

Development of Real Time Flood Prediction Capabilities in Puerto Rico to evaluate uncertainties

Alejandra M. Rojas González¹, Eric Harmsen², Sandra Cruz Pol³

¹Graduate Student, Department of Civil Engineering

²Professor, Department of Agriculture and Biosystems Engineering

³Professor, Department of Electrical and Computer Engineering
University of Puerto Rico at Mayagüez

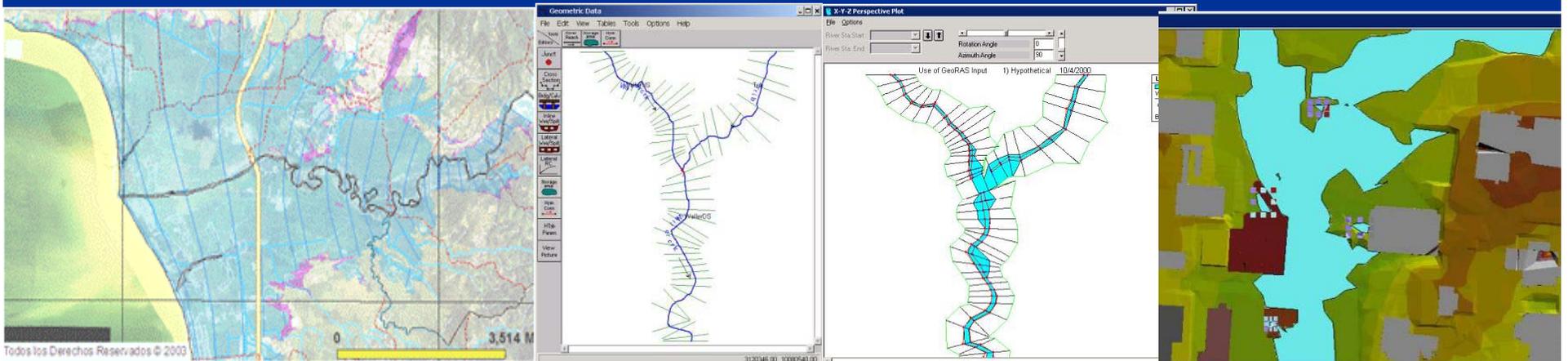
Séptima Reunión de Nacional de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica de Puerto Rico

December 11th, 2009



Prevencción de Inundaciones

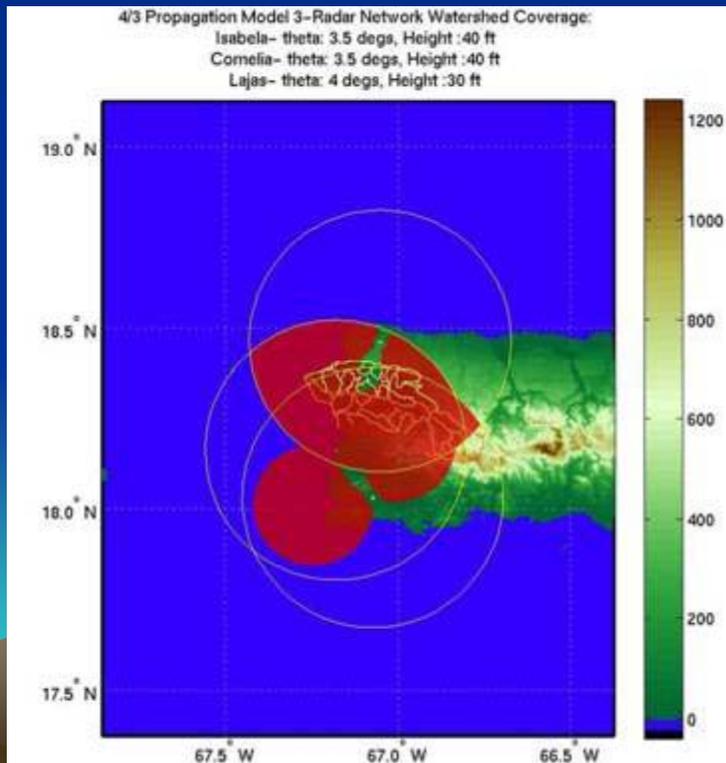
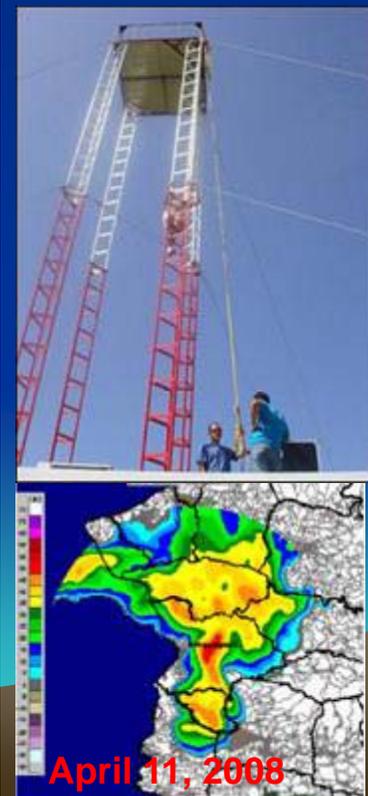
- Federal Emergency Management Agency: FEMA:
 - Delimita las áreas inundables para un periodo de retorno de 100 años.
 - Cada nuevo desarrollo somete un estudio para demostrar que no se va a incurrir en un aumento en el nivel de inundación para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
 - Se proponen medidas para mitigar caudal de excedencia.
 - Diseño de carreteras y puentes según niveles de inundación.





CASA: “Center of Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere”

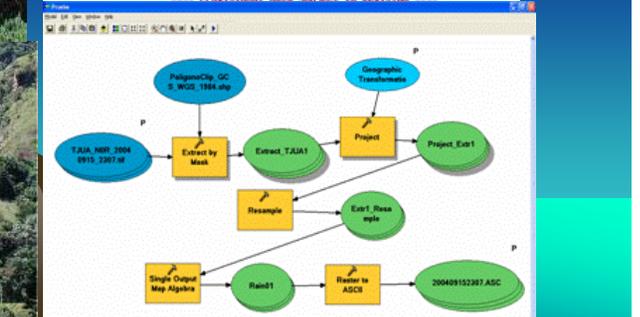
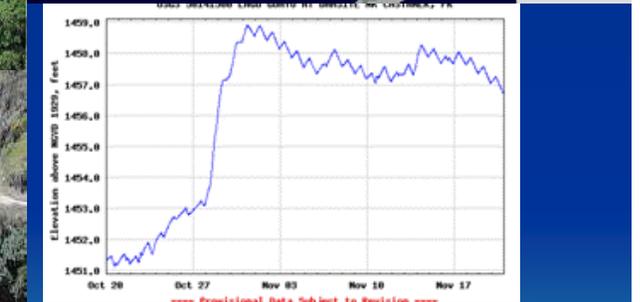
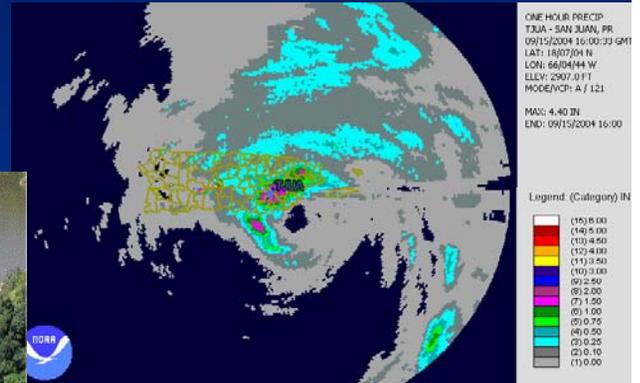
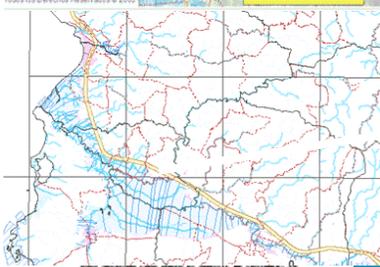
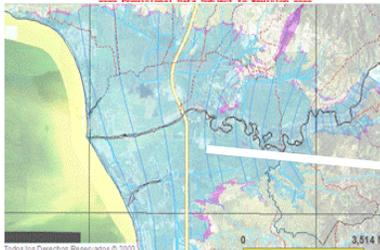
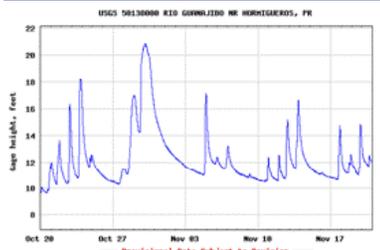
- Crea una red densa de radares de bajo poder que evitar el bloqueo y mejorar la resolución (1 Radar PR-1, 150 m. y 2°; 3 radares IP-1, Doppler y polarimétricos).
- Usar disdrómetros y estaciones pluviométricas para verificar la relación ZR, calibrar y validar los radares.





CASA: Center of Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere

- Desarrolla un Sistema de Alarma en el Oeste de Puerto Rico utilizando modelos distribuidos.



CASA: Sistema de Alarma para Inundaciones

- Configuración del modelo distribuido:
 - Mapa de uso del terreno de PRWREI (Imagen Land Sat ETM, 2000)
 - Parámetros de Green-Ampt asignados al mapa de texturas de suelos (SSURGO)
 - Características del canal y planicies extraídas de DEM (10 m)
 - Patrones de flujo y pendientes calculadas con ArcGIS 9.3 y ArcHydro Tools.



CASA: Sistema de Alarma para Inundaciones

- Calibración del modelo hidrológico (Vflo) en 3 estaciones de aforo del USGS y estimados de lluvia de:
 - Datos del radar NEXRAD (NWS)
 - Interpolación de estaciones pluviométricas.
 - Red de radares de CASA.

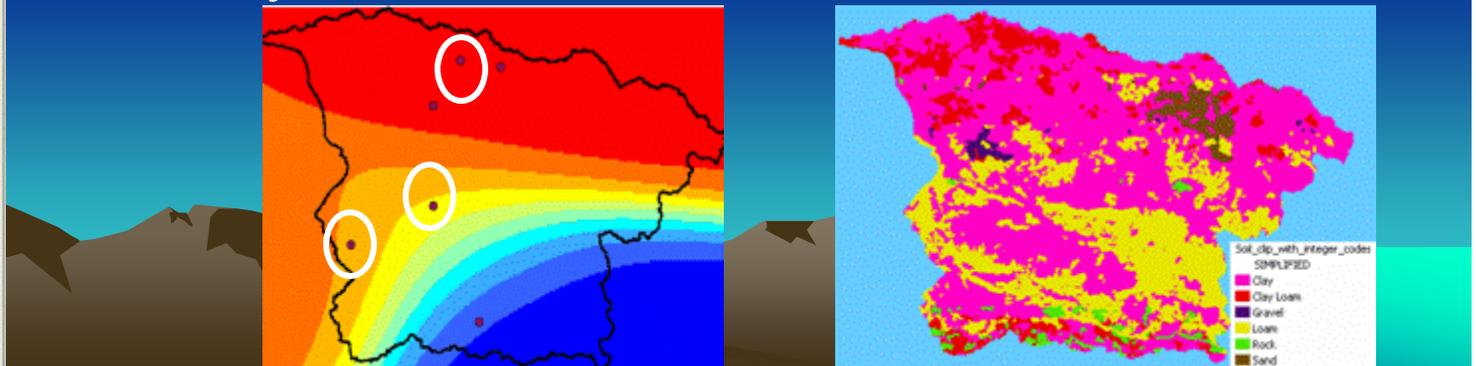




Respuesta de las cuencas a cambios en los parámetros



- Objetivo: Determinar cual parámetro del suelo es más sensitivo y como afecta el flujo.
- Análisis preliminar:
 - Perturbación de los parámetros
 - 3 estaciones de aforo.
 - 3 eventos (Nov-2003, Sep-2004, Sep-1998)
 - Lluvia de Interpolación Exponential Weighted.
- Variables medidas:
 - Volumen de escorrentía (mm) = $\text{Sum}(Q \cdot \Delta T) / \text{Area_Cuenca}$
 - Flujo Pico





Resultados del Análisis de Sensitividad

- Sensitividad Relativa:

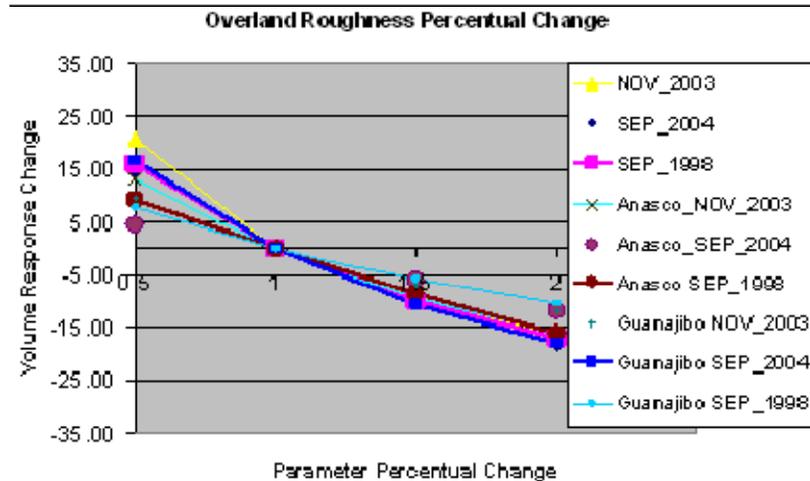
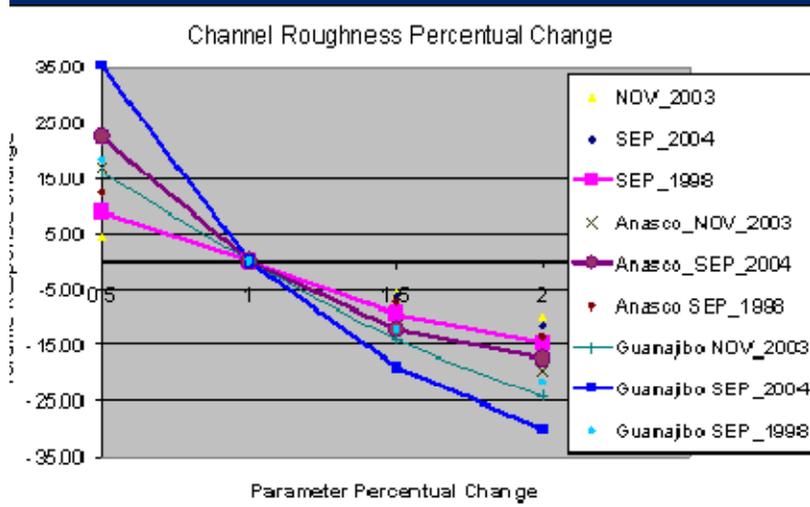
$$Sr = \frac{\frac{(O_{P+\Delta P} - O_{P-\Delta P})}{O}}{\frac{2\Delta P}{P}}$$

- Donde O es la salida del modelo con los valores de los parámetros bases.
- P es el valor de entrada del parámetro.
- $O_{P+\Delta P}$ and $O_{P-\Delta P}$ son las salidas del modelo con los parámetros alterados en un porcentaje.



Resultados del Análisis de Sensitividad

- Porcentaje de cambio del flujo pico.
- Sensitividad Relativa $\pm 50\%$

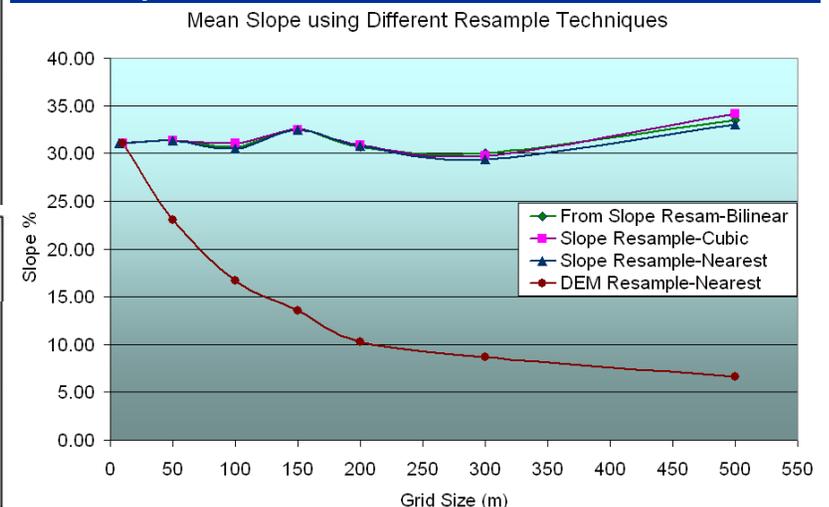
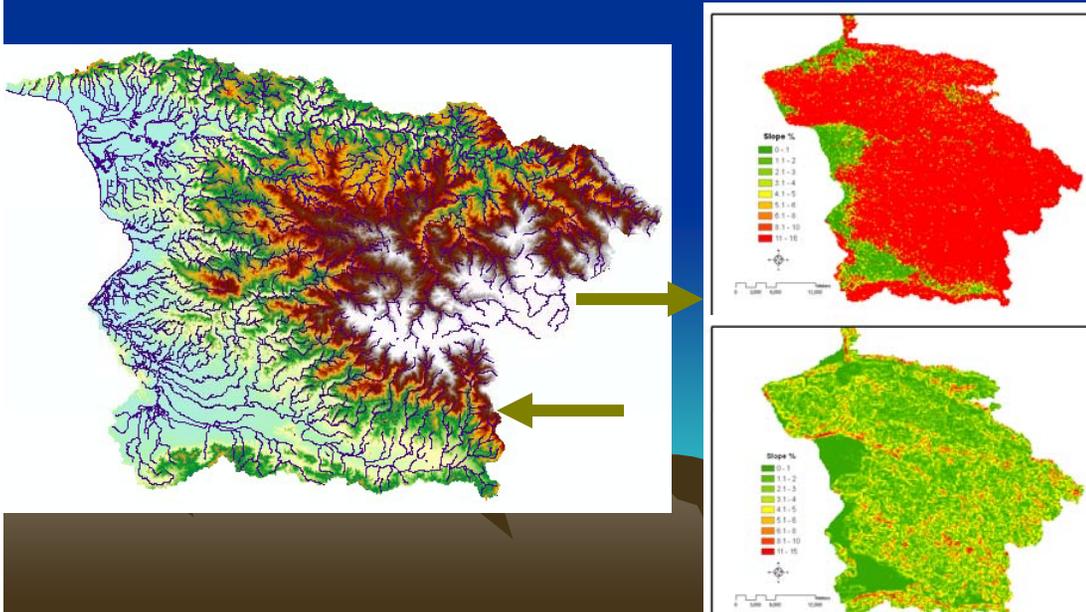


Parámetro	Promedio Sr
Rugosidad	-13.4
Contenido de humedad inicial	5.2
Conductividad Hidráulica del Terreno	-4.5
Profundidad del Suelo	-2.1
Conductividad Hidráulica del canal	-1.5



Sensitividad a la Agregación de Pendiente

- Agregar el DEM influencia:
 - Pendiente
 - Densidad de la red de ríos.
 - Largo del río y el área de la cuenca.
- Pendiente Promedio calculada por:
 - 3 Técnicas de Resample.
 - 2 diferentes caminos:
 - Up-scaling el DEM y calcular pendiente.
 - Calcular pendiente y luego un up-scaling de la pendiente.

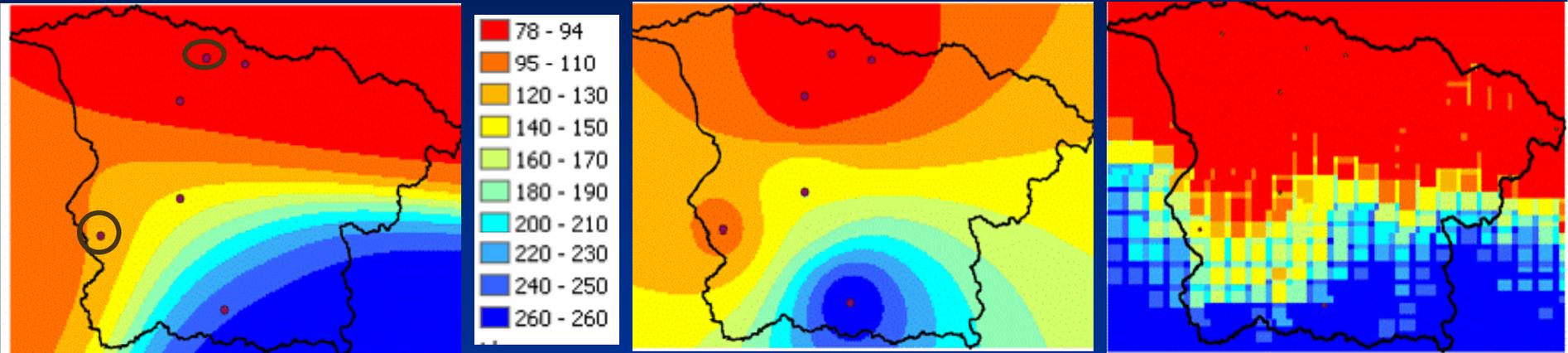




Sensibilidad a Métodos de Interpolación

11-16 de Noviembre, 2003

Mapas de Precipitación Total



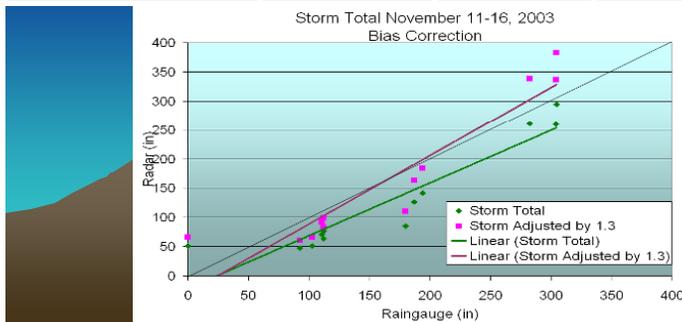
Exponential Weighted

Inverse Distance Weighted

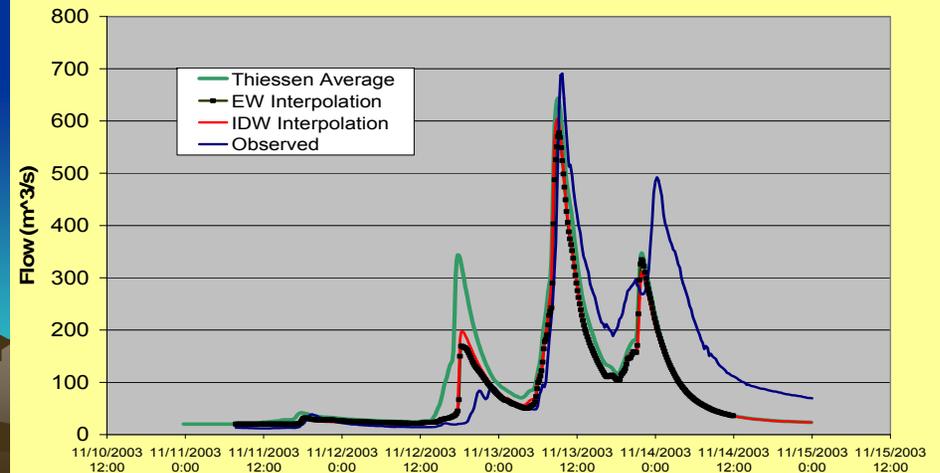
Radar Nivel 3

Total de Tormenta promedio (mm)

	IDW	EW	Radar
Añasco	122.7	114.7	77.67
Guanajibo	230.6	237.1	199.8

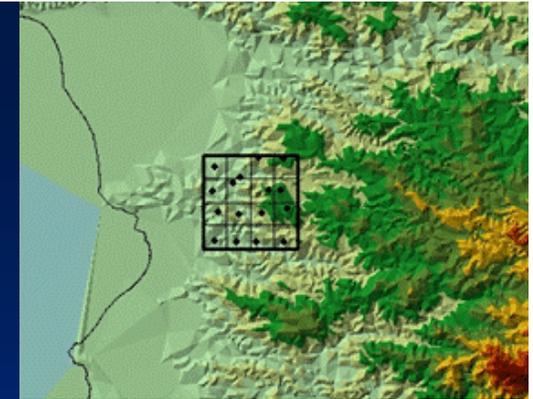


Río Grande de Añasco near San Sebastián

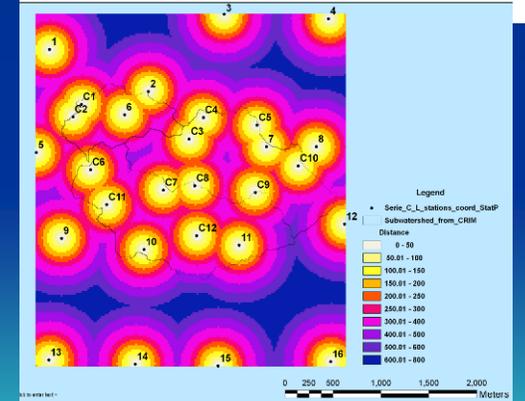
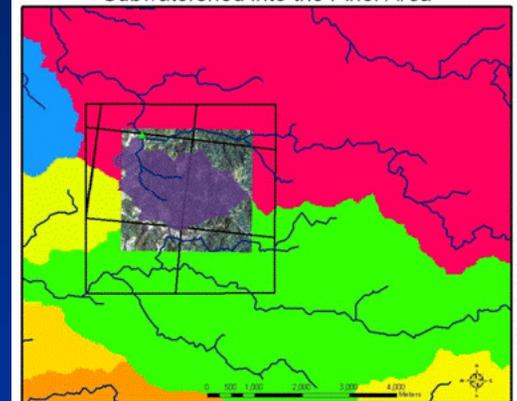


Pixel y Subcuenca como Laboratorio

- Pixel 4X4 km² del satélite GOES-HE
- Area=3.48 km²
- Pendiente Promedio= 29%
- Se instaló una red de estaciones para validar los radares PR-1, IP-1 de CASA y NEXRAD; y algoritmos de lluvia como el Hidro-Estimador (Harmsen et al. 2007).
 - 16 estaciones pluviométricas (NASA EpScoR)
 - 12 estaciones pluviométricas (CASA)



Subwatershed into the Pixel Area



EPSCoR

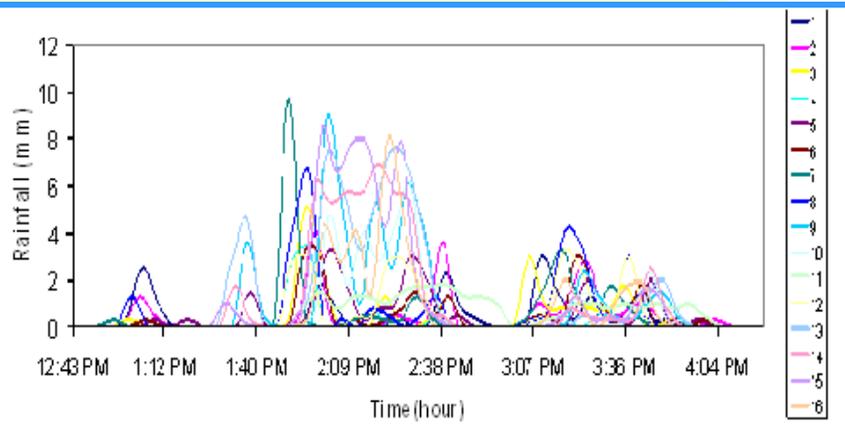
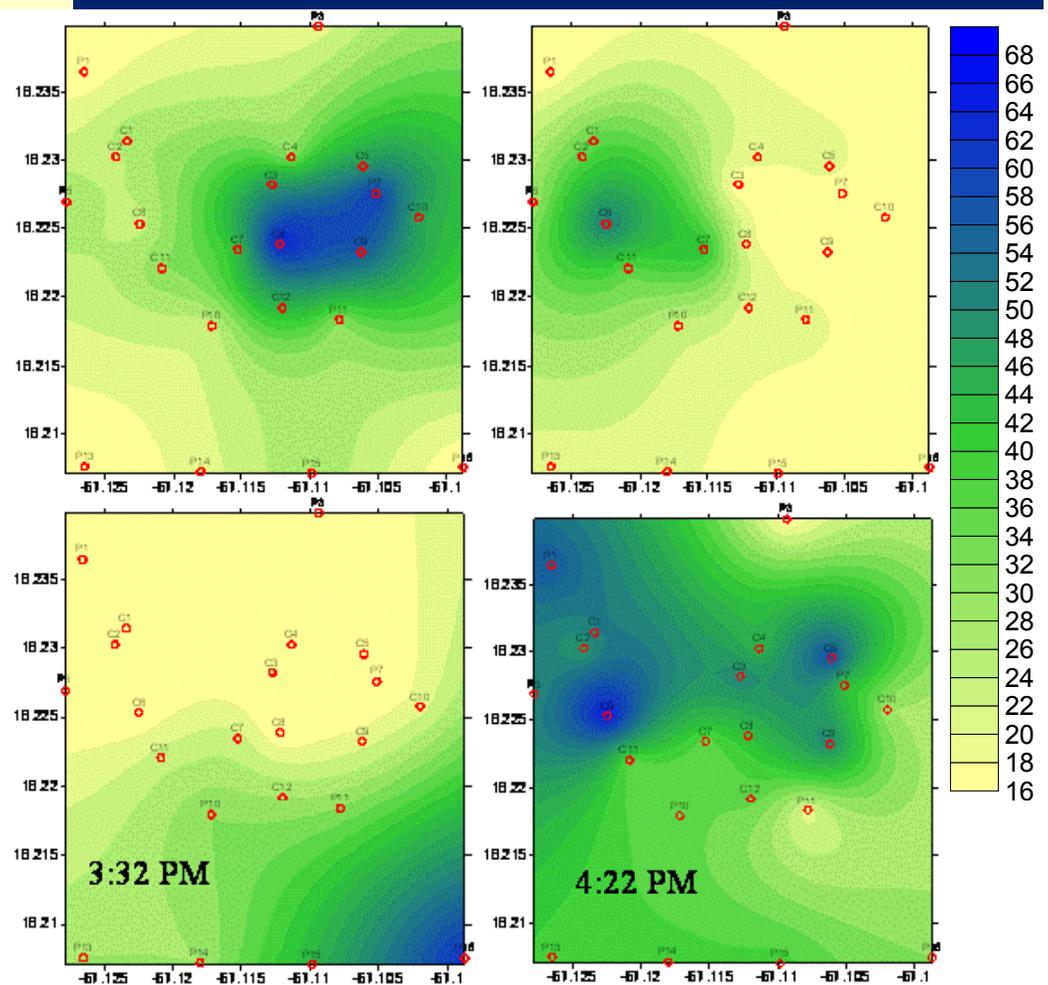
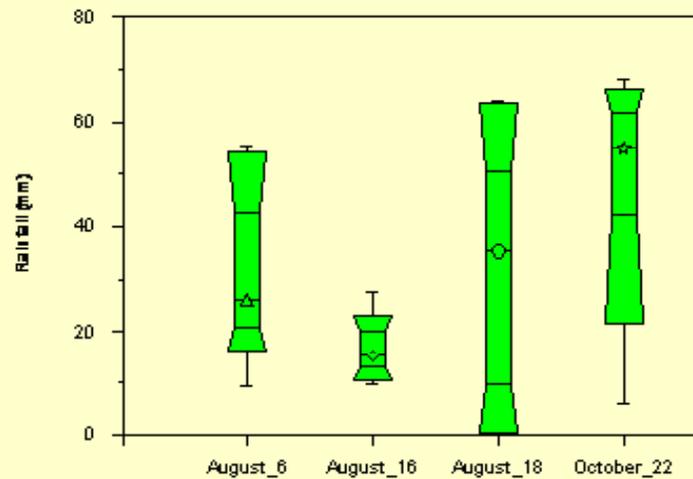
Experimental Program to Stimulate Competitive Research



Distribución Espacial de Lluvia en el Pixel

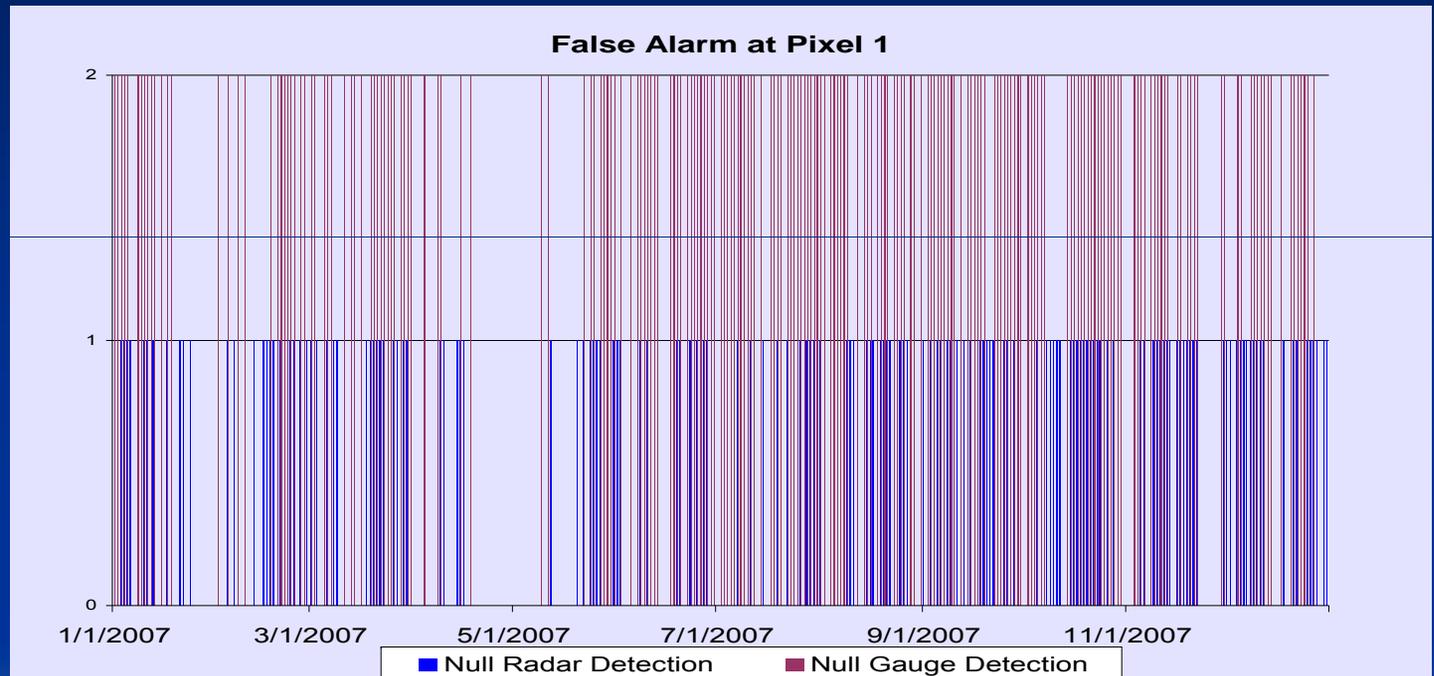
Tormenta en Junio 27, 2007 a 5-minutos a 2:27, 2:37, 3:32 and 4:22 PM.

Rainfall Variation for 4 Storms



Evaluación de productos de Radar con la densa red de pluviómetros

- Se calcula el porcentaje de detección y falsa alarma de los sensores.



	Time Step	Deteccion %	Coincident %	No Rain Radar %	No Rain Guage %	Bias	STD Bias
Pixel 1	Hr	20.45	7.75	4.85	7.86	3.85	4.21
Pixel 2	Hr	18.69	7.62	5.46	5.61	1.57	2.73
All Pixels	Hr	30.26	12.01	9.32	8.93	1.55	2.61
All Pixels	Day	82.56	70.03	12.26	0.27	1.23	1.64

Evaluación de productos de Radar con la densa red de pluviómetros

- Resultados para el 2007 indican que el mes donde se detectó mas lluvia por las estaciones fue Septiembre con un promedio y desviación estándar de 266 mm and 55.7 mm. y Agosto con 227.3 mm y 57.53 mm, respectivamente.

	MPE Rainfall				MPE Statistics			Daily Bias		Hourly Bias	
	Pixel 1 (mm)	Pixel 2 (mm)	Pixel 3 (mm)	Pixel 4 (mm)	Average (mm)	STD (mm)	Rain Normalized	Average (mm)	STD (mm)	Average (mm)	STD (mm)
January	45.3	77.3	110.4	179.2	94.9	57.3	0.30	1.33	1.65		
February	39.9	72.6	53.0	54.9	56.5	13.4	0.18	1.20	1.91		
March	59.5	106.7	56.6	74.8	78.4	23.0	0.25	1.36	1.38		
April	91.6	129.5	128.4	140.7	120.9	21.3	0.38				
May	142.8	203.2	182.7	223.7	187.0	34.5	0.59				
June	220.5	283.3	196.0	206.0	235.0	39.2	0.74	1.00	0.90	1.181	1.507
July	259.2	430.3	245.7	263.5	316.6	87.4	1.00	0.96	1.51	0.592	1.269
August	200.4	268.2	195.9	252.6	233.7	36.5	0.74	0.93	1.60	1.520	2.682
September	164.4	312.4	277.9	227.1	247.4	64.4	0.78	1.08	1.50	1.425	2.213
October	177.2	187.9	261.9	239.2	208.0	40.6	0.66	0.72	0.50	1.172	1.839
November	89.2	72.2	124.4	117.4	95.1	24.4	0.30	2.24	2.60	2.966	4.589
December	55.7	68.0	111.7	104.0	79.4	27.2	0.25	1.72	2.38	2.401	3.079

Conclusiones

- El SIG es una herramienta vital para la evaluación a gran y pequeña escala de los recursos naturales.
 - Globalización y fácil acceso a las bases de datos generados por los principales organismos nacionales:
 - Precipitación, caudal, mediciones meteorológicas, características del suelo, uso del terreno, imágenes de satélite entre otras.
- Facilita la investigación, evaluación y disminución del tiempo de respuesta ante una posible amenaza.**



Conclusiones

- Modernización de los recursos disponibles acompañado de simulaciones y delimitación de las áreas vulnerables permite incrementar los recursos para la toma de decisiones tanto de agencias para el Manejo de Emergencias como desarrolladores, agencias de seguros, agricultores y público en general.
- *“El conocimiento es una ventaja que no podemos desaprovechar, dándonos tiempo para la planeación y adaptación ante los cambios en la distribución del recurso hídrico o la amenaza de un desastre natural”*



Agradecimientos

- Estos proyectos son auspiciados por:
 - NSF-CASA.
 - NOAA-CREST (NA17AE1625),

Gracias

