



## INDICE

<b>Portada.....</b>	<b>1</b>
<b>Índice.....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen Meteorológico Agosto.....</b>	<b>3</b>
<b>Información Climática.....</b>	<b>10</b>
<b>Informe mensual sobre descargas eléctricas.....</b>	<b>15</b>
<b>Estimaciones de lluvia usando imágenes de satélite.....</b>	<b>18</b>
<b>El Sistema CAFFG: una herramienta para la emisión de alertas tempranas por inundaciones repentinas en Centroamérica.....</b>	<b>22</b>

## BOLETÍN METEOROLÓGICO MENSUAL

Boletín Editado por:  
Instituto Meteorológico Nacional

Editor:  
Lic. Mario A. Sánchez Herrera

Apdo. Postal 5583 - 1000 San José, Costa Rica  
E-mail: [msanchez@imn.ac.cr](mailto:msanchez@imn.ac.cr)  
Página en Internet: [www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr)

# Resumen meteorológico Agosto de 2005

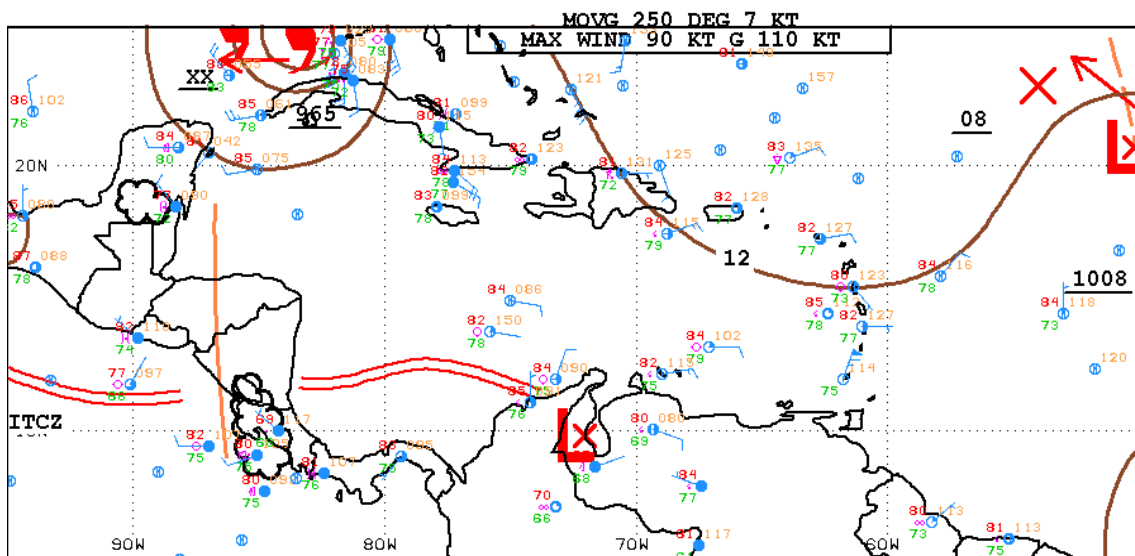
Por Lic. Luis Fdo. Alvarado

## Introducción

En promedio, el patrón climático de agosto fue el típico de este mes; por ejemplo, pocas lluvias en la región del Pacífico (pero muchas en el Caribe) en la primera quincena, y lo contrario durante la segunda quincena. Casualmente, el viento alisio, promotor de los cambios mencionados, fue más fuerte en la primera mitad del mes y más débil en la segunda. La segunda "canícula" (la primera se registró en julio) fue de moderada intensidad y afectó a la mayor parte de la Vertiente del Pacífico. La temporada de huracanes mantuvo -al igual que en los meses anteriores- un alto nivel de actividad, en total se registraron 5 ciclones tropicales, casi el doble de lo normal.

## Análisis sinóptico

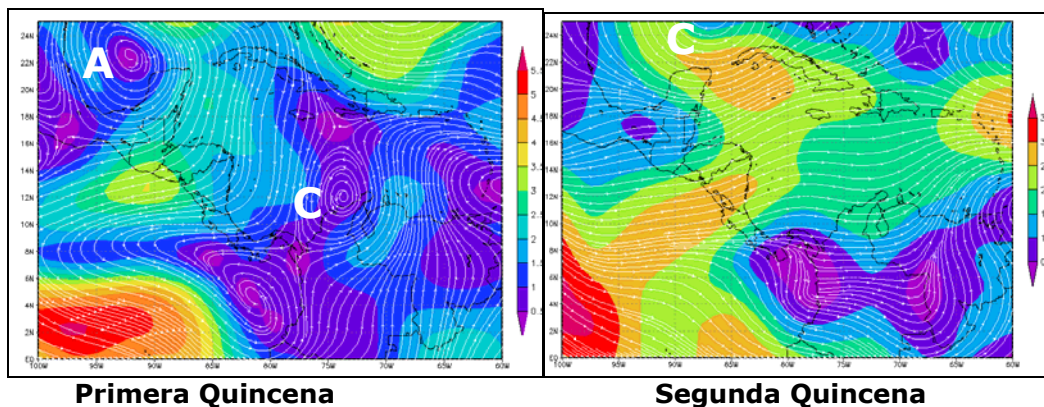
El análisis de ondas tropicales indica que al país ingresaron 8 eventos, de las cuales 5 se produjeron en la primera quincena y 3 en la segunda, lo cual demuestra que hubo una disminución importante de la frecuencia en la segunda quincena. Los días que estas ondas pasaron por el país fueron los siguientes: 1, 3, 6, 11, 14, 16, 23 y 26. Las últimas 4 ondas -en conjunto con otros fenómenos sinópticos- produjeron fuertes aguaceros en distintos puntos de la región del Pacífico; por ejemplo la onda del 26 de agosto (Figura 1) ocasionó acumulados diarios de 58mm, 37mm y 48mm en San José, Alajuela y Liberia, respectivamente.



**Fig. 1.** Análisis sinóptico de superficie de las 6 PM del 26 de agosto del 2005. Nótese al huracán Katrina en el Golfo de México, una onda tropical afectando a Costa Rica y alejamiento de la Zona de Convergencia Intertropical al sur de Nicaragua.

Tal como se mencionó en la introducción, la circulación atmosférica regional de niveles bajos manifestó una acentuada variación quincenal, la cual produjo cambios significativos en la distribución temporal y espacial de las precipitaciones. La Figura 2 muestra las anomalías más dominantes del viento de niveles bajos durante la primera y segunda quincena.

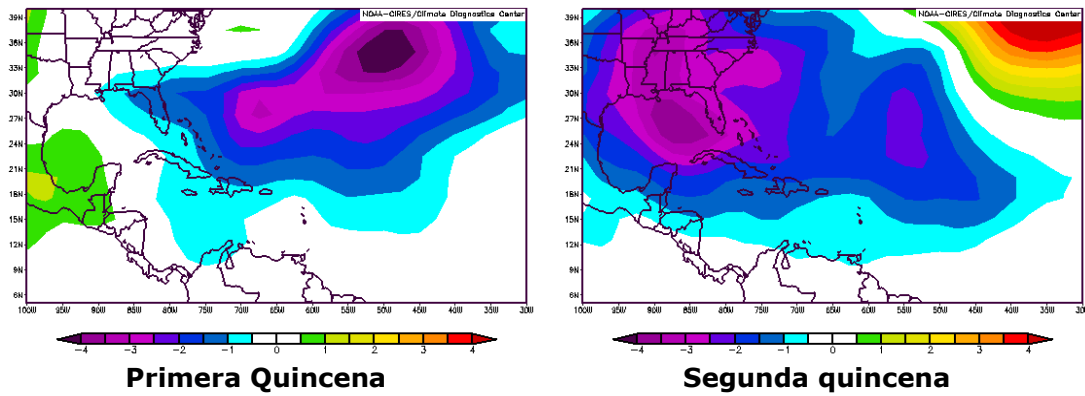
Nótese que la primera quincena (Figura 2, izquierda) estuvo caracterizada por un flujo del noreste más fuerte de lo normal en toda Centroamérica, con un máximo en la región del Pacífico; además se observa una circulación anticiclónica anómala en el Golfo de México, desde donde se originaron los vientos que afectaron a toda nuestra área; también se observa una circulación ciclónica anómala -con valores muy bajos- al noreste de Colombia -precisamente donde se encuentra el chorro de vientos del este-, lo cual indica que aunque las velocidades fueron las normales, el sentido de los vientos fue anormal, pues dominaron los movimientos meridionales.



**Fig. 2.** Anomalía del viento en 850 hpa (1500 m.s.n.m.) durante agosto del 2005.

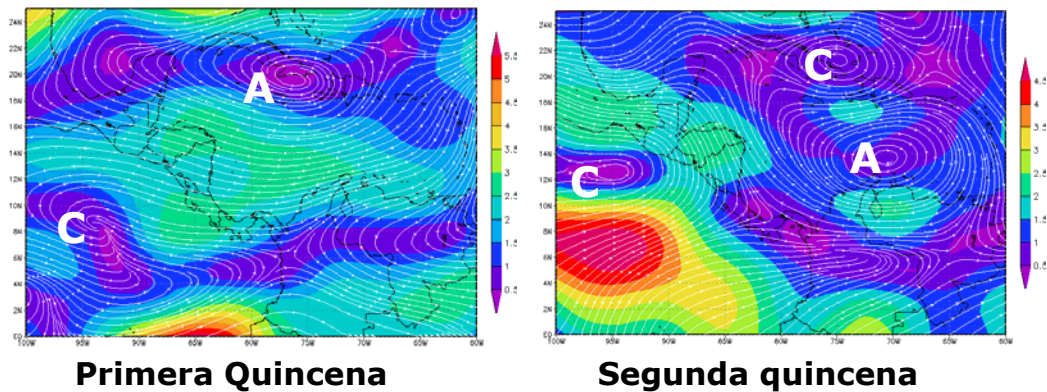
A diferencia de la primera quincena, en la segunda (Figura 2, derecha) el flujo fue más zonal que meridional, sin embargo dominó un viento anómalo del oeste no sólo en el Pacífico, sino que en toda Centroamérica, el Caribe y parte del Atlántico tropical. Otra diferencia muy notable es el desarrollo de una circulación ciclónica que ocupó todo el Golfo de México. Es importante aclarar que en el contexto de la Figura 2, un "flujo anómalo del oeste" significa que (1) el viento del este fue más débil que lo normal o que (2) efectivamente el viento de componente oeste fue el más dominante.

En el campo de la presión atmosférica, aunque predominaron valores más bajos que los normales en todo el Atlántico (incluyendo al Golfo de México y el mar Caribe), el centro de mínima presión mostró una variación espacial y temporal. Tal como se ilustra en la figura 3 de la anomalía de la presión, durante la primera quincena es muy obvio que presiones relativamente más bajas se presentaron en pleno océano Atlántico y las más altas en el Golfo de México, mientras que en la segunda quincena (Figura 3, izquierda), el área de baja presiones se extendió al este, con un mínimo localizado en el Golfo de México.



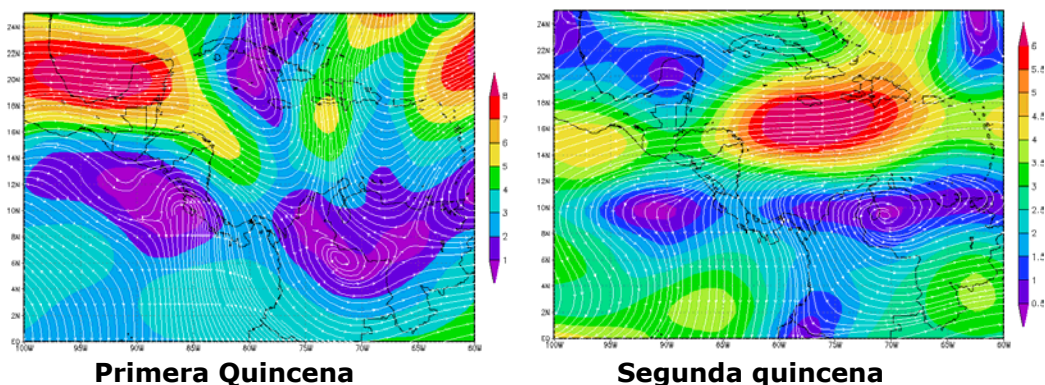
**Fig. 3.** Anomalia de la presión atmosférica al nivel del mar durante agosto del 2005

La troposfera media de agosto estuvo dominada por circulaciones anticiclónicas anómalas en el Mar Caribe y ciclones en el Pacífico (Figura 4); en la primera quincena (Figura 4, izquierda) el centro del anticiclón se ubicó sobre Cuba y el del ciclón en el Pacífico (8°N, 93°O); nótese en la Figura 4 (derecha) que en la segunda quincena el anticiclón anómalo se desplazó hacia el sur, generando un mayor grado de estabilidad y viento más débiles en todo el Caribe central y occidental, mientras que el ciclón del Pacífico se movió hacia el norte (13°N, 95°O), ocasionando inestabilidad y vientos oeste anómalos en toda esa región.



**Fig. 4.** Anomalia del viento en 500 hpa (5900 m.s.m.m) durante agosto del 2005

En la troposfera alta también se observaron anomalías que variaron de una quincena a la otra. En la primera parte del mes (Figura 5, izquierda) nótese que desde el Pacífico hasta el Caribe occidental estuvieron bajo los efectos de vientos anómalos del oeste, los cuales terminan en una vaguada ubicada entre Cuba y Colombia; lo anterior coincidió con el periodo de escasas lluvias en la Vertiente del Pacífico. En la segunda quincena (Figura 5, derecha) los oeste desaparecieron totalmente y retornaron los vientos de componente este, típicos de este mes; además sobre Costa Rica se estableció una vaguada orientada zonalmente.



**Fig. 5.** Anomalía del viento en 250 hpa (11000 m.s.m.m) durante agosto del 2005

### Actividad ciclónica en el Mar Caribe y el Golfo de México

De acuerdo con la Tabla 1, la temporada ciclónica durante agosto de 2005 fue más alta de lo normal. Sin embargo, en general toda la temporada hasta el momento se ha comportado más intensa que lo normal; de hecho, según los registros históricos, la presente temporada ya marcó un récord histórico, pues nunca antes se habían registrado hasta agosto la cantidad de 12 ciclones.

	Ciclones		Huracanes		Huracanes intensos	
<b>Agosto</b>	5	3	2	1	1(Katrina)	1
<b>Junio-Agosto</b>	12	4	4	2	3	1

**Tabla 1.** Estado de la temporada de huracanes del Atlántico durante y hasta agosto del 2005 (**los números en rojo** se refieren a los valores normales).

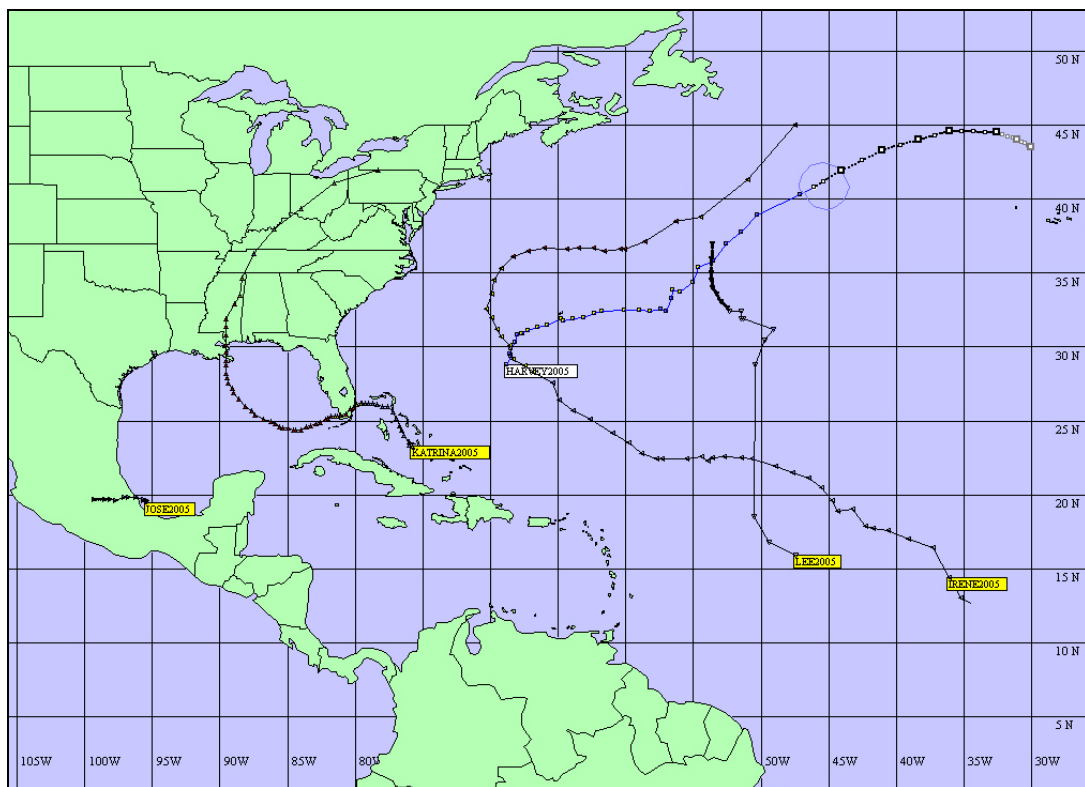
La tabla 2 muestra las características de los ciclones que se formaron en este mes. Katrina fue el huracán más intenso de este mes y de toda la temporada hasta el momento. Irene fue un ciclón que se formó y murió en el océano atlántico, su vida fue de 15 días.

Nombre	Condición	Fecha	Presión (hPa)	Vientos (kt)	Categoría
Harvey	Tormenta	2 - 8	994	55	
Irene	Huracán	4 - 18	975	85	2
Jose	Tormenta	22 - 23	1001	45	
Katrina	Huracán	23 - 31	902	150	5
Lee	Tormenta	28 - 2 set	1007	35	

**Tabla 2.** Características de los ciclones tropicales durante agosto del 2005.

La Figura 6 muestra la trayectoria de los ciclones de agosto del 2005; nótese que en dicho mes casi todos los ciclones se formaron en el océano Atlántico, uno (tormenta José) se formó en el Golfo de México y ninguno en

el mar Caribe. La tormenta José y el huracán Katrina fueron los que hicieron impacto con el continente (José en México y Katrina en la Florida y Nueva Orleans, ambos en los EUA).



**Fig. 6.** Trayectoria de los ciclones de agosto del 2005.

En la actualización del 5 de agosto del pronóstico de huracanes del Dr. William Gray (Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Colorado) indica y confirma que esta temporada de huracanes será extremadamente activa, pues estima que se formarán alrededor de 20 tormentas con nombre (el promedio es de 9.6) de las cuales 10 llegarán a categoría de huracán (promedio es 5.9) y de esos, 6 serán de categoría 3 o más en la escala de intensidad de Saffir-Simpson (promedio es de 2.3), de los cuales por lo menos 1 (categoría 3-4-5) afectará directamente a los países caribeños.

Por medio de la metodología de los años análogos, se considera que las siguientes son las temporadas más parecidas a la del 2005: 1886, 1933, 1966, 1995, 1996, 2003 y 2004. Durante estos años se presentaron 107 eventos en toda la cuenca del Atlántico, y de esos se registraron 37 en dentro del Mar Caribe, lo que equivale a 5 por temporada. De los 37 ciclones tropicales, 9 (24%) pasaron a menos de 200 millas (360 Km.) de las costas de Centroamérica, es decir, al menos 1 por temporada. Los datos demuestran que el mes con la mayor probabilidad de acercamiento de ciclones a Centroamérica es Octubre.

Lo anterior implica que si durante este año se pronostican 20 ciclones tropicales, y en vista de ya se han formado 12, de los cuales 3 (Arlene, Emily y Dennis) pasaron por el Caribe, aun quedan 8 o 9 ciclones por formarse en toda la cuenca del Atlántico, de los cuales al menos 2 más podrían presentarse en el Caribe, principalmente entre la segunda quincena de septiembre y el mes de octubre, período que científicamente se ha comprobado como ideal para la formación de ciclones tropicales en el Caribe.

### **Huracán Katrina**

El Centro Nacional de Huracanes declaró en un informe oficial: "Katrina probablemente será recordada como el peor desastre natural en la historia de los Estados Unidos".

Este huracán se originó de una onda tropical que se convirtió en depresión tropical el día 23 de agosto, transformándose al siguiente día en la tormenta tropical Katrina. Pasó por las Bahamas como tormenta tropical, sin embargo el día 25 de agosto se intensificó al grado de huracán categoría 1, atravesando la noche de ese día a la península de la Florida. El día 28 ya había alcanzado la máxima categoría de 5 en el Golfo de México, al sur de la desembocadura del río Mississippi. Ese día los vientos llegaron a la máxima velocidad de 150 kt, tocó tierra con la categoría 4 en un punto de las costas del estado de Mississippi. Aun las autoridades del gobierno de los EUA no han dado un reporte oficial de las muertes y daños económicos.

La Figura 7 muestra un montaje de la trayectoria y la imagen del satélite GOES-12, desde que se formó en la Bahamas como una depresión tropical hasta de nuevo alcanzar esa categoría en el estado de Tennessee (EUA). La Figura 8 es una foto capturada por el satélite polar Terra el día 28 de agosto y un residente que perdió su casa durante el paso del huracán.



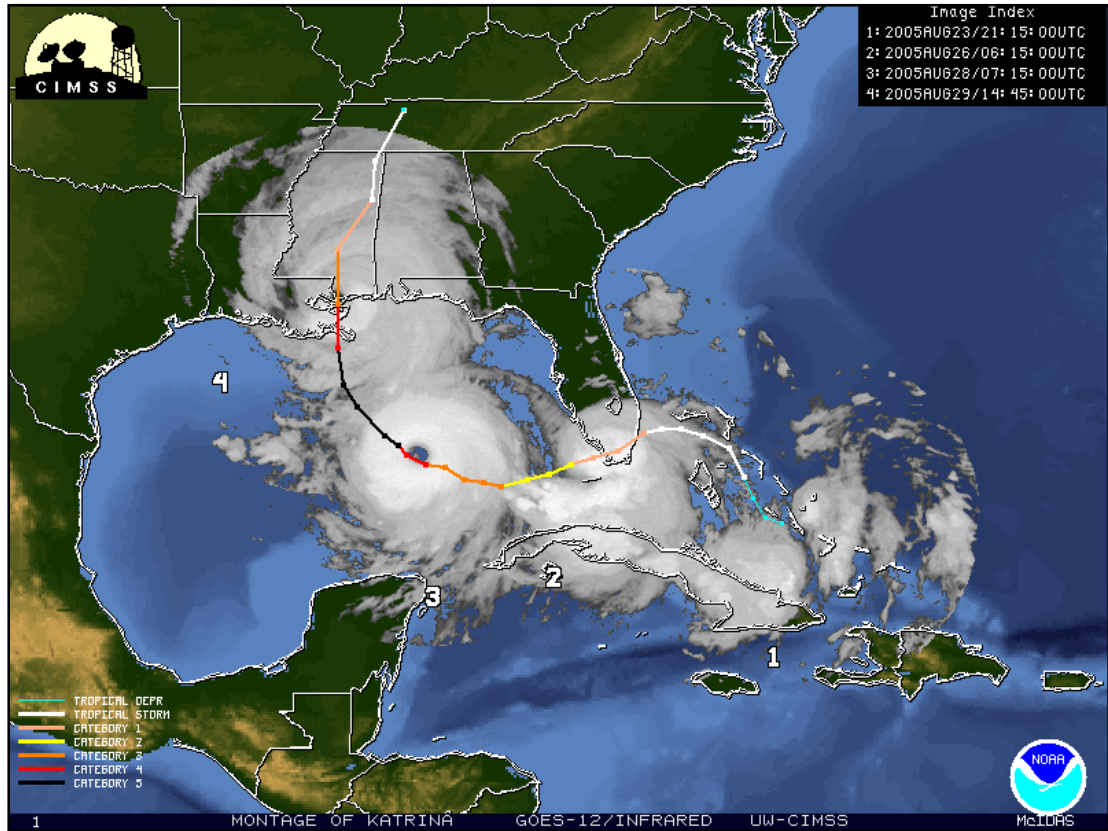


Fig. 7. Foto de satélite GOES-12 y ruta del huracán Katrina.

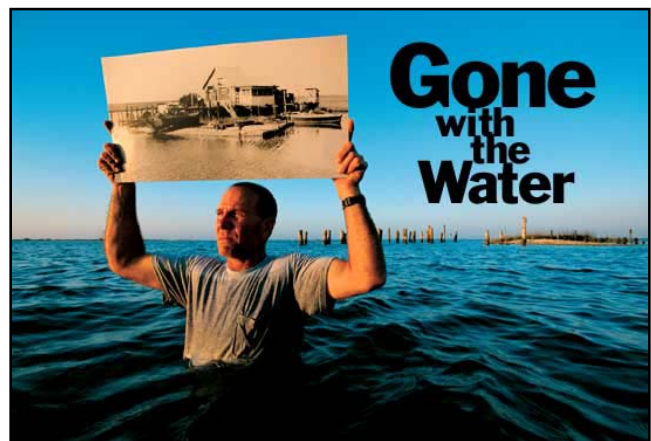


Fig. 8. A la izquierda la foto del satélite Terra del Huracán Katrina (1100 UTC) en el momento de máxima intensidad. A la derecha una foto alusiva a la catástrofe de un residente que perdió su casa (la inscripción se puede traducir como "lo que el agua se llevó").

## Información climática

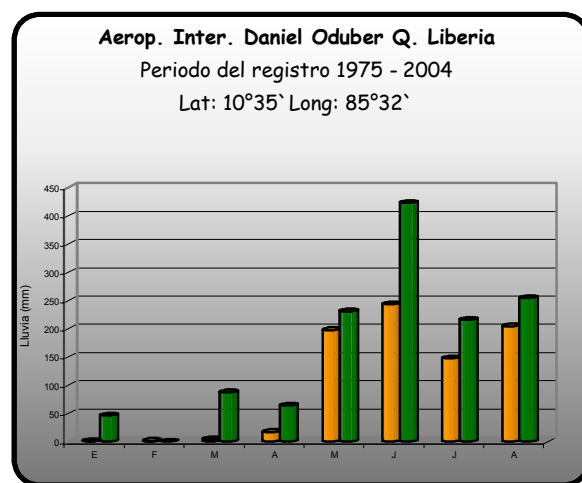
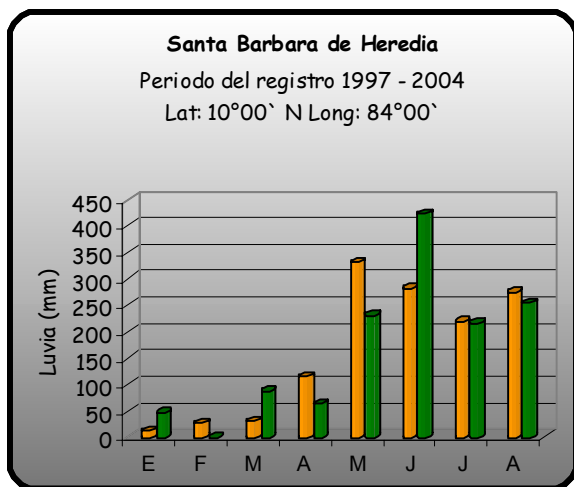
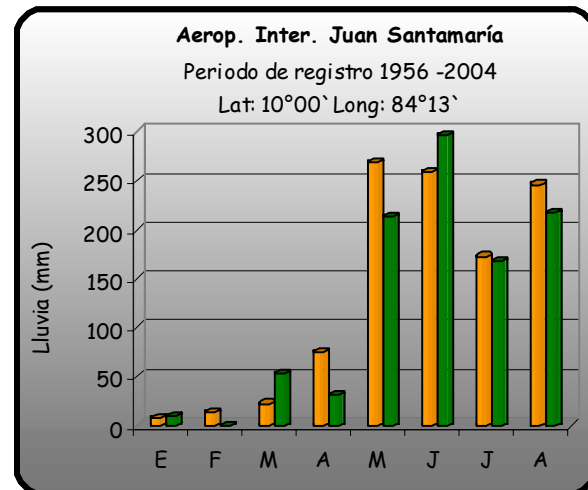
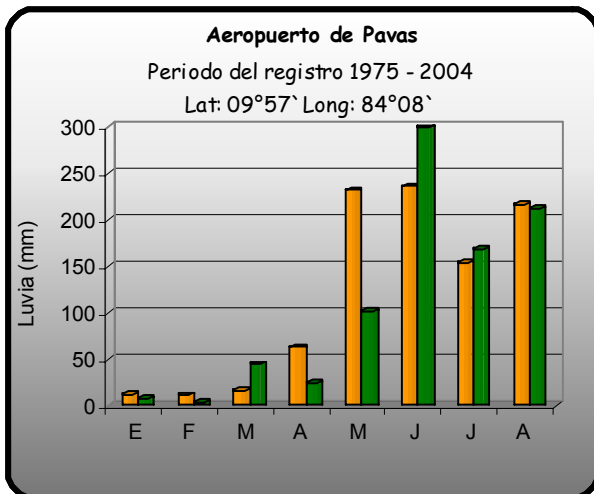
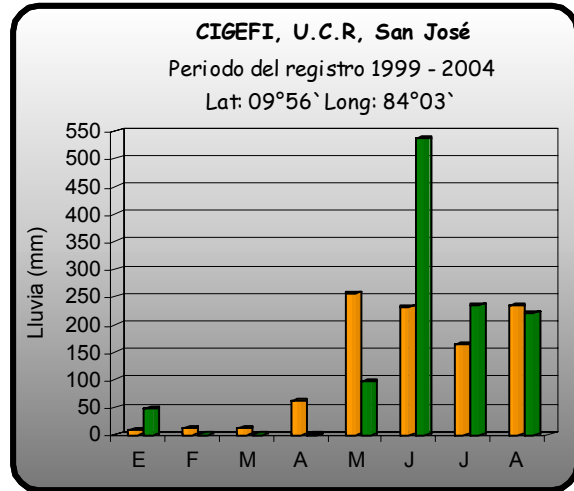
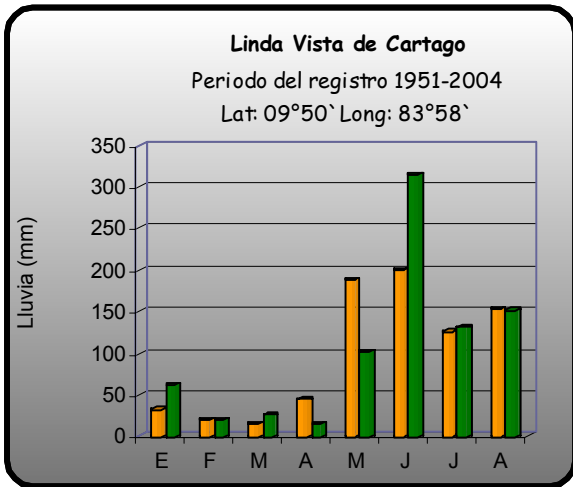
AGOSTO DEL 2005

Región del país	Nombre de las estaciones	Lluvia Mensual	Temperatura Promedio del Mes			Temperaturas absolutas			
			Máxima	Mínima	Media	Máxima	Día	Mínima	Día
		Total							
Valle Central	Aeropuerto Tobías Bolaños (Pavas)	213.1	27.4	19.2	23.3	29.6	31	16.0	29
	San Pedro de Montes de Oca (CIGEFI)	221.1	26.6	16.9	21.7	29.1	28	14.8	27
	Santa Bárbara de Heredia	254.5	28.0	17.0	22.5	30.0	2	15.0	27
	Aeropuerto Juan Santamaría (Alajuela)	217.8	27.9	18.5	23.2	31.2	10	16.2	29
	Linda Vista del Guarco (Cartago)	151.6	24.2	15.2	19.7	26.3	18	13.0	27
Pacífico Norte y Central	Aeropuerto Daniel Oduber (Liberia)	248.9	32.4	22.7	27.5	35.2	10	21.3	25
	Ingenio Taboga (Cañas)	172.2	32.1	22.9	27.5	34.2	2	20.2	8
	La Ceiba	110.9	31.9	23.8	27.8	34.7	10	21.7	28
	Puntarenas (Centro)	140.0	29.3	24.3	26.8	32.0	7	22.1	29
	Cascajal (Orotina)	211.2	30.3	20.8	25.6	33.0	1	18.5	31
	Damas (Quepos)	597.8	30.6	12.9	21.7	32.0	9	4.5	31
Pacífico Sur	Pindeco (Buenos Aires)	348.4	30.8	21.4	26.1	32.5	19	19.0	29
	Río Claro (Golfito)	645.1	31.9	21.3	26.6	33.4	20	19.2	29
	Chirripó	167.3	12.5	5.3	8.9	16.3	20	4.0	7
	Coto 47 (Corredores)	409.4	32.1	23.2	27.6	33.5	8	21.0	29
Zona Norte	Santa clara (San Carlos)	283.7	29.9	21.1	25.5	34.5	30	18.5	8
	Los Chiles	194.1	31.0	23.5	27.3	34.2	30	21.9	28
	Ciudad Quesada	405.5	25.0	19.4	22.2	31.8	11	17.7	26
Caribe	Aeropuerto de Limón	220.8	29.2	22.2	25.7	31.0	4	21.1	8
	Sixaola	139.5	29.9	23.0	26.4	33.6	30	21.9	18
	Canta Gallo	236.3	30.3	22.9	26.6	33.7	30	21.0	26

Nota :

- Las comparaciones gráficas de Cascajal, de Orotina se hacen momentáneamente con el promedio de Lagunillas.
- La Lluvia viene dada en Milímetros (1 milímetro de lluvia equivale a 1 litro por metro cuadrado)
- La temperatura viene dada en Grados Celsius
- -9 Significa que no hay datos disponibles

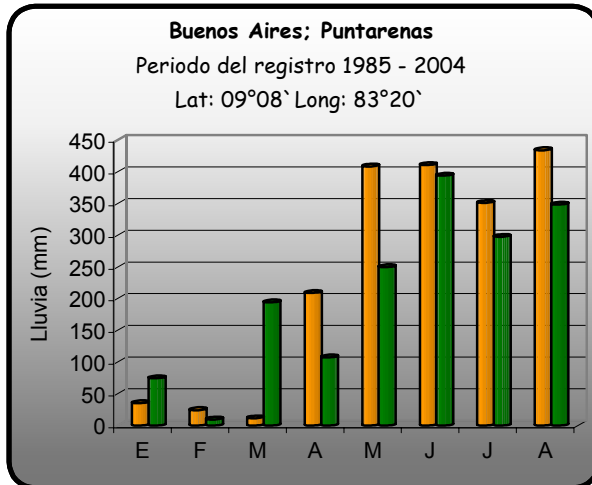
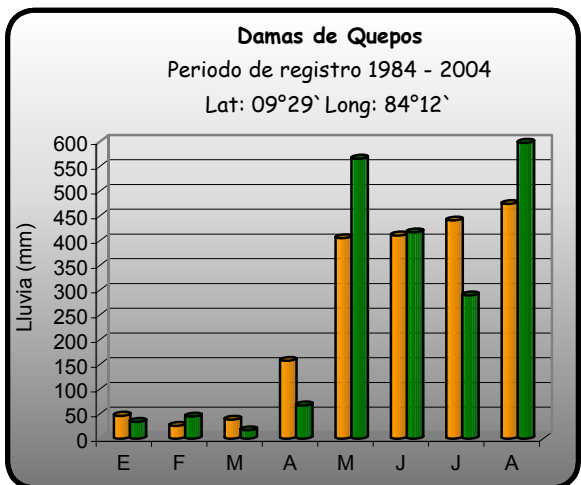
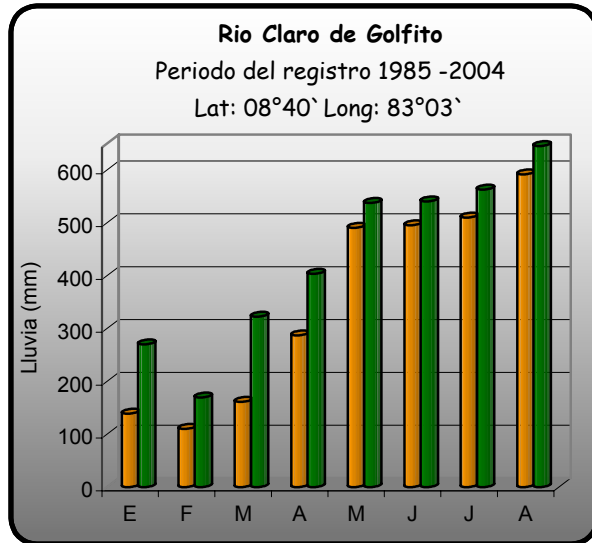
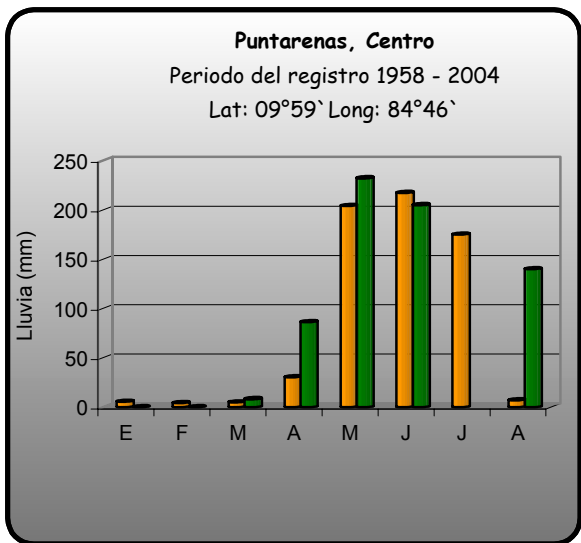
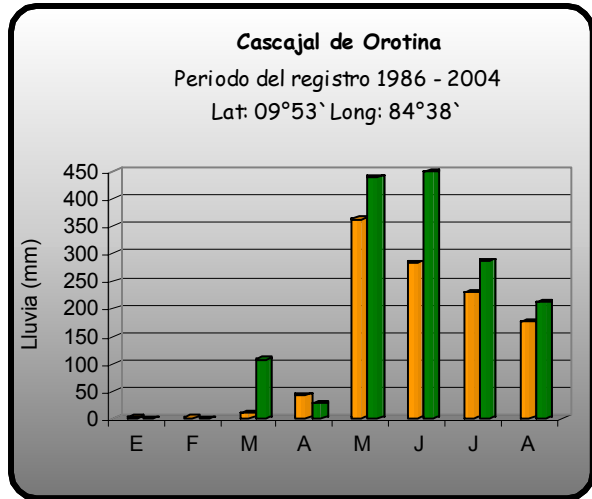
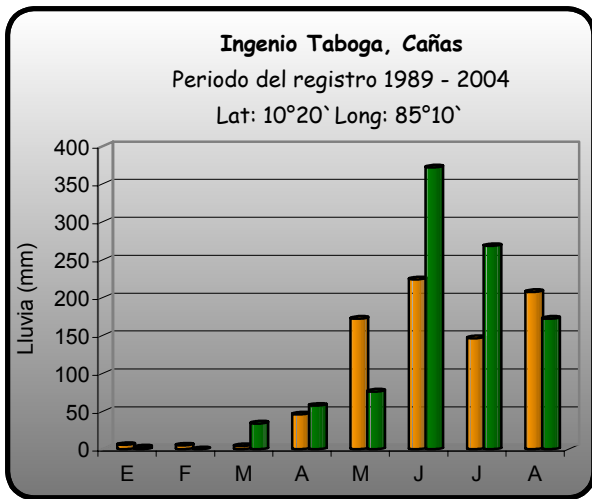
# Comparación de la precipitación mensual del 2005 con el promedio



PROMEDIO DEL PERIODO



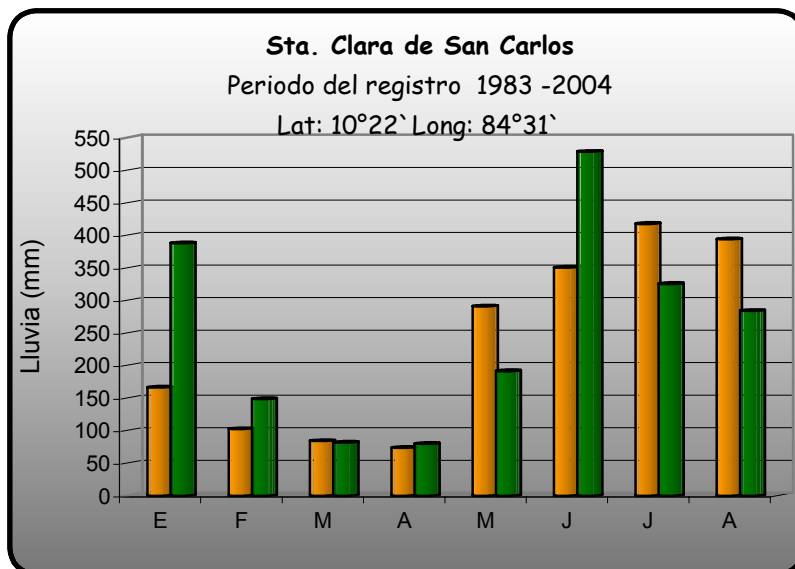
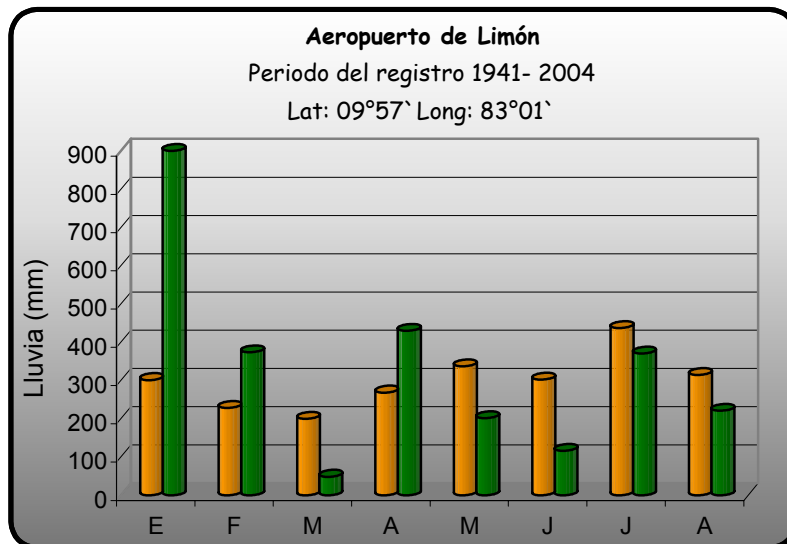
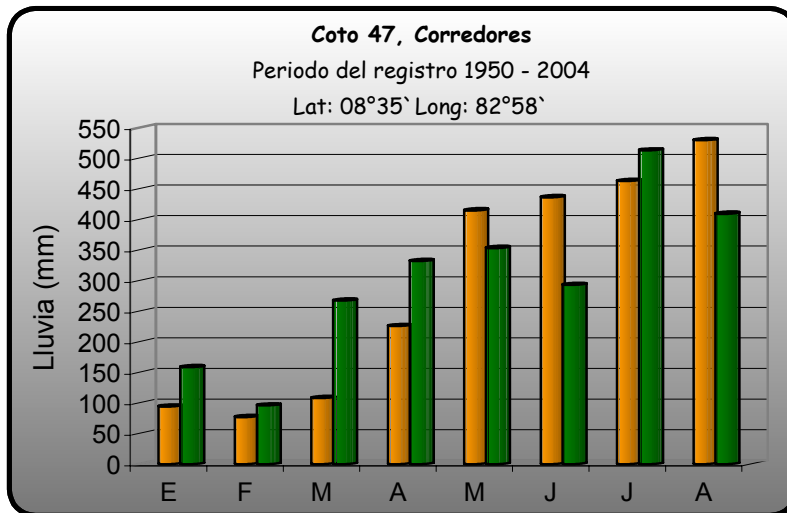
AÑO 2005



PROMEDIO DEL PERIODO

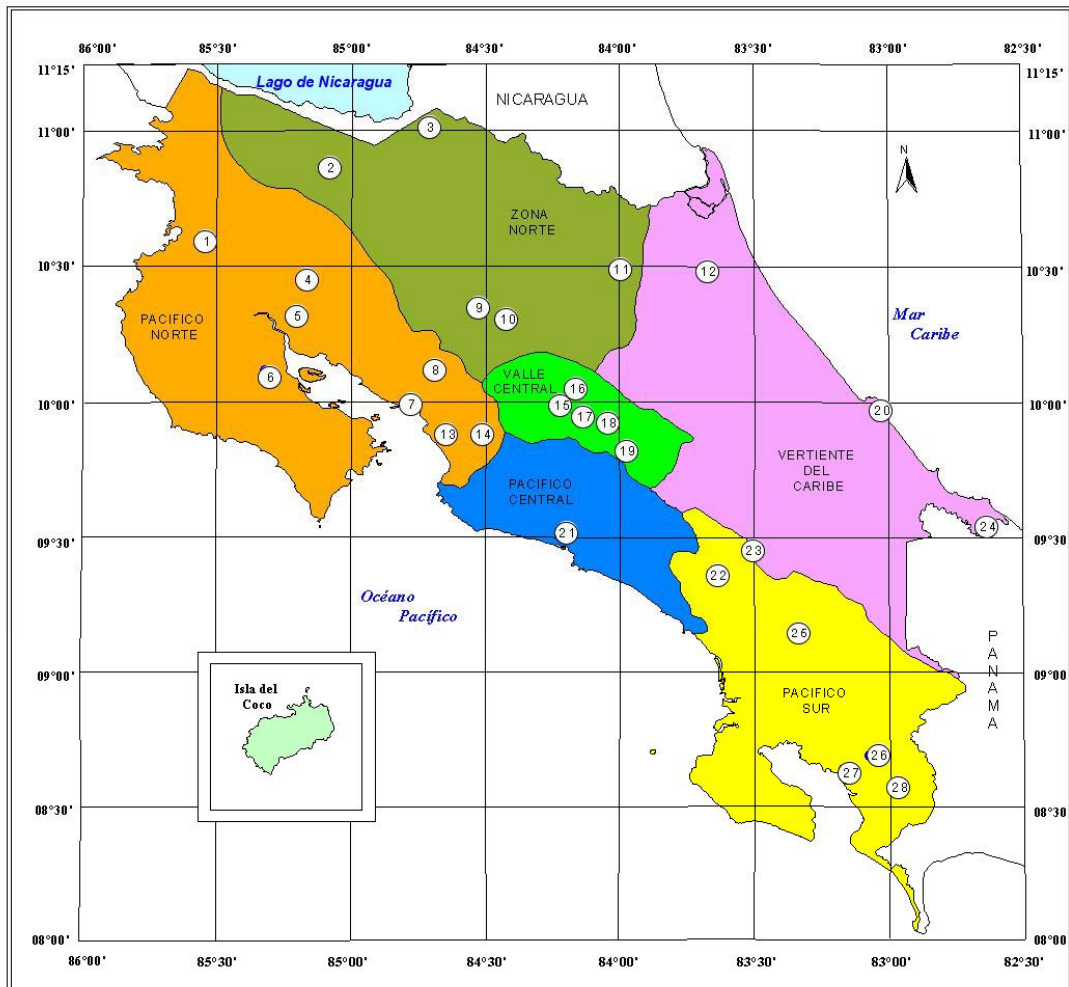


AÑO 2005



PROMEDIO DEL PERIODO
 
 AÑO 2005

**ESTACIONES METEOROLOGICAS  
UTILIZADAS EN ESTE BOLETIN  
Según regiones climáticas**



MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA  
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL



Escala 1:2.400 000



*Fuente: Instituto Meteorológico Nacional  
Diseño en Map/Info y Arc/view:  
Geóg. Nury Sanabria Valverde  
Gestión de Desarrollo, 2001*

**ESTACIONES METEOROLOGICAS**

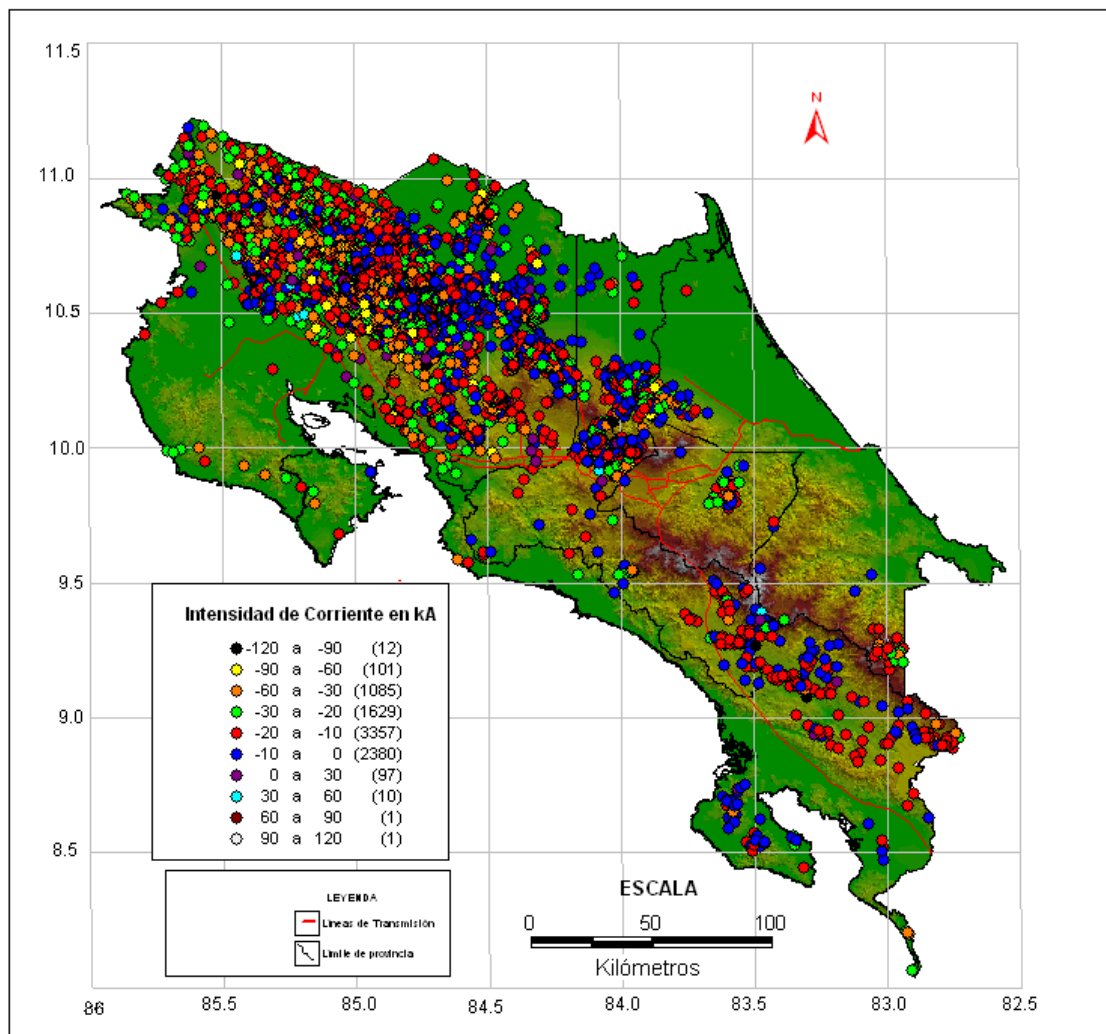
- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1 LLANO GRANDE, LIBERIA | 15 AEROP JUAN SANTAMARIA   |
| 2 UPALA                 | 16 SANTA BARBARA           |
| 3 COMANDO LOS CHILES    | 17 AEROP PAVAS             |
| 4 HACIENDA MOJICA       | 18 CIGEFI, UCR             |
| 5 INGENIO TABOGA        | 19 LINDA VISTA, EL GUARCO  |
| 6 FINCA LA CEIBA        | 20 LIMON                   |
| 7 PUNTARENAS            | 21 DAMAS                   |
| 8 LAGUNILLA, MIRAMAR    | 22 LA LINDA, PEREZ ZELEDON |
| 9 SANTA CLARA           | 23 CHIRRIPO                |
| 10 CIUDAD QUESADA       | 24 SIXAOLA                 |
| 11 LA REBUSCA           | 25 PINDECO                 |
| 12 CANTA GALLO          | 26 INA, RIO CLARO          |
| 13 CASCAJAL             | 27 GOLFITO                 |
| 14 OROTINA              | 28 COTO 47                 |

# Resumen de descargas eléctricas registradas durante julio

Departamento de Análisis Meteorológico  
y Descargas Atmosféricas,  
Instituto Costarricense de Electricidad

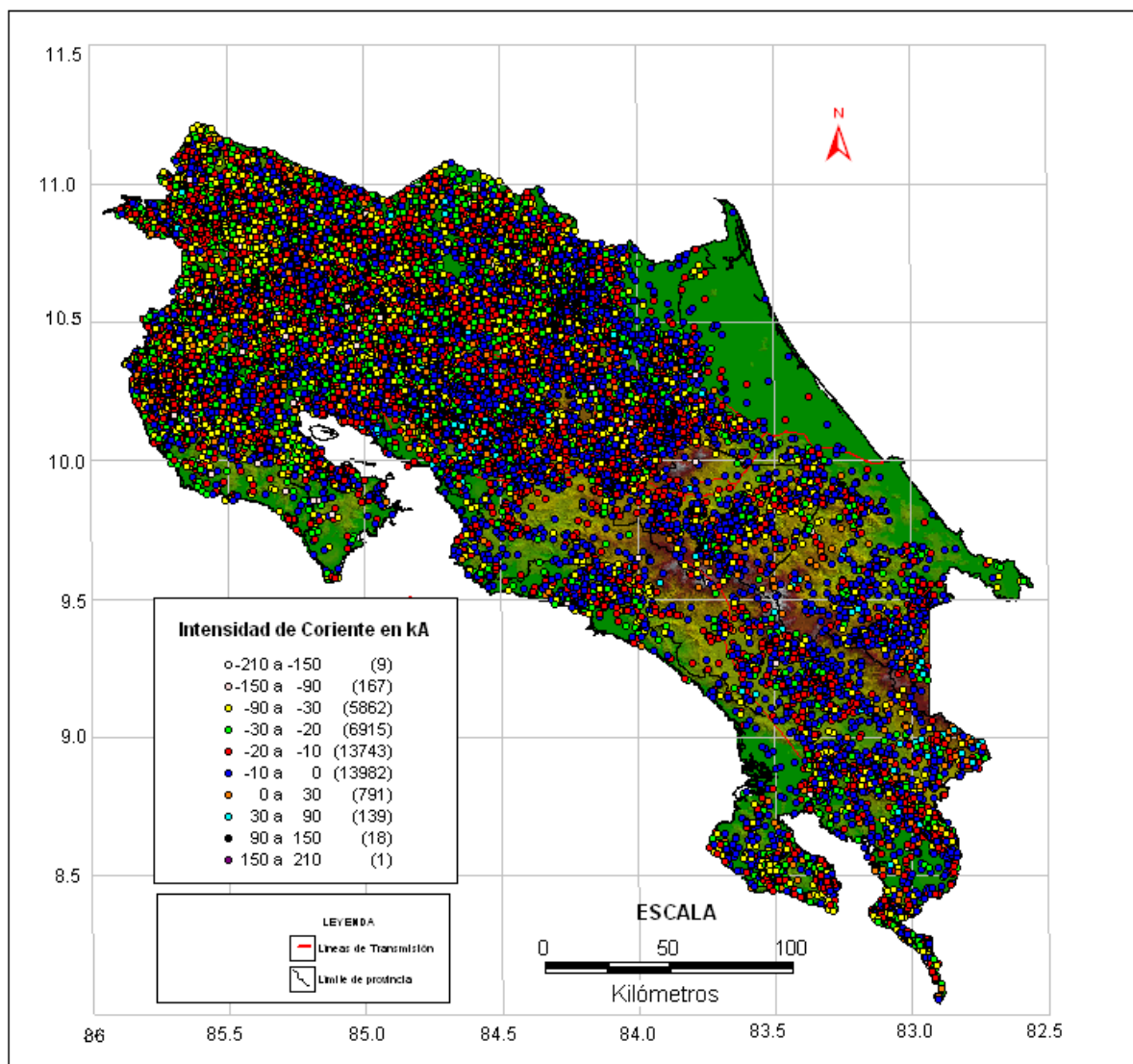
El mes de agosto de 2005 registra 79702 descargas de nube a tierra sobre el territorio nacional. Este mes se caracterizó por mostrar un aumento en el número de descargas registradas sobre el país con respecto a julio, en donde se produjeron 70590 descargas de nube a tierra. La distribución diaria fue muy irregular, el día con mayor cantidad de descargas registradas fue el 22 con 8673 y el día con menos descargas fue el día 1° con 136 solamente. En cuanto a registros horarios el máximo se registró el día 22 con 3646 descargas ocurridas entre las 3 y 4 de la tarde.

En el mapa se muestra la distribución de las descargas registradas en el día con mayor número de descargas, el 22 de agosto, en la cual se puede apreciar que la mayor densidad se registró sobre la parte fronteriza con Nicaragua de la Cordillera Central y en vertiente del Caribe.



**Figura 1.** Descargas registradas sobre el país el día 22 de agosto de 2005.

A nivel semanal, el período comprendido entre el 22 y el 28 de agosto muestra la mayor cantidad de descargas de nube a tierra con 41623. En el mapa de la figura 2 se muestra la distribución espacial de las descargas.



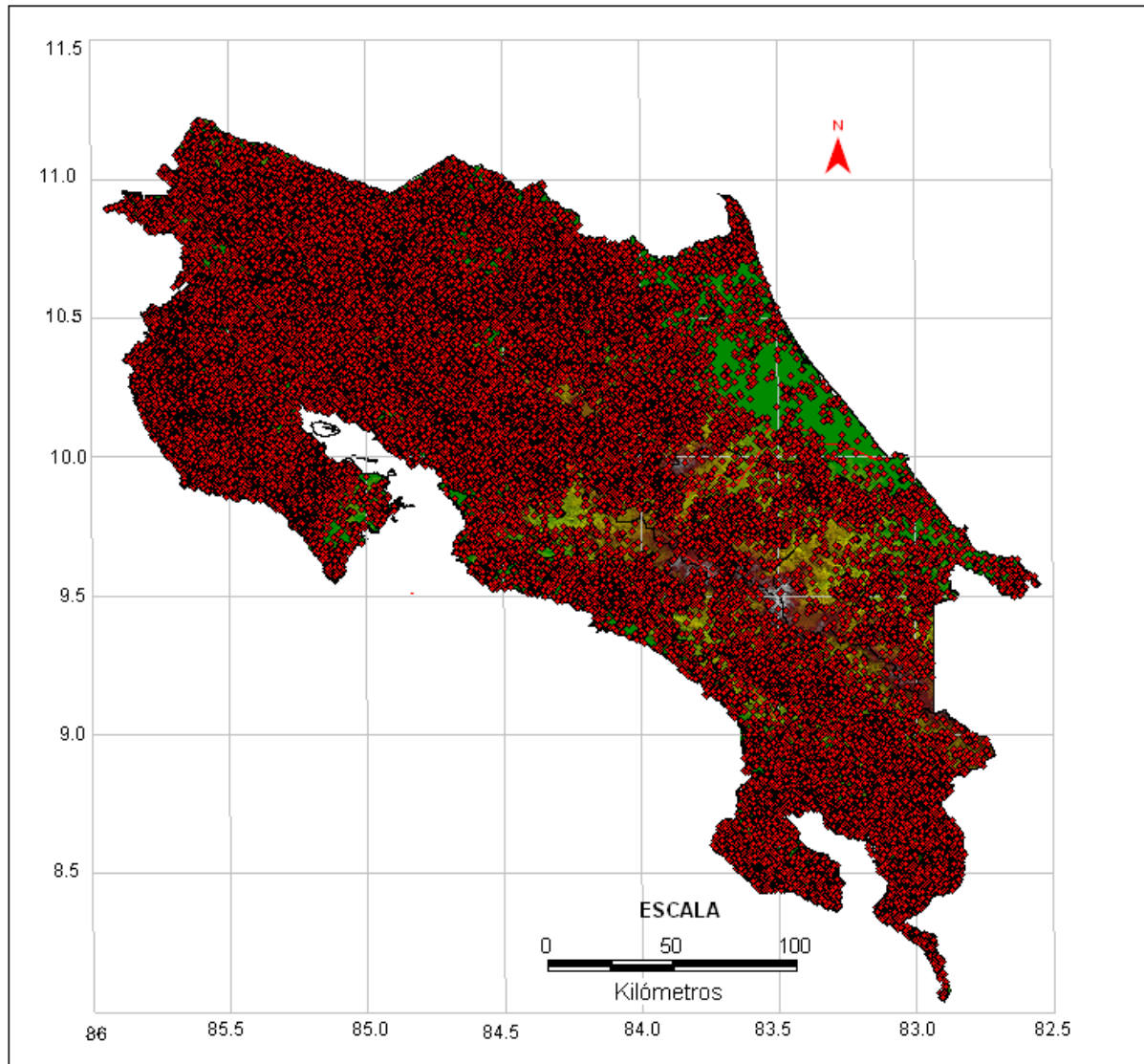
**Figura. 2.** Distribución de las descargas durante la semana del 22 al 28 de agosto

En esta figura se puede observar que las zonas con menor incidencia de descargas son: la costa del Caribe, parte de la Meseta Central y el Cerro de la Muerte.

En cuanto al total de descargas registradas durante el mes de agosto, 79702 , estas se distribuyeron sobre casi todo el territorio nacional, siendo las zonas con menor cantidad de impactos las costas del mar Caribe, la cordillera montañosa formada por el macizo donde se ubica el Cerro de la Muerte y el cerro Chirripó en especial su región noreste.



En la figura 3 se muestra la distribución espacial de las descargas durante el mes de agosto de 2005.



**Figura3.** Distribución de las descargas atmosféricas en agosto.

# Estimaciones de lluvia usando imágenes de satélite

Rosario Alfaro<sup>1</sup>

## Introducción

Centro América ha venido experimentando una disminución en su red de estaciones meteorológicas debido, entre otras cosas, al aumento en los costos de mantenimiento de la red observación sistemática del clima y la disminución, en términos reales, de los presupuestos de los servicios meteorológicos. Por las razones anteriores y debido a la ausencia de radares en nuestra región, el uso de los satélites meteorológicos representa una importante alternativa para estimar precipitación.

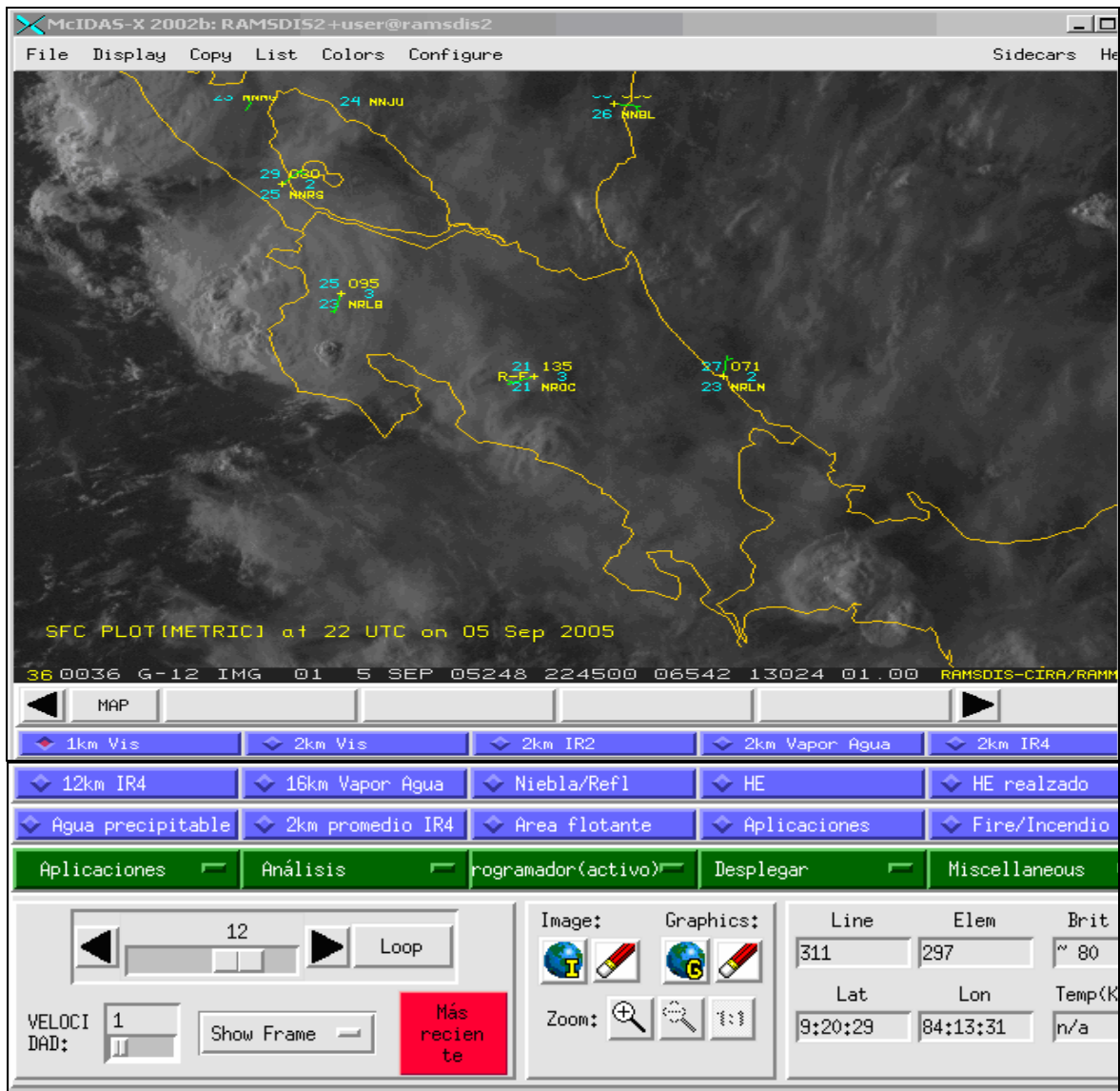
Existen varias técnicas que se han desarrollado para estimar precipitación en tiempo real a partir de los datos de satélite, siendo una de ellas el Hidroestimador, técnica desarrollada por NESDIS de los Estados Unidos. Desde julio de 2001, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) cuenta con un sistema de recepción digital del satélite meteorológico GOES-12, haciendo posible el uso operativo del Hidroestimador, obteniendo estimaciones de la precipitación sobre el territorio nacional cada media. Al mismo tiempo, las cantidades estimadas de lluvia por este método el principal insumo para el sistema de alerta temprana, conocido como CAFFG, utilizado para la emisión de alertas meteorológicas, relacionadas con crecidas e inundaciones repentinas en las diferentes cuencas del país.

## El sistema RAMSDIS y el Hidroestimador

A raíz de los desastres ocasionados por el huracán Mitch en 1998, hubo una iniciativa a nivel centroamericano con el fin de proveer de imágenes digitales del satélite meteorológico geoestacionario GOES-12 a los países de la región, con una herramienta útil en la prevención y mitigación de desastres. Como parte de esta iniciativa se instaló el sistema RAMSDIS en el IMN para recibir periódicamente imágenes digitales del satélite GOES-12 y transmitir las, vía Internet, a los países centroamericanos. En la figura 1 se muestra la pantalla de presentación del sistema RAMSDIS.

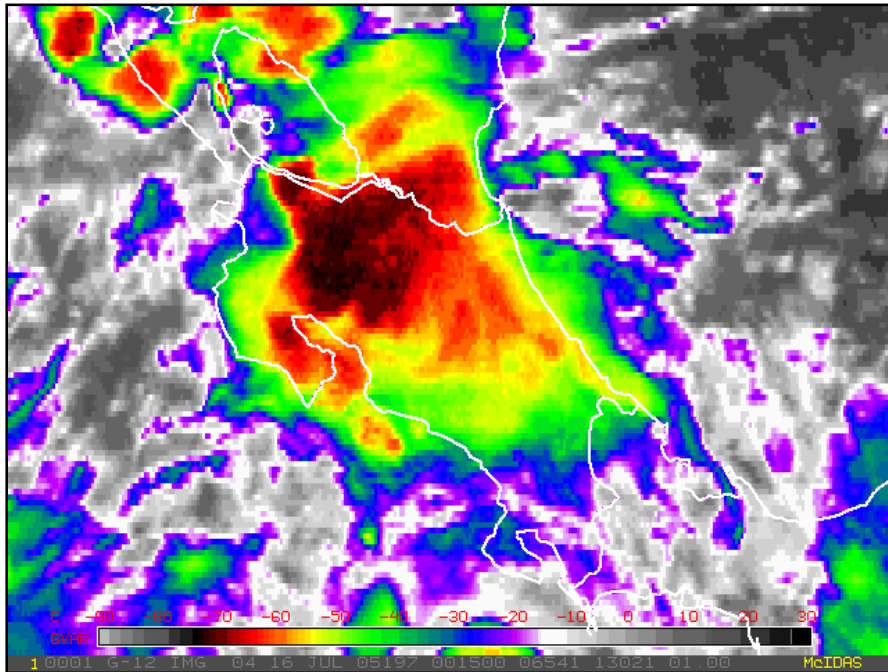
---

<sup>1</sup> Gestión de Análisis y Predicción, Instituto Meteorológico Nacional, Apartado 7-3350-1000, San José, Costa Rica. E-mail: ralfaro@meteo.imn.ac.cr



**Figura 1.** Pantalla de presentación del sistema RAMSDIS con los diferentes tipos de imágenes satelitales procedentes del satélite GOES-12.

El sistema RAMSDIS muestra las imágenes de los diferentes canales del satélite GOES presionando los botones azules de la pantalla del lado izquierdo, entre ellas la imagen de precipitación estimada por el Hidroestimador. Éste estima la precipitación relacionada con nubosidad convectiva de gran desarrollo vertical a partir de las imágenes del canal espectral infrarrojo de  $10.7 \mu\text{m}$  (canal 4), las cuales dan información de las temperaturas de la parte superior (tope) de las nubes. En la figura 2 se muestra una de estas imágenes. Este producto se transmite, a través del sistema RAMSDIS, a los países de Centroamérica vía Internet.

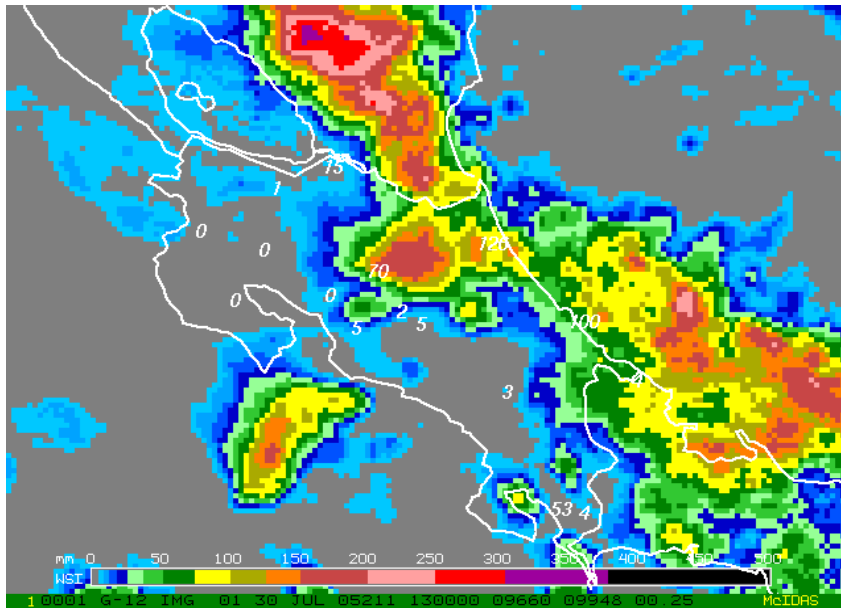


**Figura 2.** Imagen digital del canal 4 del canal espectral infrarrojo del satélite GOES del día 15 de julio de 2005 a las 6:15 p.m. La barra de colores en la parte inferior de la figura muestra que el color verde corresponde a temperaturas del tope de las nubes de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el color rojo a  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el color negro a  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La técnica del Hidroestimador es una variación de una versión inicial conocida como el Autoestimador, la cual fue desarrollada por Vicente y colaboradores (1998). La ventaja del Hidroestimador es que no utiliza datos de radar. El Hidroestimador, para estimar las cantidades de precipitación, utiliza varias ecuaciones estadísticas de regresión, las cuales tienen como insumo principal los valores de la temperatura del tope de las nubes. Se utilizan diferentes ecuaciones dependiendo del contenido de agua precipitable en la atmósfera, la cual se obtiene de los modelos de predicción numérica de la atmósfera. También se usan otras variables del modelo como la humedad relativa entre los niveles atmosféricos de superficie y 500 hectopascales (hPa), así como los vientos en 850 hPa y la topografía, con la finalidad de hacer ajustes a los valores estimados de precipitación obtenidos con las ecuaciones de regresión. El resultado del Hidroestimador es un mapa con la distribución de la precipitación a partir de los datos de satélite.

## Resultados

Las comparaciones entre las cantidades de lluvia estimada por el Hidroestimador y los datos diarios de lluvia medidos por estaciones meteorológicas en eventos extremos (Alfaro, 2003), mostraron resultados bastante satisfactorios. Se han evaluado casos de precipitaciones fuertes durante la época lluviosa de 2005 en Costa Rica, mostrando la figura 3 un resultado en particular.



**Figura 3.** Estimaciones de lluvia para el 29 de julio de 2005. Sobre la imagen, en números blancos, se pueden observar los valores de precipitación medidos por la red de estaciones meteorológicas automáticas. La barra de colores (escala inferior) utilizada muestra que el color amarillo corresponde a precipitaciones que alcanzan los 100 milímetros (mm). Los otros colores, hacia la derecha del amarillo, corresponden a valores de precipitación mayores a 100 mm.

Con la finalidad de obtener un análisis más objetivo de las comparaciones entre las estimaciones del satélite y los datos de lluvia de las estaciones meteorológicas, también se realizaron pruebas estadísticas que mostraron, para el caso específico mostrado, correlaciones e índices bastante significativos desde el punto de vista estadístico, los cuales muestran la utilidad de estos productos para la vigilancia del clima en tiempo real.

Las estimaciones de precipitación son esenciales para fines hidrológicos, agrícolas, turísticos y de prevención y mitigación de desastres, entre otros. También sirven para evaluar los pronósticos cuantitativos de precipitación de los modelos numéricos de predicción a escala local (mesoescala) que utiliza el IMN como el Eta y el MM5. En este momento, las estimaciones de lluvia obtenidas con el Hidroestimador están siendo utilizadas como insumo principal de un sistema de alerta temprana de inundaciones utilizado por el IMN desde setiembre de 2004 y el cual está dirigido a apoyar la emisión de avisos y alertas meteorológicos por crecidas e inundaciones en las diferentes cuencas del territorio nacional, conocido como CAFFG.

## Referencias

- Vicente G., Scofield R and W. Menzel, 1998. The Operational GOES Infrared Technique, Bull. Ame. Soc., 79, 1883 – 1898.
- Alfaro, R., 2003. Validation of GOES precipitation estimates over Central America. CIRA Technical Report ISSN No. 0737-5352—58, Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, 24 pág.

# **El sistema CAFFG: una herramienta para la emisión de alertas tempranas por inundaciones repentinas en Centro America**

Por Rosario Alfaro

## **Introducción**

Posterior a la implementación operativa del Hidroestimador en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) en el año 2001, el cual se usa para estimar precipitación con base en los datos digitales de los satélites meteorológicos GOES, el Centro de Investigaciones Hidrológicas (HRS, por sus siglas en inglés y que está ubicado en San Diego -California) desarrolló un sistema de alerta temprana para crecida e inundaciones conocido como la Guía de Inundaciones Repentinas para Centroamérica (Central American Flash Flood Guidance, CAFFG).

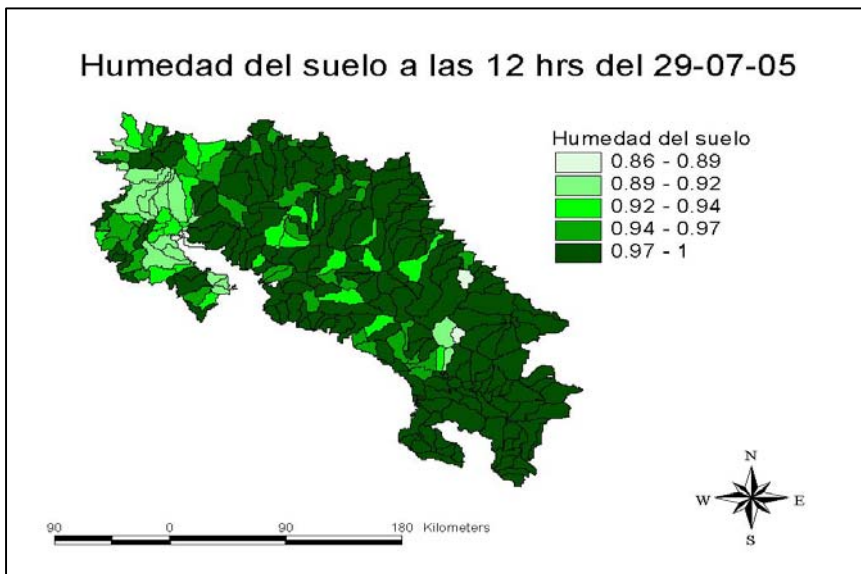
Desde el 2004, dicho sistema integra productos de cuatro fuentes del IMN: 1) el sistema RAMSDIS de recepción de imágenes digitales de satélite, 2) el Hidroestimador, 3) los datos de estaciones meteorológicas automáticas vía satélite y 4) los pronósticos cuantitativos de lluvia del modelo numérico para la mesoescala WS- Eta versión 3.1. Lo anterior fue posible gracias a la colaboración de todos los países de la región centroamericana, quienes suministraron información hidrometeorológica para el desarrollo, la calibración y la validación del sistema de alerta temprana CAFFG.

El sistema de alerta temprana CAFFG opera en uno de los servidores del IMN y sus resultados están a la disponibilidad de los países centroamericanos, a través de una página de Internet de acceso restringido.

A continuación se describe brevemente el sistema y los productos que ofrece para la emisión de alertas por crecidas e inundaciones repentinas. También se muestra el análisis de las pasadas inundaciones de enero de 2005 en la vertiente del Caribe de Costa Rica.

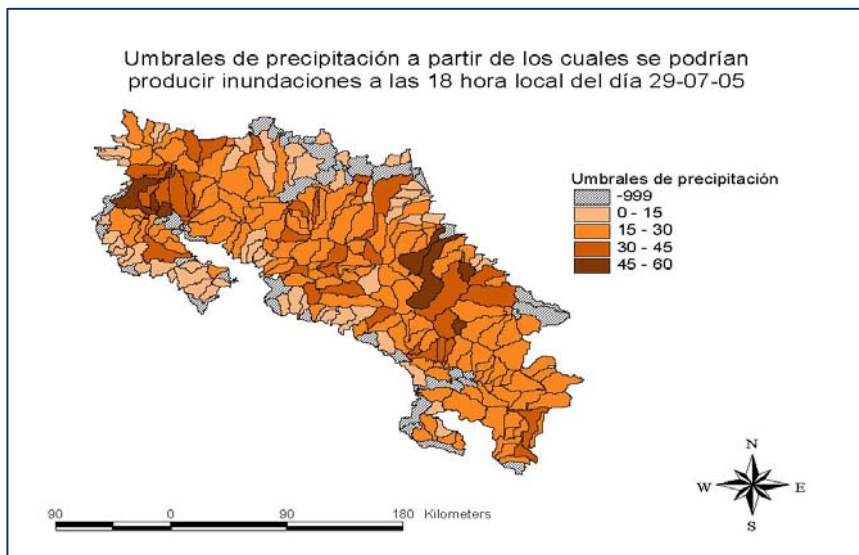
## **Componentes del sistema CAFFG**

Tres modelos conforman la base teórica del sistema: a) el modelo de la humedad del suelo (Georgakakos y Smith, 2001), b) el modelo del umbral de escorrentía (Carpenter et al., 1999) y c) el modelo de la guía de inundaciones repentinas (Georgakakos, 2004). El primero de ellos (ver fig. 1) cuantifica el contenido de humedad del suelo en las cuencas de la región centroamericana, utilizando una ecuación de la conservación natural del agua en las cuencas del istmo.



**Figura 1.** Valores de humedad del suelo en  $m^3$  de agua por  $m^3$  de suelo para el 29 de julio de 2005. Los valores varían entre 0.86 y 1.0, correspondiendo los valores más bajos a la región del Pacífico Norte de nuestro país, en donde se observan los verdes más claros.

Los modelos del umbral de escorrentía y la guía de crecidas e inundaciones repentinas sirven para calcular la cantidad de lluvia acumulada en un período determinado, la cual es la suficiente para que el río desborde su cauce en la salida de la cuenca. La figura 2 muestra los resultados obtenidos con los dos modelos anteriores para el día 29 de julio a las 12 hora local. Si llueve más de los valores indicados en el mapa en las diferentes cuencas, en el período comprendido entre las 12 y las 18 hora local, existe una alta probabilidad de que se presenten inundaciones.

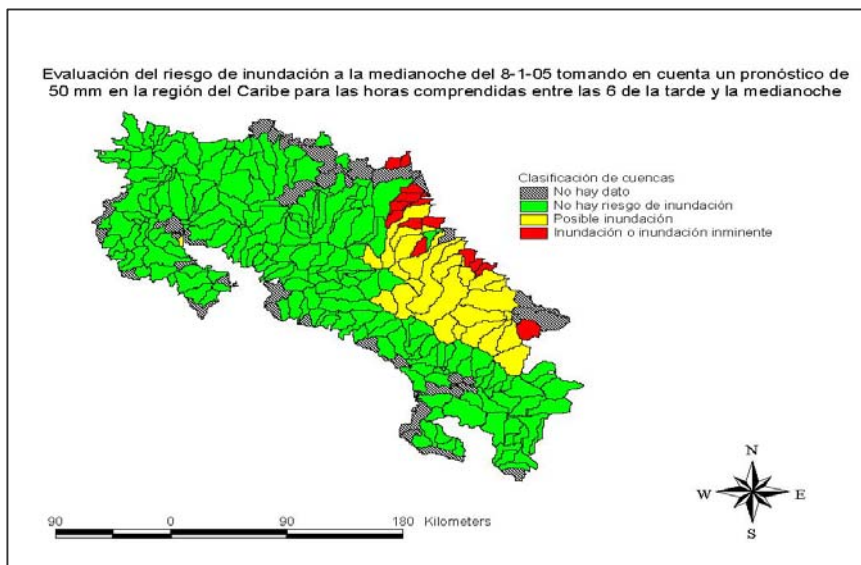


**Figura 2.** Resultados de los modelos del umbral de escorrentía y de la guía de inundaciones del día 29 de julio de 2005 a las 6 p.m. horas. La escala de colores muestra valores en el rango 0 – 60 mm.

El producto anterior muestra en tonos claros las cuencas más vulnerables a inundaciones, en caso de que se produzca precipitación sobre esas cuencas. Pero... ¿cómo saber si se producirán lluvias sobre esas cuencas en las próximas horas? Para responder esta pregunta se utilizan las cantidades de precipitación pronosticadas por los modelos numéricos de mesoescala, tales como el WS-Eta versión 3.1 y MM5, que corre el IMN en sus servidores.

### Análisis del temporal en la región del Caribe (enero 2005)

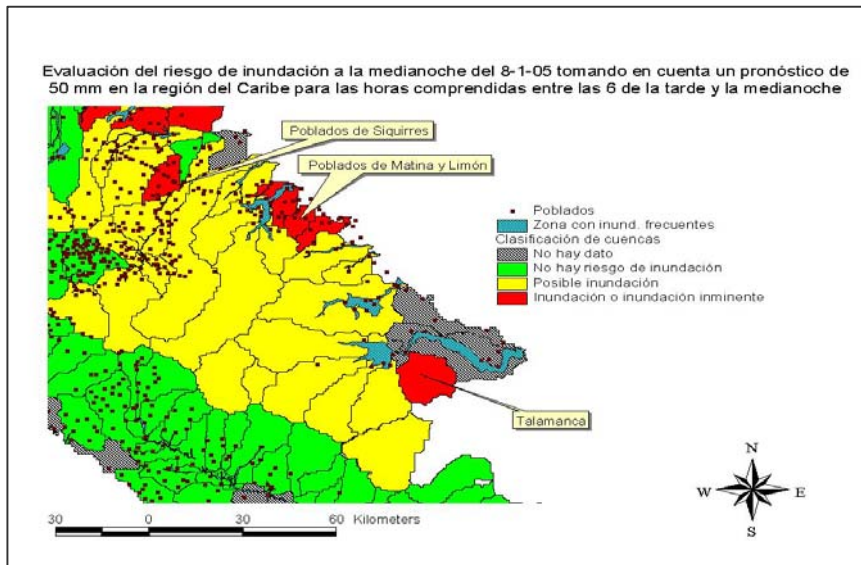
Una muestra de los productos, que se pueden obtener con este sistema, se refiere a las inundaciones del 8 de enero de 2005 en la vertiente del Caribe en horas de la madrugada. Para obtener estos resultados se utilizaron los archivos de datos del CAFFG y el pronóstico de las cantidades de lluvia entre las 6 de la tarde y la medianoche, es decir, 6 horas antes de la inundación que para este caso específico correspondieron a los resultados del modelo WS Eta versión 3.1 para el período correspondiente. La combinación de la información anterior, permitió obtener el mapa de evaluación del riesgo de inundación en Costa Rica, el cual se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Evaluación del riesgo de inundación en Costa Rica, utilizando la información del CAFFG y un pronóstico de cantidades de lluvia en un período de 6 horas anterior al período previsto. En rojo se muestran las cuencas con riesgo de inundación inminente a la medianoche del día 8 de enero.

Un acercamiento de la figura 3 se muestra a continuación (ver fig. 4), en donde se han superpuesto los centros de población y las zonas de inundaciones frecuentes.





**Figura 4.** Ampliación de la figura 3, mostrándose, además los centros de población y las zonas de inundaciones frecuentes. También se muestra el nombre de los cantones correspondientes a las cuencas que se muestran en rojo.

La evaluación anterior se comparó con las regiones inundadas según los informes de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), siendo los resultados muy satisfactorios. El ejemplo anterior muestra las potencialidades del CAFFG para la prevención y mitigación de desastres por crecidas e inundaciones debido a fenómenos hidrometeorológicos extremos. Los productos, como los anteriores, sirven para emitir avisos por inundaciones en las diferentes regiones del país y forman parte de los productos utilizados actualmente por el IMN.

## Referencias

- Carpenter, T.M., Sperflage, J.A., Georgakakos, K.P., Sweeney, T., Fread, D.L., 1999. National threshold runoff estimation utilizing GIS in support of operational flash flood warning systems. *J. Hydrol.* 224, 21-44.
- Georgakakos, K.P. and D.E. Smith, 2001. Soil moisture tendencies into the next century for the conterminous United States. *J. of Geophys. Res.*, 106(D21), 27367-27382, 2001.
- Georgakakos, K.P., 2004. Analytical Results for Operational Flash Flood Guidance. *Journal of Hydrology*. Submitted