

2010 Peligro, vulnerabilidad y riesgos en la República Dominicana, Revista Mapping, abril-mayo, Madrid, ISSN: 1.131-9.100

Autor: José Luis Batista Silva  
Instituto de Geografía Tropical

## **I. GENERALIDADES**

Cada día es más notoria la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante la presencia de determinados peligros naturales, como las penetraciones del mar, inundaciones en zonas con poco drenaje, desborde de caños y ríos, deslizamientos de tierra y movimientos sísmicos, entre otros.

La actividad humana, acompañada de un intenso desarrollo industrial y turístico en los últimos decenios, ha originado grandes desastres ecológicos de origen técnico o ha alterado las características medioambientales de territorios. La superpoblación de algunas ciudades, las necesidades materiales del individuo y la construcción de diversas y complejas fábricas contaminadoras están creando problemas derivados que son atendidos desde distintos puntos de vista.

Además de los peligros tecnológicos, las instalaciones industriales están expuestas a diversos peligros naturales, sin embargo, la identificación del peligro, vulnerabilidad y riesgo para eventos naturales requiere un tratamiento, de cierta forma diferente al riesgo tecnológico. Por ejemplo, la identificación de la vulnerabilidad de una planta con relación a emisiones tóxicas es una sola variable, es decir, se detectan los posibles focos de emisión y éstos se eliminan, cambiando las partes del equipamiento o instalando uno nuevo o más moderno, reduciendo así la vulnerabilidad y por tanto el riesgo. No obstante, el riesgo de desastres por peligros naturales puede depender de varios factores, los cuales deben actuar integradamente para que se produzca el mismo.

Una definición generalmente aceptada dice que los peligros naturales son "aquellos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él" (Burton, 1978). Más específicamente, el término peligro natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) u originados por el fuego que, por razón del lugar en que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. Algunos especialistas utilizan el término amenaza natural en sustitución de la de peligro natural. El calificativo natural es empleado para excluir de la definición los peligros originados por los seres humanos tales como guerras, polución y contaminación química, o peligros no necesariamente relacionados con el entorno físico: tales son los casos de enfermedades infecciosas.

Es una práctica muy difundida, sobre todo en los medios, resaltar que las catástrofes ocasionadas por peligros no tecnológicos son "naturales". Mucha gente cree que las catástrofes naturales son casos de fuerza mayor y que poco puede hacerse para prevenirlas o reducir sus efectos. Pero el reciente aumento de pérdidas debidas a desastres de origen natural ha sido tan excesivo que las causas no pueden atribuirse totalmente a la naturaleza. Los daños económicos en los últimos decenios se han quintuplicado. En los años sesenta del Siglo XX, los desastres de origen natural provocaron daños por valor de 40 mil millones de dólares y en 1995, esa cifra ascendió a casi 200 000 millones de dólares. Hasta finales del año 2005 las pérdidas de vidas humanas y daños materiales a nivel mundial han sido inmensamente cuantiosas, debido a una intensa actividad ciclónica (Dennis, Katrina, Rita, Stan, Georges, Jeanne), fuertes

inundaciones en la mayoría de los países de Centroamérica y el Caribe, y a movimientos sísmicos importantes y devastadores como el ocurrido el 8 de Octubre 2005 en Pakistán, que provocó 87 350 muertes, 63 000 heridos y 3 millones de damnificados (CNN, 8 Noviembre 2005). El 27 de Mayo de 2006, un terremoto de magnitud 6.2 en la escala Richter sacudió en especial a Yogyakarta, ubicada unos 400 kilómetros al este de la capital Yakarta y causó de inmediato conmoción internacional y se estima que las muertes superan las 5 000 personas.

Un fuerte terremoto de 8.0 grados de la escala de Richter sacudió el Condado de Wenchuan, en la provincia de Sichuan, en China el 12 de mayo de 2008, provocando más de 65 000 muertes y dejando una estela de destrucción. Las sacudidas de este sismo se hicieron sentir incluso en Pekín, Shanghai, a lo largo de la República de China y en la capital de Vietnam, Hanoi.

Una tormenta tropical, aparentemente insignificante, ha producido casi 100 muertes en la República Dominicana a finales del mes de Octubre, 2007. Habitualmente se piensa en la velocidad del viento cuando se trata de ciclones tropicales, pero he aquí un buen ejemplo, como esta tormenta tropical, denominada "Noel", produjo pérdidas humanas y prácticamente paralizó el país, debido a las intensas y prolongadas lluvias acompañantes, formando extensas áreas inundadas.

"Los conflictos entre los peligros naturales y las actividades de desarrollo resultan de una confrontación entre eventos naturales peligrosos y la actividad humana. Los llamados desastres naturales ocurren porque no hemos dado la suficiente atención a los fenómenos naturales peligrosos. En realidad, el término "desastre natural" conduce a una concepción incorrecta por esta razón: culpa a la naturaleza cuando, en realidad, la culpa corresponde a quienes decidieron que se implementen proyectos bajo circunstancias que ponen en peligro alcanzar aquellos objetivos mismos para los cuales fueron diseñadas las actividades de desarrollo".

"El término desastre natural quizás no sea el más apropiado para comprender el fenómeno, sensibilizar a la comunidad e integrar a los actores que deberían involucrarse en una efectiva gestión del riesgo y una política preventiva. Los llamados desastres naturales ocurren sobre todo en zonas pobladas y afectan a sitios vulnerables que han sido ocupados por una sociedad para su residencia u otros fines. La localización de las actividades humanas compete a las personas y a sus formas de organización, por lo tanto, que se produzca un desastre no depende sólo de la naturaleza sino también de la decisión de instalar un asentamiento o actividad humana sin tomar en consideración las amenazas existentes y las vulnerabilidades que se desarrollan, variables que constituyen una situación de riesgo potencial", (CEPAL, 2005).

La humanidad, desde épocas remotas ha contribuido y contribuye actualmente a aumentar la gravedad de las catástrofes llamadas "naturales", pero esta tendencia puede ser revertida. Los riesgos de origen natural se pueden gestionar. La población y sus propiedades pueden ser menos vulnerables a los fenómenos naturales si se toman medidas preventivas adecuadas.

Existen muchos modos de gestionar los riesgos debidos a los peligros naturales; por ejemplo, en Octubre del año 1963 el ciclón "Flora" produjo alrededor de 1000 víctimas humanas, además de cuantiosos daños materiales, durante su paso por las antiguas provincias orientales cubanas. Las medidas tomadas por la Defensa Civil y el Gobierno de Cuba antes, durante y después de los eventos naturales desfavorables, han reducido actualmente casi a cero la pérdida de vidas humanas, ante la ocurrencia de peligros

naturales propios del territorio cubano, tales como las tormentas y ciclones con sus consecuencias (inundaciones, altas velocidades del viento, etc.).

En este artículo se considera que los desastres no son naturales, aunque los peligros sí lo son, para diferenciarlos de los de origen antrópico. Los desastres son ocasionados por el hombre al convertirse en vulnerable ante determinados peligros.

A nivel global, en las últimas décadas, muchas personas se han instalado en zonas vulnerables a los peligros naturales. En algunos centros urbanos, las mejores tierras están ocupadas, y, por eso, ahora la gente se asienta en pantanos, riberas y fuertes pendientes, lo cual aumenta significativamente su vulnerabilidad. Hay tierras particularmente vulnerables a inundaciones, desprendimientos de tierras, penetraciones del mar y terremotos. El rápido ritmo de crecimiento en esas zonas dificulta la labor de las autoridades para garantizar los servicios básicos en tiempo breve. Las construcciones inadecuadas, la superpoblación, el manejo inadecuado de los recursos hídricos y su insuficiencia en algunos territorios, así como la carencia de un acceso rápido a los servicios de emergencia (hospitales, bomberos, policía), hacen que esas gentes sean menos capaces de protegerse a sí mismas.

La destrucción de los arrecifes de coral, de los bosques y la frágil vegetación de las montañas crea un desequilibrio ecológico, ya que esas barreras naturales reducían los deslizamientos de tierras, inundaciones, tormentas y otros desastres “naturales”.

Las inundaciones son un buen ejemplo de cómo los desastres “naturales” puede que no sean tan naturales. Las inundaciones constituyen la catástrofe más frecuente y aumentan más rápidamente que otros desastres. Las causas pueden ser el derrumbamiento de los diques, la obstrucción de los sistemas de desagüe, roturas de tuberías de agua y no precisamente debidas a fuertes temporales o tsunamis. Las inundaciones relámpago son las más frecuentes, producidas, en parte, por la construcción de viales asfaltados, que no absorben el agua, donde antes había espacios abiertos y los coeficientes del escurrimiento superficial son muy altos. Otras de las causas de este tipo de inundaciones pueden ser los trabajos realizados para desviar las corrientes de los ríos y el taponamiento de las vías de evacuación del escurrimiento superficial, que traen como consecuencia drenajes deficientes o inexistentes.

Entre todos los eventos acontecidos en la República Dominicana, que han producido desastrosas inundaciones, son tristemente significativas las ocurridas a finales del año 2007. En el mes de Octubre del citado año el Caribe fue azotado por el huracán “Noel”, que produjo intensas precipitaciones y causó la pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños en la República Dominicana (Tabla I-1). Apenas transcurridos 10 días y la tormenta “Olga”, fuera de temporada, cruzó por el país encontrando un terreno totalmente saturado de humedad, por esta razón, a pesar de que esta tormenta era acompañada de la tercera parte de la lluvia que produjo el huracán “Noel”, también ocasionó intensas y peligrosas inundaciones en el territorio nacional.

Tabla I-1. Lluvias producidas por el huracán "Noel" (28-30 de Octubre, 2007).

| Días                     | 24   | 25  | 26   | 27    | 28    | 29    | 30    | 31    | 01-Nov | TOTAL |
|--------------------------|------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <b>VALLE DE SAN JUAN</b> |      |     |      |       |       |       |       |       |        |       |
| Bohechío                 | s/o  | s/o | 0.0  | s/o   | 120.0 | 140.9 | 85.2  | 14.0  | 0.0    | 360.1 |
| El Cercado               | 5.1  | 5.4 | 17.5 | 26.5  | 35.9  | 20.6  | 55.4  | s/o   | s/o    | 166.4 |
| Elías Piña               | 25.0 | 0.0 | 0.0  | 3.5   | 35.9  | 30.0  | 2.5   | 7.1   | 0.0    | 104.0 |
| Las Matas de Farfán      | s/o  | 0.0 | 0.0  | 110.0 | 70.0  | s/o   | 4.0   | 25.0  | 0.0    | 209.0 |
| San Juan de la Maguana   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 14.8  | 80.6  | 185.4 | 24.2  | 10.3  | 0.0    | 315.3 |
| <b>VALLE DE AZUA</b>     |      |     |      |       |       |       |       |       |        |       |
| Azua                     | 0.5  | 0.1 | 2.1  | 6.8   | 170.0 | 173.0 | 159.8 | 27.2  | 3.7    | 543.2 |
| Padre Las Casas          | s/o  | s/o | 0.0  | 3.0   | 50.0  | 157.0 | 94.0  | 16.2  | 0.0    | 320.2 |
| <b>BARAHONA</b>          |      |     |      |       |       |       |       |       |        |       |
| Duvergé                  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0   | 57.4  | 67.3  | 31.9  | 38.8  | s/o    | 195.4 |
| Barahona                 | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 1.5   | 150.0 | 216.2 | 170.0 | 140.0 | 30.0   | 707.7 |
| Neyba                    | s/o  | 0.0 | 44.8 | 25.6  | 31.3  | 111.0 | 45.0  | 50.3  | s/o    | 308.0 |

Fuente: página Web del INDRHI

La frontera entre los desastres de origen natural y los puramente tecnológicos no está muy definida. Las amenazas tecnológicas plantean un problema creciente, especialmente en lo que se refiere a la rápida urbanización en zonas propensas a desastres, donde los peligros naturales pueden provocar serios daños. Los terremotos ocasionan potencialmente la obstrucción de los gasoductos, causando a la vez incendios; durante las inundaciones, los depósitos de petróleo/gasolina podrían ser arrasados por las aguas, como ocurrió durante las inundaciones de Luisiana, al paso del huracán Katrina, a finales de Agosto del 2005. Incluso podría decirse que existen lazos entre el desarrollo tecnológico, el cambio climático y los desastres relacionados con el tiempo climatológico.

## II. PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGOS

Según opiniones de muchos especialistas, expresadas en distintos foros internacionales, "mientras que la cuestión de la reducción de los desastres naturales esté reservada a los científicos y sea ajena al trabajo de los directores de empresas, ingenieros en construcción y esté excluida de las estadísticas, será totalmente ineficaz, mal entendida y, lo que es peor, se considerará irrelevante". Stop Disasters, 1994.

Con el creciente interés suscitado en los últimos años por la reducción de los desastres producidos por peligros (amenazas) naturales, sobre todo en el ámbito internacional, muchas empresas empiezan también a integrar en su noción de gestión del riesgo los factores que se originan de los desastres. Estos desastres han experimentado, en los últimos tiempos, un neto incremento tanto por su Frecuencia como por su dimensión.

El riesgo que representa la aparición de tales sucesos respecto a una empresa se puede resumir en los siguientes puntos. En primer lugar, una disminución de la producción y las ventas debido a los daños estructurales, dificultades en el transporte, interrupción de las comunicaciones y en segundo lugar, un incremento de los costos debido a los gastos extraordinarios en reparaciones, transportes adicionales, formación de personal en procedimientos diferenciados (por ejemplo, en las técnicas de tele-medición y a la utilización del satélite).

Contemporáneamente se asiste a un progresivo acercamiento de los intereses públicos a los privados en materia de prevención de los desastres, cuyo origen se encuentra en las enormes pérdidas económicas que aquéllos generan.

El significado social de este nuevo esfuerzo por parte del sector empresarial es evidente. Desde un punto de vista puramente empresarial, la gestión de riesgo, en el sentido estricto de la palabra, se debe a la necesidad que tiene la empresa de permanecer en el mercado. A partir de la aparición de las temáticas ambientales, existe un creciente interés por parte del mundo industrial en temas relacionados con la ecología, a menudo asociados a políticas de imagen. Por el contrario, el empeño asumido, actualmente, por algunas empresas en relación a los desastres de origen natural muestra que hay una nueva tendencia del mundo industrial en la elaboración de políticas industriales que tengan más en cuenta el factor “bien común”.

La industria ha desarrollado redes de expertos y tiene un acceso rápido a asesores de cualquier tipo que, generalmente, no forman parte de los circuitos que atienden a las organizaciones internacionales. Aún más, el acceso a las últimas tecnologías ofrece a la acción preventiva de la gran empresa, si está bien planificada, modelos cualitativos y eficacia de alto nivel. En muchos casos importantes empresas multinacionales tienen una relación preferente con las comunidades en donde se encuentran sus instalaciones; no por casualidad nacen verdaderos centros habitados en donde se instala un complejo industrial. Por último, la industria, en su conjunto, representa también una importante fuente de apoyo material y financiero para los programas internacionales de reducción de las catástrofes a distintos niveles.

En la mayoría de los casos las grandes empresas –a nivel global- prestan cada vez más atención a la vulnerabilidad, ya sea de las instalaciones industriales como a las comunidades que viven en la región en donde están ubicadas sus instalaciones. En el organigrama de la empresa, la figura del experto en riesgos ha sufrido algunos cambios y ahora esa tarea la llevan a cabo funcionarios en contacto directo con la dirección de empresas y con estudios específicos en la materia.

Los seres humanos pueden hacer muy poco o casi nada para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales pero, en cambio, pueden tomar precauciones para que los eventos naturales no se conviertan en desastres debido a sus propias acciones y omisiones. Es importante entender que la intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros (amenazas) naturales. Por ejemplo, si se extrae tierra de la parte inferior de un derrumbe para dar cabida a un nuevo asentamiento humano, el terreno puede moverse nuevamente y enterrarlo. La intervención humana puede también generar peligros naturales donde no existían antes: los ciclones tropicales pueden formar trenes de olas que lleguen a las costas inundando y destruyendo la zona litoral aledaña y por ende todas las edificaciones e instalaciones que el hombre ha construido, sin haber tenido en cuenta que se hace vulnerable ante ese peligro natural. Finalmente, la intervención humana reduce el efecto de mitigación que tienen los ecosistemas naturales: la destrucción de los arrecifes de coral que elimina la primera línea de defensa de las costas contra los efectos de las corrientes y tempestades marinas, es un ejemplo claro de una intervención que disminuye la capacidad del ecosistema para protegerse a sí mismo. Un caso extremo de intervención humana destructora del ecosistema es la desertificación que, por propia definición, es un peligro “natural” inducido por el ser humano.

Existen múltiples definiciones de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo, la mayoría de ellas formuladas por intereses particulares, profesionales o institucionales y en algunos casos son contradictorias entre sí. En la República Dominicana los conceptos están bien definidos en la Ley No 147-02 Sobre la Gestión de Riesgos.

**ARTÍCULO 4.-** Definiciones: Para efectos de la presente ley se entenderá por:

**1. Amenaza:** Peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente;

**2. Vulnerabilidad:** Factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir daño. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador se presente, sea de origen natural o provocado por el hombre.

**3. Riesgo:** Es la probabilidad de que se presenten unas desfavorables consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

### **III. PELIGROS**

#### **III.1 Peligro sísmico**

Un terremoto es causado por la súbita liberación de energía de las fuerzas elásticas que se acumulan lentamente a lo largo de una falla dentro de la corteza terrestre. Las áreas de superficie o subterráneas que se fracturan y que pueden experimentar terremotos, se conocen como zonas sísmicas de fallamiento. Un 15% de los terremotos del mundo ocurren en América Latina, concentrados principalmente en la cordillera occidental.

Según el tamaño y su ubicación, un terremoto puede causar los fenómenos físicos de sacudimiento de terreno, ruptura en superficie de una falla, fallamiento del terreno y los tsunamis en algunas áreas costeras. Ocurren réplicas sísmicas más pequeñas después del evento principal, a veces durante varias horas, o meses, o aún años.

El sacudimiento o movimiento del terreno, la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras, es la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto. Son cuatro los principales tipos de onda sísmica que se propagan a través del interior o sobre la superficie de la tierra, a diferentes velocidades; llegan a un lugar determinado en diferentes momentos y hacen vibrar las estructuras de manera diferente. La primera onda que llega a la superficie de la tierra es la onda sonora u onda "P" y es la primera que hace vibrar a una construcción. Las ondas más destructoras son las ondas de corte, ondas "S", que causan que la tierra se mueva a ángulo recto de la dirección de propagación de la onda y que las estructuras vibren de lado a lado. A no ser que la estructura sea diseñada y construida para resistir todas estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños. El tercer y cuarto tipo son ondas de superficie de baja frecuencia, cuya velocidad de propagación es menor, usualmente

detectadas a mayores distancias del epicentro, y que causan la oscilación más lenta de estructuras y también olas en embalses de agua.

Existen cuatro características principales que influyen sobre el daño que puede ser causado por el sacudimiento del terreno debido a un terremoto: magnitud, atenuación, duración y respuesta del sitio, aunque también es importante un quinto parámetro, el potencial de fallamiento del terreno (o sea la propensión de un lugar a la licuefacción o a deslizamientos). Estos factores están también relacionados con la distancia del lugar afectado hasta el epicentro del sismo - el punto sobre la superficie encima del foco o hipocentro, es decir, el lugar de origen debajo de la superficie.

La severidad de un terremoto se puede medir de dos maneras: por la intensidad y la magnitud. La intensidad es el efecto aparente del sismo en un determinado lugar. La magnitud está relacionada con la cantidad de energía liberada en el lugar de origen. La intensidad se mide con varias escalas. La que más comúnmente se usa en el hemisferio occidental es la escala Mercalli Modificada (MM) de I a XII, con la cual la intensidad es evaluada subjetivamente en base a la descripción de los daños.

La escala Richter, que mide magnitud, es la que más frecuentemente utilizan los medios de comunicación para dar a conocer al público el tamaño de un terremoto. Es más fácil determinar magnitud que intensidad, pues es un parámetro que registran los instrumentos sísmicos, aunque presenta algunas dificultades. Mientras un terremoto puede tener una sola magnitud, las intensidades varían de acuerdo a los efectos en las diferentes comunidades y a diferentes distancias del epicentro. Así, dos sismos con la misma magnitud Richter, pueden tener intensidades máximas muy diferentes en diferentes lugares (Tabla III.1-1).

**Tabla III.1-1.- Escala Richter**

| <b>Magnitud en Escala Richter</b> | <b>Efectos del terremoto</b>                              |
|-----------------------------------|---|
| Menos de 3.5                      | Generalmente no se siente, pero es registrado             |
| 3.5 - 5.4                         | A menudo se siente, pero sólo causa daños menores         |
| 5.5 - 6.0                         | Ocasiona daños ligeros a edificios                        |
| 6.1 - 6.9                         | Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.      |
| 7.0 - 7.9                         | Terremoto mayor. Causa graves daños                       |
| 8 o mayor                         | Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas. |

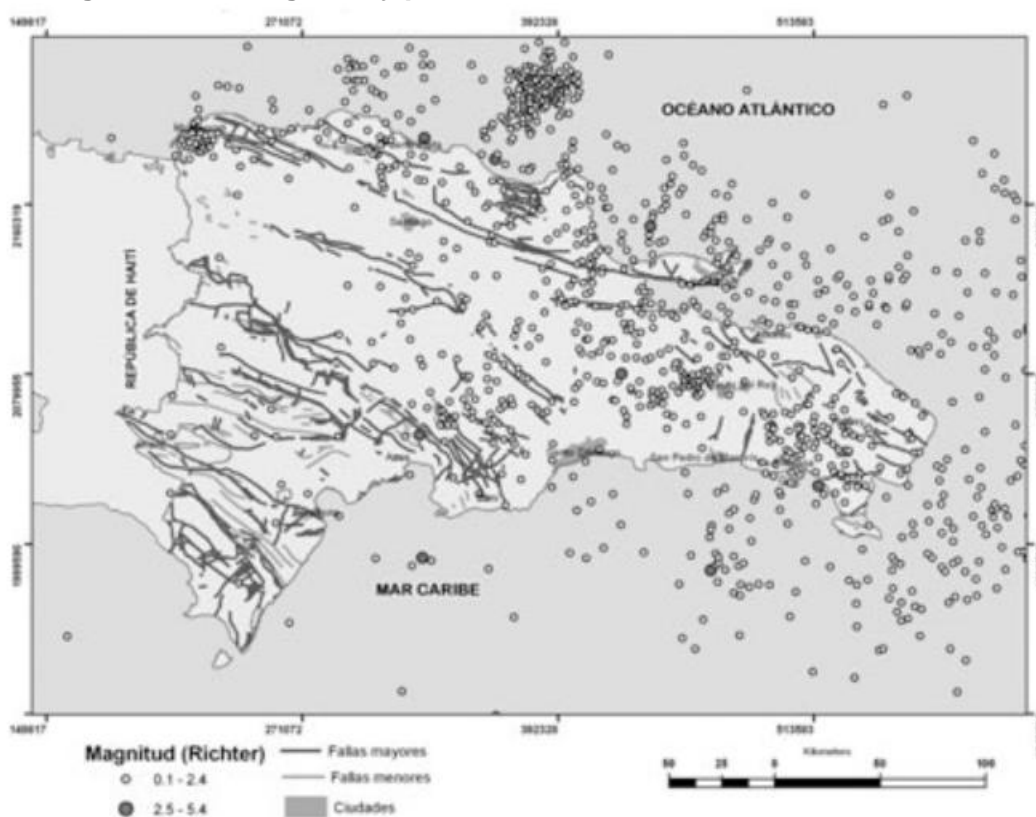
NOTA: Esta escala es "abierta", de modo que no hay un límite máximo teórico, salvo el dado por la energía total acumulada en cada placa, lo que sería una limitación de la Tierra y no de la Escala).

La isla de La Española está localizada en el límite norte de la Placa del Caribe, separada de la placa de Norte América por una larga zona de falla a lo largo de la cual la segunda ha penetrado por debajo de la primera creando una extensa zona de subducción. El límite de placas en la parte norte de Puerto Rico, La Española y Jamaica, y al sur de Cuba, presenta además características predominantes de movimiento transcurrente siniestral. Estas condiciones han dado origen a grandes fosas, como la Trinchera de Puerto Rico, y a grandes fallas transcurrentes, como la Falla Septentrional, a las que se debe una significativa actividad sísmica que afecta la zona norte de Jamaica, La Española y Puerto Rico, la zona sureste de Cuba y a las Antillas Menores.

El área se encuentra en un territorio intraplacas y de relativa tranquilidad tectónica, por lo que la sismicidad es moderada. Los reportes macro sísmicos (Instituto Sismológico, 2000) atestiguan que se han sentido terremotos próximos con intensidades de 4 a 5. Por otra parte, en algunas ciudades como Higüey y La Romana se ha constatado epicentros de intensidad máxima igual a 8 y 7 respectivamente. La intensidad máxima para un período de recurrencia de 100 años es igual a 5 (Instituto Sismológico, 2000) y presenta un alto grado de amenaza en la vertiente sur (Instituto Sismológico Universitario).

La actividad sísmica es palpable en todo el territorio de la República Dominicana, tal y como puede apreciarse en el mapa de la Figura III.1-1, según aparece en el Atlas de Recursos Naturales de la República Dominicana.

**Figura III.1-1. Magnitud y profundidad de los movimientos telúricos.**



La historia sísmica de La Española muestra su mayor actividad sísmica concentrada en la parte norte de la isla y que ha sido causada por la actividad tectónica del límite de placas. Esto ha originado unos 6 terremotos devastadores entre 1562 y 1946, que destruyeron ciudades como Santiago y La Vega, y algunos de los cuales provocaron también tsunamis que afectaron la costa norte de la isla, además de un sinnúmero de terremotos significativos y pequeños sismos.

Dentro de La Española, la zona norte representa la región de mayor riesgo sísmico debido, además de su cercanía con el límite de placas tectónicas, a la presencia de la Zona de Falla Septentrional, que está relacionada con el límite de placas y parece ser la estructura que absorbe mayor cantidad del desplazamiento horizontal siniestral y cuya representación más característica es la Falla Septentrional, que marca el límite norte del



Valle del Cibao con la Cordillera Septentrional. Estudios relativamente recientes realizados por diferentes investigadores indican que la energía de deformación acumulada en esta zona es extremadamente alta y que, si se libera súbitamente, podría originar un terremoto de magnitud mayor de 8, perceptible probablemente en toda la isla.

Además de las fallas regionales activas conocidas como son la Falla Septentrional, la Falla de La Española, la Falla de Bonao y la Falla de Ocoa entre otras, la situación actual en términos de conocimiento de las fallas activas dentro del territorio de la República Dominicana es bastante limitada.

### **III.2. Peligro ciclónico.**

La destrucción causada por los huracanes en el Caribe y Centro América es una fuerza que ha modificado la historia y que lo seguirá haciendo en el futuro de la región. El peligro nace de una combinación de factores que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales: elevación del nivel del mar, vientos violentos, y fuerte precipitación. En la Cuenca Mayor del Caribe de 1960 a 2007 (excluyendo a los Estados Unidos y sus territorios) los huracanes causaron más de 30.000 muertes, afectaron a 6 millones de personas y destruyeron propiedades por un valor más de US\$15.500 millones (OFDA, 1989). La mayor parte de estos daños fueron causados en los países isla del Caribe, cuyas modestas economías eran las menos capaces de resistir tales impactos.

Los datos sobre daños de huracanes han sido recogidos desde que se descubrió América, y las más recientes estadísticas muestran que las medidas de mitigación realmente han significado una diferencia desde la década de los años 1930. Mientras que la ferocidad de las tormentas no ha disminuido con el correr de los años y las poblaciones han aumentado sustantivamente en el área, las tasas de víctimas han disminuido como resultado de la incorporación de medidas de mitigación y de la mayor efectividad de las actividades de preparativos. Esta disminución en el número de muertes se ha visto contrarrestada por un marcado aumento en los daños a las propiedades. Esta es una clara indicación que las medidas de daños estructurales no progresan mano a mano con el rápido aumento de desarrollo en áreas vulnerables.

Todas las depresiones tropicales embrionarias que se convierten en huracanes, se originan bajo condiciones meteorológicas similares y exhiben el mismo ciclo de vida. Las distintas etapas del desarrollo de los huracanes están definidas por la "velocidad sostenida" de los vientos del sistema - los niveles de velocidad del viento que se mantienen por lo menos durante un minuto, cerca del centro del sistema. En las etapas formativas del huracán, la circulación cerrada isobárica, se conoce como depresión tropical. Si la velocidad sostenida de los vientos excede los 63 km/h (39 mph), se convierte en una tormenta tropical. En esta etapa ya se le da un nombre y se le considera un peligro. Cuando los vientos exceden los 119 km/h (74 mph), el sistema se convierte en un huracán, la forma más severa de las tormentas tropicales. El decaimiento ocurre cuando la tormenta llega a aguas no tropicales o cruza una masa de tierra. Si se desplaza a un ambiente no tropical se le conoce como una tormenta subtropical y depresión subtropical; si lo que ocurre es el desplazamiento sobre tierra, los vientos se desaceleran y nuevamente se convierten en una tormenta y depresión tropical. La Tabla III.2-1 resume esta clasificación, mientras que la III.2-2 presenta la Clasificación Saffir-Simpson.



El día 16 de septiembre la tormenta tropical Jeanne, convertida posteriormente en un huracán de Categoría 5, tocó territorio dominicano por Cabo Engaño. Recorrió toda la franja norte de la Isla desde Higüey a Puerto Plata, durante el día 16 y parte del 17, desplazándose a una velocidad promedio de 10 km/h. Los vientos asociados al evento fueron sostenidos de hasta 130 Km/h, y ráfagas mayores acompañadas de gran nubosidad y lluvias. Posteriormente, ya dentro del territorio nacional, disminuyó nuevamente a tormenta tropical.

Los factores causantes de los daños fueron los fuertes vientos, sobre todo en el Este, las marejadas y las lluvias que provocaron inundaciones. Los mayores impactos se produjeron en el Este y fueron disminuyendo a medida que el huracán se fue desplazando hacia el noroeste y se transformó nuevamente en tormenta tropical. Los daños se relacionan con el derribo de árboles y palmas, en especial de los más altos, defoliación y rotura de ramas a lo largo de la trayectoria del huracán, pero especialmente en la zona Este. En el sector agrícola fueron especialmente afectados los cocoteros.

En la franja costera el efecto hidro-meteoro-dinámico se manifestó con oleajes fuertes y marejadas. No se reportaron cambios en la granulometría de playas arenosas o cambio en accidentes geográficos litorales.

El peligro de un ciclón consiste en dos variables capaces de producir serios daños a la población y sus bienes, las infraestructuras y a los cultivos agrícolas, entre otros objetivos: velocidad del viento y las precipitaciones. Algunos ciclones vienen acompañados de intensas y súbitas lluvias, mientras otros, lo hacen con fuertes velocidades del viento, capaces de destruir edificaciones inestables, líneas de transmisión y cultivos agrícolas.

No obstante, la mayoría de los daños que producen los ciclones están relacionados con la cantidad de precipitaciones que los acompañan. Por ejemplo, ya casi terminada la temporada ciclónica del año 2007, la República Dominicana fue azotada por el huracán "Noel" a finales del mes de octubre del citado año.

Las inundaciones producidas por las intensas y copiosas precipitaciones del huracán Noel se sintieron en todo el territorio nacional, pero con especial intensidad en las provincias de Azua, San Cristóbal, Peravia, Independencia, Barahona, Pedernales, Espaillat, Salcedo, Duarte, María Trinidad Sánchez, Dajabón, Montecristi, Santiago Rodríguez, La Vega, Monte Plata, El Seibo, La Altagracia, Hato Mayor, Monseñor Nouel, Puerto Plata, Santo Domingo y el Distrito Nacional.

Las zonas que más afectados fueron San Cristóbal, Bani, Neiba, mucho más grave en todo el Bajo Yuna.

Una característica de los ciclones es el descenso de la presión barométrica en el territorio donde se encuentran. La Figura III.2-2 muestra la variación de la presión barométrica registrada los días en que se el huracán "Noel" azotaba el área caribeña.

**Figura III.2-2.- Marcha de la presión barométrica durante el azote del ciclón Noel.**



Unos días más tarde, entre el 11 y 13 de Diciembre, una Tormenta sub-tropical, nombrada “Olga”, enmarcada fuera de la temporada ciclónica, se acercó a La Española y produjo inundaciones en el territorio nacional. Según los datos pluviométricos registrados, las precipitaciones de esta tormenta fueron la tercera parte de las que produjo el huracán “Noel”. A pesar de ello, las inundaciones también fueron devastadoras debido a la saturación hídrica de los suelos y a la obstrucción de las vías de evacuación del agua.

La Tormenta sub-tropical “Olga” recorrió el territorio de Este a Oeste, encontrando una humedad del suelo muy alta, suficiente para provocar extensas y peligrosas inundaciones en el área poblada e inundando y destruyendo los cultivos agrícolas.

Según el Centro Goddard de Vuelos Espaciales de la NASA (<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>) las inundaciones que siguieron a la Tormenta sub-tropical “Olga” en la República Dominicana se produjeron por totales de lluvias de unos 100 milímetros. Estos no son ni de cerca tan altos como los caídos durante el huracán “Noel” a finales de octubre, los que arrojaron hasta 300 milímetros (unas 12 pulgadas) sobre las mismas partes de la isla” (Listín Diario).



Foto: Inundaciones durante la Tormenta Sub-Tropical “Olga”.

#### **IV. VULNERABILIDAD**

Algunas edificaciones reaccionan de distinta forma ante la ocurrencia de un evento meteorológico, con velocidades del viento extremas o ante un movimiento telúrico. Según la importancia que tenga una instalación se requerirá un nivel mayor de seguridad que instalaciones que alojan otras actividades. En todos casos la vulnerabilidad está dada por el objetivo que se analice. De esta manera, un hospital, una instalación para la producción de energía eléctrica o para el abasto de agua debe tener una muy baja vulnerabilidad, dado que las causas que provocan los daños, no siempre son consecuencia de la magnitud del peligro, sino de la vulnerabilidad acumulada. Por esta razón, se debe realizar la evaluación de las vulnerabilidades propias de los proyectos originales, así como de las introducidas, ya que por lo general se ejecutan obras y se realizan cambios de actividades en los sitios, sin un análisis consecuente del peligro en cuestión, creándose el escenario y las condiciones para el posible desarrollo de los desastres.

Con relación a la intensidad de los vientos, los huracanes son fenómenos impredecibles. No es posible afirmar que existe una velocidad máxima tope del viento para todos los huracanes. En consecuencia, tampoco es factible económicamente diseñar una instalación o una vivienda contra la ocurrencia de todos los huracanes concebibles o resistentes para sismos de cualquier magnitud. Sin embargo, en este caso es esencial que sean empleados los criterios de diseño para la fuerza del viento, de más probable ocurrencia y las medidas y normas aplicables a las construcciones anti-sísmicas.

Es conveniente considerar las categorías de Saffir/Simpson para los huracanes, las cuales deben tenerse en cuenta en el diseño, (Tabla IV-1). La probabilidad de ocurrencia de un huracán es menor en la medida que aumenta su intensidad o sea el número de la categoría. En otras palabras, un huracán de categoría 5 (daño potencial catastrófico) es menos probable de que ocurra en un año que un huracán de categoría 1 (daño potencial mínimo).

**Tabla IV-1. Escala Saffir-Simpson**

| <i>Cat.</i> | <i>Velocidad Vientos (km/h)</i> | <i>Presión Central (hPa)</i> | <i>Marea de Tormenta (m)</i> | <i>Estimación de posibles Daños</i>  |
|-------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| 1           | 119 a 153                       | Mayor a 980                  | 1,5                          | No hay daño efectivo a los edificios. Daños a remolques arbustos y árboles. Algunas inundaciones de zonas costeras. Daños en muelles.  |
| 2           | 154 a 177                       | 965 a 979                    | 2,0 a 2,5                    | Daños en los tejados, puertas y ventanas de edificios. Daños considerables a la vegetación, remolques, y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de la entrada del centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeaderos rompen amarras.   |
| 3           | 178 a 209                       | 945 a 964                    | 2,6 a 3,7                    | Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento, Destrucción de casas rodantes. Las Inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores Los terrenos llanos por debajo de 1,5 m pueden resultar inundados hasta 13 km de la costa o más. |
| 4           | 210 a 249                       | 920 a 944                    | 4,5 a 5,0                    | Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento, con derrumbe completo de estructuras del techo en residencias pequeñas. Erosión importante de las playas, daños graves en los pisos bajos de las estructuras cercanas a la costa. Inundaciones de los terrenos bajos de menos de 3 m situados hasta 10 km de la costa.  |
| 5           | más de 250                      | menor a 920                  | más de 5,5                   | Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios industriales. Algunos edificios se desmoronan por completo y el viento se lleva las construcciones auxiliares pequeñas. Daños graves en los pisos bajos de todas las estructuras situadas a menos de 4,6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa.   |

En algunos países el diseño de las edificaciones sometidas a los fuertes vientos se realiza, según normas generalmente adaptadas a las normas de referencia ISO 4354: 1997 Wind action on structures y E.U.A, ASCE 7 – 98. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. En la misma se plantea que para el cálculo deben considerarse los diferentes efectos sobre los elementos:

- \* Elemento sometido a vientos sostenidos (1 minuto periodo promedio).
- \* Elemento sometido a vientos en rachas (con una duración 3 segundos pero que su velocidad, puede estar entre el 30 y 35 % y hasta un 50 % por encima del valor de los vientos sostenidos.
- \* Elementos sometidos a las variaciones cíclicas de los vientos que le pueden hacer colapsar por fatiga.

Este análisis estará directamente vinculado a la apreciación que se hace en el estudio de peligro de las características y trayectoria del huracán.

En dicha Norma se establece un valor básico de presión del viento calculado a partir de observaciones directas de las velocidades básicas del viento, actuante sobre una superficie normal a su dirección.

En general, las características de vulnerabilidades de movimientos sísmicos, ciclones e inundaciones, que de hecho son consecuencias de estos últimos, podrían resumirse en lo siguiente:

Vulnerabilidad ante los movimientos sísmicos

> **Baja:** construcción antisísmica, de hormigón, alejada de fallas activas y actividad sísmo-generadora.

> **Media:** construcción de hormigón normal, en zona de fallas activas y actividad sísmo-generadora. Estado regular.

> **Alta:** construcción de cemento y/o madera, adobe, en zona de fallas activas y sísmo-generadora. Estado malo.

Vulnerabilidad de las edificaciones ante los ciclones

> **Baja:** construcción de mampostería, techo de hormigón, paredes de bloque. En buen estado.

> **Media:** construcción de mampostería o bloques, techo de zinc y/o cartón, paredes de madera. Estado regular.

> **Alta:** construcción de madera, techo de zinc y/o cartón. Estado malo.

Vulnerabilidad de las edificaciones ante las inundaciones

> **Baja:** construcción ubicada en terreno alto, alejada de corrientes fluviales u otro objetivo hídrico

> **Media:** construcción ubicada en terreno llano, relativamente alejada de corriente fluvial u otro objetivo hídrico

> **Alta:** construcción en terreno llano, cerca de corriente fluvial u otro objetivo hídrico

## V. RIESGOS

La evaluación del riesgo en el territorio de la República Dominicana podría llevarse a cabo partiendo de las características de peligro, vulnerabilidad en cada lugar. Inicialmente se determinan los peligros a los que está expuesto el territorio y posteriormente se analizan las condiciones de los objetivos económicos, así como la población residente en los municipios.

Tomando esta información de partida y aplicando el cruzamiento propuesto en la Tabla V-1 se procede a determinar el riesgo. Es importante recordar el concepto de riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

El análisis de la ecuación anterior muestra que el riesgo es directamente proporcional a la vulnerabilidad, por tanto, mientras más alta sea la vulnerabilidad, mayor será el sometimiento al riesgo. Si el peligro es real, objetivo y además no puede ser cambiado, como la fuerza de un ciclón o la de un terremoto, la única posibilidad de reducir el riesgo es cambiar la vulnerabilidad, o sea, tomar las medidas necesarias y reducirla a cero, si fuese posible.

Los conceptos de peligro, vulnerabilidad y riesgo son universales y pueden ser aplicados a cualquier esfera o actividad relacionada con el hombre y con él mismo. Así, puede resultar aún más comprensible si se toma el ejemplo en la Salud Pública, donde se ha introducido un término, que de cierta manera oculta los conceptos de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo. Cuando en la ciencia médica se dice "FACTORES DE RIESGO" se refiere precisamente a la VULNERABILIDAD, que podría ser definida como

las características, actividades y atributos potenciales de un individuo para adquirir o contraer cierta enfermedad.

El PELIGRO es la existencia real de las enfermedades, es una verdad objetiva, y el RIESGO es enfermarse, una probabilidad real. Si una persona toma las medidas necesarias en su alimentación y modo de vida, por ejemplo ingiriendo alimentos bajo de sal, poca grasa, haciendo ejercicios, no fumando, etc., simplemente está reduciendo su vulnerabilidad a contraer una enfermedad de origen cardiaco, y por ende estará en menor riesgo de enfermarse.

**Tabla V-1.- Determinación del riesgo por el método de cruzamiento.**

| Característica | Cruzamiento de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PELIGRO        | B   | B | B | M | M | M | A | A | A |
| VULNERABILIDAD | B   | M | A | B | M | A | B | M | A |
| RIESGO         | B   | B | M | B | M | A | M | A | A |

B- Bajo; M- Medio; A- Alto

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Batista, J.L.; Sánchez, M.; Díaz, M. (1992): Territorios inundables en Cuba, (III Congreso Internacional sobre desastres), La Habana, 17 pp.
- Batista Silva, J. L. (1999): "Niveles de riesgo en Cuba y Puerto Rico". CD-ROM VII Encuentro de Geógrafos de América Latina, San Juan, Puerto Rico.
- Batista Silva, J. L.; Sánchez Celada, M. (2003): "Peligro y vulnerabilidad en el este de La Habana", Revista Mapping No 88, Setiembre 2003, España, pp. 86-98.
- Burton, I., Kates, R.W. and White, G.F. (1978): The Environment Hazard (New York: Oxford University Press.
- CEPAL (2005): Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales (Cuatro experiencias en América Latina y El Caribe). Santiago de Chile, 138 p.
- Coburn et al., (1991): Vulnerability and Risk Assessment, United Kingdom, UNDR0, 57 pp.
- Cocco Quezada, A; Gutiérrez Pérez, G. (1999): El huracán Georges en la República Dominicana: efectos y lecciones aprendidas.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. (1964): Fluvial Processes in Geomorphology (San Francisco, California: W.H. Freeman.
- Ley No. 147-02 Sobre la Gestión de Riesgos, Santo Domingo, República Dominicana, 22 de Septiembre del 2002.
- O'Reilly Pérez, H. (Internet): ¿Es posible que ocurra un sismo catastrófico en la República Dominicana?
- Osiris de León, R (Internet): Riesgo sísmico en la República Dominicana, 5 p.



Riggs, H.C.(1985): Streamflow Characteristics (New York: Elsevier.

Schmudde, T.H.(1968): "Floodplain" in R.W. Fairbridge, The Encyclopedia of Geomorphology (New York: Reinhold, pp. 359-362.

Seguinot Barbosa, J.; Batista Silva, J. L.; Sánchez Celada, M. A. (2008): Evaluación de riesgos por inundaciones en los Municipios de Carolina y Loiza, Puerto Rico. En Revista GEOFOCUS No 8, pp. X-XX, ISN: 1578-5157, Madrid, España.

Stop Disasters (1996): Desastres y Medio Ambiente, No 27-1

Stop Disasters, 1994.