

Huracán Otto

Informe técnico

Otto es el primer huracán en la historia documentada (desde al menos 1851) con impacto directo en el país. A su paso generó aguaceros torrenciales con acumulados diarios de 300 mm y vientos intensos con ráfagas de 15 a 30 m/s en las regiones del norte del país. La cantidad de lluvia acumulada generó deslizamientos y avalanchas de gran impacto como fue el caso de Upala, Bagaces y Bijagua. Afectó de forma considerable grandes zonas de cultivo, así como la fauna y la flora, la cual se vio muy impactada tanto por los vientos intensos como por la lluvia copiosa y continua.

El Instituto Meteorológico Nacional emitió desde el 16 de noviembre una cantidad de 76 informes meteorológicos relacionados con la atención de este evento. Se atendieron los medios de comunicación, particularmente a los televisivos, quienes tenían transmisión permanente desde el IMN. Se concurreó a las reuniones técnicas convocadas por el Centro de Operaciones de Emergencia. Además, se alimentaron de manera constante las redes sociales, a saber: Twitter y Facebook.

Este resumen técnico pretende recopilar la mayor cantidad de información relacionada con este huracán.

Análisis meteorológico

El Huracán Otto surgió de un sistema de baja presión segregado de la vaguada monzónica localizada al sur del Mar Caribe el día 15 de noviembre (figura 1). Al mismo tiempo, un empuje frío estaba localizado en el noroeste del Mar Caribe e influyó posteriormente de forma significativa en la trayectoria seguida por el ciclón. La intensificación paulatina del sistema de baja presión hasta llegar a convertirse en un huracán categoría 2 fue debido a condiciones ambientales favorables, tales como las temperaturas de 29°C del mar Caribe, la baja cortante vertical y la difluencia/divergencia en la troposfera alta. No hay que descartar la influencia que pudo ocasionar el evento de La Niña que había sido declarada en el mes de noviembre. El avance hacia el sur del empuje frío y los mismos vientos Nortes que se le asociaron (líneas de corriente en 850 hPa de las figuras 1-5) evitaron que el huracán subiera en latitud, forzándolo a moverse zonalmente de este a oeste, encauzándolo

inicialmente sobre el territorio continental nicaragüense y luego hacia el suroeste sobre Costa Rica, causando daños de diversa índole, además de la pérdida de 10 vidas humanas.

Las primeras manifestaciones o impactos del huracán Otto sobre el país se presentaron a partir del 16 de noviembre cuando apenas era una baja presión (con el centro a 470 km al noreste de Limón). En los cantones de Golfito, Osa y Corredores (todos de la región Pacífico Sur) se registraron precipitaciones de hasta 300 mm en 24 horas, lo cual ocasionó inundaciones y deslizamientos.

La condición de baja presión se mantuvo entre el 15 y 20 de noviembre (figuras 1-5) hasta que en la madrugada del día 21 fue declarada como la depresión tropical #16, con el centro de 1002 hPa, estacionaria y a 440 km al noreste de Limón (figura 6). Al mediodía del día 21 (12 horas después de haber sido declarada como depresión) se intensificó al grado de tormenta tropical con el nombre de Otto, para ese entonces su centro se localizaba a 447 km al noreste de Limón (figura 6), y su desplazamiento era lento y errático hacia el este desde su posición anterior. Durante ese día y el siguiente siguió moviéndose lentamente pero con rumbo al sur (el 22/11 se encontraba a solo 95 km al norte de la costa Caribe de Panamá).

A las 3 pm del martes 22 Otto fue declarado por el Centro Nacional de Huracanes (CNH-NOAA) como el séptimo huracán de la temporada, con el centro ubicado a 375 km al este de Limón, vientos de 120 km/h (categoría 1 en la escala de intensidad), la presión central de 984 hPa y con desplazamiento hacia el oeste a 4 km/h. En ese punto el huracán había alcanzado la posición más sur de su trayectoria (10.4°N) en el mar Caribe, y junto con Martha (noviembre de 1969) son los dos huracanes más meridionales de la cuenca del océano Atlántico. Posteriormente cambió su rumbo hacia el oeste-noroeste (figura 6) al mismo tiempo que experimentaba un debilitamiento temporal, de tal forma que efectivamente a las 6 am del miércoles 23 fue degradado a tormenta tropical (con el centro a 300 km de Limón, presión central de 994 hPa, viento de 110 km/h y velocidad de 7 km/h). Esta condición duró tan solo 12 horas puesto que a las 6 pm de ese día recobró nuevamente la intensidad de huracán (con el centro ubicado a 230 km al noreste de Limón, la presión central en 984 hPa, los vientos en 120 km/h y el desplazamiento hacia el oeste a 13 km/h). Nótese que para ese momento la velocidad de traslación había aumentado al doble.

A las 6 am del jueves 24 un avión cazahuracanes realizó varios sobrevuelos dentro y fuera de Otto, encontrándolo con una mayor intensidad y más al sur de lo estimado 3 horas antes, los datos del cazahuracanes fueron: el centro ubicado a 115 km al norte de Limón, velocidad de los vientos de 155 km/h, presión central de 978 hPa y con desplazamiento hacia el oeste a 13 km/h. De acuerdo con la escala de intensidad de Saffir-Simpson, Otto pasó a ser en ese momento un huracán categoría 2. Incluso llegó a desarrollar un ojo bien definido cuyo diámetro fue estimado en 30 km. La fuerza de los vientos siguió aumentando hasta llegar a su máxima intensidad a las 9 am de ese jueves 24,

ya que los vientos subieron hasta los 175 km/h, la presión central bajó a 975 hPa y su desplazamiento fue hacia el oeste a 15 km/h.

Imágenes del satélite meteorológico y de radar (figuras 7, 11 y 12) mostraron que el ojo de Otto tocó tierra aproximadamente a las 11:15 am del jueves 24 de noviembre, en un punto ubicado en el Caribe Sur de Nicaragua, más exactamente a 7 km al nor-noroeste de San Juan del Norte. Otto ingresó a tierra como huracán categoría 2 (vientos de 175 km/h). Este fue el impacto en tierra más al sur del istmo de un huracán en todo el registro que data de 1851. Otto también se convierte en el primer huracán categoría 2 en formarse más al sur del mar Caribe. Las imágenes de la figura 12 muestran el avance del Otto, desde el momento próximo a la costa Caribe de Nicaragua hasta el paso sobre el territorio costarricense. Es muy claro ubicar el ojo del huracán mientras se mantuvo sobre el mar y cuanto más se adentraba a la zona continental esa estructura del ojo se desvanecía, no así la cobertura de nubes y con ello las lluvias y el viento.

Una vez en tierra Otto experimentó tres cambios significativos: la velocidad de traslación, el rumbo y la intensidad de los vientos. Respecto al primero, Otto aceleró el desplazamiento, aumentando su velocidad de los 15 km/h a 20 km/h. En cuanto al rumbo, tal como se aprecia en la figura 6, antes de entrar a tierra en Nicaragua la dirección era hacia el oeste, sin embargo luego se presentó el cambio gradual hacia el oeste-suroeste. Lo anterior puede expresarse también por el cambio en la latitud: la latitud de entrada al istmo fue a los 11.0°N y la de salida fue de 10.8°N, es decir dos décimas de grado, que fue lo suficiente para que Otto ingresara y atravesara por el noroeste del país. La distancia total recorrida a su paso por el territorio nacional fue de 135 km en un lapso de 8:30 horas. Este tiempo de latencia en el país sería mayor si se considera a todo el huracán y no solamente el centro, de hecho, según imágenes de satélite (canal infrarrojo), el máximo tamaño de Otto (según métrica del radio de desvanecimiento de los vientos, R5) fue de 11° de latitud ó 1221 km de diámetro (aproximadamente 23 veces el tamaño del país). Sobre el cambio en la intensidad, Otto entró a Nicaragua como un huracán categoría 2 y salió al océano Pacífico de Costa Rica como tormenta tropical (vientos de 110 km/h).

Sobre los detalles del paso del ojo de Otto por el territorio nacional, de acuerdo con la trayectoria estimada por el CNH, las imágenes del satélite y del radar meteorológico de las Nubes (Nicaragua), la hora y el punto de contacto con el país fue aproximadamente a las 2:00 pm (del jueves 24 de noviembre) en la línea fronteriza a 4 km al este del poblado las Delicias (Los Chiles, Alajuela, ver figura 7). En ese momento la velocidad de los vientos había disminuido de 175 km/h a 155 km/h, no obstante aún se consideraba como un huracán categoría 2. Para ese momento, debido al rozamiento con la tierra, la estructura del ojo había desaparecido en las imágenes del canal infrarrojo y visible del satélite geoestacionario (figura 12), no así en las imágenes de microondas (85GHz) del satélite polar (figura 7) ni en las del radar de Las Nubes (COCESNA, Nicaragua, ver figura 16). En esa trayectoria el centro pasó por los distritos de Los Chiles y Caño Negro (ambos

pertenecientes al cantón de Los Chiles de Alajuela), luego por Yolillal, Upala, San José y Aguas Claras (todos del cantón de Upala de Alajuela). A las 6 pm, estando en Yolillal de Upala, fue declarado como huracán categoría 1 (vientos de 120 km/h), posteriormente pasó por los distritos de Cañas Dulces, Mayorga y Nacascolo (todos del cantón de Liberia, Guanacaste). A las 9 pm (24 de noviembre), estando a 22 km al norte de la ciudad de Liberia, fue degradado a tormenta tropical (vientos de 110 km/h). Finalmente, la hora y el punto de salida del país fue a las 10:30 pm por playa Naranjo en el Golfo de Papagayo (figura 6).

La figura 8 muestra la distribución espacial de los vectores del viento a nivel de superficie estimadas por satélite, se observa que los vientos con intensidad de huracán (mayores a 120 km/h) se presentaron entre las 6 am y 6 pm del día 24 al noroeste, norte y noreste del centro (lo cual es una característica normal de estos fenómenos). Prácticamente los vientos huracanados de categoría 2 (150- 175 km/h) se registraron únicamente sobre Nicaragua en las primeras horas después del contacto con tierra. Si bien el ojo de Otto pasó por el norte del país, la posibilidad de vientos huracanados tuvo que estar muy limitada a unas pocas horas y a una determinada región; tomando en cuenta que el radio de vientos máximos de 120 km/h fue de 20 km a partir del centro (las velocidades más bajas de un huracán están en el ojo), es posible que se hayan registrado vientos de esa magnitud cerca de las 6 pm de la tarde en la línea fronteriza (distrito Delicias de Upala), y velocidades de 90-118 km/h en distritos vecinos (San José, Aguas Claras, Dos Ríos y Santa Cecilia, ver figura 9). En esos distritos el IMN no cuenta con estaciones meteorológicas para verificar esas estimaciones, los registros de las estaciones más próximas a esos lugares indicaron ráfagas máximas de hasta 110 km/h (ver tabla 1). No obstante es muy probable que la caída de árboles de gran tamaño en el norte del país (figura 10) haya sido consecuencia de ráfagas aún mayores, de hecho es el tipo de daños que se asocia con ráfagas de 180 km/h.

Otto siguió avanzando sobre el océano Pacífico durante dos días más como tormenta tropical, sin embargo al mediodía del sábado 26 y estando a unos 1050 km al oeste del país se debilitó a un sistema de baja presión. En todo ese trayecto, desde que salió del país, su latitud siguió disminuyendo hasta alanzar un mínimo de 9.1°N, lo que la convierte en la segunda tormenta del historial más meridional de la cuenca del Pacífico nororiental.

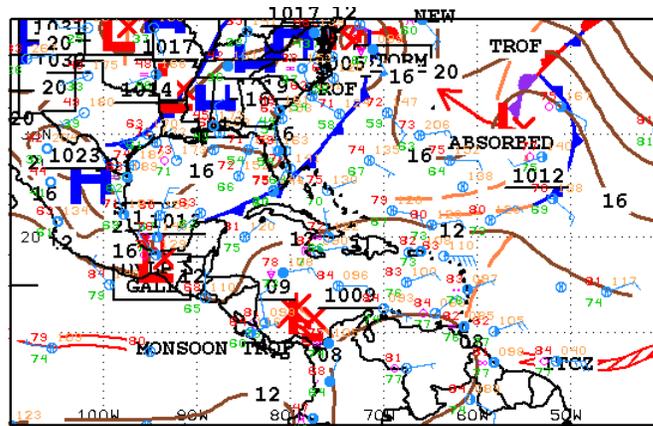
El ciclo de vida de Otto fue de 6 días (21-26 de noviembre, 2016), su presión más baja fue de 975 hPa y los vientos más fuertes fueron de 175 km/h con ráfagas de 213 km/h. Otto fue el primer ciclón con fuerza de huracán que impactó directamente a Costa Rica desde los primeros registros históricos (1851). Anterior a Otto hubo otros dos ciclones que tocaron tierra en el país: una tormenta tropical el 12 de diciembre de 1887, la cual entró por Tortuguero; luego la depresión tropical N.17 del 18 de noviembre de 1973, que ingresó cerca de Barra del Colorado. Nótese la preferencia de que los tres ciclones ingresaron al país en noviembre o diciembre, lo cual debe de estar relacionado con el efecto de los empujes fríos y las altas presiones en Norteamérica, los cuales evitan que los

huracanes sigan las rutas típicas hacia el norte, y por el contrario sigan trayectorias muy zonales (de este a oeste) o incluso con un sesgo hacia el sur, que fue el caso de Otto y del huracán Martha que afectó a Panamá (como tormenta tropical) también en un mes de noviembre (de 1969).

Otto también presentó la particularidad de que atravesó todo el país y pasó de una cuenca ciclónica (la del Atlántico) a otra (la del Pacífico). Es un fenómeno poco frecuente porque desde 1842 solamente se han producido 12 traspasos (por el istmo de Tehuantepec y América Central). Hasta hace poco por regla general, cuando esto sucedía, el ciclón cambiaba de nombre, dado que cada cuenca tiene una lista de nombres diferente. Sin embargo desde el año 2000 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el CNH cambiaron las políticas de retención del nombre de un ciclón, y actualmente se conserva el nombre sólo si éste llega a la nueva cuenca con categoría de huracán o tormenta, que fue el caso de Otto. A continuación se muestra una lista parcial de los últimos 40 años:

1. Irene/Olivia en 1971
2. Fifi/Orlene en 1974
3. Greta(A)/Olivia en 1978
3. Joan/Miriam en 1988
4. Cesar/Douglas en 1996
5. Otto/Otto en el 2016

En esta lista el primer nombre corresponde al ciclón del Atlántico y el segundo al del Pacífico. Nótese que en todos los casos, excepto el de Otto, el nombre original que tenía en el Atlántico cambió al pasar al Pacífico.



12Z SOUTHWEST NORTH ATLANTIC SFC ANALYSIS NATIONAL HURRICANE CENTER
 ISSUED: MIAMI, FLORIDA
 Tue Nov 15 14:42:24 UTC 2016 BY TAFB ANALYST: MT
 COLLABORATING CENTERS: NHC OPC

IMN/WRF: Líneas de Corriente (850hPa)

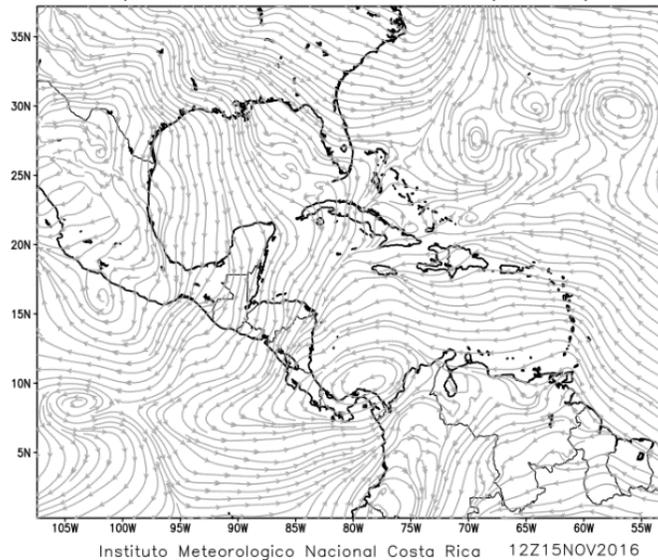
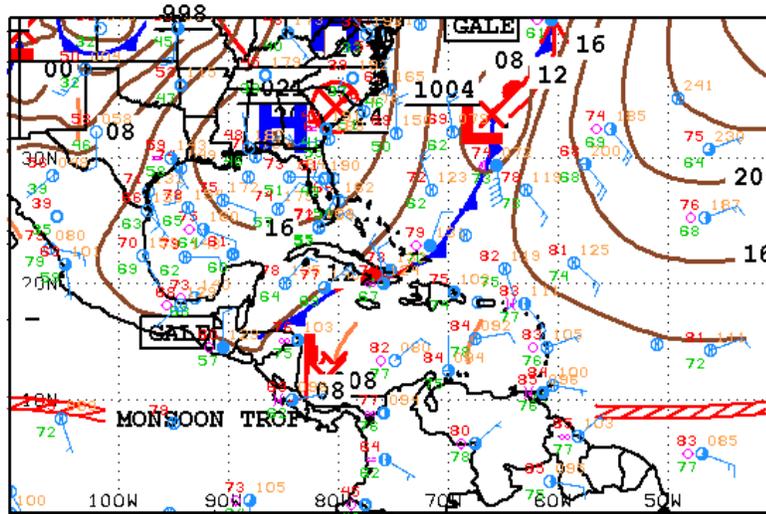
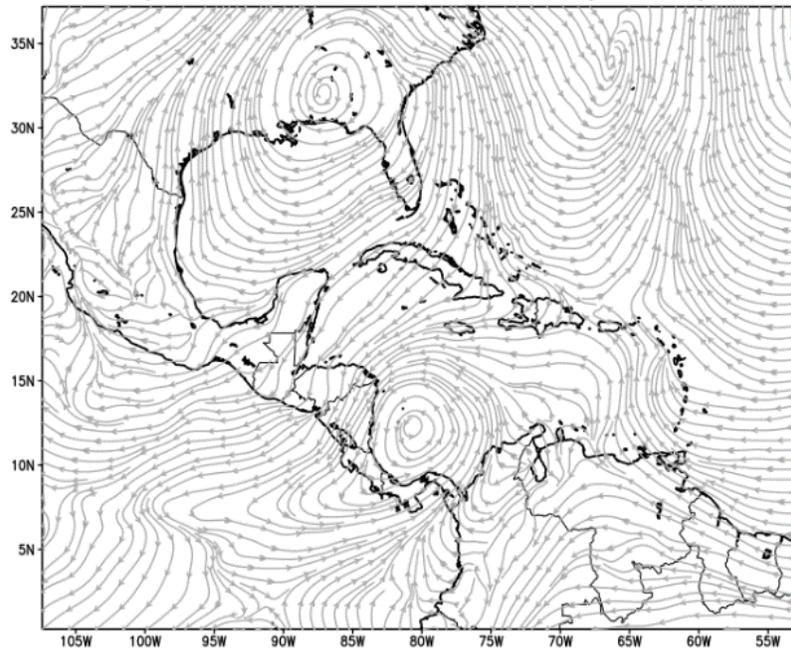


Figura 1. Arriba: Mapa de superficie del Centro Nacional de Huracanes (CNH) para el 15 de noviembre válido para las 12 UTC (6 a.m. hora local). Fuente: NHC-NWS. Abajo: Líneas de corriente de 850 hPa válidas para la misma fecha y hora generadas con el modelo WRF. Fuente: IMN.



12Z SOUTHWEST NORTH ATLANTIC SFC ANALYSIS NATIONAL HURRICANE CENTER
ISSUED: MIAMI, FLORIDA
Thu Nov 17 14:32:29 UTC 2016 BY TAFB ANALYST: EC
COLLABORATING CENTERS: NHC OPC

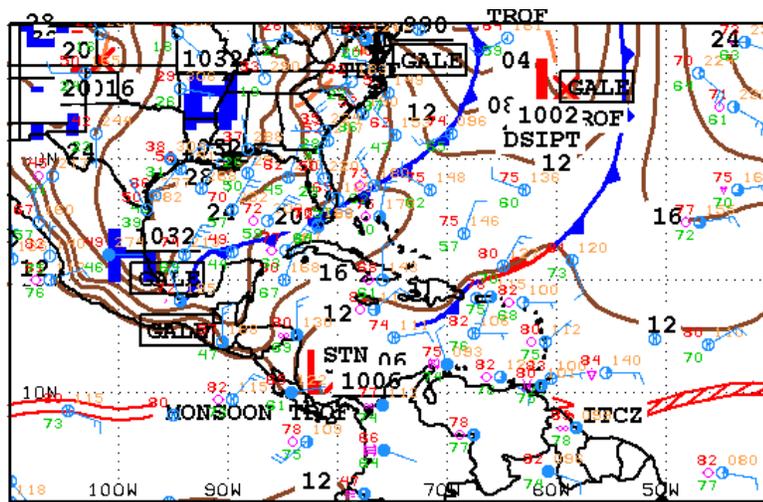
IMN/WRF: Líneas de Corriente (850hPa)



Instituto Meteorológico Nacional Costa Rica 12Z17NOV2016



Figura 2. Arriba: Mapa de superficie del Centro Nacional de Huracanes (CNH) para el 17 de noviembre válido para las 12 UTC (6 a.m. hora local). Fuente: NHC-NWS. Abajo: Líneas de corriente de 850 hPa del 17 de noviembre válidas para la misma fecha y hora generadas con el modelo WRF. Fuente: IMN.



12Z SOUTHWEST NORTH ATLANTIC SFC ANALYSIS NATIONAL HURRICANE CENTER
ISSUED: MIAMI, FLORIDA
Sun Nov 20 14:38:31 UTC 2016 BY TRFB ANALYST: GR
COLLABORATING CENTERS: NHC OPC

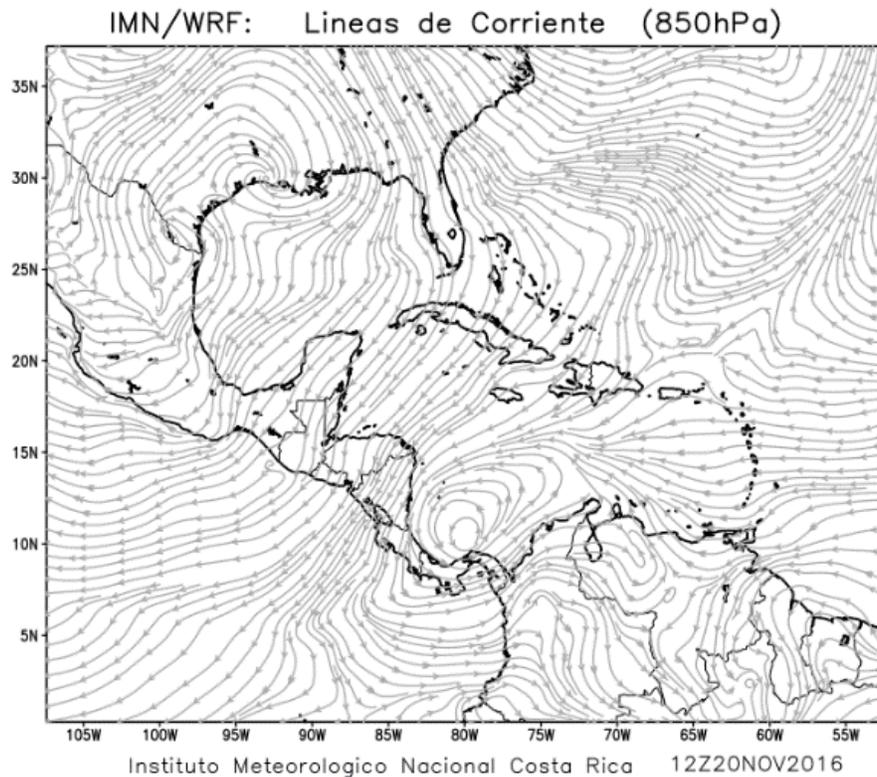
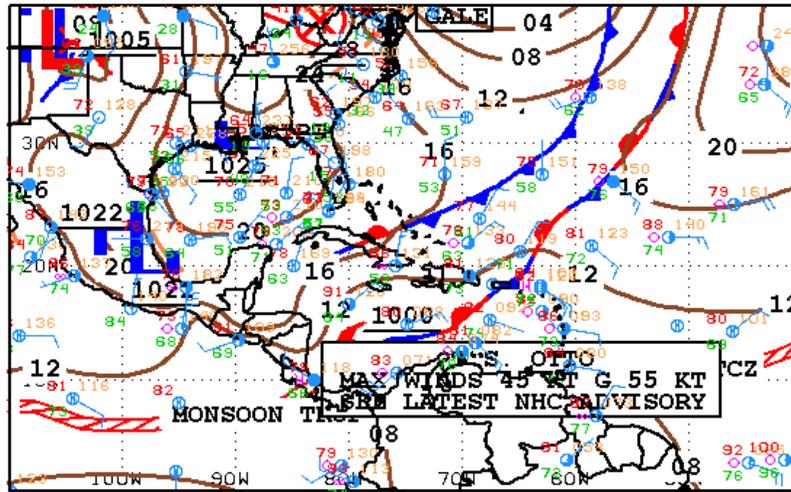
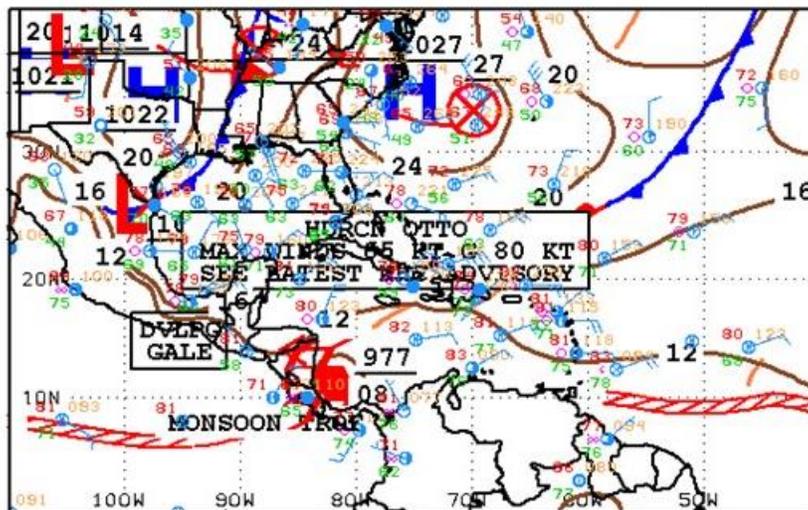


Figura 3. *Arriba:* Mapa de superficie del Centro Nacional de Huracanes (CNH) para el 20 de noviembre válido para las 12 UTC (6 a.m. hora local). *Fuente:* NHC-NWS. *Abajo:* Líneas de corriente de 850 hPa válidas para la misma fecha y hora generadas con el modelo WRF. *Fuente:* IMN.



18Z SOUTHWEST NORTH ATLANTIC SFC ANALYSIS NATIONAL HURRICANE CENTER
 ISSUED: MIAMI, FLORIDA
 Mon Nov 21 20:27:27 UTC 2016 BY TAFB ANALYST: MH/PW
 COLLABORATING CENTERS: NHC OPC

Figura 4. Mapa de superficie del Centro Nacional de Huracanes (CNH) para el 21 de noviembre válido para las 12UTC (6 a.m. hora local). *Fuente: NHC-NWS.*



00Z SOUTHWEST NORTH ATLANTIC SFC ANALYSIS NATIONAL HURRICANE CENTER
 ISSUED: MIAMI, FLORIDA
 Thu Nov 24 02:27:12 UTC 2016 BY TAFB ANALYST: PAW
 COLLABORATING CENTERS: NHC OPC

Figura 5. Mapa de superficie del Centro Nacional de Huracanes (CNH) para el 23 de noviembre válido para las 00 UTC (6 p.m. hora local). Fuente: NHC-NWS.



Figura 6. Mapa de la trayectoria seguida por el huracán Otto desde que inició como una perturbación tropical (baja presión) el 15 de noviembre hasta que salió al océano Pacífico el día 25 como tormenta tropical.

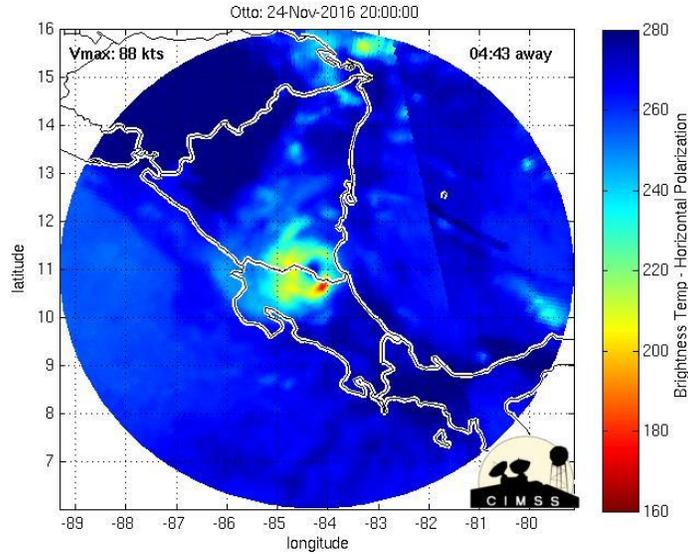
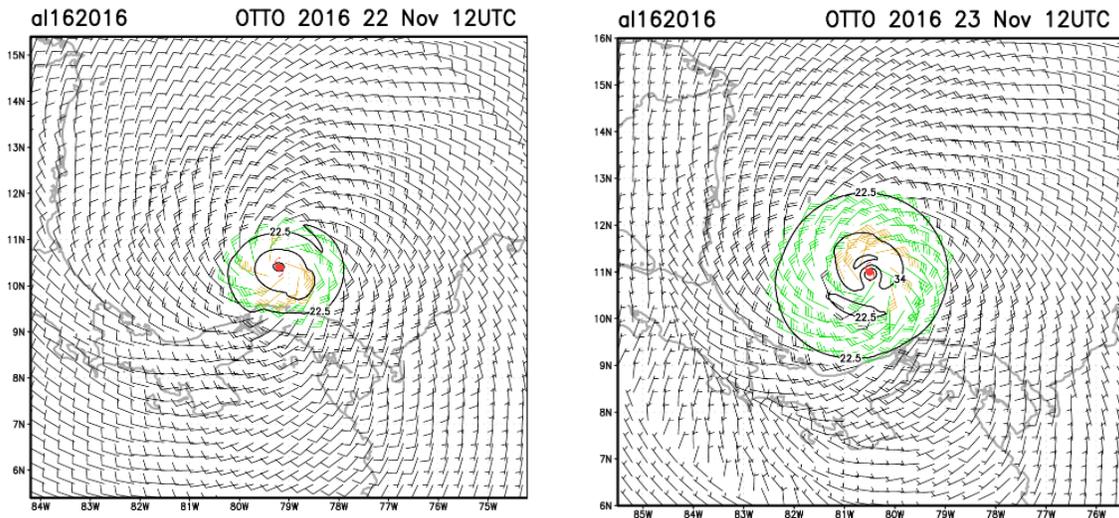
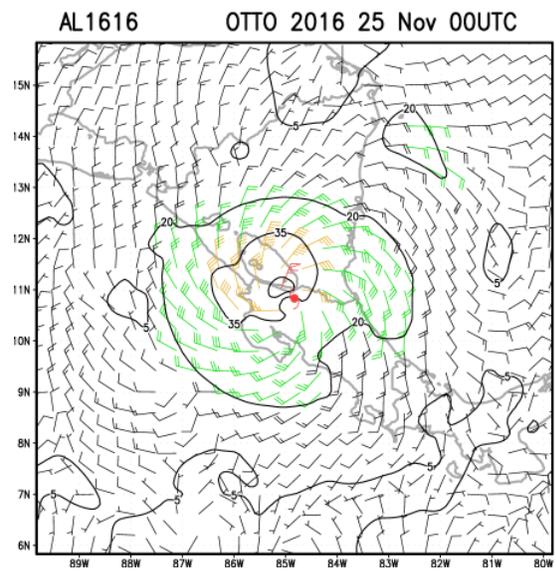
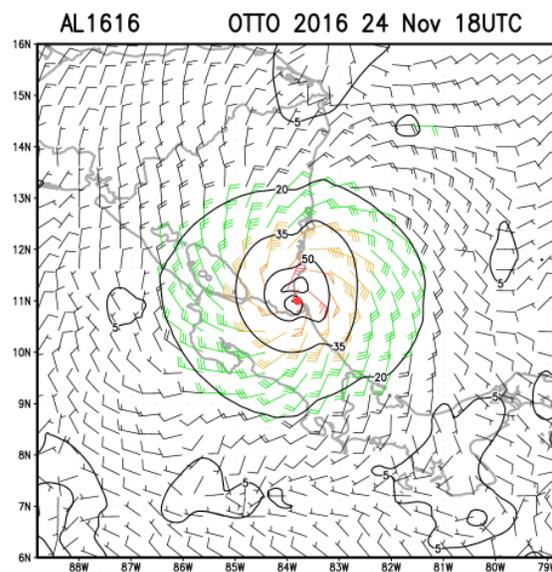
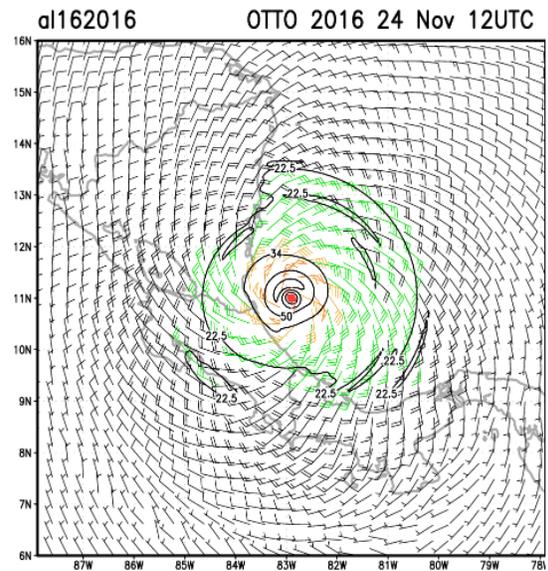
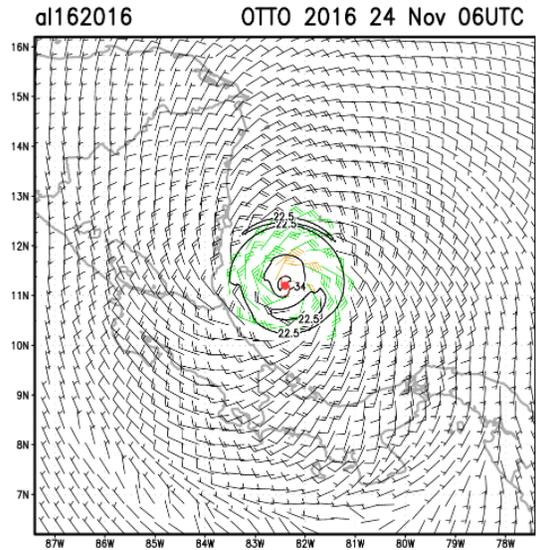


Figura 7. Imagen de microondas (85GHz) del satélite polar correspondiente a las 2:00 pm del 24 de noviembre 2016. En la imagen se aprecia las paredes del huracán y el ojo ingresando al territorio nacional. Fuente: CIMSS, University of Wisconsin-Madison.





AL1616 OTTO 2016 25 Nov 06UTC

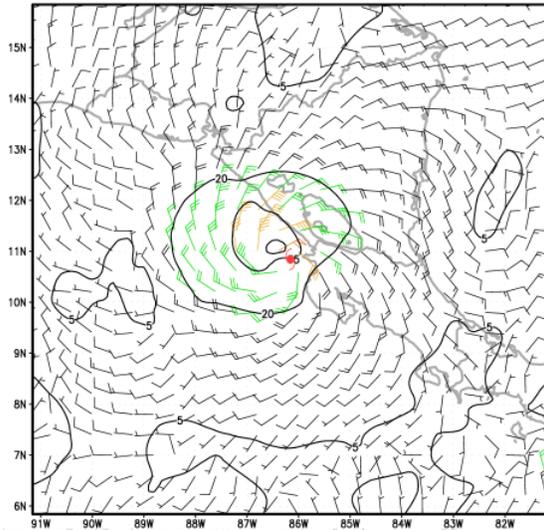


Figura 8. Mapas con los vectores e isotacas (líneas imaginarias que unen puntos con iguales velocidades) del viento a nivel de superficie entre el 22 y 25 de noviembre 2016. La velocidad del viento está expresada en nudos (1 nudo=1.8 km/h). Fuente: RAMMB-CIRA Universidad del Estado de Colorado (EUA).



Figura 9. Mapas con la distribución espacial de las velocidades máximos sostenidos, válido a las 6 pm del 24 de noviembre 2016. Fuente: RAMMB-CIRA, Colorado State University.



Figura 10. Fotografía de uno de los tantos árboles grandes derribados por los vientos del huracán Otto en la zona de Barra del Colorado. Fuente: Presidencia de la República.

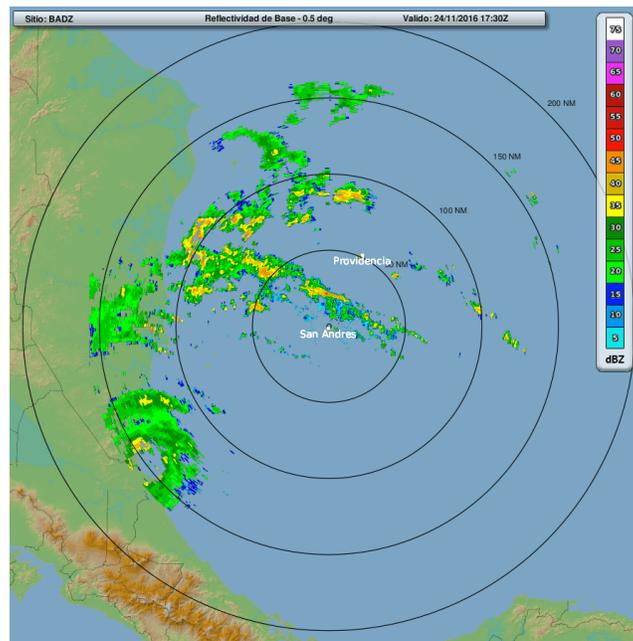
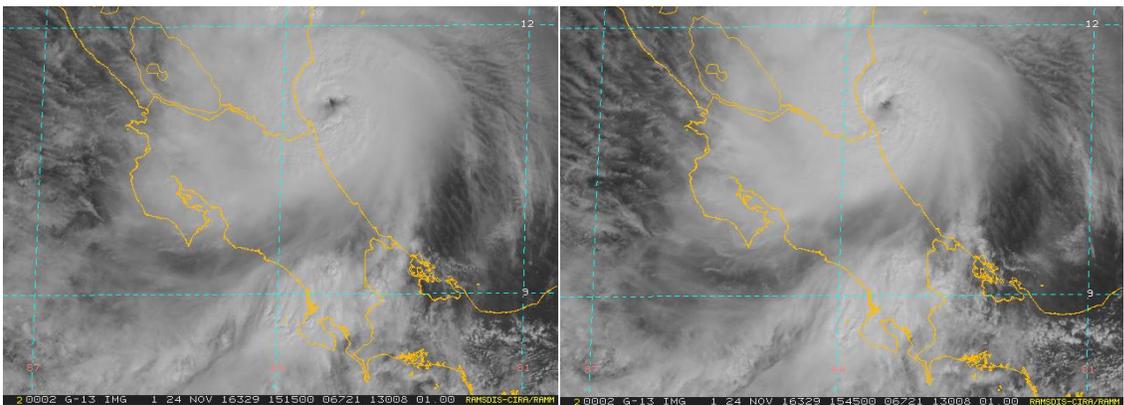
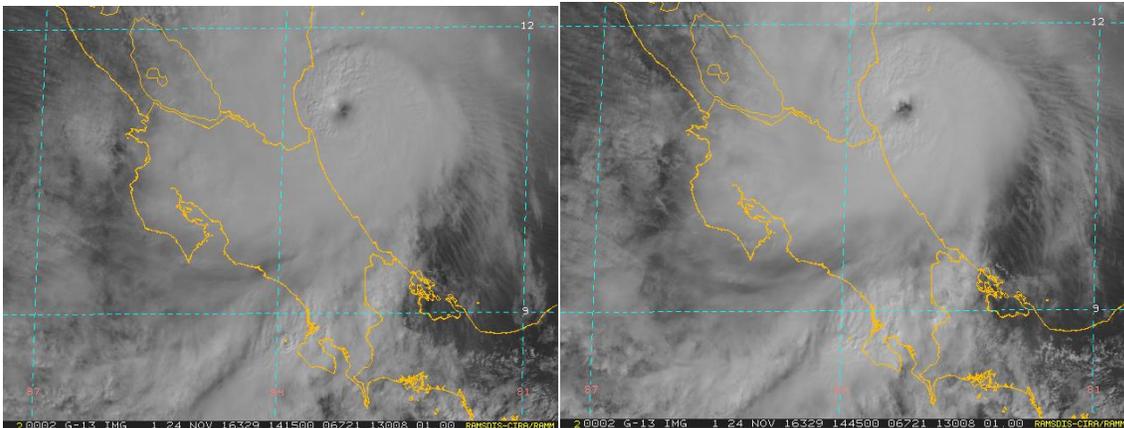
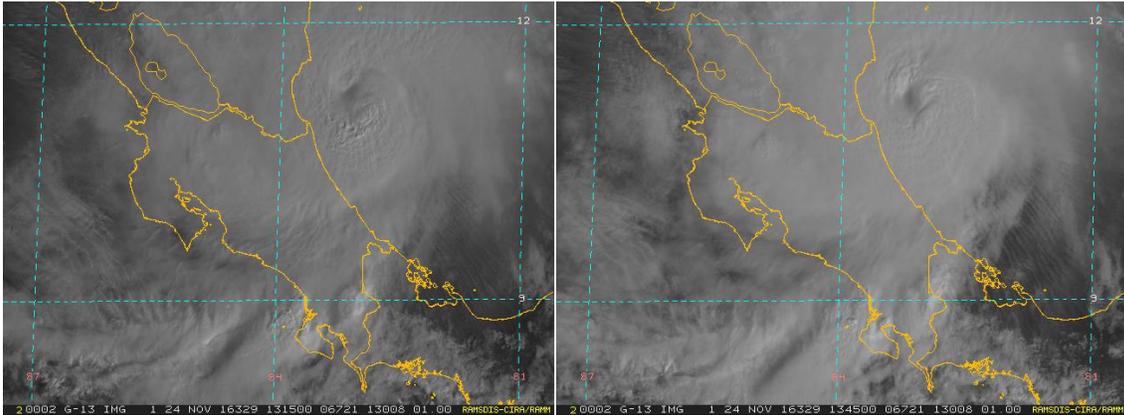
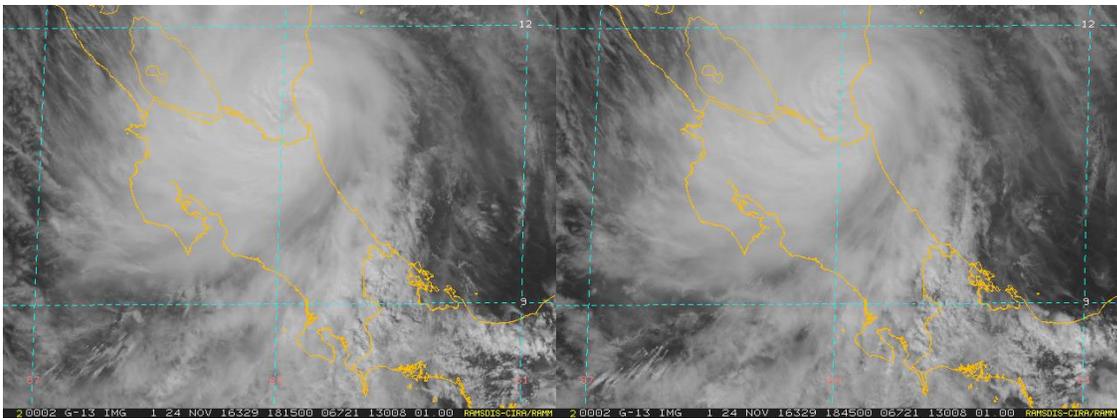
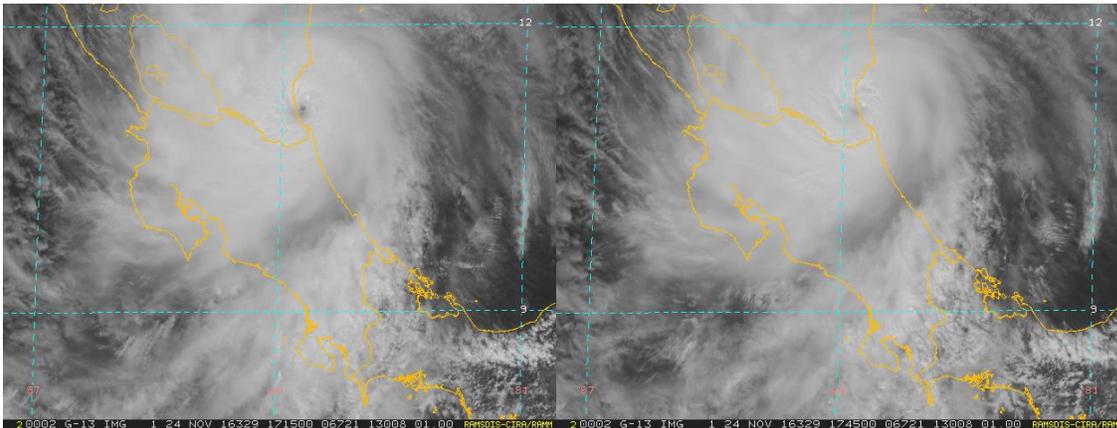
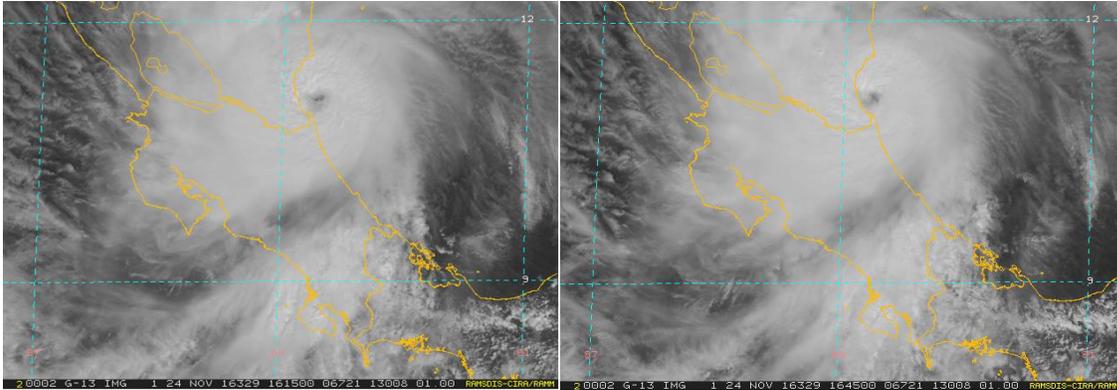


Figura 11. Mapa del radar de la isla de San Andrés (reflectividad de la lluvia) del 24 de noviembre a las 11:30 am. Fuente: Aeronáutica Civil, Colombia.





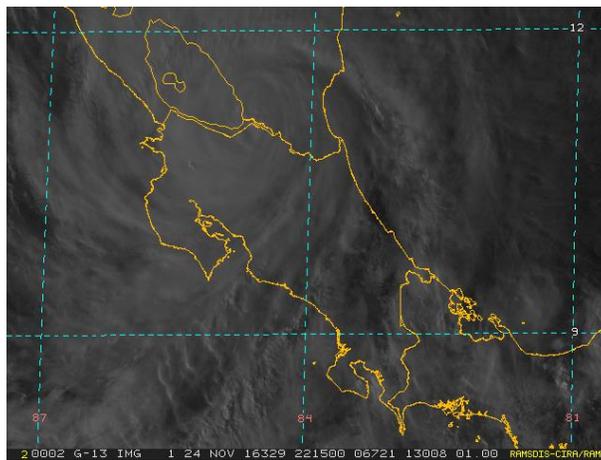
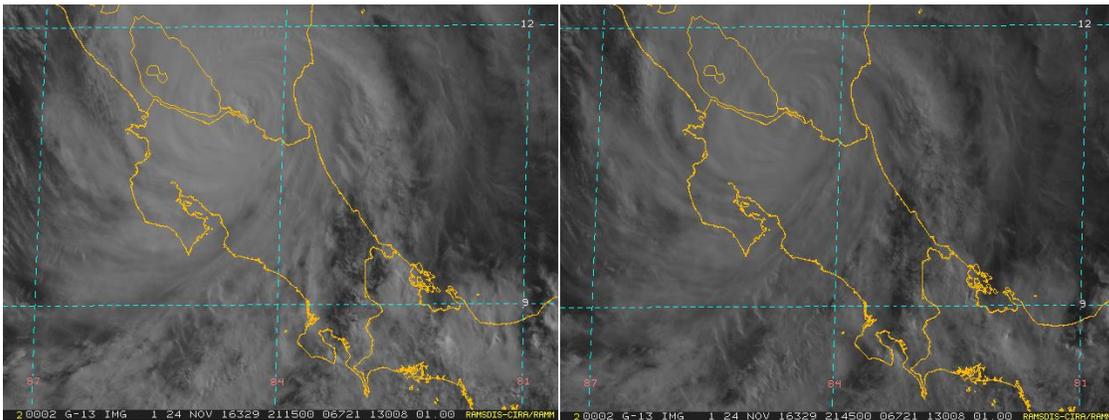
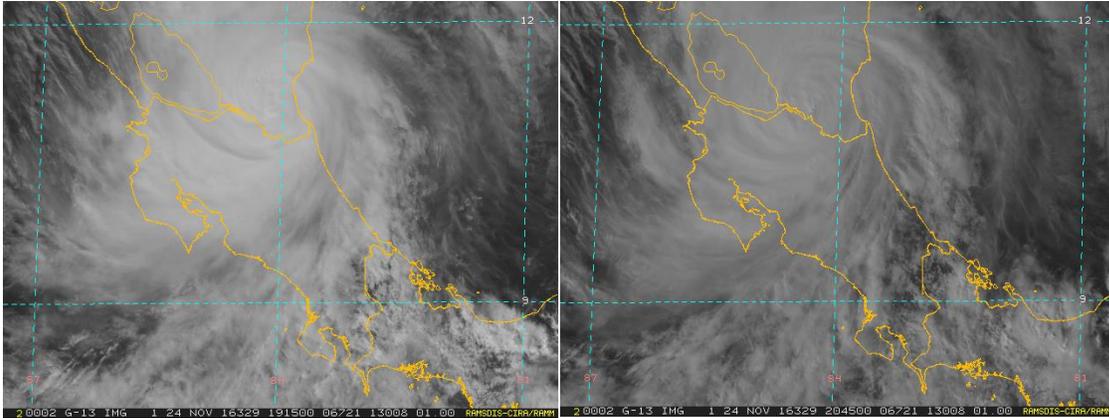
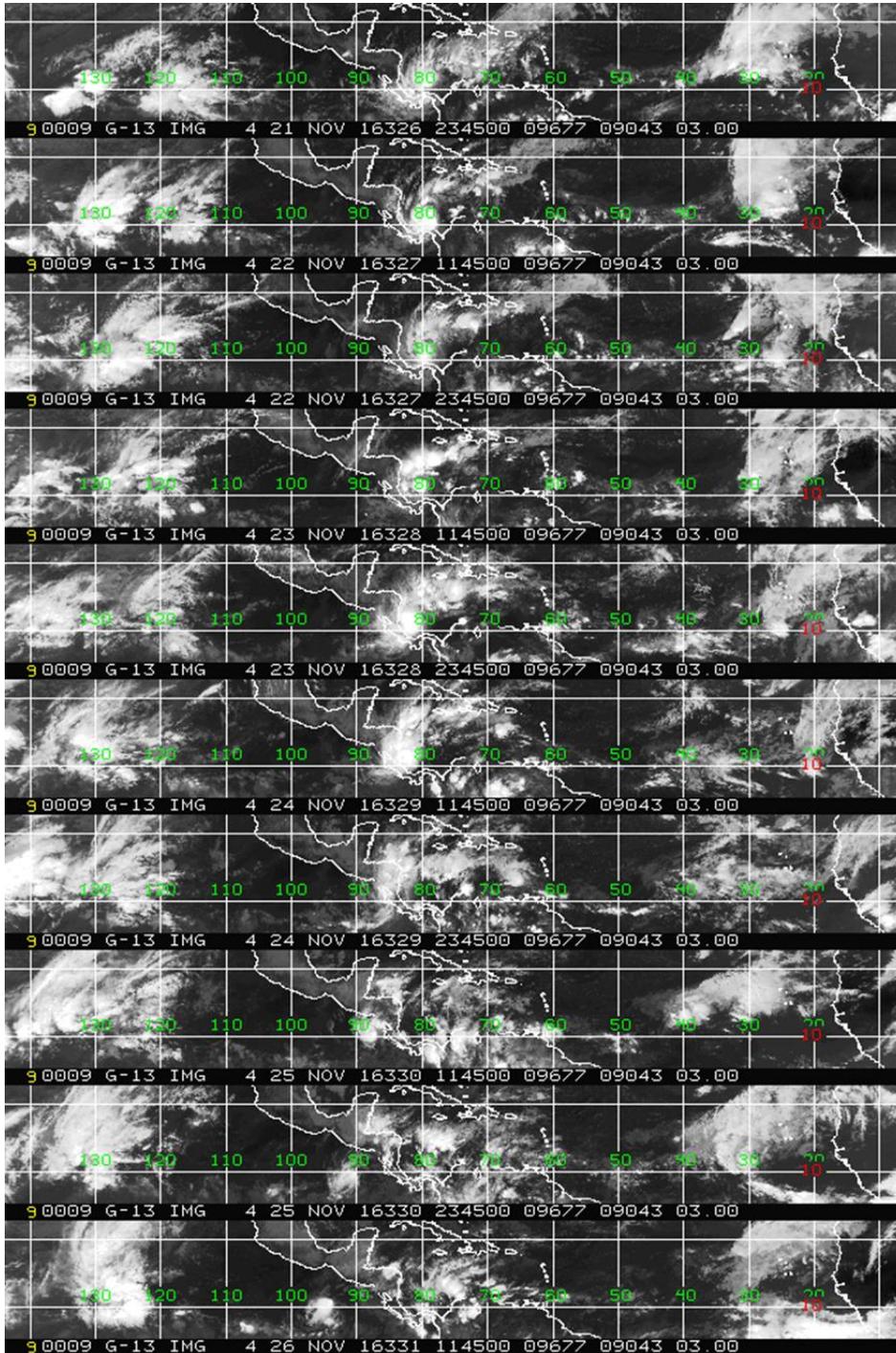


Figura 12. Imágenes del canal visible del satélite GOES-13. Se muestra una secuencia que inicia a las 7:15 a.m. del 24 de noviembre y termina a las 4:15 p.m. del mismo día. Fuente: RAMDIS-CIRA/RAMM



**TORMENTA
TROPICAL**

**TORMENTA
TROPICAL**

HURACÁN 1

**TORMENTA
TROPICAL**

HURACÁN 1

HURACÁN 2

HURACÁN 1

**TORMENTA
TROPICAL**

**TORMENTA
TROPICAL**

TORMENTA TROPICAL

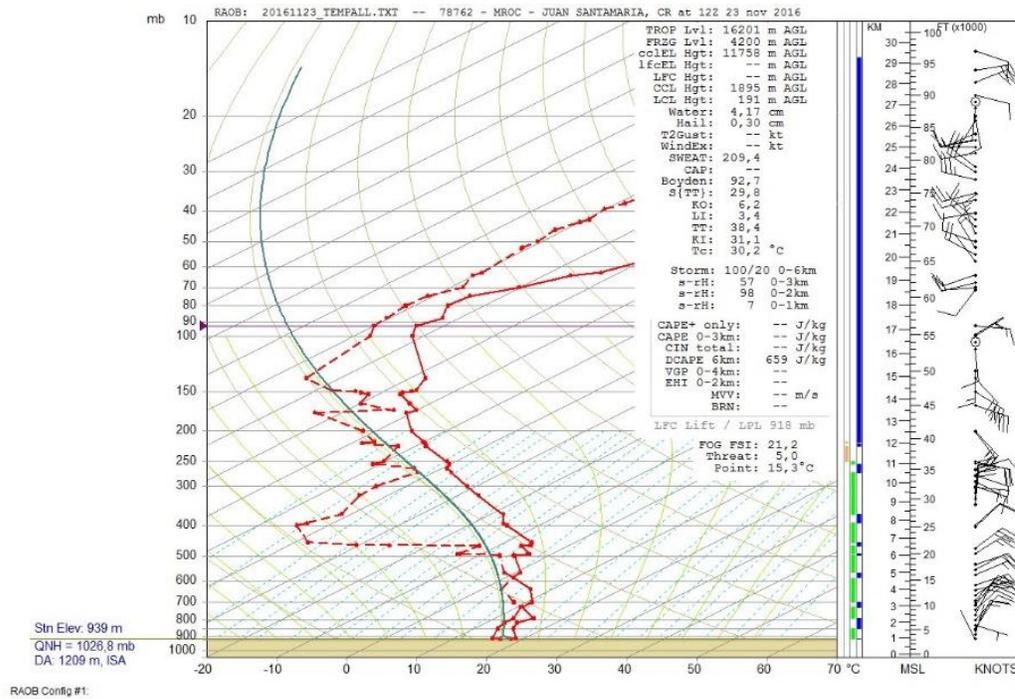
Figura 13. Imágenes de satélite muestran la posición y la intensidad del ciclón tropical Otto desde el 21 (5:45 p.m. hora local) hasta el 26 de noviembre a las 5:4 a.m.

Estación	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	Lluvia			Presión mínima (hPa)	Ráfaga (m/s)	Dirección(°)	Fecha y hora
				dia 23	dia 24	dia 25				
Cerro Buenavista	94013	9.560000	-83.753611	3.1	0.3	0.9		15.7		25/11/2016 18:24
Volcan Turrialba	73143	10.019167	-83.766389	65.8	34.4	0.4		23.8		24/11/2016 7:52
Volcan Irazú	73137	9.979869	-83.837817	148.6	17.8	0.3		20.4		24/11/2016 6:30
IMN-SJ	84141	9.937947	-84.069675	6	2.4	0.2		7.3		25/11/2016 0:14
AJUS-MP	84185	9.989444	-84.218611	9.2	4.4	0.8		7.6		24/11/2016 12:05
CIGEFI-UCR	84139	9.930000	-84.030000	3.2	1.8	2.4		6.6		25/11/2016 13:10
Fabio Baudrit	84187	10.000000	-84.250000	4.7	0.5	2.3		5.6		25/11/2016 15:05
ITCR-Cartago	73123	9.850000	-83.900000	25.4	1	0		9.2		24/11/2016 9:21
Copalchi, Peñas Blancas	69711	11.200000	-85.620000	0	251.6	5.4		11.5		24/11/2016 20:11
Liberia-07	74051	10.589000	-85.552139	1.5	109.7	0.5		17.7		24/11/2016 21:57
Mangarica	74063	10.600000	-85.450000	2.4	94.7	0.3		17.9		24/11/2016 21:11
La Maritza	74071	10.960000	-85.500000	1.2	198.2	18.8		21.0		24/11/2016 10:01
Hda. Pinilla	72149	10.250000	-85.830000	0.3	58.7	18.3		14.8		24/11/2016 22:11
Isla San José	200005	10.854278	-85.909583	0.4	89	3.4		30.0		24/11/2016 0:00
Limón	81005	9.950000	-83.020000	30	146.2	0		9.7		24/11/2016 17:37
Manzanillo	85023	9.631458	-82.660947	19.3	41.8	0		6.8		24/11/2016 10:23
Mawamba, Tortuguero	71023	10.550000	-83.500000	43.4	23	0		14.9		24/11/2016 10:27
Pavas-E	84193	9.950000	-84.130000	3.6	0.7	0.9		7.4		24/11/2016 14:18
P.N. Palo Verde (OET)	76057	10.343889	-85.338330	0	20.6	19.8		7.0		24/11/2016 21:10
Santa Rosa	72106	10.830000	-85.620000	0.7	114.8	5.1		16.3		24/11/2016 22:00
Damas, Quepos	90009	9.480000	-84.200000	0.8	0.2	2.4		4.2		24/11/2016 10:27
Piñales Las Delicias	69723	10.444722	-84.315278	21.6	65.4	4.8		12.2		24/11/2016 14:07
La Selva, Sarapiquí (OET)	69537	10.420000	-84.000000	27.2	68.3	2.3	1002.3	11.4	245	24/11/2016 12:58
Comando Los Chiles	69633	11.020000	-84.700000	5.8	121	6.7		18.7		24/11/2016 18:11
La Rebusca	69681	10.480000	-84.020000	23.7	92.6	0		15.2		24/11/2016
Comando Sarapiquí	69725	10.445000	-84.005000	29.2	80.2	2.4		6.4		24/11/2016 10:24
Laguna, Caño Negro	69677	10.900000	-84.780000	6	176.9	1.5		13.5		24/11/2016 18:14
Upala	69679	10.870000	-85.070000	2.4	156.8	5.6		16.5		24/11/2016 19:47
Sta Elena, La Cruz	72153	10.920000	-85.610000	0	97.6	25.6		14.9		24/11/2016 20:31
Est. Biol. Pitilla	69689	10.980000	-85.420000	0	205	63				
Hda Verdum, Sta Cecilia	69735	11.075369	-85.453064	0	236.2	33.6				
Fca Brasilia del Oro	69647	10.970000	-85.330000	1.4	189.8	39.2		17.6		24/11/2016 19:12
Veracruz, Caño Negro*		10.85362	-84.86904	0.4	125.6	0.7	995.6	10.4	25	24/11/2016 18:00
El Sábalo	69561	10.59743	-85.00086	11.4	175.5	4.6				
Canalete	69574	10.83645	-85.03995	4.3	179.8	8.4				
Bijagua	69576	10.73332	-85.05329	11.2	235	18.3				
Las Pailas	74036	10.75799	-85.36524	1.3	172.7	5.1				
P.N. Rincón de la Vieja	74042	10.77638	-85.35027	4.8	194.1	6.1				
Río Naranjo	76029	10.67599	-85.17329	7.9	178.1	17.5				
Fortuna	76034	10.67509	-85.20468	2.5	224.8	0.5				
C.M. Miravalles	76044	10.7031	-85.19372	7.1	299	1.5				
Pozo 29	76050	10.67598	-85.17334	2.3	225.3	1				

Tabla 1. Datos meteorológicos (lluvia, presión y ráfagas) de diferentes puntos del país medidos entre el 23 y 25 de noviembre del 2016. Fuente: IMN, ICE, OET, UNAVCO

Los radiosondeos aerológicos realizados en la Garita de Alajuela (figura 14) muestran que el 23 de noviembre la tormenta tropical Otto estaba generando vientos muy fuertes del noreste a partir de los 2 kilómetros; la capa de vientos del este se extendía desde el suelo hasta los 14 km de altura, seguida de una capa de oeste entre los 18 y 26 km de altura. El análisis de humedad de ese día muestra una capa muy húmeda entre el nivel del suelo y 500 hPa (6 km de altitud), seguida de una capa más seca. Sin embargo al siguiente día las condiciones cambiaron significativamente. En cuanto a vientos, se presentó una capa de oeste desde el suelo hasta unos 500 m, seguidos de una capa en promedio del norte entre los 3 y 12 km. El día 24 se nota más la influencia del huracán, no solo en el aumento de los vientos sino también en las variables termodinámicas: una mayor humedad desde superficie hasta 150 hPa (14.5 km de altitud), el nivel de condensación por elevación (LCL) bajó hasta

el nivel del suelo, los índices de inestabilidad atmosférica (como el KI, LI, TT) mostraron una mayor inestabilidad del aire, el agua precipitable aumentó de 4.17 cm a 4.82 cm y la temperatura de convección (Tc) disminuyó de 30.2°C a 22.5°C. Todo lo anterior fue coherente con una atmosfera saturada de humedad e inestable.



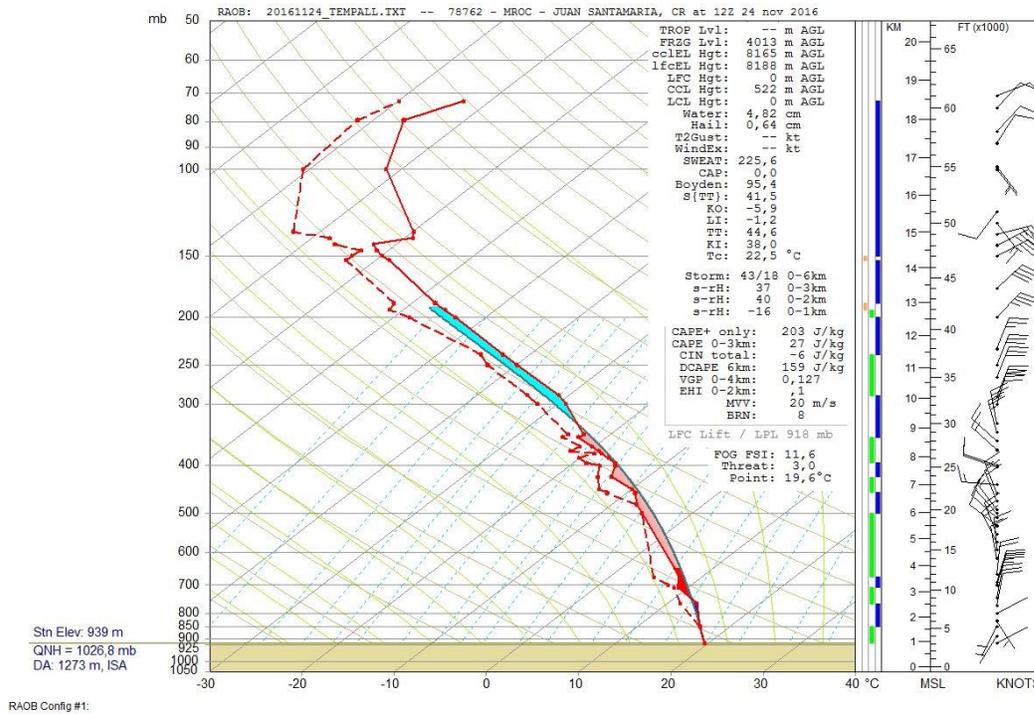


Figura 14. Diagramas termodinámicos del estado de la atmósfera de Costa Rica los días 23 y 24 de noviembre 2016 realizados con el radiosondeo aerológico de la estación de la garita de Alajuela.

La figura 15 es una imagen de radar que muestra el ojo del huracán Otto ingresando a tierra aproximadamente a las 11:15 am del jueves 24 de noviembre del 2016, para ese entonces ya había entrado la pared de lluvias. En la figura 16 se aprecia el momento cuando el ojo pasa por el distrito de Upala a las 6:22 pm, se nota también una franja de lluvias moderadas e intensas al sureste del ojo. En la figura 17 se observa muy bien el ojo y las paredes del huracán en el momento en que el centro sale totalmente del país. Aun cuando el ojo ya ha salido, nótese que las lluvias fuertes continuaron en toda la región, principalmente al norte y este del centro.



Figura 15. Imagen de radar (reflectividad de lluvia) que muestra el momento exacto de entrada del ojo a tierra, aproximadamente a las 11:15 am del jueves 24 de noviembre. Los tonos en verde indican lluvias débiles, los amarillos moderadas, rojos y morados lluvias muy intensas.

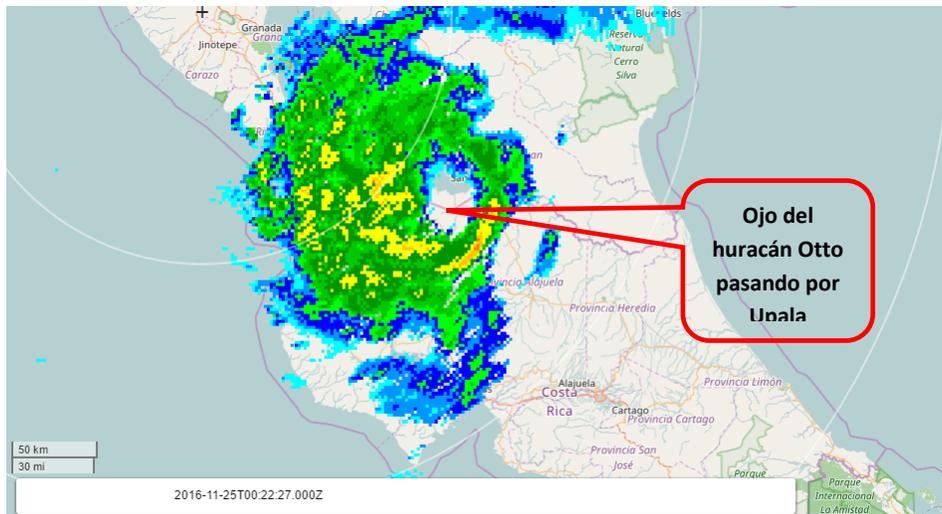


Figura 16. Imagen de radar (reflectividad de lluvia) que muestra el momento (6:22 pm del 24 de noviembre) en que el centro del huracán pasaba entre Upala y el lago de Nicaragua. Los tonos en verde indican lluvias débiles, los amarillos moderadas, rojos y morados lluvias muy intensas.



Figura 17. Imagen de radar (reflectividad de lluvia) que muestra el momento (10:22 pm del 24 de noviembre) en que el centro del huracán sale del país por el golfo de Papagayo. Los tonos en verde indican lluvias débiles, los amarillos moderadas, rojos y morados lluvias muy intensas.

Cantidad de Lluvias

La intensidad de las lluvias, es decir, la cantidad de agua que se acumula en función de un periodo de tiempo juega un papel fundamental en la respuesta de las cuencas del país. Para obtener este tipo de dato se recurrió a las imágenes de la Guía de Inundaciones Repentinas (CAFGG por sus siglas en inglés) de la lluvia satelital acumulada cada 3 y 24 horas. La figura 18 muestra las lluvias acumuladas de 24 horas entre las 7 am del día 16 y las 7 am del día 17 (ambos noviembre del 2016), donde se aprecian los primeros efectos indirectos asociados con el temporal de la baja presión que luego se convirtiera en el huracán Otto. Nótese una gran área de lluvias cubriendo todo el sur del país, con máximos de hasta 300 mm en los cantones de Golfito, Osa y Corredores.

Las figuras 19 y 20 se refieren a los impactos directos del huracán, prácticamente todas las lluvias por efecto directo se presentaron en el norte del país, con intensidades de 50 mm hasta 120 mm (3 pm- 6 pm, figura 19) en la cordillera de Guanacaste, mientras que en el resto del país las lluvias caídas fueron menores a los 50 mm. Entre las 6 pm y las 9 pm (figura 20) el huracán aún estaba en tierra, las mayores precipitaciones seguían cayendo sobre la cordillera de Guanacaste. La figura 20 (derecha) muestra el total de lluvia en 24 horas, donde es más fácil apreciar el impacto total que presentó el paso del huracán por el país.

En todo el sector norte, que comprende a las regiones del Pacífico Norte, Zona Norte y Caribe Norte, el total de lluvias osciló entre los 70 mm y 300 mm, con los mayores acumulados sobre la cordillera de Guanacaste. Es muy probable que el máximo de lluvia registrado en la cordillera haya sido consecuencia de la acción mutua de varios factores, entre ellos: la gran inestabilidad atmosférica, la humedad aportada por el lago de Nicaragua, la humedad y circulación ciclónica del huracán y la orografía de la cordillera de Guanacaste.

La figura 21 también es la lluvia acumulada de todo el 24 de noviembre y es obtenida directamente de las estaciones meteorológicas de todo el país. La figura evidencia el paso del huracán Otto por todo el sector norte, donde el total de lluvias osciló desde los 100 mm hasta los 300 mm. Las mayores cantidades se presentaron en los alrededores de los volcanes Miravalles y Orosi. Según la tabla 1 los lugares más lluviosos (250-300 mm) fueron: Peñas Blancas (La Cruz), La Garita (La Cruz), Bijagua (Upala), Fortuna (Bagaces) y Miravalles (Fortuna de Bagaces).

Los efectos indirectos y directos de Otto contabilizan un total de 10 días (16-25 de noviembre 2016). La lluvia total acumulada durante ese periodo (figura 22) evidencia que en algunas regiones del país la lluvia debida al efecto indirecto fue mayor a las del efecto directo, el caso más extraordinario fue el del Pacífico Sur, que registró unos 700 mm entre el 16 y 23 de noviembre, y solamente 50 mm o menos el día 24. Salvo en la región norte del país, las lluvias caídas durante el paso de Otto fueron relativamente bajas. No obstante, las figuras 18 y 20 (derecha) muestran que los días con la mayor intensidad del temporal fueron el 16 y el 24 de noviembre, el primero a causa del efecto indirecto y el segundo por el efecto directo.

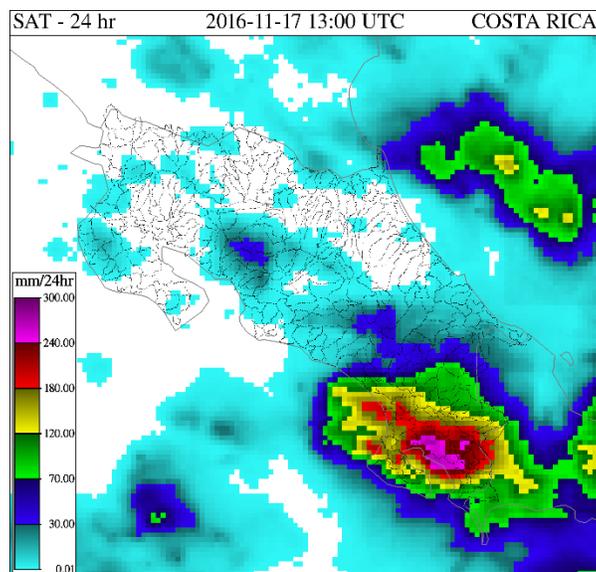


Figura 18. Mapa de la estimación de lluvia por satélite. Acumulado de 24 horas entre las 7 am del día 16 y las 7 am del día 17 de noviembre del 2016. Fuente: CAFFG.

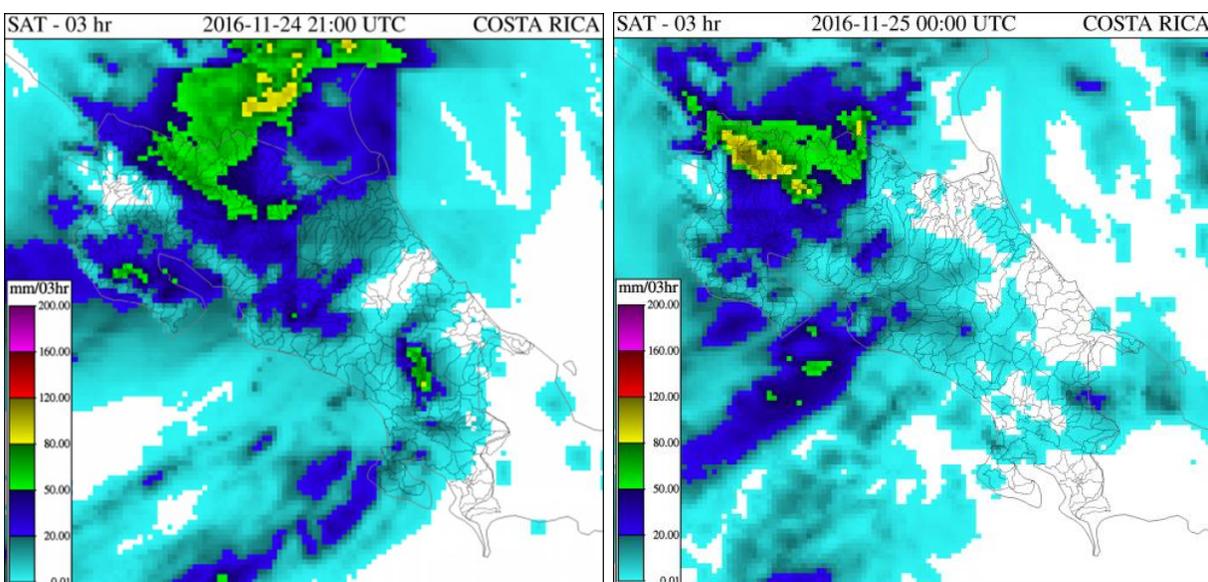


Figura 19. Mapa de la estimación de lluvia por satélite. A la izquierda el acumulado entre las 12 md y las 3 pm del 24 de noviembre del 2016. A la derecha el acumulado entre las 3 pm y las 6 pm del mismo día. Fuente: CAFFG.

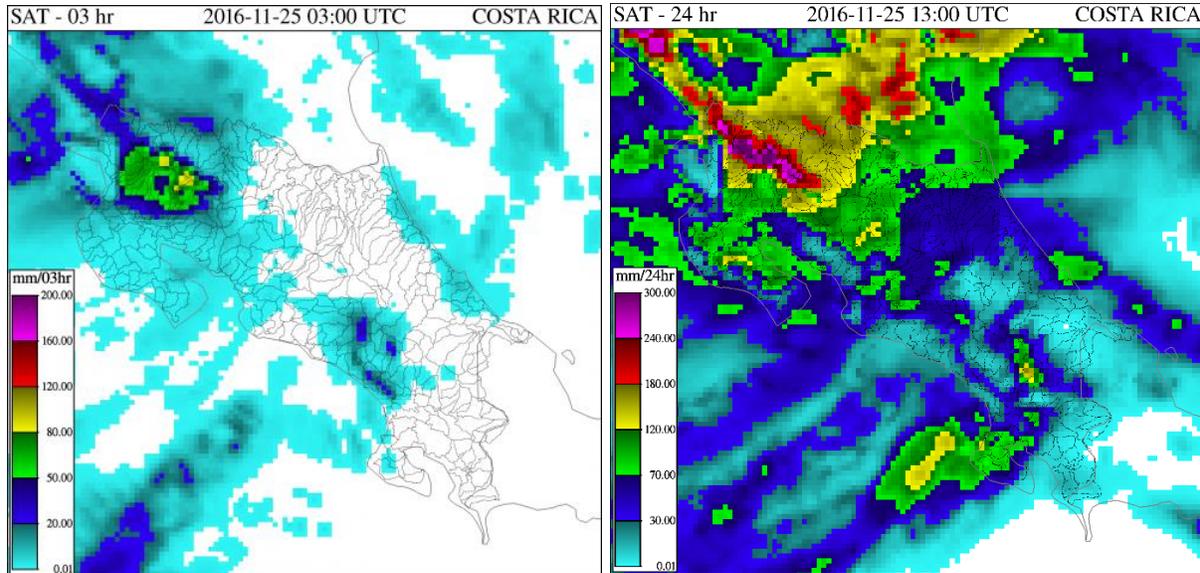


Figura 20. Mapa de la estimación de lluvia por satélite. A la izquierda el acumulado entre las 6 pm y 9 pm del 24 de noviembre del 2016. A la derecha el acumulado de 24 horas entre las 7 am del día 24 a las 7 am del día 25. Fuente: CAFFG.



Figura 21. Mapa con las cantidades de lluvia acumulada el día 24 de noviembre del 2016, asociada con los efectos directos del huracán Otto. Fuente: IMN, ICE, CORBANA, OET.

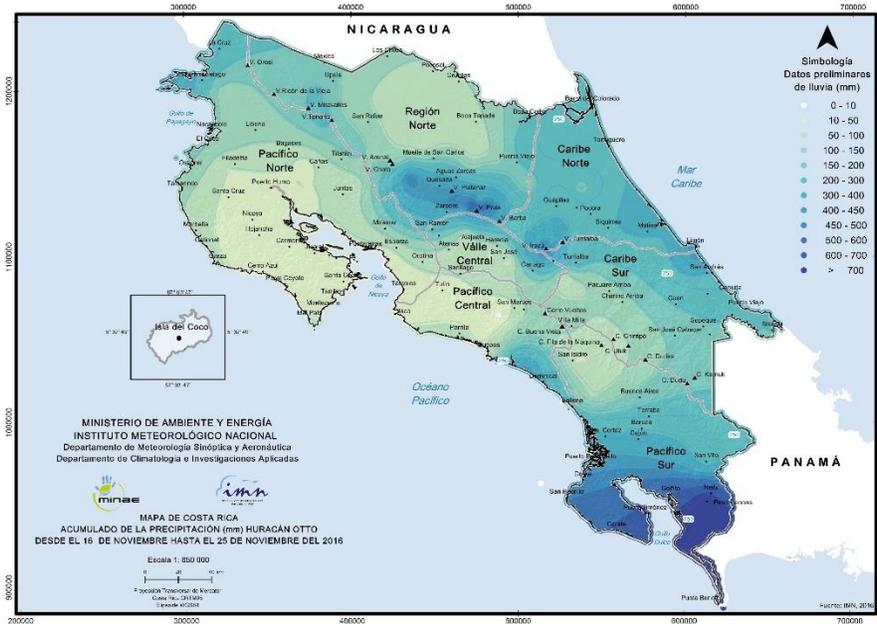


Figura 22. Mapa con las cantidades de lluvia acumuladas entre el 16 y 25 de noviembre del 2016, asociadas con los efectos directos e indirectos del huracán Otto. Fuente: IMN, ICE, CORBANA, OET.

Valoración parcial de daños

En cuanto a una valoración de pérdidas materiales y humanas, los impactos comenzaron el 16 de noviembre con las inundaciones y deslizamientos en los cantones de Golfito, Osa y Corredores, todos pertenecientes a la provincia de Puntarenas. El 22 de noviembre se reportaron inundaciones en el cantón de Matina (provincia de Limón). Como medida de prevención se cancelaron las clases en todos los centros educativos públicos de Costa Rica los días jueves 24 y viernes 25 de noviembre. Las autoridades de la CNE registraron en total 461 comunidades con algún tipo de afectación: infraestructura vial (nacional y cantonal), vivienda, centros educativos, electricidad y telecomunicaciones, distribución de agua, diques, cauces de río, sector agropecuario y agrícola y ambiente (Áreas Silvestres Protegidas); además 7 puentes tuvieron afectaciones y se registraron daños en dos alcantarillados. Las 461 comunidades afectadas están en la provincia de Alajuela, donde se registraron con daños los cantones de: Alajuela, Grecia, Guatuso, Naranjo San Carlos, Upala,

Valverde Vega y Zarcero; en Cartago los cantones de: Alvarado, Cartago, y Turrialba; en Guanacaste: Bagaces y La Cruz; en Heredia: Heredia y Sarapiquí; en Limón: Guácimo, Limón, Matina, Pococí, Siquirres y Talamanca; en Puntarenas: Buenos Aires, Corredores, Coto Brus, Garabito, Golfito, Osa y Parrita; y en San José: Curridabat.

La afectación a la población fue de 10 fallecidos (7 adultos y 3 niños), 10831 personas directamente afectadas y se registraron 1610 viviendas con algún tipo de daños (parcial o total).

La afectación en la población animal fue de 59 muertes de bovinos, 3 equinos, 5 perros y 26 cerdos.

En el sector agropecuario se reportan daños en cultivos hortícolas y pastos por hongos y bacterias, exceso de lluvias y vientos en Alajuela, problemas por captación de agua y daños en pastos y ganadería y hortalizas en Cartago, afectaciones agricultura, ganadería y pesca en Guanacaste, producción de banano, plátano, raíces y tubérculos en Limón y afectación de la agroindustria de Puntarenas.

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) reportó la afectación de 334 puntos, mientras que el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) indicó que 2778 Kilómetros de carretera fueron afectados por pérdida de superficie, daños en cunetas y orillas, escombros y otros. Los daños en infraestructura vial pueden ascender a ¢7.188 millones de colones.