0,05 demuestra la importancia del indicador seleccionado, sin embargo esto no debe generalizarse.

**Figura T.6 Diagrama de dispersión de las muertes registradas por terremotos (según datos de EM-DAT) y las predicciones del modelo**



Las variables elegidas para esta regresión son la exposición física y la tasa de crecimiento urbano. La varianza explicada es menor que para las inundaciones o los ciclones ( $R^2=0,544$ ), sin embargo, dado el relativamente corto período de tiempo estudiado (21 años en comparación con el largo período de retorno de los terremotos), el análisis ofrece una relación razonablemente adecuada. La exposición física tiene prácticamente el mismo peso que para los casos anteriores, presenta un valor P relevante. El crecimiento urbano también se encuentra inversamente relacionado con el PIB y el IDH. Por lo tanto, una correlación similar (aunque levemente inferior) se puede inferir utilizando el IDH o el PIB.

#### T.5.5 Ciclones tropicales

##### Modelo estadístico

La regresión múltiple se realizó con datos de 32 países y la línea que mejor se ajusta se halló mediante la Ecuación 12.

##### Ecuación 12. Modelo de regresión logarítmica múltiple para los ciclones tropicales

$$\text{Ecuación 12} \quad \ln(M) = 0,63 \ln(\text{ExpFís}) + 0,66 \ln(\overline{Ptc}) - 2,03 \ln(\overline{IDH}) - 15,86$$

##### Donde

$M$  es la cantidad de muertos por ciclones

$\text{ExpFís}$  es la exposición física a los ciclones

$\overline{Ptc}$  es el valor transformado del porcentaje de tierra cultivable

$\overline{IDH}$  es el valor transformado del Índice de Desarrollo Humano