

Los terremotos, el crecimiento económico y el desarrollo

MÁXIMO VEGA-CENTENO

RESUMEN

Este trabajo apunta a establecer un marco conceptual de decisión para las medidas de prevención respecto de los terremotos. El punto de partida está en diferenciar entre los fenómenos naturales y los desastres; si bien ambos tienen en común la frecuencia, estos últimos son más impredecibles, pero, en ambos casos, la cuestión es una estimación probabilística. Si bien sabemos que los terremotos aparecen súbitamente y son inevitables e impredecibles, el hecho de que ocurra en lugares como Perú provoca que la situación se vuelva compleja. Es así que se pueden tomar mejores decisiones acerca de las medidas de prevención para reducir, de tal manera, el impacto económico, principalmente en la población de bajos ingresos, de forma que puedan mejorar su calidad de vida en términos sociales y humanos. Bajo estas condiciones, la ausencia de una adecuada política sobre la materia provoca un sentimiento de inseguridad para esta gente y se convierte, al mismo tiempo, en freno para el desarrollo humano.

Palabras clave: Terremotos, prevención, crecimiento económico, desarrollo.

Clasificación JEL: Q54

ABSTRACT

This paper aims to set decision framework for the earthquake preventions measures. The starting point is the differences between the natural phenomenon and the disaster; although both have frequency in common, the last one is more unpredictable, but in both cases is a question to make probability estimation. In other words, the earthquakes in Peru appear suddenly and they are an inevitable and repetitive phenomenon. According to that, a better prevention measures can be taken, in order to reduce the economical impact, mainly for the lower income people and improving the quality of life for them in social and human terms. Under such conditions, the absences of an adequate policy on this matter make people unsure about their future and this is a brake for human development.

Keywords: earthquakes, economic growth, development.

JEL Classification: Q54

1. INTRODUCCIÓN: MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES

A raíz del terremoto del 31 de mayo de 1970 en el norte del Perú y de los eventos subsecuentes, se despertó el interés y se produjo un extraordinario y muy amplio movimiento de solidaridad de la sociedad peruana e internacional para apoyar a la numerosa población afectada.

En medio de este movimiento, hay que reconocer que las percepciones eran bastante imprecisas si es que no equivocadas o desproporcionadas, como ocurre en casos similares. En el caso concreto de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) si bien recolectó y canalizó ayuda material, básicamente se manifestó una voluntad por aportar ayuda en forma de presencia y servicio directo y solidario. Para ello, la Universidad otorgó facilidades para concluir el semestre aceleradamente, de manera que, a comienzos de julio, pudimos partir algo de 50 estudiantes y cinco profesores de la Facultad de Ciencias Sociales con la mejor intención de cooperar en alguna forma, lo cual indica, a más de generosidad, imprecisión o falta de proyecto específico.

Estando en la zona, pude comprobar lo limitado que podía ser el aporte exclusivo o aislado de estudiantes y profesores de Economía, Sociología y Antropología, en forma directa e inmediata¹. Pude también visualizar los daños sufridos, captar la percepción de la población y, algo muy importante, tomar contacto con diversas personas altamente competentes, con autoridades y líderes, sobre todo religiosos y políticos, cuya información y variedad de criterios resultaron sumamente enriquecedores para un entonces joven economista que no acertaba a ubicar o aplicar sus modestos conocimientos. Otra observación muy útil es que en medio de nuestra inutilidad, el grupo ayudó a organizar a la población, sobre todo campesina, y a realizar algunas encuestas preliminares. En ese esfuerzo tuve oportunidad de conversar con algunos campesinos y plantear algunas hipótesis que, para mí y para mi generación, eran muy importantes en el marco del minifundismo o la dispersión de parcelas de un mismo propietario (el posible o conveniente *remembramiento* de las tierras) que se veía como uno de los limitantes para el desarrollo, a lo cual respondieron con escepticismo e ironía, pues entendían que se trataba de reagrupar físicamente las tierras y eso tenía un sabor de brujería. Asimismo, me explicaron cómo la dispersión de parcelas les permitía compensar eventuales pérdidas en unas, con el buen resultado en otras, por ejemplo, en el caso de heladas. Es decir, tenían muy clara la idea de la «diversificación de cartera» o de riesgos, tan apreciada y desarrollada por economistas de renombre.

Entre los contactos con otras personas, uno capital para mí fue el que pude tener reiteradamente con el ingeniero Alberto Giesecke, entonces Director del Centro Regional de Sismología para Sudamérica (Ceresis), pues aparte de explicarme algunas cuestiones

¹ Más adelante, a propósito de otros fenómenos y de sus consecuencias, pude apreciar que otros profesionales, además de los ingenieros, gente del mundo de las ciencias sociales como los psicólogos, las *Brigadas Sicológicas de la PUCP*, podían ser útiles y eficaces en forma inmediata en la emergencia generada.

elementales de Sismología y, por tanto, ayudarme a entender lo que había ocurrido, me ayudó a ver con bastante claridad que no solo había ocurrido muertes, destrucción física y pérdidas económicas, sino que estaba ocurriendo un movimiento económico, político y social que era consecuencia de los fenómenos ocurridos y de la actitud previa, tanto por la reacción propia como la del exterior. Es así que estuvimos de acuerdo con que era necesario estudiar lo ocurrido no solo en sus dimensiones geológicas o de ingeniería, sino en el campo de lo económico y social, campos en que la, en principio valiosa, sensibilidad humana, social y política de muchos contribuía también a simplificar o a globalizar todo y reducirlo a ayuda externa material, no siempre pertinente.

Convencido de esto y a partir de ese momento, el ingeniero Giesecke, con la pertinacia y la diligencia de un apóstol, presentó el proyecto o la inquietud en diversas reuniones y fundaciones, recibiendo siempre una buena acogida, tal vez debida más a su prestigio que a la comprensión de lo que proponía, pero con un resultado nulo en términos de apoyo o desarrollo de algún proyecto.

Solo diez años después, el Geological Survey de los Estados Unidos decidió apoyar un «proyecto piloto» a propósito de los terremotos de Ancash en el Perú (31 de mayo de 1970), de Caracas, en Venezuela (20 de julio de 1977), y de San Juan, en Argentina (23 de noviembre de 1977), todos en la región andina y ocurridos en el curso de una década.

Con esa posibilidad el ingeniero Giesecke me llamó para anunciar que estábamos en condición de iniciar el estudio. Ahora bien, en ese lapso yo había tomado mayores responsabilidades en el Departamento de Economía de la PUCP y tenía en curso una importante investigación sobre el Cambio Técnico, razones por las que respondí en el sentido que el Departamento asumía la responsabilidad, como había prometido, pero que tendría que ver quién de mis colegas se haría cargo del estudio. El ingeniero Giesecke, con su estilo directo aunque calmado, me dijo terminantemente «si tú no asumes el estudio, yo retiro el proyecto». Evidentemente, esa insistencia no se debía a mis méritos o competencias, sino a la dificultad, que subsiste hasta hoy, de encontrar economistas interesados y decididos a ocuparse de estos temas.

Es así como entré a trabajar en un campo algo extraño para mí y en general para los economistas. Incluso tuve que recibir comentarios entre escépticos y desconfiados de mis colegas y, en todo caso, realizar un esfuerzo de cerca de un año para procesar la abundante literatura producida por los especialistas de las geociencias y descubrir algunos y aislados artículos de economistas². El problema es que en este caso, el de los fenómenos naturales, como también ocurre en el campo del cambio técnico o la innovación a que me he dedicado intensamente, los economistas se preocupan sobre todo por los efectos, es decir a posteriori, y no por los fenómenos mismos. Una explicación puede venir de la complejidad de los fenómenos naturales, del grado de especialización que han alcanzado

² Entre los que debo resaltar los de Y. Sakagami, E. Kuribayashi, D. Ueda y T. Tazaki (1980) y el de T. Mukerjee (1971).

las disciplinas que los estudian y por lo mismo la dificultad de abordarlos, pero también de la importancia y urgencia relativa que la profesión les acuerda.

Sin el apoyo de una tradición de estudios económicos y, por tanto, de modelos teóricos y probados métodos de análisis, debíamos afrontar el estudio que se nos encargaba y que se enmarcaba en el proyecto de Evaluación de los efectos económicos de los terremotos (Ecosis), cuya finalidad era la de contribuir a una evaluación correcta de los daños y a señalar las causas de los mismos y de su intensidad. Por eso, tratamos de formular un marco de análisis apropiado que recogiera en la mejor forma los elementos que intervienen en un evento sísmico, así como lo que corresponde al carácter de las decisiones económicas, al comportamiento previo y a las decisiones de la población, todo lo cual define su *vulnerabilidad*, concepto fundamental sobre el que volveremos más adelante.

Es así que al término del trabajo pude presentar en la reunión final del proyecto, en San Juan (Argentina) en octubre de 1983, una propuesta de análisis que, pienso, sigue siendo válida, pero que ha podido ser en alguna medida enriquecida por otros trabajos posteriores, en los cuales no estuvo ausente el consejo y la orientación del ingeniero Giesecke, y que han permitido una mayor cercanía con las complejidades de los fenómenos sísmicos, de otros fenómenos naturales, y de los variados y delicados problemas resultantes. Ha sido pues con el bagaje adquirido en el estudio del terremoto de 1970 en el norte del Perú que he podido participar en estudios y debates sobre erupciones volcánicas (el caso de la reconstrucción de Armero en Colombia y algunos casos en el Perú), sobre fenómenos climáticos como el del Niño y más recientemente en razón del sismo de Pisco en agosto de 2009, siempre como economista, tratando de no invadir competencias ajenas y superiores, pero abierto y en alguna medida preparado para recibir el mensaje e información de las geociencias que permitía enriquecer el análisis económico. Incluso, hay que mencionar los recientes fenómenos con consecuencias catastróficas en nuestro país y en países vecinos o cercanos, como los terremotos en Haití y en Chile y, antes, el de Pisco en nuestro propio país, así como las inundaciones y deslizamientos de tierras en Cusco y en Huánuco, para concluir en que nos estamos ocupando de problemas actuales e importantes que nos obligan a revisar y actualizar el estudio que efectuamos entre 1982 y 1983. En el fondo, se trata de la ocurrencia de fenómenos naturales inevitables o difícilmente controlables que constituyen amenaza y que generan catástrofes o desastres en la medida que las decisiones humanas previas hacen que las poblaciones y sus obras no tengan una razonable resistencia ante las fuerzas de la naturaleza. Es por esto que nos contamos entre los que afirman que no hay, propiamente, *desastres naturales*, sino *fenómenos naturales* mal afrontados o previstos y esto por decisiones humanas. Ciertamente no se trata de agresiones de la naturaleza ni de castigos divinos, sino de eventos en que hay intervención humana por acciones equivocadas o por omisión.

En lo que sigue expondremos nuestro enfoque, así como las condiciones de su utilización práctica y luego nos referiremos a las relaciones de la sismicidad con los grandes

proyectos sociales de ayer y de hoy, como son los del crecimiento económico y del desarrollo, que suponen esfuerzos continuos y acumulativos.

2. EL ENFOQUE ANALÍTICO Y EL MODELO

Partimos del supuesto, altamente razonable, de que es importante para una colectividad humana mantener, incrementar y, en general, mejorar sus condiciones de vida. Para ello, debe proteger a su población, mantener su actividad productiva, sus servicios educativos y de salud, así como la operatividad de toda su infraestructura y su sistema institucional. En otras palabras, vivir en condiciones de normalidad y en una dinámica de progreso.

Ahora bien, es necesario reconocer que existen riesgos de diverso tipo o amenazas de interrupción o distorsión por destrucción física y serios trastornos de tipo social e institucional, muchas veces debido a la ocurrencia de un fenómeno (terremoto), sus consecuencias y secuelas³. Anotemos pues que los efectos o consecuencias de un evento sísmico violento son visiblemente de destrucción física; pero son humanos, sociales y económicos e incluso políticos, pues se traducen en muertes, perturbación social, destrucción de infraestructura y obligan a precipitadas reasignaciones de recursos y alteración de prioridades en los programas de acción a nivel nacional. Incluso habría que añadir la eventual destrucción de estructuras que constituyen valores históricos, culturales o monumentales.

En el trabajo de 1983, incidimos específicamente en los efectos económicos, dada la naturaleza del programa en que participábamos, Ecosis⁴, y ahora, con alguna experiencia y aprendizaje adicional adquiridos en la materia, nos referiremos al conjunto de efectos que ya hemos mencionado, aun con el riesgo de caer en algunas imprecisiones. En el fondo lo que preocupa es la pertinencia y la eficacia social de las decisiones públicas y privadas, colectivas e individuales, que se toman en medio de circunstancias externas o de ocurrencias pasadas y presentes (constituyen la información), frente a circunstancias futuras sobre las cuales no hay información segura, sino indicaciones de probabilidad ligadas al conocimiento de los fenómenos naturales, del comportamiento de la población y la estabilidad de sus instituciones. Más aún si sabemos que la ocurrencia de un evento sísmico es de carácter súbito, de magnitud variable y de carácter recurrente.

Un sismo es pues un fenómeno natural que implica el movimiento o sacudimiento del suelo como una manifestación de la dinámica de la tierra. Es necesario tener siempre presente que el planeta en que vivimos está en permanente actividad, la misma que hace posible la vida vegetal, animal y humana. Sin embargo, el ritmo y la intensidad de esa actividad pueden alterarse y producir fenómenos capaces de alcanzar intensidades extremas.

³ En el idioma inglés existe la palabra *disruption* que recoge todas estas preocupaciones en forma sintética y muy expresiva.

⁴ Como ya hemos señalado, era un programa de evaluación de efectos económicos de los terremotos que significaba una importante apertura del campo de interés, pero que era aún limitado.

El globo terráqueo tiene un núcleo que está en ignición y una corteza endurecida en la que vivimos y nos desenvolvemos. A pesar de ser dura, esa corteza no es rígida o inamovible, sino que está en permanente transformación, justamente por la energía que surge del interior o por agentes externos, provenientes de la atmósfera. Es así como se producen lo que conocemos como fenómenos naturales, unos de origen geológico (sismos, tsunamis, erupciones volcánicas) y otros de origen atmosférico (vientos, exceso o ausencia de lluvias, inundaciones, deslizamiento de tierras, friaje). Cada uno de estos fenómenos tiene características propias y puede generar consecuencias diversas, pero dado el tema que nos interesa abordar, nos referiremos principalmente a los fenómenos sísmicos y sus secuelas, como los tsunamis y los deslizamientos.

Existen diversas hipótesis científicas sobre las causas o el origen de los sismos, aparte de las animistas o fatalistas que no tomaremos en cuenta. Una es la *deriva de los continentes*, otra es la del *rebote elástico* o también la de la *expansión de los fondos marinos*. Estas hipótesis no tienen un carácter excluyente, sino que han producido un conocimiento acumulativo. De esta manera se ha llegado a la conclusión, tal vez provisoria, de que la superficie de la tierra está formada por *placas* cuyo movimiento las aproxima o las pone en situación de colisionar o de introducirse unas debajo de otras en el fenómeno que se conoce como la *subducción* de placas. Ahora bien, en el borde de una placa o en el extremo donde se ubica la zona de subducción, las placas generan una gran cantidad de energía al producirse el contacto (violento) y esa energía se propaga en todas direcciones (ondas de cuerpo), lo que produce conmoción y sacudimientos.

Frente a las costas del Perú se encuentra la placa oceánica de Nazca que se introduce debajo de la placa continental Sudamericana. Estas placas, que acumulan gran cantidad de energía, al avanzar en sentido contrario, se comprimen y al expandirse provocan rupturas, estallidos de grandes masas de roca que, a su vez, generan movimientos sísmicos cuya propagación y alcance dependen del lugar y profundidad del choque original (foco o hipocentro). Diversos terremotos ocurridos en la costa peruana, como el que es nuestra referencia principal para los cálculos numéricos, el ocurrido en mayo de 1970 en el norte, con hipocentro frente a Chimbote y con alcance muy considerable sobre gran parte del territorio, e igualmente los de Arequipa (2001) y más reciente el de Pisco, en agosto de 2007, han tenido su origen en la superficie de fricción de estas dos placas que, como se sabe, son las de mayor velocidad de convergencia a nivel mundial (10 cm/año)⁵.

Debemos retener pues que las características de los fenómenos sísmicos, que se producen tanto en el Perú como en otras zonas del mundo cercanas a placas activas, son las siguientes: en primer lugar, se trata de algo inevitable. No existe razón para pensar que en una zona sismogénica nunca va a ocurrir un sismo o que, una vez producido, ya no se van a producir otros más pues, al contrario se debe esperar que en algún momento se va a producir otro sismo cuya localización y magnitud, sin embargo, no conocemos. En otras

⁵ Instituto Geofísico del Perú, reporte de sismología del 16 de agosto de 2007.

palabras, hay que reconocer, en la medida que hay elementos o evidencias, que se está en una «zona sísmica» o fuente sísmica. Una segunda característica del fenómeno es su ocurrencia súbita, ya que no existen indicadores previos o signos premonitorios precisos ni seguros. En nuestro medio se suele relacionar la ocurrencia de sismos con el cambio de estaciones y si bien la frecuencia de movimientos sísmicos en mayo y octubre abonaría a favor de esta idea, se trata de un dato bastante impreciso (recordar el caso de Pisco) y más ligado a la creencia popular que a alguna referencia científica. En tercer lugar, se trata de un fenómeno recurrente, ya que al estado actual de conocimientos sobre el movimiento de las placas, el origen es permanente. La ocurrencia de un sismo, lejos de indicar que ya no va a ocurrir otro, genera réplicas o movimientos menores que corresponden al reajuste de las placas y sin perjuicio de que se esté gestando un movimiento más importante, como ocurrió en México en 1985. Por último y en cuarto lugar, la fuerza o magnitud de un sismo es variable. Se producen frecuentemente una gran cantidad de movimientos de pequeña magnitud que llamamos temblores y con menor frecuencia, movimientos extremos o terremotos.

Teniendo en cuenta, por consiguiente, que en una zona sísmica un movimiento es inevitable, súbito, recurrente y variable, debemos admitir que constituye una amenaza potencial para los establecimientos humanos, un peligro que no se puede ni se debe ignorar. Si esto no se verifica, es decir si no se toman en cuenta la localización, la solidez de las estructuras, así como el volumen y la organización de los establecimientos humanos, se pueden generar efectos desastrosos sobre la población, sea en forma directa o por fenómenos consecutivos como un tsunami, deslizamientos de tierras, aludes o inundaciones. Consecuentemente, es posible y aún necesario reiterar que no existen propiamente *catástrofes* o *desastres naturales*, sino fenómenos naturales que ignorados o mal manejados por las poblaciones humanas producen catástrofes. Es cierto que pueden ocurrir situaciones extremas, como cataclismos, terremotos muy violentos o en general fenómenos extremos que superen toda previsión o precaución, pero la historia de desastres en diversas partes del mundo nos va enseñando que los efectos indeseables están relacionados con decisiones erróneas o con imprudencia humana. Por eso creemos que sería razonable y educativo eliminar el apellido de «naturales» a los desastres y las catástrofes que se lamentan.

Esto no implica admitir, como fatal, que la ocurrencia de un sismo puede comprometer la vida y las obras de los hombres, es decir, las construcciones físicas como casas, escuelas, hospitales, templos, vías, puentes y en general las estructuras físicas que se habilitan para hacer posible la vida humana y social. Lo que ocurre es que las decisiones humanas en materia de localización y condiciones de habilitación (construcción, uso específico del suelo y patrón de ocupación), así como la organización social y las decisiones políticas de todo momento están relacionadas con la posible resistencia ante las diversas amenazas de la naturaleza y esto es lo que se define como la *vulnerabilidad* de las estructuras y de los establecimientos humanos.

Son pues, a nuestro juicio, tres conjuntos de elementos que se deben tomar en cuenta para evaluar las decisiones de localización y habilitación de establecimientos humanos en circunstancias en que no está excluida la ocurrencia de terremotos, como ocurre en zonas próximas a placas geológicas activas, como es el caso del Perú. Esto indica además que la ocurrencia de un sismo no excluye la de uno posterior ni el plazo en que se producirá. Los terremotos, es bien sabido, son fenómenos recurrentes pero de periodicidad desconocida o imprevisible.

Con el fin de evaluar la validez y coherencia de las decisiones que se toman, consideraremos los conjuntos de hechos y opciones que concurren para generar efectos deseables o indeseables, es decir cuestionar el carácter de las decisiones y acciones humanas y sociales. El fenómeno que nos ocupa es de origen natural, es una manifestación de la dinámica de la tierra, pero sus efectos sobre la población humana no son fatales, sino que, como ya hemos manifestado, dependen, en gran medida, de decisiones humanas previas; en ese sentido, si ocurre un terremoto de gran magnitud, el desastre subsecuente no es exclusivamente natural. En la ocurrencia de una catástrofe intervienen, casi siempre, decisiones humanas que pueden ser inadecuadas o erróneas, salvo el caso, por supuesto de un cataclismo imprevisible.

Para el análisis de las decisiones proponemos algunas hipótesis sobre los elementos que intervienen en un eventual desastre de origen sísmico o en su mitigación:

1. Existe un conjunto de actos o decisiones posibles ($A_1, \dots, A_j, \dots, A_J$) entre los que se puede establecer un pre-orden simple, es decir un orden de preferencias en que $A_i \geq A_h$ para todo $i \neq h$
2. Existe una distribución de probabilidades asociada a la ocurrencia de eventos sísmicos de diferente magnitud o cantidad de energía liberada ($E_0, E_1, \dots, E_i, \dots, E_J$) y como se trata de probabilidades, son mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas. Esto quiere decir que $\Pr [E_j] = 0, 1, \dots, J$. Donde la $\Pr [E_0]$ es la probabilidad de que no ocurra un sismo y la $\Pr [E_7]$, por ejemplo, es la de que ocurra un sismo de magnitud 7 en la escala de Richter. La formulación continua que se adopta es por comodidad de presentación. Dado nuestro interés analítico, utilizaremos el indicador de intensidad según la escala de Mercalli Modificada (MM), que, si bien es poco riguroso, permite evaluar los efectos en zonas de interés.
3. Existe un conjunto de consecuencias que se desprende de haber tomado una decisión específica, digamos $[A_i]$ y cuando ocurre un evento sísmico de intensidad j , ellas se verifican $[E_j]$. En este caso habrá una consecuencia $[C_{ij}]$ que relaciona el carácter de la decisión tomada y la magnitud del evento sísmico. Si la decisión es acertada, es decir si toma en cuenta la información probable sobre la sismicidad, así como si la localización, y habilitación de estructuras y establecimientos humanos responden a criterios previsionales, las consecuencias pueden no ser catastróficas o serlo menos.

Una representación sintética de la forma cómo se afronta el problema de decisión es la de un cuadro de doble entrada, una matriz, en que las cabezas de fila son la lista de decisiones posible y entre las cuales se debe elegir; las cabezas de columna serían las diferentes probabilidades de ocurrencia de temblores o terremotos. La intersección de una fila y una columna indicaría la consecuencia que se puede esperar.

Actos	Eventos			
	E ₀	E ₁	E _j	E _j
A ₁	C ₁₀	C ₁₁	C _{1j}	C _{1j} Consecuencias

A _i	C _{i0}	C _{i1}	C _{ij}	C _{ij}

A _h	C _{h0}	C _{h1}	C _{hj}	C _{hj}

Si admitimos que es posible construir un índice o un indicador numérico de las consecuencias, es decir, un indicador de los daños y los eventuales beneficios de tomar cada decisión posible cuando ocurre un terremoto de una intensidad cualquiera, el producto de ese índice por la probabilidad de ocurrencia del sismo nos da la probabilidad ponderada de las consecuencias $Pr [E_j] C_{ij}$. Si consideramos el conjunto de eventos probables o sea toda la línea, tendremos la suma de las consecuencias, ponderada por las probabilidades que, como ya hemos indicado, son colectivamente exhaustivas y obtendremos la Esperanza Matemática de las Consecuencias, de manera que para cualquier decisión o acto A_i del conjunto considerado tendremos:

$$\sum_i Pr[E_j] C_{ij} \geq \sum_h Pr[E_j] C_{hj}, \text{ para todo } i \neq h,$$

lo que indica la preferencia o la superioridad de la decisión A_i sobre la decisión A_h y así es posible definir un orden de preferencias sobre las decisiones que se toman.

Para la aplicación de este modelo de decisión se deben seguir cuatro pasos o bien contar con tres fuentes de información y poder construir el orden de preferencias, estos pasos son:

1. Definir una medida de probabilidad sobre los eventos sísmicos, es decir, sobre la ocurrencia de movimientos sísmicos de diferente intensidad. Para lo cual es necesario recurrir a la información histórica (sismos ocurridos en la región), identificar las *fuentes sismogénicas* (zonificación sísmica), calcular las *relaciones de recurrencia*

y los *períodos de retorno*, la naturaleza de *propagación de las ondas sísmicas* y la *atenuación de energía*, cuestiones sobre las que existe experiencia y abundantes referencias. Este tipo de definición es posible, y ya la calculamos en el artículo de 1984 y para cuatro regiones del país. Esta vez lo hacemos para la zona de Lima, previa revisión de la información sismológica con la consideración de series más recientes.

2. Definir las consecuencias abarcando los daños humanos, socioeconómicos y estructurales para construir un indicador o índice que las recoja en forma sintética y que, en alguna forma, involucre los eventuales beneficios y sobre todo valore lo que es prevención o minimización de daños.
3. Definir el conjunto de decisiones, opciones o actos posibles en términos que, recogiendo las exigencias o requisitos funcionales, concedan la debida importancia a las características sismorresistentes de las estructuras, sus costos y durabilidad, así como la consistencia de la red institucional y el liderazgo en lo que toca a las medidas o iniciativas de prevención y de actitud en la emergencia.
4. Con estos tres elementos se puede calcular las esperanzas matemáticas de las consecuencias para optar por diferentes acciones y, por tanto, desprender las implicaciones de una decisión que se toma en un momento dado y que tiene consecuencias futuras de alcance y gravedad muy variada. En otras palabras, tener un programa de decisión fundamentado y de carácter previsional.

3. PROYECTOS, DECISIONES Y PELIGRO SÍSMICO

Tal como acabamos de manifestar, todo proyecto humano implica decisiones y está orientado a un futuro que no es conocido (hay incertidumbre) y en el campo que nos ocupa, la incertidumbre está ligada a la ocurrencia de fenómenos sísmicos, cuyas características ya hemos mencionado. La ocurrencia de un sismo, y dadas sus características, genera, creemos, una incertidumbre particular que nos lleva más allá del cálculo económico y político convencional frente a la incertidumbre.

En primer lugar, es necesario tener conocimiento sobre los fenómenos sísmicos, cuestión que excede al campo exclusivo de la economía y en general de las ciencias sociales, sin embargo es indispensable para formar criterios de decisión adecuados. Ese necesario conocimiento se debe captar de otras fuentes y estar en capacidad de procesarlo. En segundo lugar, es necesario discernir sobre las opciones o proyectos con referencia a los riesgos o amenazas probables y no solo a su eventual rentabilidad o utilidad inmediata. En tercer lugar, por último, y superando lo mencionado inmediatamente antes, es necesario evaluar las consecuencias de las decisiones como preparación o como creación de una capacidad de respuesta frente a la ocurrencia de un terremoto, esto es la vulnerabilidad de una población.

3.1. EL PELIGRO O RIESGO SÍSMICO

Debemos partir de la evidencia de que nos encontramos en una zona sísmica y por ello debemos razonar en términos de la posible ocurrencia de un sismo cuya magnitud y oportunidad no conocemos. Antes hemos señalado la explicación de las causas de un sismo y sus características, de manera que ahora nos toca recapitular lo fundamental para la toma de decisiones no solo de ingeniería, sino para todo proyecto humano y social.

Las geociencias ofrecen una explicación del origen de los sismos y del mecanismo de propagación de los efectos de la liberación de energía que se produce. Son las ondas sísmicas de cuerpo y las ondas superficiales que producen sacudimientos del suelo y que, en su recorrido, pueden afectar las estructuras habilitadas y hacerlo hasta el extremo de producir su colapso. Ahora bien, este razonamiento se basa en lo ocurrido en el foco o hipocentro, su profundidad, así como en la naturaleza de los suelos que conmuevan, pero puede no involucrar necesariamente las zonas ocupadas por la población humana. La información que se puede elaborar, apoyada básicamente sobre la magnitud o cantidad de energía liberada en el lugar de origen del fenómeno, permite conocer, a posteriori, el alcance del fenómeno, como ya hemos señalado, a través del cálculo de las *relaciones de recurrencia*, los *períodos de retorno*, la naturaleza de la *propagación de ondas* y el fenómeno de la *atenuación de energía*, información de gran utilidad para las decisiones de ingeniería y, en general, para proyectos de gran alcance. No ocurre lo mismo cuando una preocupación, como la nuestra, es sobre lo que puede ocurrir en establecimientos humanos o poblaciones que viven y trabajan en una zona cercana a fuentes sismogénicas.

En este caso, las referencias son las poblaciones y su ubicación y, como indicador sismológico, esta vez, son las intensidades, medida de carácter cualitativo o apreciativo de los efectos de un sismo en las zonas o lugares de interés. Este indicador es impreciso y discontinuo, a diferencia de las magnitudes⁶ —sin embargo, al existir una cierta correlación entre ambas escalas nos permite aplicar los modelos de cálculo puestos a punto por las geociencias y cuya información de base es la frecuencia y las características de los sismos previamente ocurridos—, de manera que en lo que nos interesa, las referencias serán las zonas ocupadas por las poblaciones humanas y la intensidad registrada.

La información de base es pues la «historia sísmica» de la región y que en términos de hipocentro o foco, definido por sus coordenadas de latitud y longitud, y de magnitud según la escala de Richter podemos tomar de los trabajos y observaciones del Instituto Geofísico del Perú, del Centro Regional de Sismología para América del Sur (Ceresis) y de la Universidad Nacional de Ingeniería. Esos trabajos nos han proporcionado estimaciones de los parámetros sísmicos según lo sugerido por Karnik y Algermissen (1980),

⁶ La escala de Richter, que refleja las magnitudes, mide la cantidad de energía liberada en el foco, desde 1 a 10, en forma continua; mientras que la escala de Mercalli Modificada mide las intensidades o efectos observados o sentidos por las poblaciones, en forma discontinua, desde I a XII (ver el anexo).

con evidencia sobre todo para California y Lima, por L. Casaverde (1979) y A. Giesecke⁷. Con esas referencias metodológicas y con las precauciones del caso, como lo hicimos en el estudio de 1983 (Vega-Centeno y Remenyi 1984), reconstruiremos la historia sísmica de Lima basándonos en las intensidades y con referencia a la región metropolitana.

En primer lugar, se admite que hay una relación entre la frecuencia y la magnitud de los eventos, según una relación semilogarítmica:

$$\log N = a + b M$$

Donde N es el número de sismos observados y M las respectivas magnitudes. Los coeficientes a y b son los parámetros sísmicos de la región. El primero depende sobre todo del número de eventos y , por tanto, de la extensión del área de interés y de la longitud del período considerado. El segundo, que es la pendiente de la transformación lineal, está influido más bien por las propiedades físicas del medio y por el proceso de propagación de las ondas (Karnik y Algermissen 1980: 27). Notemos que la relación propuesta también se puede estimar excluyendo magnitudes menores, consideradas poco peligrosas, es decir a partir de un umbral, digamos la magnitud $M = 4$ y entonces se tendría:

$$\log N = \alpha + \beta (M - M_0) \quad M_0 = 4$$

Estas ecuaciones definen las relaciones de recurrencia, a partir de las cuales podemos calcular las frecuencias esperadas y los períodos de retorno, así como, finalmente, la probabilidad de ocurrencia de un sismo de magnitud dada.

Ahora bien, tal como hemos anunciado, replicaremos el ejercicio anteriormente realizado, teniendo como indicador sísmico la intensidad, es decir, el efecto observado en la zona ocupada por Lima.

La historia sísmica de la región, nuestra información de base, se muestra en la tabla 1, que recoge la información que utilizamos en el estudio de 1983 y que hemos revisado y complementado con información más reciente. Esta tabla nos permite apreciar de inmediato la intensa actividad sísmica y sobre todo la alta frecuencia de sismos con intensidades III y IV, los temblores que en el foco o hipocentro pueden tener elevadas magnitudes. Los sismos de intensidad II son muy frecuentes pero, como apreciamos, son apenas sensibles por la población, mientras que los de mayor intensidad son poco frecuentes. El mayor número de sismos reportado corresponde a la mejor posibilidad de registrarlos en instrumentos y no necesariamente a una mayor frecuencia de eventos ocurridos.

⁷ Karnik y Algermissen (1980). Igualmente Casaverde (1979). Una presentación más accesible y matizada de lo que es el riesgo sísmico y de los métodos para evaluarlo se encuentra en Giesecke y Silgado (1981).

Tabla 1. Movimientos sísmicos registrados en Lima por intensidad y períodos indicados

Intensidad	1950 - 1975	Enero 2004-Abril 2010
II	118	128
III	49	125
IV	25	33
V	9	4
VI	4	4
VII	2	1
VIII	1	–
IX	–	–
X	–	–

Fuente: Instituto Geofísico del Perú. Dirección de Sismología

La relación estimada ha tenido en cuenta, sobre todo, la información reciente que es más fiable por el apoyo instrumental (la red de sismógrafos), como acabamos de señalar, a diferencia de la serie anterior en la que había mucho de información no instrumental. Esto explica las mayores frecuencias en la serie reciente y no necesariamente que en el periodo considerado hubiera una mayor actividad sísmica. La nueva estimación es también estadísticamente satisfactoria por el porcentaje de varianza explicada por la regresión ($R^2 = 0,9785$) y establece que:

$$\log N = 3,143 - 0,388 I \text{ (MM)}$$

Relación que nos permite calcular el número de sismos que se puede esperar en un año (N), los períodos de recurrencia o el número de años en que se puede esperar se repita un sismo de la misma intensidad (R) y, finalmente, la probabilidad de ocurrencia de un sismo de intensidad dada, durante un año (P), tal como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Predicciones sísmicas a partir de las relaciones de recurrencia

	Sismos probables en un año	Período de retorno	Probabilidad de ocurrencia de sismo
II	8,95	0,11	0,0012
III	3,66	0,27	0,0942
IV	1,50	0,67	0,3347
V	0,61	1,63	0,3314
VI	0,25	3,98	0,1947
VII	0,10	9,73	0,0905
VIII	0,04	23,77	0,384
IX	0,02	58,07	0,0191
X	0,01	141,90	0,0099

Fuente: cálculo propio a partir de la estimación de las relaciones de recurrencia

Incluso, llevando más adelante el cálculo que permiten las relaciones de recurrencia, podemos calcular la probabilidad de ocurrencia de un número de sismos de intensidad dada en un año, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de un número de sismos en un año por intensidades

	0	1	3	5	10	15
II	0,001	0,001	0,016	0,062	0,118	0,019
III	0,026	0,094	0,230	0,141	0,003	
IV	0,223	0,335	0,126	0,141		
V	0,543	0,331	0,021	0,001		
VI	0,777	0,195	0,002			
VII	0,905	0,091				
VIII	0,967	0,039				
IX	0,980	0,020				
X	0,990	0,010				

Fuente: cálculo propio a partir de las relaciones de recurrencia estimada

En síntesis, los resultados obtenidos nos indican la frecuencia e intensidad de sismos en Lima, es decir, la alta frecuencia de sismos de intensidades III y IV, la mayor frecuencia de sismos de intensidad II y la, felizmente, baja frecuencia de sismos de intensidades mayores que VI. Sin embargo, es importante tener en cuenta que hay una probabilidad de ocurrencia de sismos destructores y que, por ejemplo, un sismo de la intensidad que sacudió Lima en 1940 puede producirse al cabo de 140 años, mientras que sismos menores, los temblores que se experimentan, son bastante frecuentes y la población, como las estructuras físicas, deben estar preparadas.

3.2. LAS DECISIONES POSIBLES FRENTE A UN FUTURO AMPLIO

No nos podemos referir a todas las decisiones que se desea o se deben tomar en un momento dado y en una región, que en nuestro caso es Lima. Señalaremos solamente los grandes aspectos que están involucrados cuando se tiene en mente la posible ocurrencia de un sismo. Estos son la localización de poblaciones y de estructuras, las condiciones de habilitación de estas y su mantenimiento y eventual abandono o desocupación. En lo que toca a poblaciones o establecimientos humanos, la tan delicada evacuación.

Algo que debería quedar claro a partir de la información y los cálculos de la subsección precedente es el riesgo o la amenaza, en términos de probabilidad, que también puede ofrecerse en forma de mapas, los *mapas de zonificación sísmica*, que gráficamente

indican la conveniencia o inconveniencia de ocupar determinadas áreas, dada la amenaza sísmica, la naturaleza de los suelos y los niveles del agua subterránea. Es evidente que no todos los emplazamientos son aptos o aconsejables ni la condición de estar desocupados resuelve todos los problemas. En este sentido, la ocupación inicial del territorio y la posterior expansión son cuestiones importantes y que, mal resueltas, pueden comprometer gravemente el futuro. Las poblaciones humanas deben ser el centro de la preocupación y por ello la discusión sobre su ubicación o permanencia en el territorio no puede ser ligera o irreflexiva, como lo prueban diversas experiencias lamentables, desgraciadamente evaluadas solo a posteriori. Por esto, más adelante insistiremos en lo que ocurre con las poblaciones ubicadas en zonas llamadas marginales, habitualmente mal ubicadas, en condiciones topográficas y de suelos que las hacen no aptas o peligrosas.

Resuelto el problema de una buena ubicación o localización, viene el de una igualmente buena habilitación de las estructuras, esto es la construcción, deseablemente antisísmica, que involucra los de la cimentación, el diseño adecuado de vigas, columnas y muros, así como el uso de los materiales requeridos y adecuados. Todo esto es un conjunto de elementos que constituye condición necesaria de resistencia a las amenazas sísmicas, pero no es condición suficiente para un comportamiento o respuesta adecuada ante la ocurrencia de un sismo. El complemento está dado por el patrón de uso o carga que deben resistir las estructuras, y por el necesario y oportuno (continuo) mantenimiento que reciban. En efecto, una construcción del tipo que sea, por muy bien construida que esté, si resulta sobre ocupada y, por tanto, sometida a desgaste por uso intensivo, muchas veces no previsto o excesivo, teniendo en cuenta además que normalmente se deteriora a través del tiempo, debería recibir un tratamiento preventivo y eventual revisión de la modalidad de su uso que la mantengan en buenas condiciones. Ahora bien, buena construcción y mantenimiento, así como uso prudente de estructuras, implican costos o existencia de recursos y este no es el caso generalizado de quienes deben afrontar esas decisiones, cuestión sobre la cual volveremos más adelante, pero en este punto debemos insistir en que las decisiones se deben tomar o sugerir más allá de la exclusiva consideración de los costos en lo inmediato.

Por último, debemos referirnos a la eventual y difícil evacuación, cuestión que se plantea cuando la localización es probadamente inadecuada sea por razones topográficas o bien por la amenaza de cursos de agua superficial o subterránea. Sin embargo, debemos anotar que tal decisión, por muy racional que sea, es difícil de admitir por las poblaciones en razón de argumentos culturales no siempre desdeñables y de la comprensible búsqueda de seguridades mínimas en sociedades desiguales que tienden a la exclusión. Este es el drama de no pocas «reconstrucciones», y también de resistencia a opciones muy racionales y prudentes.

3.3. LA POBLACIÓN, LAS CONSECUENCIAS Y LA VULNERABILIDAD

Tomada una decisión o concretado un proyecto que, en una u otra forma, interesa a una población en el sentido que debería contribuir a su subsistencia o superación, ocurre que producido un sismo, este puede afectar las condiciones de su estabilidad física y a las posibilidades de que preste el servicio para el que fue concebida.

Un movimiento sísmico fuerte o extremo puede generar daños significativos e incluso irreparables como la muerte de personas (a veces muy numerosas), daños parcialmente recuperables como las personas heridas o lesionadas y gran destrucción de la infraestructura física como edificios, viviendas, escuelas u hospitales, así como diversas instalaciones y vías de comunicación. En otras palabras, la ocurrencia de un sismo puede comprometer la vida y las obras de los hombres, es decir, el funcionamiento normal o deseable de los establecimientos humanos. Esto implica los elementos físicos o materiales e igualmente la organización social y las decisiones políticas para determinar la capacidad de respuesta de la población y sus estructuras frente a la ocurrencia de un sismo, esto es lo que estrictamente se define como la *vulnerabilidad* de una población. En efecto, ya hemos manifestado que la ocurrencia de un sismo es inevitable, en razón de la ubicación de una población en zona sísmica, que es súbito e impredecible el momento en que se produce y que es de intensidad variable, de manera que una población debería estar en condiciones de afrontar una situación seriamente perturbadora, es decir que debe estar preparada o que debe ser previsor.

Antes hemos mencionado los requerimientos en materia de solidez y flexibilidad de las estructuras físicas frente a la amenaza sísmica y ahora debemos insistir en el diseño, el uso y la ocupación de esas estructuras por la población y esto tiene que ver con aspectos culturales y de organización que, con los anteriores, determinan una situación antes del sismo y cuando este puede ocurrir. La prevención es en el campo físico o estructural y es también en el campo del comportamiento humano y social, de manera que es mucho más exigente que ciertas precauciones que siendo importantes no son suficientes. Podemos referirnos a algunas iniciativas del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), como los simulacros para el comportamiento de la población luego de ocurrido un sismo, entrenamiento que puede ayudar a salvar algunas vidas, pero que no resuelve imprevisiones que surgen de la mala ubicación, el mal estado o la defectuosa construcción, como tampoco los del hacinamiento de personas, la mala organización o la debilidad institucional, pues el efecto de un sismo no se limita al momento de su ocurrencia, sino que se extiende al período (que puede ser largo) en que se prolongan sus efectos perturbadores. La vulnerabilidad es variable y la hemos podido apreciar recientemente en los casos de los terremotos de Haití y de Chile muy recientemente, antes en el de Pisco en nuestro país e incluso en las inundaciones y deslizamientos ocurridos en el Cusco y Huánuco, tanto en los aspectos de resistencia física, como en lo que toca a los aspectos sociales, políticos y económicos.

Un caso notorio y de magnitud enorme es el de las viviendas en las zonas rurales y aun periféricas sobre las que no se puede pensar en reemplazo o rehabilitación, pero que pueden recibir, como propuso el ingeniero Giesecke y ha desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica, la colocación de mallas de alambre o de plástico que, si bien no van a evitar el colapso, pueden permitir que se salven vidas al retardar ese colapso. Es una solución practicable y de bajo costo.

Sin embargo, queda el problema de todo lo que debería ser previsión y esto incluye la reserva de capacidad para la rehabilitación o reconstrucción, evidentemente superada la inmediata exigencia de atender la emergencia. En este aspecto pensamos que, sin perder sensibilidad por la suerte de otros, personas y sociedades enteras, hay que recordar que una poco reflexiva intervención del poder público, como es la ayuda irrestricta a la reconstrucción (créditos subvencionados, por ejemplo), resulta induciendo imprevisión, si es que no premiando la improvisación e incluso genera una actitud mendicante de por lo menos una parte de la población. En otras palabras, cualquiera que hubiera sido el comportamiento previo de la población en materia de localización, habilitación o mantenimiento de las estructuras, se espera que un tercero, habitualmente el Estado, asuma o apoye sustancialmente la reparación de los daños, que no debería ser total o indiscriminada. Pensamos que al respecto y como un mecanismo que pueda crear recursos e inducir comportamientos previsores, se podría crear un seguro que implique algún costo pero que genere un derecho auténtico y eficaz para los posibles damnificados y recompense su actitud previa. Un asegurado, cubierto por el poder público o por una instancia internacional, no tendría que esperar alguna dádiva ni afrontar los plazos y exigencias habituales. Existe la experiencia reciente del SOAT que sin resolver los problemas de fondo ha contribuido a aliviar efectos indeseables y ha demostrado que es posible hacer cumplir una norma que era fuertemente resistida.

En definitiva, las consecuencias deseables para una población deben ser las que reduzcan la vulnerabilidad en todos sus aspectos y las que creen o permitan desarrollar una cultura de prevención, aunque ésta plantea exigencias mayores en lo social, institucional y en lo económico.

3.4. RIESGO, RECONSTRUCCIÓN Y POBREZA

Como una necesaria o imprescindible prolongación del análisis de las consecuencias generadas tanto por la ocurrencia de un terremoto como por la naturaleza y alcance de las decisiones que se adoptan, está, a nuestro juicio, la consideración de la pobreza y las desigualdades económicas y sociales.

En efecto, antes hemos mencionado la importancia de la localización de poblaciones y estructuras, así como de la construcción (diseño y materiales), señalando por último la organización social e institucional y en todos estos casos se plantea el problema de la existencia de población pobre o carente de recursos e información suficiente. Dado el caso

que estamos tomando como mayor referente, el de Lima, es claro que la población pobre no elige, propiamente, el lugar de sus establecimiento, sino que ocupa terrenos marginales, sin valor o sin interés para otros, que no pocas veces resultan ser los propietarios, y luego habilita sus viviendas en forma precaria, paulatina, además de que casi siempre no tiene la posibilidad o la precaución de repararla adecuadamente o mantenerla, en el sentido más amplio. Son pues poblaciones vulnerables por la naturaleza del suelo (arenales), por deficiencias en la construcción muchas veces sin cimentación, aunque los materiales ligeros que se emplean (paja o quincha) reducen el riesgo de colapsos mortales, pero generan otros problemas por la deficiente organización del espacio y la casi inexistencia de vías. Notemos que estas deficiencias, que son determinantes antes de un sismo destructor, son también muy importantes en la posterior y deseable reconstrucción o rehabilitación porque siempre será vital la disponibilidad de recursos, propios o públicamente proporcionados.

El problema, que tiene que ver con otros del subdesarrollo nacional, aborda la expansión espectacular de centros poblados como Lima que, en cincuenta años, ha pasado de una población de alrededor de un millón de habitantes a cerca de ocho millones en la actualidad. Además de la ubicación aparece pues el problema de la concentración que presenta otro flanco a la eventual destrucción, esto es el de un número mayor de víctimas posible, por ejemplo si comparamos lo que ocurrió en Lima en 1940 y lo que podría ocurrir hoy. Mayor población y pobreza son, pues, dos aspectos a considerar seriamente si se trata de prevenir y proteger eficazmente a toda la población. Por ello la importancia de la orientación y del liderazgo local y público respecto a la ubicación y el patrón de uso del territorio.

4. DESARROLLO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

La insistencia en este trabajo, que recoge una gran preocupación del ingeniero Giesecke, viene dada por una preocupación fundamental por la vida y las condiciones de vida de las poblaciones. En este sentido, debemos ir más allá de lo que es visible e inmediatamente percibido, es decir, la destrucción física de viviendas e infraestructura y de la documentada evaluación del monto monetario de los daños, comúnmente centrada en la destrucción física.

No se trata ciertamente de cuestiones sin importancia, pero es necesario tener en cuenta que un terremoto compromete, en general, la vida y las obras de los seres y las colectividades humanas, es decir, todos los ambientes que requiere la vida familiar y social, esto es, viviendas, escuelas, hospitales, templos, parques y vías y centros de trabajo. Nos referimos a su capacidad, versatilidad y resistencia, ya que en caso de un sismo deberían responder a nuevas y más intensas demandas. Sin embargo, los establecimientos humanos desarrollan también una actividad que es la que les permite el sustento y tienen una organización e instituciones, así como un estilo de vida que, en conjunto,

resulta interrumpido o alterado por la forma que le afecta el fenómeno, la interrupción de las vías y consiguientemente del transporte, la falta de energía o las condiciones anormales del mar en las zonas costeras, así como el colapso de las instituciones. En realidad, se debe decir que todo esto es grave en la medida que la población no está preparada para asumir el evento, es decir, en la medida que es *vulnerable*. Ahora bien, en el contexto de nuestro esquema de análisis son las *consecuencias probables* que definen la vulnerabilidad y obligan a tomar decisiones que estén por encima de consideraciones simplistas, de facilidad o de costo, en forma exclusiva.

Por otra parte, el crecimiento económico es una cuestión importante en países como el Perú, cuya riqueza global real o utilizable es aún pequeña si la comparamos con la de otros países incluso vecinos y con lo que habitualmente se proclama como potencial. En efecto, a pesar del evidente crecimiento de la economía en los últimos decenios, la riqueza global del Perú, evaluada como es usual en términos del Producto Interno Bruto por habitante, se estimaba para el año 2007 en algo de 8000 dólares americanos según la Paridad de Poder Adquisitivo (PPP), mientras que la de Chile era del orden de 13 000 dólares y la de los países de Europa y de los Estados Unidos era superior a los 40 000 dólares. Más aún, además de las grandes desigualdades que desdibujan los promedios, existen carencias y debilidades estructurales grandes en términos globales y sectoriales, es decir que hay aún mucho por progresar en lo que se refiere a infraestructuras nuevas y más complejas producciones que requieren el apoyo de energía, de sistemas de transporte eficientes y estables, todos muy sensibles a la destrucción. Además, como acabamos de señalar, la distribución de activos y de oportunidades es sumamente desigual, de manera que no se puede caer en la identificación de crecimiento con desarrollo o atribuirle al primero la capacidad de generar efectos automáticos. Es necesario insistir en que es fundamental incrementar la producción, diversificarla y mejorar la eficiencia, tanto en la explotación de recursos naturales como en la capacidad de transformarlos. El crecimiento supone inversiones, es decir creación o habilitación capacidad productiva que consiste en infraestructura, instalaciones y equipos o maquinaria que debe contribuir a una producción continua y eficiente. En este aspecto se debe reconocer que ha habido un esfuerzo importante por concretar inversiones en términos de porcentaje del producto interno (del orden del 15% del PIB), aunque quedaría por evaluar el contenido técnico o innovador de los proyectos y, en la línea de preocupación de este trabajo, la medida en que reducen la vulnerabilidad. Las nuevas inversiones deben permitir producción y generar empleo, por ello deben obedecer a una orientación creadora de nuevas y mejores condiciones para la población así como responder a exigencias muy serias de localización y condiciones de habilitación. Las inversiones no son solo colocación miope de fondos o ejecución indiscriminada de obras, sino, en gran medida o deseablemente, introducción de innovaciones o cambios técnicos y empleo de nuevos materiales en función de ofrecer condiciones mejores de vida y actividad, así como seguridad o durabilidad. Sin embargo, hay que anotar en seguida que la mayor producción

y aun la abundancia que puede generar el crecimiento no resuelven automáticamente los problemas de abrir oportunidades para que todos puedan elevar sus condiciones de vida, esto es, el desarrollo, proceso que supone oportunidades y facilidades de participación y en definitiva de realización personal. En otras palabras, es fundamental la orientación del crecimiento que se debe reconocer como condición necesaria pero no suficiente para del desarrollo.

El desarrollo lo entendemos como un proceso y no como un evento o un logro delimitado en el tiempo, que puede muy bien corresponder al crecimiento pero que es mucho más como proyecto social. En todo caso, crecimiento y desarrollo suponen *continuidad* y tienen un carácter *acumulativo* en lo que toca a los esfuerzos y eso es, justamente, lo que interrumpe y distorsiona un terremoto destructor. No se trata solamente de defender la vida, lo que es básico, sino de permitir que sea posible alcanzar niveles superiores basándose en la obra y las formas de organización que se deberían ir consolidando y mejorando.

El desarrollo supone una producción de bienes y servicios que sea suficiente, adecuada y accesible a toda la población. Supone también capacidad de la economía para ofrecer empleo a toda la población que está en capacidad de trabajar y contribuir a la creación de riqueza. Supone finalmente, en la óptica de Amartya K. Sen⁸, derechos o posibilidad de acceso de la población a los bienes producidos, como acabamos de mencionar y, como una cuestión fundamental, que una vez poseídos, la población tenga capacidad de buen uso de esos bienes para que contribuyan a su plenitud personal. En esta perspectiva están comprometidas las estructuras productivas, el equipamiento y la infraestructura, tanto como la red de instituciones y las oportunidades que hacen posible el desarrollo personal y la estructura social para tomar decisiones prudentes o previsoras para reaccionar en situaciones anormales, como cuando ocurre un fenómeno violento o destructor. En este sentido es importante tomar en cuenta el nivel del *desarrollo humano* que propone el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, tomando en cuenta no solo el producto y su crecimiento, sino también el nivel y las condiciones de educación, de salud y de esperanza de vida. Ahora bien, habría anotar que el Perú ocupaba el año 2008 el puesto 87 entre 177 países y estaba considerado entre los de «desarrollo medio», pese a su importante crecimiento económico.

El desarrollo es creación de mejores condiciones de vida para toda la población que el exclusivo crecimiento económico no garantiza y producido un sismo destructor, más que lamentar las pérdidas que son irreparables, debería enfocarse en el desperdicio que históricamente significa tener que rehacer o reconstruir luego de ocurrido un tal evento. Es importante rectificar errores que pueden ser enmendados, o mejor aun evitarlos, desde el comienzo y desarrollar actitudes que reflejen prudencia frente a fenómenos que

⁸ De su obra señalamos como referencia la que se encuentra en la sección de referencias.

son en gran medida inevitables. Hoy día se habla de una *cultura de prevención*, y esto significa una actitud permanente y decisiones oportunas.

A propósito de esto nos referiremos a dos aspectos que sería importante desarrollar más, pero que por razones de espacio abordaremos someramente. Uno es el de la organización y el liderazgo social, y la estabilidad y eficiencia de las instituciones, pues la vulnerabilidad social y lo endeble de las instituciones son problemas fundamentales. El otro aspecto es el mantenimiento y la reparación o reemplazo oportuno de la infraestructura y, en general, las obras físicas, pues, por una parte, es dudoso que aseguren los requisitos antisísmicos deseables, y, por otra, aun una buena habilitación se deteriora con el tiempo y la intensidad de uso.

Por otra parte, actualmente se reclama la *sostenibilidad*, esto es el respeto o el cuidado para que los procesos y los esfuerzos tengan un carácter duradero en relación con los recursos que brinda la naturaleza y que exige la posibilidad de vida saludable para la población. De esta manera, nuevamente nos encontramos con el riesgo de interrupción, de paralización, si es que no de imposibilidad, de mantener condiciones logradas y deseables para la vida de las poblaciones, y si se tienen en cuenta además la posibilidad de otros fenómenos, aparece lo que J. Kuroiwa (2002) reclama como la necesidad de «vivir en armonía con la naturaleza». La naturaleza abre posibilidades, nos ofrece recursos y con su dinámica hace posible la vida humana, pero también genera riesgos o amenazas que debemos tener en cuenta para decidir localización, condiciones de habilitación y mantenimiento del medio que se crea para la vida, actividad y relaciones de las colectividades humanas. En alguna oportunidad, el ingeniero Giesecke me dijo: «Los terremotos son el único enemigo con el cual no se puede firmar un tratado de paz y son causa de más muertes que las producidas por las diferentes guerras en que nos hemos visto involucrados en nuestra historia» (comunicación personal). Es pues necesario tomar decisiones previsoras y así minimizar los daños que, como estamos recordando, son a veces irreparables, como las muertes, y son causa de retardos o pérdidas de bienestar en todos los casos. O bien, en la perspectiva que presentamos, las reiteradas frustraciones del desarrollo.

En conclusión, un sismo, y más específicamente un sismo violento o terremoto, es un evento probable y de ocurrencia súbita en una zona sísmica como Lima y toda la costa peruana. Esto no excluye la ocurrencia de sismos en otras zonas del territorio en el país, pero las causas, el alcance y las consecuencias son diferentes.

En segundo lugar, las catástrofes o desastres se producen en la medida que las decisiones humanas (sociales) previas no han sido las adecuadas en materia de localización y características de habilitación (construcción) y que, en curso de utilización, no ha habido algún esfuerzo de mantenimiento o rehabilitación ni se ha previsto algún elemento de refuerzo o rotección, como las mallas de alambre o de plástico.

En tercer lugar, es necesario tener en cuenta que la elección de los lugares de ocupación del territorio por las poblaciones y la construcción (materiales y técnicas) implican costos, que en una situación de pobreza y desigualdad las cuestiones de seguridad y adecuación se pasan por alto, con la consecuencia de elevar la vulnerabilidad.

En cuarto lugar, la información sobre los fenómenos, la organización de la población y la estabilidad de sus instituciones juegan un papel muy importante sobre la mayor o menor vulnerabilidad, tanto en lo que toca a decisiones y comportamientos previos, como durante e inmediatamente después de ocurrido un evento destructor. Todo esto es lo que constituye la *prevención* que, si bien no neutraliza un evento violento o extremo, puede reducir o mitigar los efectos sobre la población, su vida y condiciones de subsistencia. El objetivo tiene que ser la reducción de la vulnerabilidad por el carácter de las decisiones previas, por la disponibilidad o acceso a recursos (menos pobreza y exclusión así como apoyo público) y por la disposición de la población a seguir las orientaciones técnicas.

Por último, esas orientaciones no pueden provenir solo de alguna disciplina o especialidad en forma exclusiva, sino que, dada la complejidad de causas y posibles consecuencias de su manifestación, es indispensable la concurrencia y diálogo inter o transdisciplinario, así como una preocupación por el mejor conocimiento y su divulgación. Los científicos, profesionales y líderes tienen por delante una tarea permanente antes de que ocurra un fenómeno que constituya amenaza y no solo la de evaluar, estudiar y realizar aportes a posteriori, en una actitud que redujera el aporte profesional a comprobar lo que ya ocurrió, los daños. Este es el aporte preventivo que es indispensable.

ANEXO

Escala de intensidad sísmica de Mercalli modificada (simplificada y abreviada)

- I Registrado solo instrumentalmente.
 - II Perceptible solo por pocas personas en pisos altos.
 - III Perceptible por algunos en edificios.
 - IV Sentido por todos en edificios y algunos en el exterior.
 - V Sentido por todos dentro y fuera de edificios.
 - VI Temor generalizado. Daños moderados en construcciones de adobe.
 - VII Mayoría aterrorizada. Daños graves en construcciones de ladrillo, moderados en construcciones nobles.
 - VIII Miedo y pánico general. Daños graves en construcciones de ladrillo, moderados en construcciones nobles.
 - IX Pánico general. Daños graves en construcciones con materiales nobles.
 - X Colapso de la mayoría de construcciones, incluye algunas de construcción con material noble.
 - XI Daños importantes en todas las construcciones, incluye canales y carreteras.
 - XII Todas las estructuras destruidas o gravemente dañadas y cambios en la topografía.
-

Fuente. Instituto Geofísico del Perú.

REFERENCIAS

CASAVARDE, L.

1979 «Riesgo sísmico del departamento de Lima». Tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima: PUCP.

GIESECKE, A y E. SILGADO

1981 *Terremotos en el Perú*. Lima: Ed. Rickchay Perú.

KARNIK, V. y T. ALGERMISSEN

1980 «Zonificación Sísmica». En Unesco. *Terremotos: evaluación y mitigación de su peligrosidad*. Barcelona.

KUROIWA, J.

2002 *Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima.

MUKERJEE, T.

1971 «Economic Analysis of Natural Hazards: A preliminary study of adjustments to earthquakes and their costs». *Working Papers N° 17*. Dept. of Geography, University of Toronto.

SAKAGAMI, Y., KURIBAYASHI, E., UEDA, D. y T. TAZAKI

1980 «Fundamental Factors in optimizing Earthquake Disaster Mitigation». En *Twelve Joint Meeting of Japan Panel on Wind and Seismic Effects*. Washington D.C.: UNJR.

SEN, A.K.

1979 *Poverty and Famines. An Essay on Entitlement and Deprivation*. Oxford: Clarendon Press.

VEGA-CENTENO, M. y A. REMENYI

1984 «Análisis económico de los terremotos: enfoque metodológico y estudio de un caso, Perú 1970». En Ceresis. *Evaluación de los Efectos Económicos de los Terremotos*, vol. 13C, cap. 3. Igualmente en la Revista *Economía* del Departamento de Economía de la PUCP, vol. VII, N° 14.