

Vulnerabilidad del país ANTE LOS CICLONES TROPICALES

II

(Consideraciones sobre la susceptibilidad del territorio de la República Dominicana a los ciclones tropicales: caso de la tormenta Noel)

Características climáticas de la República Dominicana

Desde un punto de vista general, de acuerdo a la clasificación climática del Köppen (1936), la República Dominicana queda clasificada en la clase A (climas tropicales húmedos), la cual se caracteriza por una temperatura mensual promedio superior a los 18°C y precipitación abundante que supera la evapotranspiración anual.

El clima de la República Dominicana, aparece fuertemente influenciado por su estructura orográfica e hidrográfica, la cual es responsable de la gran diversidad climática y ambiental que se observa, no sólo entre áreas costeras y áreas internas montañosas, sino también entre áreas localizadas a altitudes parecidas en diferentes partes del país.

La estructura fisiográfica de la isla Hispaniola es ampliamente controlada por la presencia de estructuras montañosas bastante jóvenes. Las principales cadenas montañosas y los relativos sistemas de valles frecuentemente están controlado por sistemas de fallas orientadas en su mayoría en dirección NE-SO (Mann et al. 1990; 1995) (Figura 1), que evolucionan bajo el control de la compleja dinámica de la tectónica del Caribe (Lewis, 1980; Burke et al., 1984; DeMets et al., 1990).

La Hispaniola está bajo la influencia del Anticiclón Norte-

MICHELA IZZO ⁽¹⁾,
PIETRO PATRIZIO
CIRO AUCELLI ⁽¹⁾,
YUDITH JAVIER ⁽⁵⁾,
CARIDAD PÉREZ ⁽²⁾,
CARMEN MARIA
ROSSKOPF ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio (Di.STAT), Università degli Studi del Molise, Pesche, Italia

C.da Fonte Lappone, Pesche (IS) 86090, Italia

⁽²⁾ Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) Santo Domingo Este, República Dominicana

⁽³⁾ Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Av. Jiménez Moya, Centro de los Héroes, Santo Domingo, República Dominicana



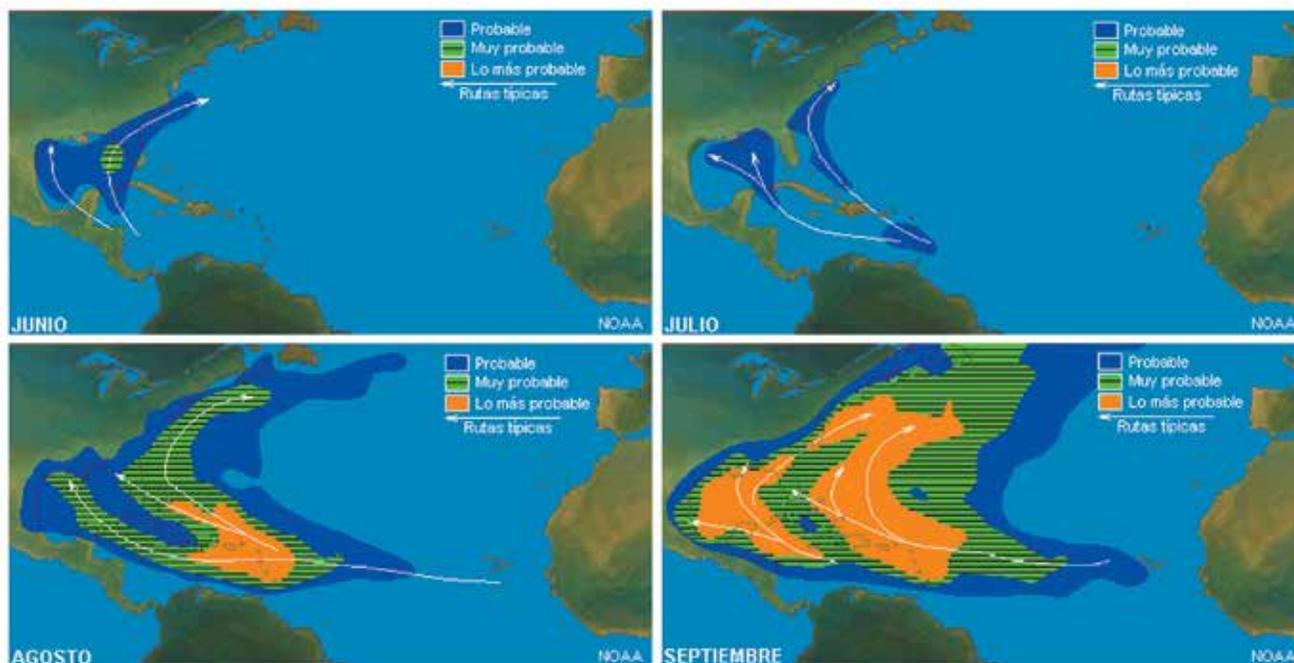
Atlántico, regulador de los vientos alisios y de las corrientes oceánicas tropicales húmedas (Cocco Quesada, 2001), las cuales, debido a la perturbación originadas por sistemas de ondas tropicales en la porción este del país, son responsables de la mayoría de las precipitaciones en el país. Durante el invierno, los frentes o *vagudas*, que acompañan estas ondas tropicales, son responsables de las precipitaciones típicas de esta estación del año (Cocco Quesada, 2001).

Sobre la base de estas consideraciones, Cocco Quesada (2001) ha elaborado una clasificación climática de la República Dominicana basada en los siguientes períodos climáticos: un período de actividad frontal de noviembre a abril; un período de actividad convectiva de mayo a julio, caracterizado por un refuerzo de los vientos orientales que causan una intensa convección y el desarrollo de grandes nubes y tormentas eléctricas; un período de actividad tropical de agosto a octubre, caracterizado

por abundantes precipitaciones. Estos tres períodos están acompañados por dos períodos cortos de transición: el primero ocurre en la segunda mitad de abril, cuando se verifica el paso de la actividad frontal a la convectiva, y el segundo en la segunda mitad de noviembre, cuando la actividad ciclónica es progresivamente sustituida por la actividad frontal.

Ese tipo de clasificación permite explicar la reducción de precipitación que se observa en las llanuras costeras septentrionales, la presencia de precipitaciones de verano en el sur del país, y la ocurrencia de sequías estacionales en diferentes partes de República Dominicana.

El tiempo y el clima de la isla están ampliamente bajo la influencia de las cadenas de montañas alineadas perpendicularmente a las corrientes dominantes orientales. Esto determina una considerable variación de las cantidades de lluvia entre las áreas ubicadas al nordeste y aquellas ubicadas al suroeste de la Cordillera Central, las cuales presentan





precipitaciones respectivamente de 2000 mm y 350-400 mm, con las últimas típicas de condiciones propias de un ambiente árido (categoría *BShw* del Köppen, clima cálido de la estepa). Siguiendo la clasificación del Köppen, en el país están presentes todas las sub-categorías A: *Af* (clima del bosque húmedo tropical), típico de la península de Samaná, la Cordillera Oriental, la zona kárstica de Los Haitises, el valle del Bajo Yuna y, parcialmente la Cordillera Septentrional y la Sierra de Bahoruco; *Am* (clima monzónico tropical), el cual puede ser identificado en el área de Cabrera, Cotuí, El Seibo, Monte Plata, San Cristóbal, Villa Altagracia, Villa Riva, Yamasá and Yásica; *Aw* (clima tropical húmedo y seco de sabana), típico de la provincia de Santo Domingo. Finalmente, en la zona del valle de Constanza y en las áreas montañosas, se encuentra el tipo *Cf* (clima temperatura húmedo o tropical de la montaña) (Marcano, 2007).

La distribución espacial de algunos de los principales parámetros climáticos, como la temperatura y la precipitación, se presenta en Figura 2, donde se muestran los diagramas de Bagnouls-Gausson y de Peguy relativos a varias estaciones representativas de las principales regiones climáticas del país. Es evidente la reducción progresiva de las precipitaciones procediendo del este al oeste. En las zonas orientales, aunque sea evidente una típica reducción de las precipitaciones durante el invierno y la primavera, no se identifica ningún período verdaderamente árido. Las zonas occidentales, a revés, presentan períodos áridos concentrados típicamente en invierno (diciembre-febrero) y verano (julio-agosto) en el sector sur (Barahona), mientras que cubren todo el verano (mayo-septiembre) en el sector

norte, mostrando similitudes con el clima mediterráneo (Monte Cristi).

Típicos elementos de clima templado aparecen en las zonas montañosas (Constanza), donde la elevación genera una considerable reducción de la temperatura promedio anual. Mientras que para el país la temperatura promedio anual es de alrededor de 26 °C, a altitudes superiores a los 1200 m snm en algunas áreas de la Cordillera Central baja a menos de 18 °C. La Figura 3 muestra la distribución espacial de la precipitación promedio anual (A) y la temperatura máxima y mínima anual (B y C) para el período 1971-2000.

El territorio Dominicano se caracteriza por un ulterior importante aspecto climático, debido a que pertenece a la zona latitudinal donde se desarrollan fenómenos atmosféricos conocidos como *ciclones tropicales*.

Un ciclón tropical es un sistema de baja presión de tipo no frontal a escala sinóptica, que evolucionan sobre las aguas tropicales o subtropicales con un movimiento convectivo altamente organizado y una circulación ciclónica de los vientos superficiales bien definida (Holland, 1993). A diferencia de los ciclones extra-tropicales, los ciclones tropicales se caracterizan por un gradiente de temperatura en superficie extremadamente reducido y los fuertes vientos superficiales que acompañan el fenómeno derivan de la energía liberada durante el proceso de formación de las nubes y la lluvia ligado a las masas de aire tropical húmedo y caliente (Holland, 1993; Merrill, 1993; Henderson-Sellers et al., 1997). Los ciclones tropicales con vientos hasta 17 m/s (61.2 km/h) se denominan *depresiones tropicales*. Cuando los vientos alcanzan por lo menos 17 m/s (61.2 km/h), el ciclón toma el nombre de



tormenta tropical. Si los vientos alcanzan los 33 m/s (118.8 km/h), el fenómeno se llama *huracán* o *tifón*, según la región de ocurrencia (Holland, 1993).

Los ciclones típicamente se originan durante el verano, cuando es máximo el calentamiento de la superficie oceánica, a partir del comienzo de junio hasta el final de noviembre en el Atlántico (Landsea, 1993). Inicialmente, los ciclones se mueven hacia el oeste, bajo el empuje de los vientos alisios que soplan a las latitudes donde los ciclones se originan (entre 5 y 30°), y luego se mueven lentamente hacia los polos. Muchos ciclones se alejan bastante del Ecuador, alcanzando, a las medias latitudes, las áreas dominadas por los vientos occidentales, los cuales causan una inversión en la dirección de los ciclones, que empiezan a moverse hacia este (MetOffice, 2008). La trayectoria de un ciclón muestra una típica evolución dependiendo del mes del año (NOAA, 2008). En la Figura 4 se presentan las trayectorias típicas en el Atlántico para los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Caracterización de las cuencas hidrográficas del Haina y Nizao

Las cuencas hidrográficas del Haina y Nizao fueron elegidas para el análisis detallado de los efectos al suelo producidos durante el paso de la tormenta Noel. Las dos cuencas, ubicadas en la porción sureste de la Cordillera Central (Figuras 5 y 7), hospedan la mayoría de los ambientes fisiográficos y morfodinámicos característicos del sector centro-meridional de la República Dominicana. Partiendo de elevaciones hasta 2000 m snm, típicas de las porciones septentrional y nor-occidental de

la cuenca del Nizao (Figura 5), los ríos Haina y Nizao llegan al Mar Caribe cruzando una amplia región montañosa, caracterizada por los sistemas de valles de los ríos Isa y El Duey y por el curso alto y medio del río Haina, por un lado, y del otro por los sistemas de valles de los ríos Mahoma y Mahomita y por el medio curso del río Nizao.

Las dos cuencas hidrográficas analizadas son estratégicas en términos de provisión de agua de una de las zonas más poblada de la República Dominicana y donde, por consecuencia, las actividades antrópicas ejerce una presión considerable sobre los recursos hidrológicos del área (INDRHI, 2006). En particular, un reciente estudio llevado a cabo por Abreu (2004) evidencia que la cuenca de desague del Haina-Manoguayabo proporciona el 25% de las aguas suministradas a la capital por la Corporación de Acueductos y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD).

Las cuencas del Haina y Nizao son cuencas del 5° orden y son caracterizadas por una extensión de 564 y 1036 km² y una altitud promedio de 330 y 809 m snm, respectivamente. En base a las longitudes de 77 y 133 del curso de agua principal, tiempos de concentración de 14.5 y 13.8 horas fueron estimados respectivamente para las cuencas del Haina y Nizao, aplicando el método de Giandotti (Giandotti 1934; Giandotti 1940).

Sólo una pequeña parte de su superficie (alrededor del 4% y 13% respectivamente para las cuencas del Nizao y Haina) es constituida por llanuras costeras aluvionales, mientras que la restante parte es representada por terrenos de colinas hasta alta montaña (Cuadro 1). Los picos mayores son Loma El Pinchón (2354 m), Loma de la Piedra de Manuel (2600



m), Loma Alto de la Bandera (2842 m) y Alto de la Lechuguilla (2540 m) en el norte, y Alto de la Lechuga (2400 m) y Loma de los Chivos (2073 m) en el noroeste. Terrenos de colina-montaña hasta alta montaña dominan ampliamente en la cuenca del Nizao (alrededor del 80%), mientras que la cuenca del Haina se caracteriza por un territorio prevalentemente costero y de colina, ubicado por debajo de los 500 m snm (76.5%), y por terrenos de colina-montaña (19.5%). Los terrenos montañosos son limitados a la porción occidental de la cuenca (alrededor de 4%), mientras que los terrenos de alta montaña son completamente ausentes.

Cerca de un tercio y dos tercios respectivamente de las cuencas del Nizao y Haina son caracterizados por pendientes menor de 10 grados y alrededor del 93 y 98.4% respectivamente por pendientes inferiores a los

30 grados. Solamente la cuenca del Nizao muestra un porcentaje apreciable (cerca del 6.8%) de áreas con pendientes superiores a los 30 grados. En especial, la mayor parte de los valles con vertientes empinadas, localmente con pendiente superior a los 40 grados, se concentra en las porciones norte y centro-sur de la cuenca, donde afloran rocas volcánicas y sedimentarias. Al contrario, en la parte centro-norte de la cuenca, donde son típicas las rocas graníticas, las incisiones de los valles se caracterizan por vertientes menos empinadas, generalmente menores de 20 grados. En la cuenca del Haina, las áreas con más alto relieve local y las vertientes más empinadas están limitadas a las porciones occidentales y nor-occidental, mientras que en las restantes zonas prevalecen las colinas y las áreas planas.

Debido a que las rocas que afloran son al-



tamente afectadas por la alteración meteórica, las vertientes son normalmente caracterizadas por una más o menos espesa cobertura de suelo-regolite altamente inestable, especialmente donde el hombre ha quitado la cobertura forestal original para fines de aprovechamiento agrícola.

En las zonas de montaña y alta montaña ubicadas en las porciones norte y noroeste de las dos cuencas, dominan valles estrechos, drenadas por arroyos permanentes que se caracterizan por un régimen torrencial. Por otro lado, en la región septentrional de colina-montaña de la cuenca del Nizao y en la región nordeste de colina de la cuenca del Haina, los valles son más anchos y en algunos tramos los arroyos principales son reducidos, mientras que en otros son caracterizados por un patrón de sinuoso (Rancho Arriba) a entrelazado hasta a meandros (Villa Altagracia), con planicie aluvial que localmente alcanzan los dos kilómetros de ancho. Un patrón a meandros caracteriza en especial los tramos más bajos de los dos ríos, donde las planicies costeras y aluviales se extienden por alrededor de 15 km arriba de la línea de costa.

La red de carreteras que conecta los más grandes centros urbanos del país se ha desarrollado a lo largo de los cursos de agua principales o cruzan en varios puntos algunos grandes ríos. En correspondencia del curso medio del río Haina, por ejemplo, corre la Autopista Duarte, cruzando en algunas áreas terrazas fluviales del primer orden. Las Autopistas 6 de Noviembre y Sánchez cruzan varios ríos, como Haina, Nigua, Nizao, Ocoa, Yaque del Sur, entre los principales, resultando en varias ocasiones interrumpidas las comunicaciones con el sur del país, debido al colapso de los

puentes.

Las planicies costeras y aluviales, caracterizadas por la presencia de abundantes depósitos y por ende muy fértiles, muestran la más alta concentración de actividades antrópicas (agricultura intensiva mecanizada, centros urbanos, industrias, etc.) y elevadas densidades de población, las cuales en el área de Bajos de Haina alcanzan los 5000 habitantes/km². Es importante subrayar que en la provincia de San Cristóbal, que ocupa la mayoría de la cuenca hidrográfica del Haina y casi la mitad de la del Nizao, la densidad promedio de población es de alrededor de 420 habitantes/km² (ONE, 2004a). Algunos pueblos, como Los Cacaos (7494 habitantes según el último censo, ONE 2004b), están ubicados en valles entre las montañas en la confluencia de cursos de agua.

Uno de los más grandes polos industriales del país está ubicado en la desembocadura del Río Haina, caracterizada por riberas artificiales construidas para proteger el poblado centro urbano e industrial. En esta área, se encuentran más de 100 industrias, que van de la manufacturera a la química, a la metalúrgica, a la farmacéutica, además de plantas de generación eléctrica y la refinería dominicana de petróleo. En 2006, este polo industrial apareció entre los diez sitios más contaminados del mundo (Caravanos y Fuller, 2006), debido a sus altas concentraciones ambientales de plomo, producidas por una compañía que reciclaba batería de carros.

En las restantes porciones de colina y montaña de las dos cuencas, son muy difusas las tierras cultivadas, ocupando el 43% del territorio en la cuenca del Haina (SEMARENA, 2003). El café es ampliamente cultivado, especialmente en las zonas de las líneas divi-



sorias de las dos cuencas. Al contrario, en la zona de alta montaña de la cuenca del Nizao prevalece la foresta.

La población rural está típicamente distribuida en pueblos permanentes compuestos, en la mayoría de las áreas internas por alrededor de cien familias que viven en viviendas de madera y zinc. Los medios de vida de esta población consisten en una agricultura de subsistencia basada en la práctica del *conuco*. Este tipo de agricultura, típica de las áreas montañosas caracterizadas por pendientes elevadas, se caracteriza por baja productividad y determina una progresiva degradación de tierra. Los terrenos limpiados mediante la tumba y quema garantizan el sustento de una familia campesina sólo por unos pocos meses. Luego, la pérdida de suelo, que se produce por la baja cobertura vegetal y las elevadas pendientes, hace que las tierras se vuelvan rápidamente improductivas, obligando al campesino a deforestar las áreas cercanas y repetir el mismo ciclo.

Materiales y Métodos

Para los fines del artículo, la descripción climática de la República Dominicana y la caracterización de la tormenta Noel fue basada en el análisis de datos diarios y mensuales de lluvia y temperatura del aire registrados por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI).

Para estimar los períodos de retorno de la tormenta, las precipitaciones total en las 24 horas y en 6 días respectivamente asociadas a la tormenta Noel fueron comparadas con las series históricas de Santo Domingo, Barahona,

Constanza, San José de Ocoa y San Cristóbal, aplicando la distribución de Gumbel del Primer Tipo (Gumbel 1958), con porcentaje de datos disponibles alrededor del 80%. Los datos de las estaciones de Villa Altagracia y Rancho Arriba fueron excluidos del análisis debido al elevado porcentaje de datos faltantes. Para el análisis fueron consideradas sólo series de datos que, al test del Chi Cuadrado, demostraran ser distribuidas según la distribución de Gumbel a un nivel de confianza del 95%. Se realizaron visitas al campo al área de interés para documentar los efectos generados por la tormenta, los cuales fueron documentados mayormente a través de fotografías.

Los datos fueron trabajados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), donde se realizó la especialización de las variables analizadas.

Resultados

Dinámica y evolución de la tormenta Noel

Como se describe en Brown (2007), el desarrollo del ciclón tropical Noel tuvo su origen a partir de una onda tropical que dejó las costas occidentales de África el 16 de octubre del 2007. Durante los siguientes siete días, la onda se movió hacia el oeste cruzando el Atlántico oriental sin mostrar ningún nivel de organización. El 22 de octubre, alcanzó las Antillas Menores como onda tropical. A partir de ese momento, inició la interacción con una baja presión de superficie ubicada al norte de las Islas Leeward y con una depresión en cota que se extendía hacia suroeste del Océano Atlántico hacia el Mar Caribe. El 23 de octubre, dicha interacción produjo el desarrollo de una área de baja presión 280 km



a ENE de las Islas Leeward septentrionales. El nuevo mínimo báltico se movió hacia el oeste, produciendo actividad eléctrica desorganizada en los dos días siguientes, mientras que fuertes vientos occidentales impidieron ulteriores evoluciones. El 25 de octubre el área de baja presión giró hacia OSO, moviéndose sobre las Islas Vírgenes y pasando cerca de la costa sureste de Puerto Rico el 26 de octubre. El 27 de octubre, los vientos occidentales en cota iniciaron a reducirse, permitiendo el desarrollo de procesos convectivos. Un incremento del nivel de organización, ocurrido el 27 de octubre alrededor de medianoche, hizo que el fenómeno se convirtiera en una depresión tropical, cerca de 340 km a SSE de Puerto Príncipe.

Luego de formarse, la depresión adquirió un movimiento hacia el oeste. La convección continuó incrementándose y se volvieron evidentes las típicas bandas a partir de las primeras horas del 28 de octubre, cuando el fenómeno alcanzó la categoría de tormenta tropical. De aquel entonces, Noel siguió fortaleciéndose, alcanzando seis horas más tarde una intensidad de 50 nudos (92.6 km/h). El 29 de octubre, siguiendo su trayectoria noroccidental hacia la costa sur de Haití, el fenómeno vio la ruptura de la circulación en los niveles inferiores, debido a la interacción con el terreno montañoso. La velocidad del viento por ende se redujo hasta 45 nudos (83.3 km/h).

La organización de la tormenta se redujo considerablemente durante su paso a lo largo de la costa occidental de Haití. En su movimiento hacia el oeste, el fenómeno recuperó fuerza pasando sobre las aguas del Atlántico occidental, alcanzando una intensidad de 50 nudos (92.6 km/h) a lo largo de la costa norte de la porción oriental de Cuba. La tormenta

estacionó sobre el territorio cubano alrededor de 30 horas, durante las cuales incurrió en una ligera reducción de intensidad. El sucesivo paso sobre las aguas oceánicas a norte de Cuba, acompañado por un progresivo incremento de la actividad convectiva, determinó una continua intensificación del fenómeno, que el 2 de noviembre alcanzó la categoría de huracán, al noroeste de las Bahamas. Prosiguiendo su camino hacia el norte, el fenómeno redujo progresivamente su intensidad, hasta fusionarse el 6 de noviembre con otro ciclón extratropical cerca de las costas de Groenlandia. La Figura 6 muestra la evolución de la tormenta tropical en su paso sobre el territorio dominicano.

Intensidad de la tormenta

El paso de la tormenta tropical Noel sobre el territorio de la República Dominicana (Figura 6) produjo precipitaciones abundantes y persistentes. Aunque el centro del ciclón se localizó sobre Haití, la estructura altamente asimétrica del fenómeno determinó que la mayoría de las precipitaciones ocurrieron al este de su centro. Más que la intensidad del viento, fueron las abundantes precipitaciones que causaron la mayoría de los impactos, aunque en Barahona y sus alrededores se registraron vientos hasta 60 nudos (111.1 km/h) (Brown, 2007).

La distribución espacial de las precipitaciones asociadas al evento (Figura 7) evidencia que, coherentemente con la trayectoria de la tormenta, la mayoría de la lluvia se presentó en el sur y suroeste del país. En particular, la Cordillera Central actuó como una barrera, produciendo diferencias de precipitaciones



hasta 500-600 mm entre la vertiente sur y la vertiente norte de la cadena montañosa.

Comparando la precipitación mensual sobre el territorio dominicano durante el 2007 con los valores promedio (normales) registrados durante el período de treinta años del 1971-2000 (Figura 8), se destacan dos anomalías principales: las estaciones centrales y meridionales registraron una precipitación mensual inferior o igual a la normal, mientras que las estaciones septentrionales muestran una distribución altamente heterogénea de la cantidad de lluvia, significativamente más alta que la normal en la mayoría de los meses, intercalados por uno o más meses con precipitaciones parecidas o considerablemente inferiores a la normal (estaciones de Arroyo Barril y Sabana de la Mar). Los desvíos de



la precipitaciones totales promedio y las precipitaciones registradas durante el 2007, calculados como porcentaje de (precipitación total de 2007 - precipitación anual promedio) / precipitación anual promedio, produce una típica zonificación del territorio dominicano (Figura 8), la cual evidencia zonas que en 2007 fueron caracterizadas por un exceso (sector central) y por un déficit de la precipitación anual promedio respecto a la normal (sectores noroeste y este).

Desde un punto de vista general, en 2007 se puede observar una significativa reducción de la precipitación mensual sobre todo en el mes de febrero, el cual ya por si mismo es uno de los meses más secos del año.

Por otro lado, el mes de octubre de 2007 fue definitivamente más lluvioso que el promedio (Figura 9). La mayoría de las estaciones (véase por ejemplo la Figura 8) registraron valores diarios generalmente por debajo de la normal durante las semanas que precedieron la tormenta y un máximo de precipitación a finales de octubre, en coincidencia con el paso de la tormenta. En todo el territorio nacional, las precipitaciones registradas durante ese mes presentan porcentajes positivos de desvío de la normal, con valores que son de un 20% hasta cinco veces más alto que el promedio (estación de Rancho Arriba).

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) muestran que los períodos de retorno para la lluvia diaria sólo localmente exceden los 20 años (21.7 años para la estación de San José de Ocoa). Los períodos de retorno calculados para un período de 6 días exceden los 50 años para tres de las cinco estaciones analizadas, alcanzando alrededor de 207 años en San José de Ocoa. Coherentemente con la dinámica del



evento, caracterizado por una estructura asimétrica centrada sobre Haití y extendiéndose hacia el este, los períodos de retorno decrecen considerablemente para las estaciones ubicadas en la porción oriental del país.

Principales efectos al suelo

Según fuentes oficiales (CEPAL, 2008), el paso de la tormenta tropical Noel en el territorio de la República Dominicana causó 87 víctimas, mientras que 48 personas resultaron desaparecidas; de 3000 viviendas fueron completamente destruidas y otras 16000 dañadas, y alrededor de 79000 personas se quedaron en los albergues por más de dos semanas de pasado el evento (CEPAL, 2008). Esto llevó a que se declarara oficialmente el estado de emergencia en el país.

La agricultura fue el sector más afectado. Las primeras estimaciones presentan un daño total superior a los 100 millones de dólares (CEPAL, 2008). La agricultura a pequeña escala y de subsistencia fueron las más afectadas,

con importantes consecuencias sociales, en especial para los componentes más vulnerables de la población. Las musáceas (guineo y plátano) y el café fueron los cultivos que recibieron los daños mayores. Los daños al café se estiman en alrededor de 6 millones de dólares (CODOCAFE, 2008).

Aunque no están disponibles datos de caudales máximos registrados durante el evento, los efectos al suelo dejan imaginar que los caudales de pico fueron considerables. Una estimación indicativa obtenida mediante la aplicación del método de la ecuación ración (Kuichling 1889) muestra valores máximos de caudales a la desembocadura alrededor de 1500 m³/s and 2000 m³/s respectivamente para el Río Haina y el Río Nizao.

Daños significativos se registraron en las siguientes provincias: Distrito Nacional, Santo Domingo, Barahona, San Pedro de Macorís, San Cristóbal, Santiago, Sánchez Ramírez, Duarte, Samaná, Azua, Independencia, Peravia, Pedernales, La vega y Monte Cristi





(CEPAL, 2008). En especial, San Cristóbal y San José de Ocoa, sede de las cuencas del Haina y Nizao, fueron entre las áreas más afectadas, especialmente por las precipitaciones y los consecuentes fenómenos de aluvión y deslizamiento de tierra.

Además los vientos de hasta 111 km/h, causaron ingentes daños a la agricultura, las infraestructuras y las estructuras rurales (principalmente viviendas de madera y zinc), especialmente en la parte Suroeste de País en la provincia de Barahona..

Las inundaciones ocurrieron en los fondos de los valles y las planicies costeras. Los efectos destructores se deben poner en relación con la inundación de los terrenos por parte del agua, así como con la erosión causada por las

aguas a lo largo de los canales y en las áreas de planicie aluvial. Las inundaciones afectaron áreas extensas, perteneciendo a los municipios de Rancho Arriba, Los Cacaos y Yaguante en la cuenca del Nizao, y a los municipios de Villa Altagracia y Haina en la cuenca del Haina.

Con más de 30 personas muertas en el valle de El Duey, el municipio de Villa Altagracia registró el más alto número de víctimas (CEPAL, 2008). Aquí s comunidades rurales enteras, que vivían a los lados del lecho del río y en la planicie aluvial (Figura 10A-D), en correspondencia de la confluencia de los ríos El Duey y Arroyo Grande (ambos afluentes del río Haina), fueron destruidas por la inundación (Figura 10E), la cual cogió la gente de sorpresa mientras estaban durmiendo. Esta inundación, como luego referido por la gente, fue la más grande nunca observada en el área durante los últimos 70 años.

Las carreteras e infraestructuras de comunicación fueron gravemente afectadas por la inundación. En particular, esta causó el colapso de varios puentes (Figura 10F), mientras que un tramo de la Autopista Duarte fue alcanzado por las aguas del río Haina y cerrado al tránsito de vehículos por varias horas (Figura 10G). En el área donde el río Básima se une al Haina, el agua inundó amplias porciones de la planicie aluvial y reactivó canales abandonados por el río (Figura 10G).

También en los centros urbanos, las inundaciones causaron ingentes daños, como por ejemplo en el pueblo de Los Cacaos (San Cristóbal), ubicado en el sector medio de la cuenca hidrográfica del Nizao a lo largo del curso medio del río Mahomita, cuyo nivel hidrométrico creció localmente más de seis metros (Figura 10H). En este caso, es importante





subrayar la inadecuada técnica utilizada para la construcción del puente: arcos estrechos no son adecuados para ríos caracterizados por significativa carga sólida y flujos irregulares.

Los deslizamientos interesaron ampliamente las áreas de montaña y colina-montaña de las porciones meridionales del país, con gran concentración en las cuencas del Haina y Nizao. Los principales tipos de movimientos registrados fueron flujos y colapsos.

Flujos de detritos y lodo interesaron en prevalencia los mantos de suelo y regolite de vertientes empinadas (generalmente superiores a los 30°) y afectaron la mayor parte de las vertientes que habían subido recientes cambios en la cobertura original, debido a operaciones de remoción de árboles (Figura 11A-C). En las cuencas investigadas, tales flujos produjeron un impacto negativo muy fuerte sobre la agricultura, basada en prevalencia en el café. En efecto, los daños consistieron no sólo en la pérdida de la producción, relacionada con la ocurrencia de la tormenta durante el período de la cosecha, sino también en la extensa degradación de tierra generada por la pérdida de suelo o su entierro producido por la acumulación de detrito.

Los flujos causaron el colapso de puentes y la interrupción de importantes vía de acceso a áreas pobladas con miles de personas. Por ejemplo, el pueblo de Los Cacaos se quedó accesible sólo vía helicóptero por más de quince días. Enteros barrios fueron sepultados por los flujos de detritos (Figura 11D) que descendieron de los territorios montañosos de los alrededores y en especial de la cuenca hidrográfica de la Cañada del Café, donde afloran rocas ígneas fuertemente alterada. Comunidades como la de Los Calimetes y La Laguna, en el municipio de Los Cacaos, se quedaron accesibles sólo a medio de animales

por más de dos meses del evento.

Deslizamientos de menores dimensiones pero ampliamente difusos fueron colapsos de rocas y tierra, ocurridos típicamente a lo largo de taludes muy empinados, debidos a cortes artificiales (por ejemplo corte de carreteras Figura 11E-F) o producidos por excavaciones del río a los pies de las vertientes durante el evento (Figura 11G).

En monitoreos de campo llevados a cabo tres y diez meses después del evento en las áreas más afectadas por los deslizamientos revelaron que la zona de afectación aparece todavía completamente desnuda y prácticamente con la misma morfología que mostraban inmediatamente después de la tormenta, destacando que se necesitan tiempos largos para que se reconstruya la capa vegetal y mejoren las presentes condiciones de las vertientes (Figura 12).

CURIOSIDADES ACADÉMICAS

ISLAS Y ARCHIPIÉLAGOS

- La isla más grande del mundo es Groenlandia (si exceptuamos la isla-continente de Australia), con una superficie de 2.176.000 Km², de los que más del 84% están cubiertos por hielo. A pesar de esto, cuando los exploradores llegaron allí, lo primero que vieron fue hierba, y de aquí viene su nombre (Green Land=Tierra verde).
- La isla rodeada de agua dulce más grande del mundo es la isla de Marajó, de 48.000 Km² (del mismo tamaño de la República Dominicana), situada en la desembocadura del río Amazonas. Esta desembocadura mide más de 200 kilómetros de ancho.
- El mayor archipiélago del mundo tiene 5600 kilómetros de longitud y está compuesto por las 13.000 islas que forman Indonesia, en el sudeste asiático.