



# INGENIERÍA CIVIL

Programa de Doctorado en Ingeniería

Línea de Investigación

INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL AMBIENTE

**50** AÑOS  
POSGRADOS  
INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola  
Facultad de Ingeniería  
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# SEDIC 2016



## UN MODELO PARA LA INCORPORACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LA DELIMITACIÓN DE CIÉNAGAS TROPICALES DE AGUA DULCE. CASO DE ESTUDIO CIÉNAGA DE AYAPEL-COLOMBIA

**PROPONENTE**  
**ANA CAROLINA SANTOS ROCHA (IC, MSc)**  
e-mail: [acsantosr@unal.edu.co](mailto:acsantosr@unal.edu.co)

**TUTOR**  
**NELSON OBREGÓN NEIRA (IC, MSc, PhD)**  
e-mail: [nobregonn@unal.edu.co](mailto:nobregonn@unal.edu.co)

Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

50 AÑOS  
POSGRADOS  
INGENIERÍA CIVIL  
1966 - 2016



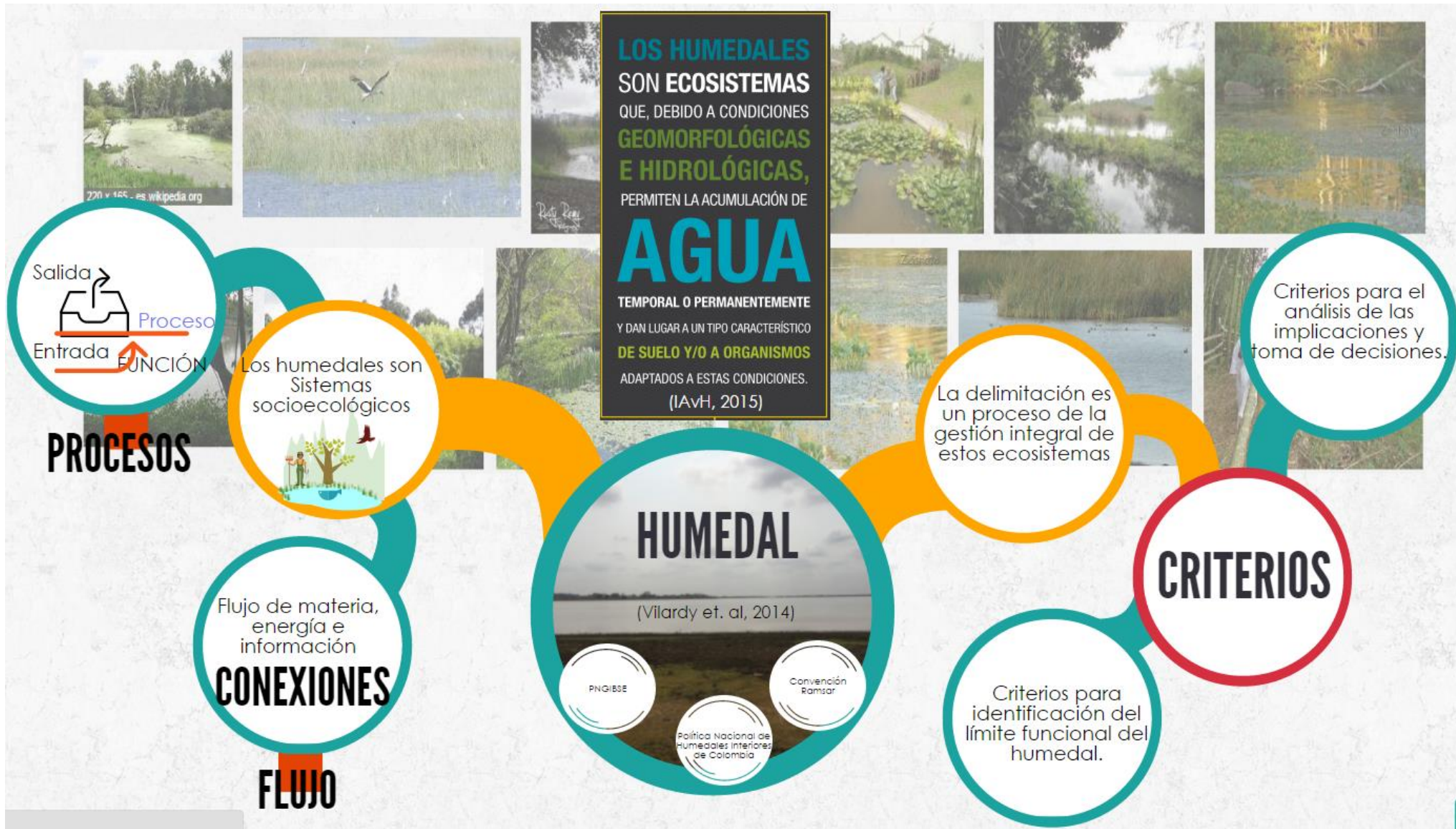
Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

Línea de Investigación en

INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL AMBIENTE

# CONTENIDO

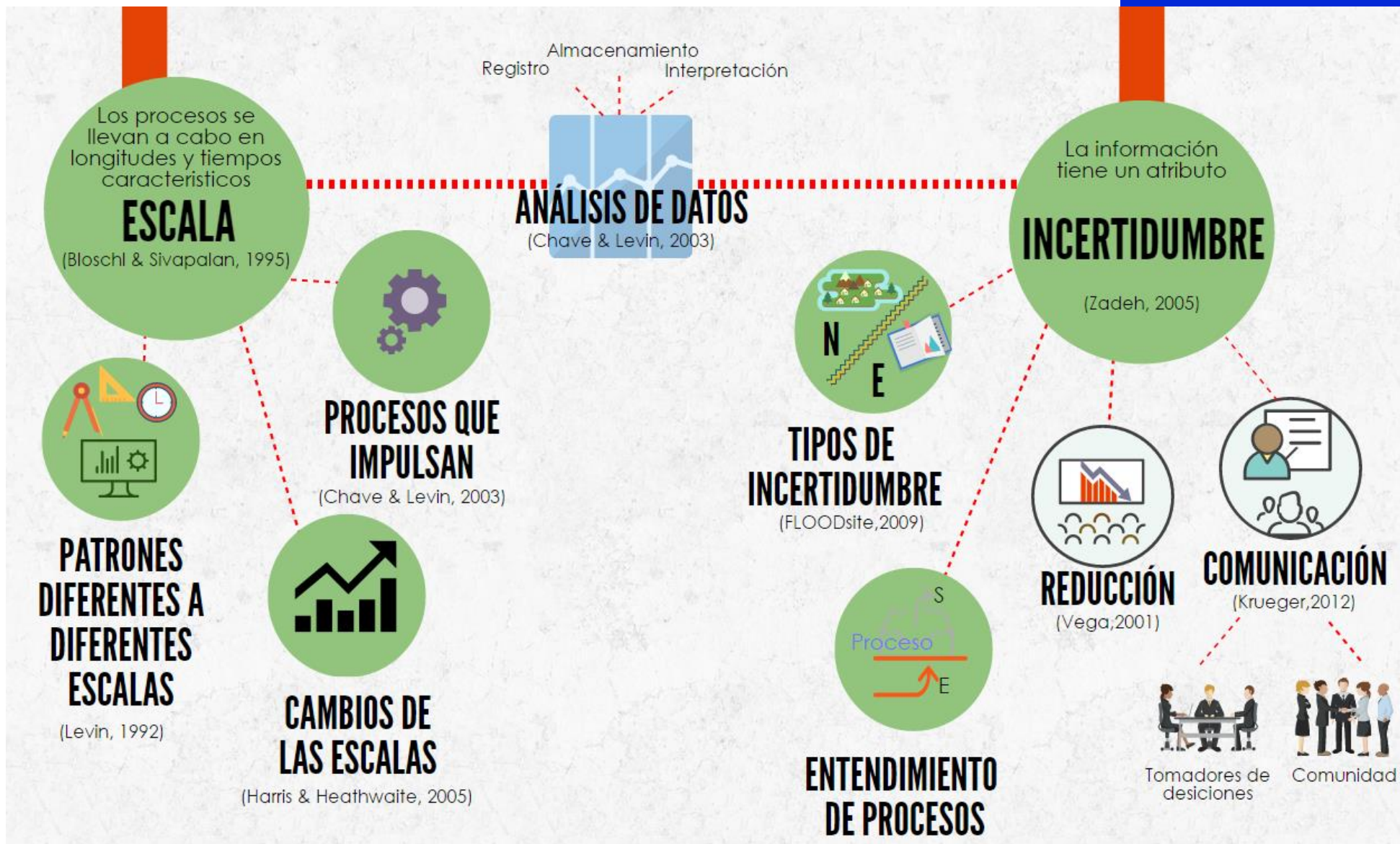
- ▶ **Introducción**
- ▶ **Planteamiento del problema**
- ▶ **Metodología**
- ▶ **Primeros resultados**
- ▶ **Conclusiones**

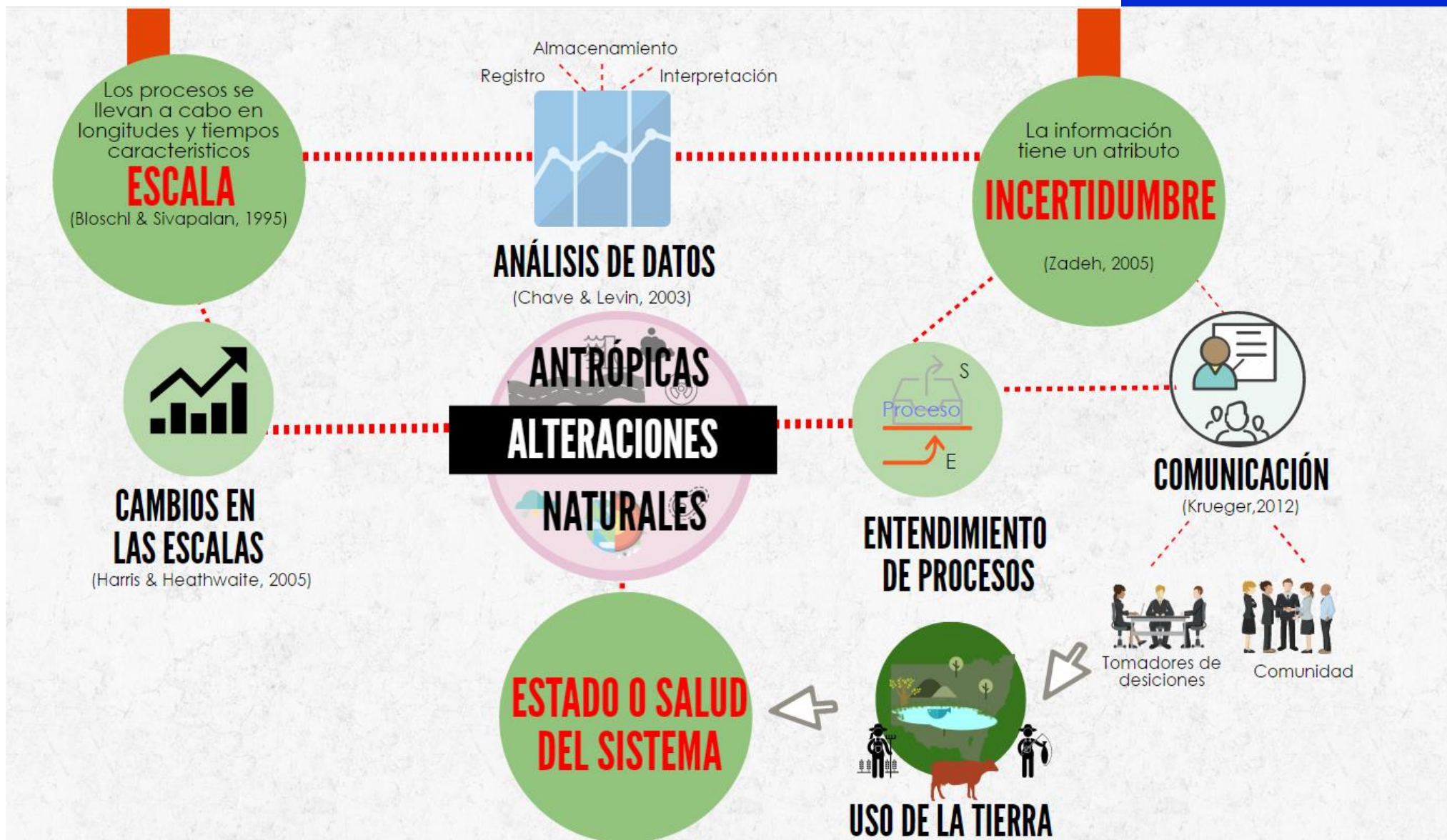


Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola





Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

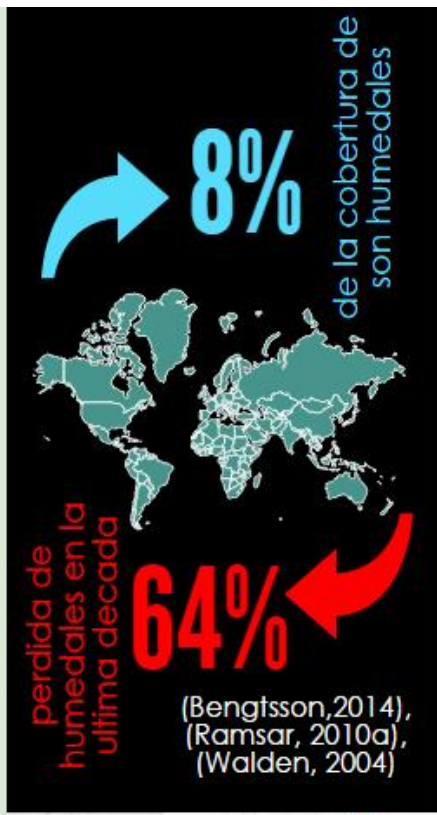
El reto actual para la gestión integral de los humedales de Colombia consiste en desarrollar otro tipo de paradigma de gestión para los humedales, que tenga en cuenta la naturaleza compleja de sus dinámicas acopladas a diferentes escalas espaciales y temporales en el territorio, que se base en la necesidad de incorporar la incertidumbre como un elemento clave del sistema, y que sea incluyente y participativo

(Vilardy et. al, 2014)



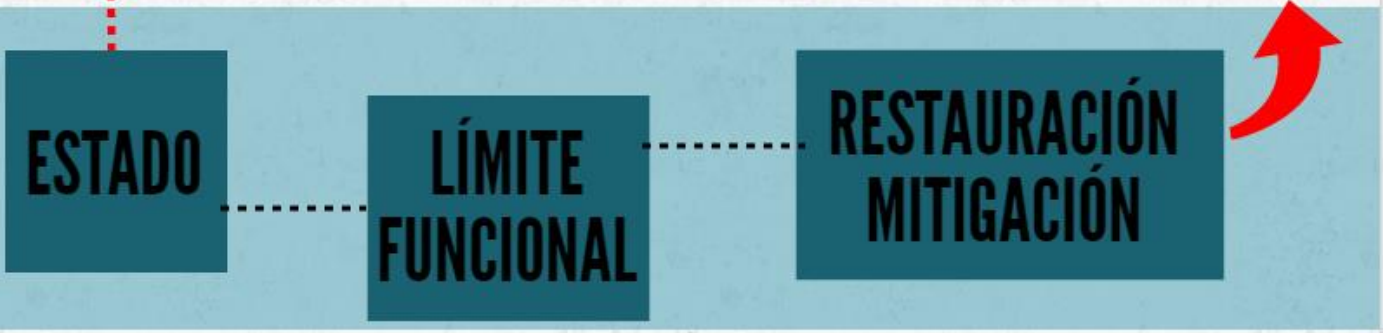
**ESTADO O SALUD DEL SISTEMA**

**DETERIORO Y PERDIDA DE HUMEDALES**



Diseño e implementación de indicadores integrales para la evaluar la salud de los ecosistemas.

El diseño de índices ambientales debe garantizar la sustentabilidad de la información (calidad y cantidad), estar guiados por datos, no enmascarar la realidad, disponer del conocimiento experto y ser de fácil comunicación (Fleming, Wong, & Graham, 2014).



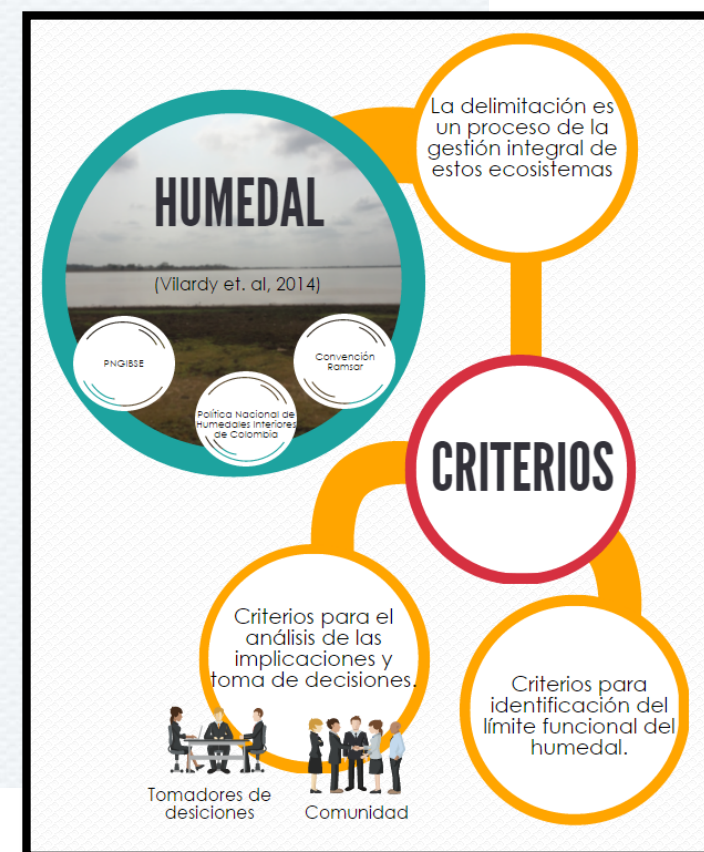
## COMPONENTES BIOFÍSICOS PARA LA DELIMITACIÓN

(Vilardy, 2014-IAvH, 2015)



La frontera exterior de los humedales estará indicada por la ausencia de suelos hidromórficos o vegetación hidrofita o especies específicas leñosas adaptadas para crecer en zonas periódicas o permanentemente inundadas o suelos anegados.

Junk (2014) indica que "La extensión de un humedal puede ser determinada por la frontera del área permanente inundada o del área anegada; en el caso de la fluctuación de los niveles de agua, estará dada por el límite de la zona influenciada durante la inundación media máxima.





# CIÉNAGA

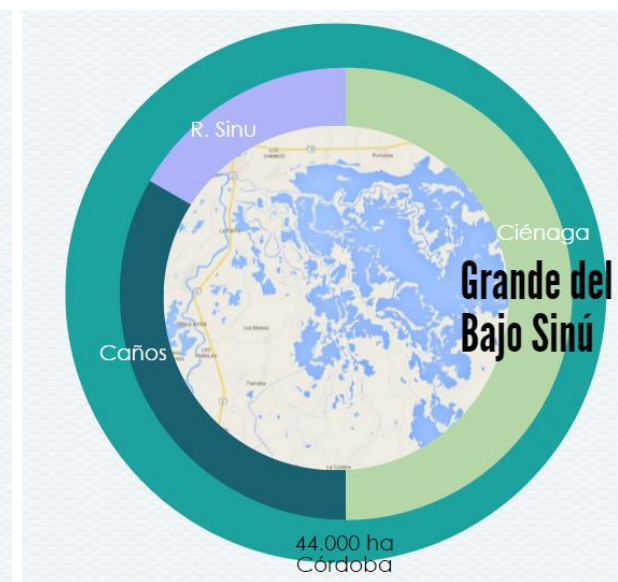
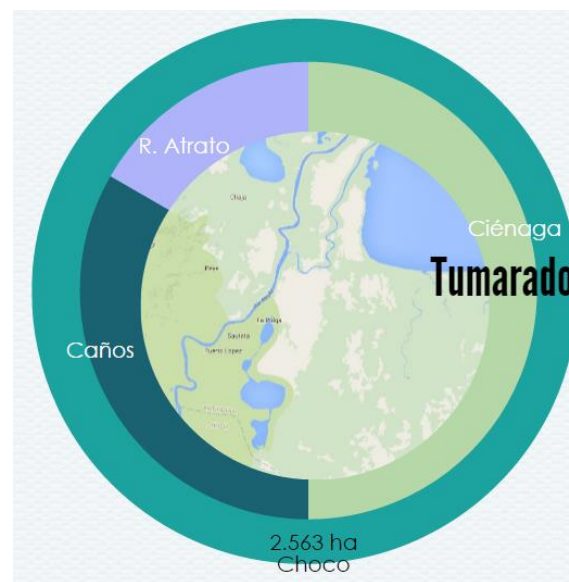
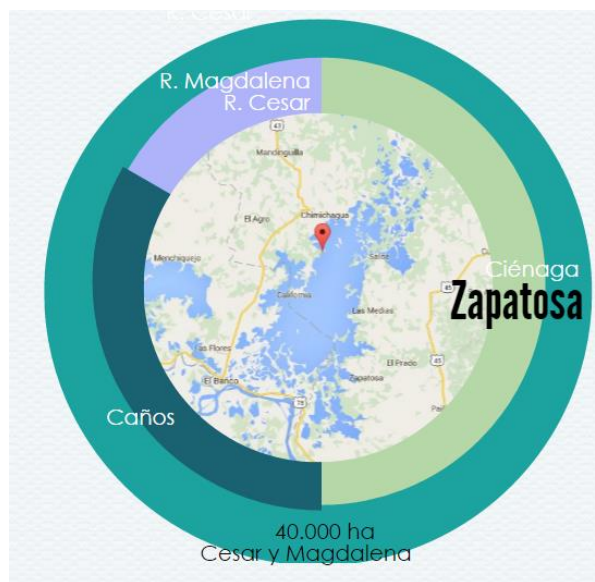
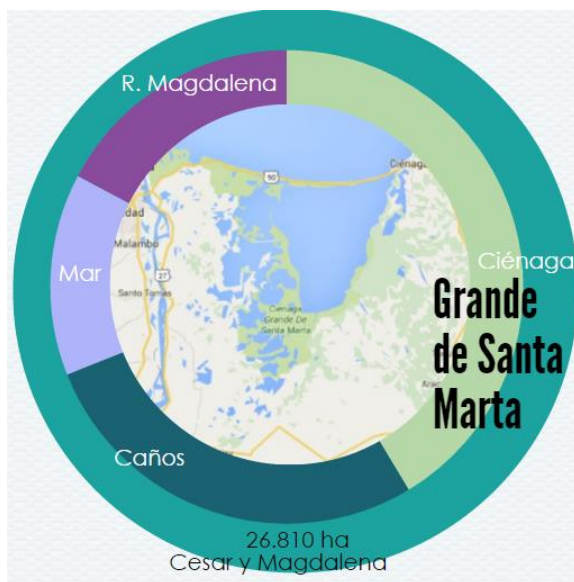
Humedales que están conectados con las zonas medias y bajas de los ríos a través de los caños. De esta conexión depende la renovación de sus aguas y el intercambio de sedimentos y organismos. Están fuertemente influenciados por la estacionalidad y constituyen sitios de amortiguación de las crecientes.

(Vilardy, et al 2014)

Magdalena medio,  
Magdalena bajo,  
Choco, Cesar



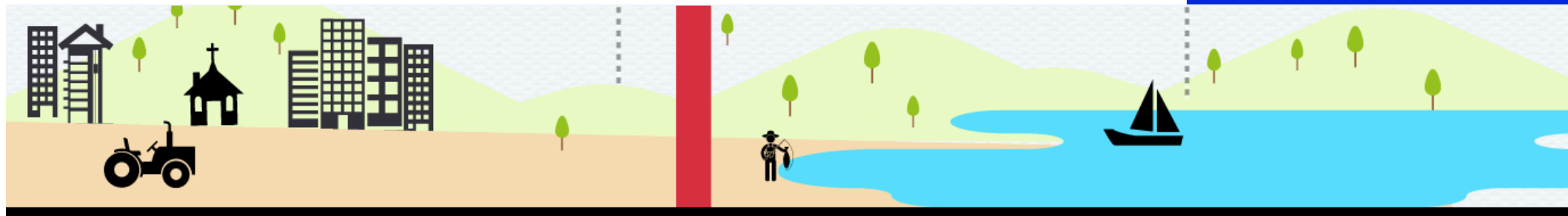
Localización



Programa de Doctorado en Ingeniería

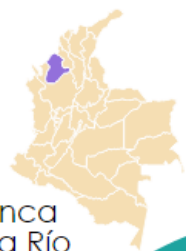
# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

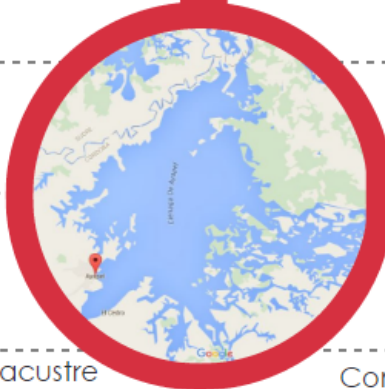


Caso de estudio  
Ciénaga de Ayapel

Cuenca  
Media Río  
San Jorge



Funcionamiento y  
estado de la Ciénaga



Población



26 475 hab-Urbana

Clima



27.7 °C



2300 mm/año

Espejo de agua



40ha-altas



15ha-bajas

Uso de suelo



83.56%



6.75%



1.79%

Paisaje  
Geoforma



20 msnsm



Ciénaga fluvio lacustre

Deterioro



Contaminación  
por minería



Verimientos

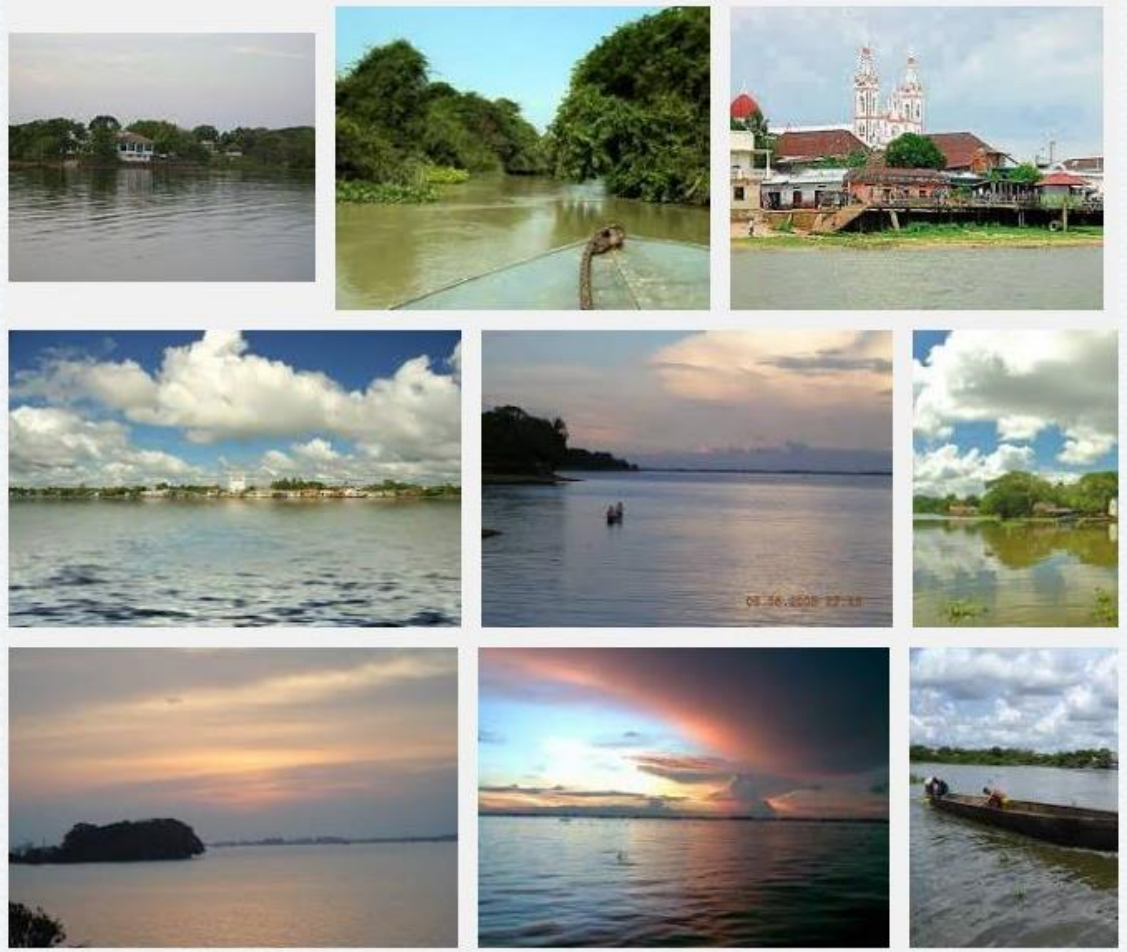
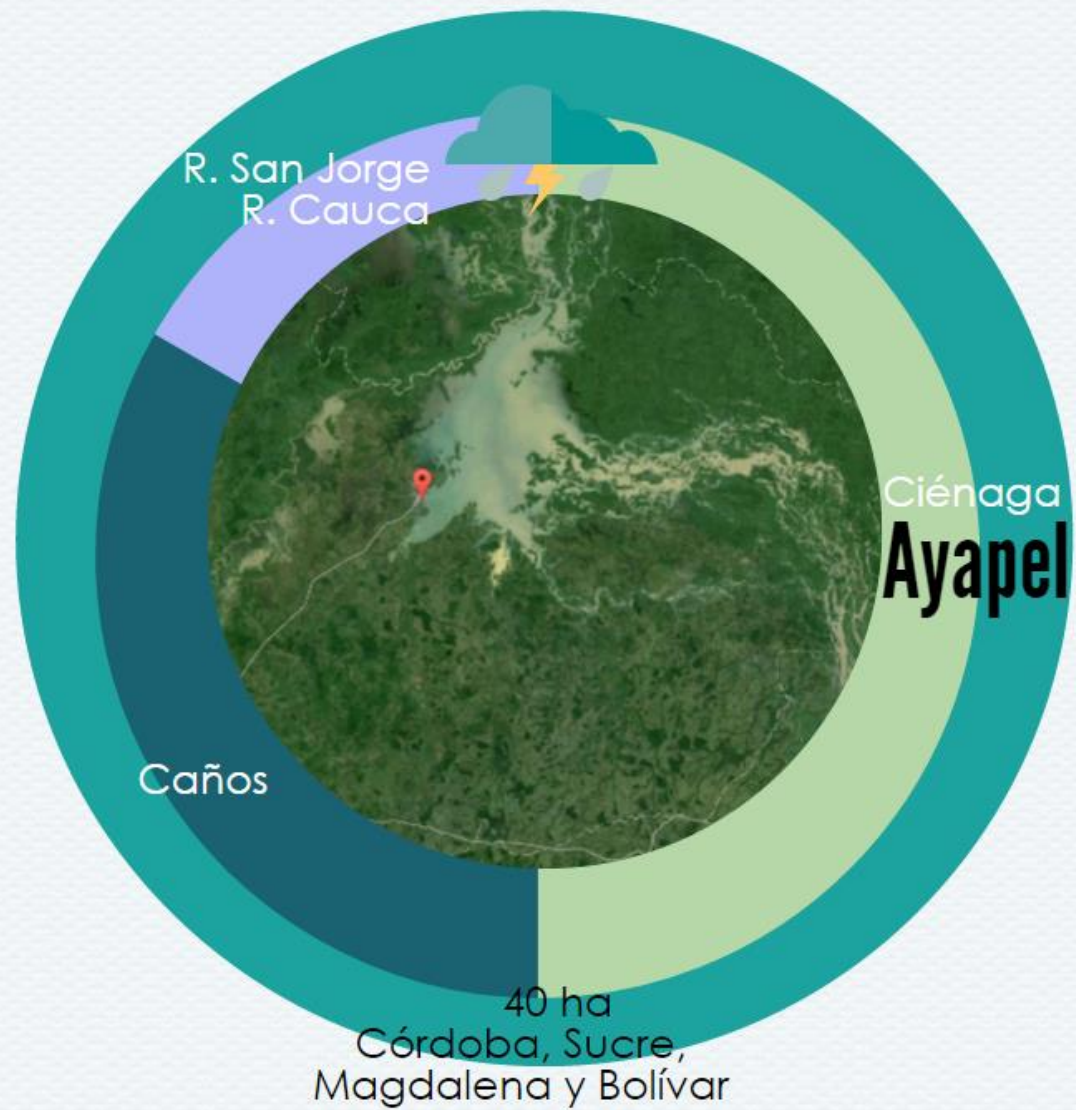


Déficit en la  
pesca

Programa de Doctorado en Ingeniería

**INGENIERÍA CIVIL**

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola



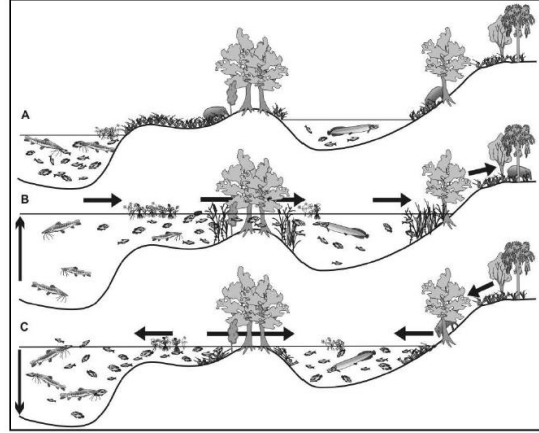
La ciénaga de Ayapel es un ecosistema amenazado por factores de tipo antrópico como la contaminación del agua, la deforestación, la degradación de suelos, el acondicionamiento de las áreas inundable para la agricultura y el manejo de las fauna y pesca.

## Pulso de inundación

Junk et al. (1989) explicaron que los "pulsos de inundación" son responsables en gran medida de la organización biótica en ríos con planicies de inundación, y encontraron que los eventos periódicos de inundación producen situaciones de estrés biótico que se reflejan en el "resetting" (reseteo) del sistema.



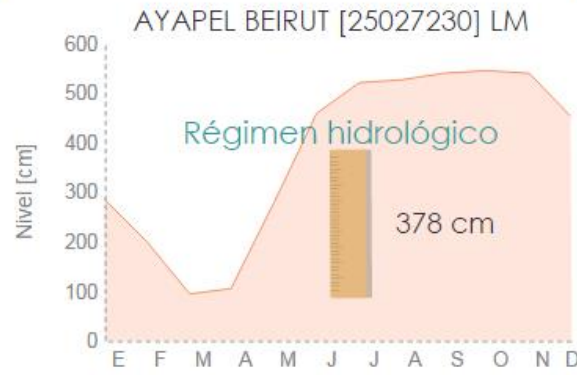
La hidrología tiene un control global en los procesos ecológicos en los arroyos, especialmente en las llanuras de inundación. (Rueda-Delgado et al., 2006)



The flood pulse is the principle driver in floodplain ecosystems

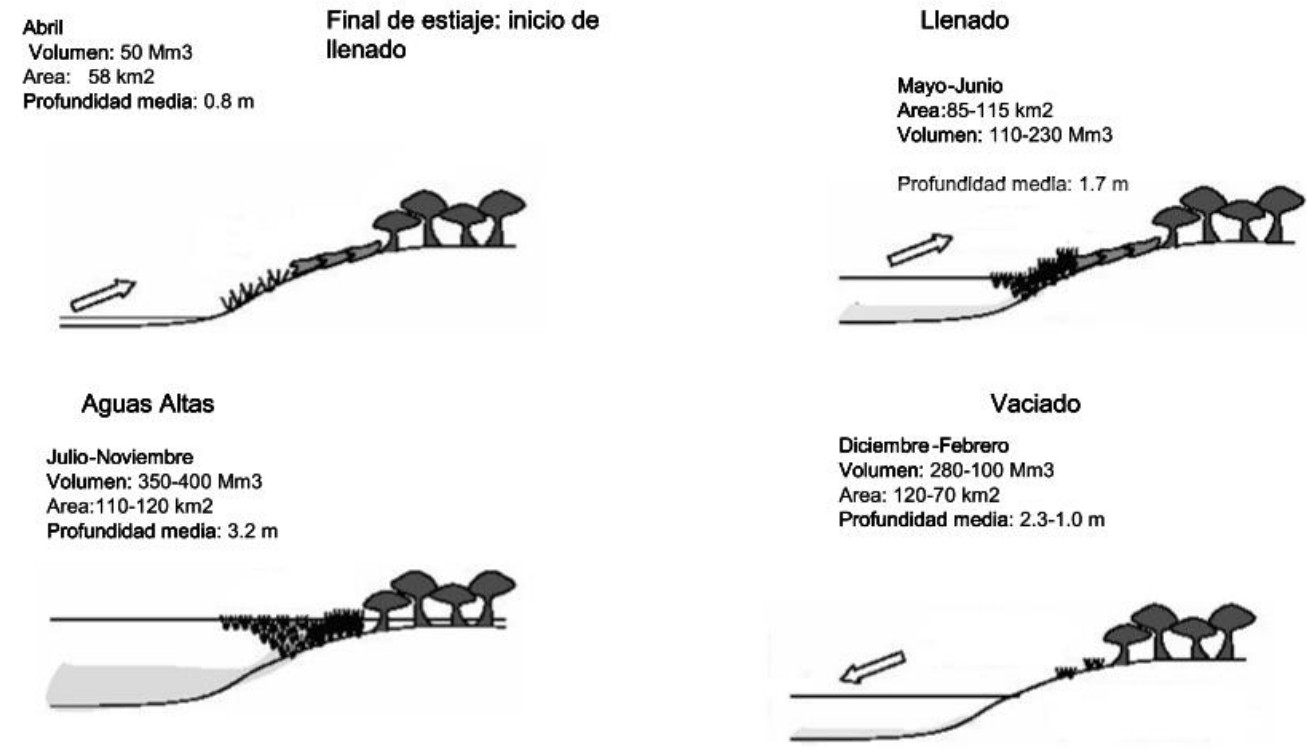
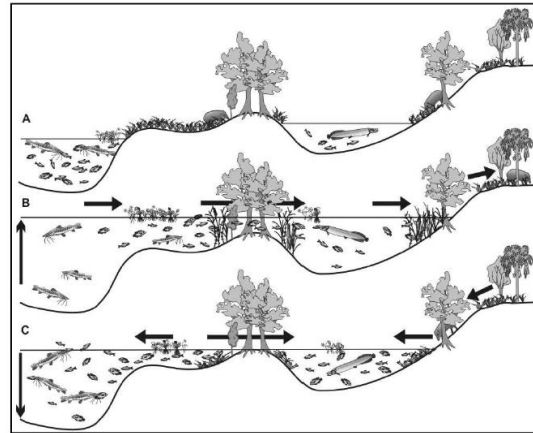
# HIDROLÓGICO

## Pulso de inundación



## Pulso de inundación

Junk et al. (1989) explicaron que los "pulsos de inundación" son responsables en gran medida de la organización biótica en ríos con planicies de inundación, y encontraron que los eventos periódicos de inundación producen situaciones de estrés biótico que se reflejan en el "resetting" (reseteo) del sistema.



Fuente: GAIA, Corporación Académica Ambiental - Universidad de Antioquia (2007)  
**Sucesión de cambios estacionales en un ciclo del comportamiento pulsante típico del sistema de la Ciénaga de Ayapel**

*The flood pulse is the principle driver in floodplain ecosystems*

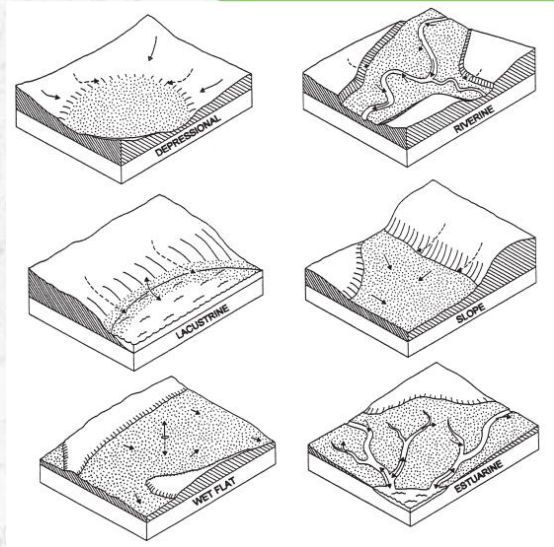
Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

## GEOFORMAS

Semeniuk & Semeniuk (1995) proponen una clasificación a nivel mundial. Las geformas asociadas a humedales, se establecen algunos tipos básicos: cubetas, canales, planicies, pendientes y montaña.



Fuente: Brinson & Malavaréz (2002)  
Geformas asociadas a humedales según su alimentación e hidroperiodo

## SUELOS HÍDRICOS

Son suelos que se forman bajo condiciones de saturación, inundación o encharcamiento prolongado durante la estación de crecimiento de las plantas, desarrollando condiciones anaerobias dentro de los 50 cm superiores del perfil, lo cual provoca cambios en sus propiedades físicas y químicas Mitsch et al. (1988)



Seneca Creek, Maryland



## PLANTAS HÍDROFITAS

Son plantas acuáticas debido a que habitan en el agua o en suelos inundados, por lo cual tienen formas de vida específicas con adaptaciones especiales (Cronk & Fennessy, 2001)

### VEGETACIÓN ACUÁTICA

#### Flotante

TAPETES de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Pistia*

#### Enraizada

*Ceratophyllum* sp., *Utricularia* sp.

*Nymphoides humboldtianum*, *Nymphaea* sp.

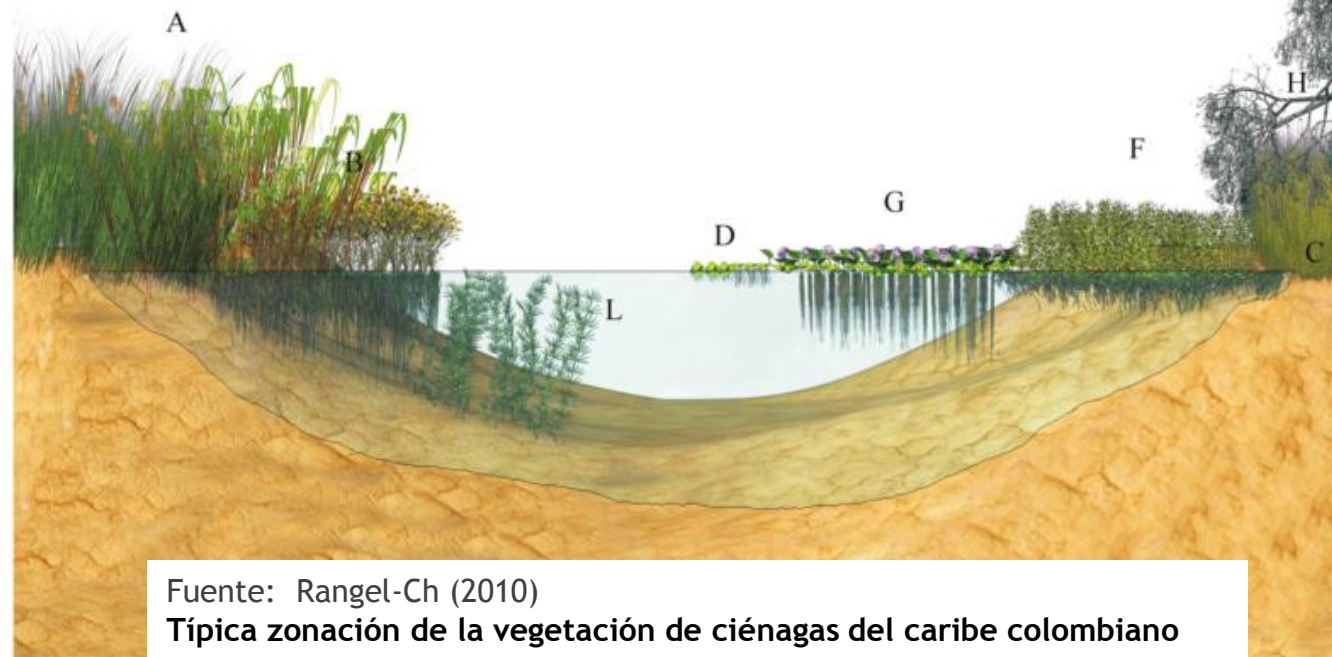
*Salvinia auriculata*, *Neptunia* sp., *Ludwigia octovalvis*, *Ludwigia sedioides*

Pastizal de *Paspalum repens* y *Ludwigia*

Herbazal de *Marsilea quadriloba*, *Ipomea aquatica* y *Ludwigia helminthorrhiza*

A: Totoral de *Typha dominguensis*  
 B: Camalotal de *Paspalum repens*  
 C: Pantano con especies de Cyperaceae y especies de Poaceae  
 D: Vegetación flotante con especies de *Lemna* y *Pistia stratioides*

F: Herbazal de *Polygonum*  
 G: Vegetación flotante de *Eichhornia crassipes*  
 L: Vegetación sumergida con *Ceratophyllum demersum*  
 H: Bosques de *Casearia tremula*



Fuente: Rangel-Ch (2010)

Típica zonación de la vegetación de ciénagas del Caribe colombiano

### VEGETACIÓN DE PANTANO (AGUA DULCE)

Cortaderal de *Oxycarium cubense*

Totorales con *Typha dominguensis*

Herbazal de *Polygonum acuminatum* y *Thelypteris interrupta*

Pastizal de *Hymenachne amplexicaulis* y *Echinochloa polystachya*

Matorral de *Mimosa pigra*

Herbazales de *Thalia geniculata* y *Calathea bijai*

Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

Línea de Investigación en

INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL AMBIENTE

## OBJETIVOS

### GENERAL

Desarrollar un modelo que incorpore la incertidumbre en los procesos de delimitación de ciénagas tropicales de agua dulce, soportado en análisis de riesgo y análisis de escala.



### ESCALA



Identificar las escalas características de los procesos naturales que gobiernan las dinámicas de una ciénaga tropical de agua dulce, a partir de criterios hidrogeomorfológicos, edafológicos y de vegetación.



### SALUD

Plantear e implementar un índice ambiental que caracterice el estado del ecosistema en cada una de las zonas establecidas por la delimitación en una ciénaga tropical de agua dulce.



### INCERTIDUMBRE

Implementar un modelo de incertidumbre en la región establecida por la delimitación de la ciénaga, para estimar los riesgos asociados.



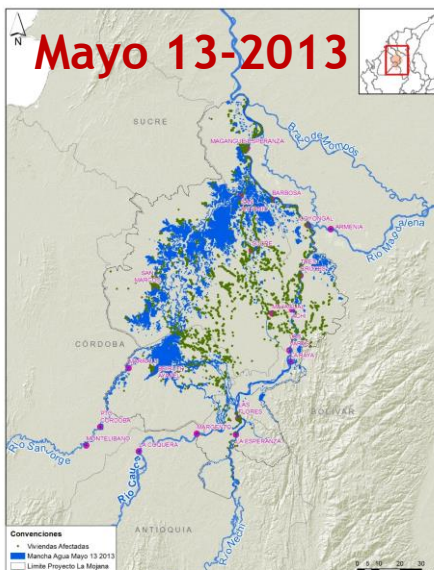
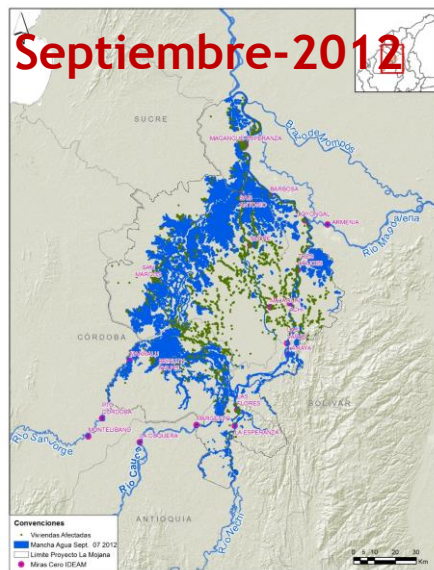
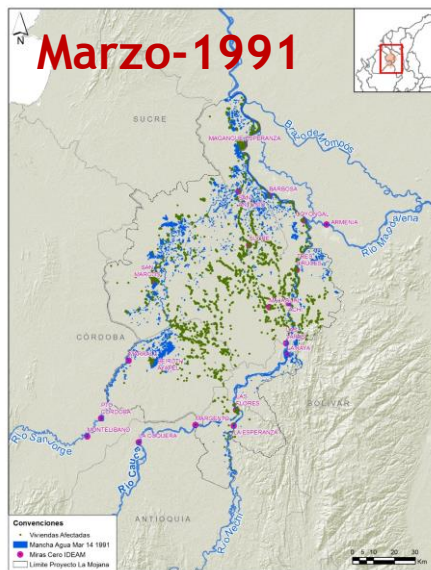
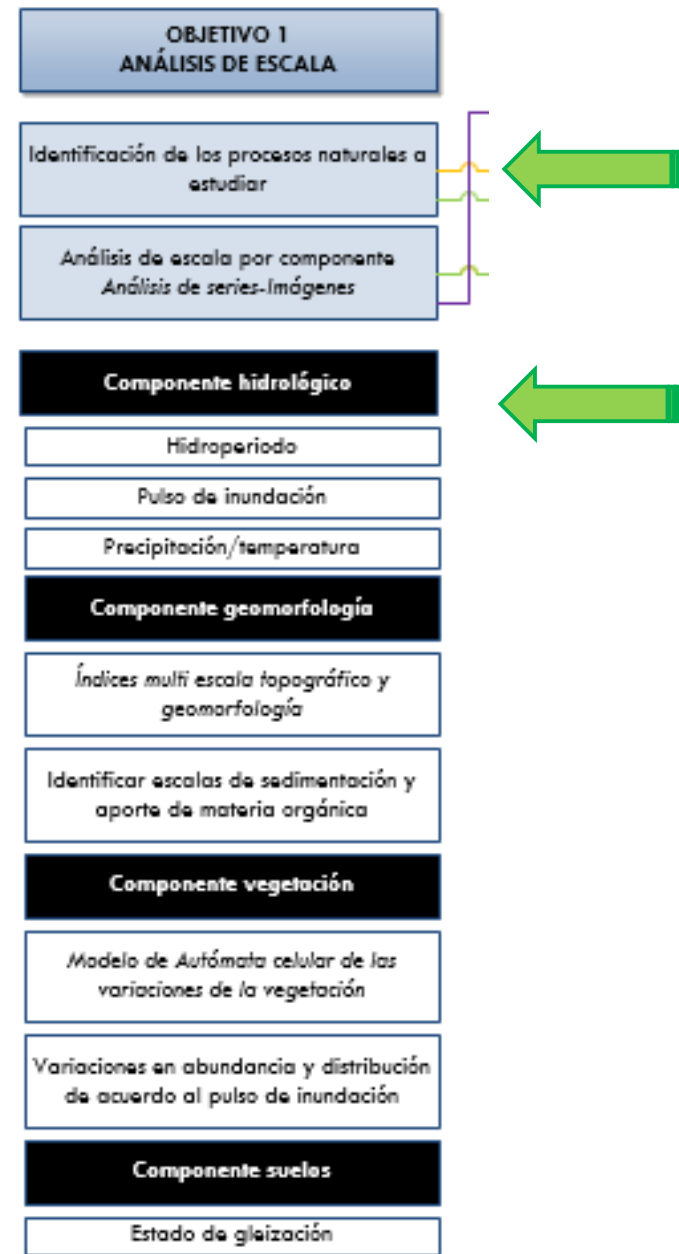


0 Identificación de los procesos: Existen cinco principales procesos que se representan en el modelo hidrológico de humedales, cada uno de ellos tiene diferentes métodos de estimación (Eslamian, 2014)

- 1 PRECIPITACIÓN
- 2 ESCORRENTÍA
- 3 INFILTRACIÓN
- 4 FLUJO SUPERFICIAL A TRAVÉS DE RÍOS Y HUMEDALES
- 5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

1 Análisis de series de tiempo

2 Análisis de pulso de inundación y composición de la vegetación



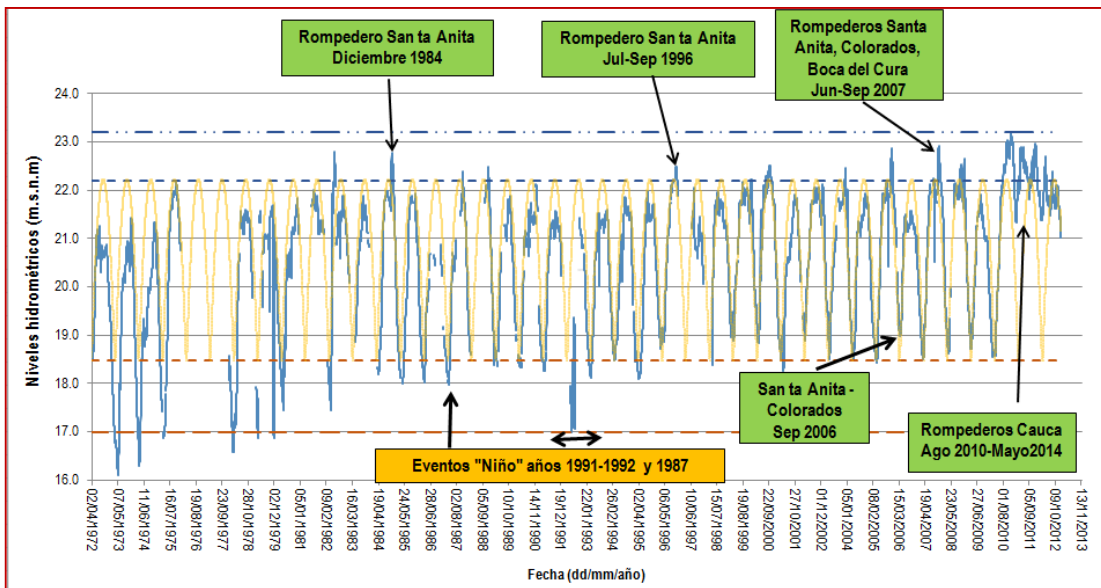
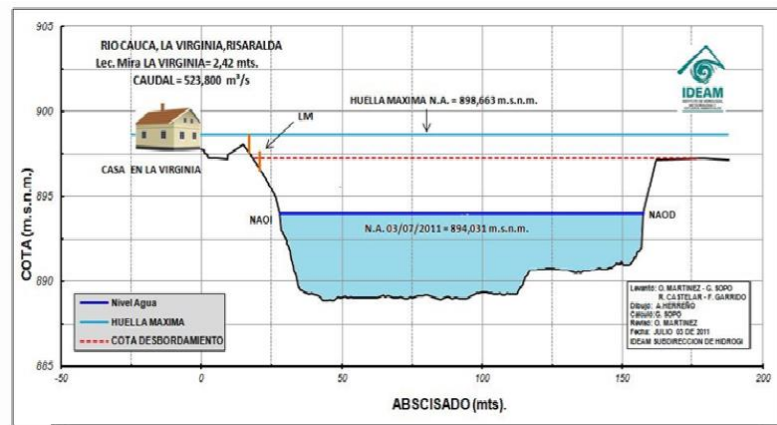
Fuente:  
Imágenes  
Landsat

**PARÁMETROS DEL PULSO DE INUNDACIÓN  
CIÉNAGA DE AYAPEL**

AMPLITUD PULSO (días) = 356  
 INTENSIDAD MEDIA (m) = 3.70  
 Valor nivel mínimo medio (m) = 18.499  
 Valor nivel máximo medio (m) = 22.199

Fecha inicio pulso aprox = 2 Abril  
 Fecha final pulso aprox = 12 Octubre

Intervalo de tensión de sequia (m) = 18.499 - 16.989  
 Intervalo de tensión de inundación (m) = 22.199 - 23.209



**OBJETIVO 1  
ANÁLISIS DE ESCALA**

Identificación de los procesos naturales a estudiar  
 Análisis de escala por componente  
 Análisis de series-Imágenes

**Componente hidrológico**

Hidropериодо  
 Pulso de inundación  
 Precipitación/temperatura

**Componente geomorfología**

Índices multi escala topográfico y geomorfología  
 Identificar escalas de sedimentación y aporte de materia orgánica

**Componente vegetación**

Modelo de Autómata celular de las variaciones de la vegetación  
 Variaciones en abundancia y distribución de acuerdo al pulso de inundación

**Componente suelos**

Estado de glaización



# Indice multi escala e indice hidrogeomorfológico

DME 1, 5, 12, 30 m

- A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas
- The hydro-morphological index of diversity: a tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects

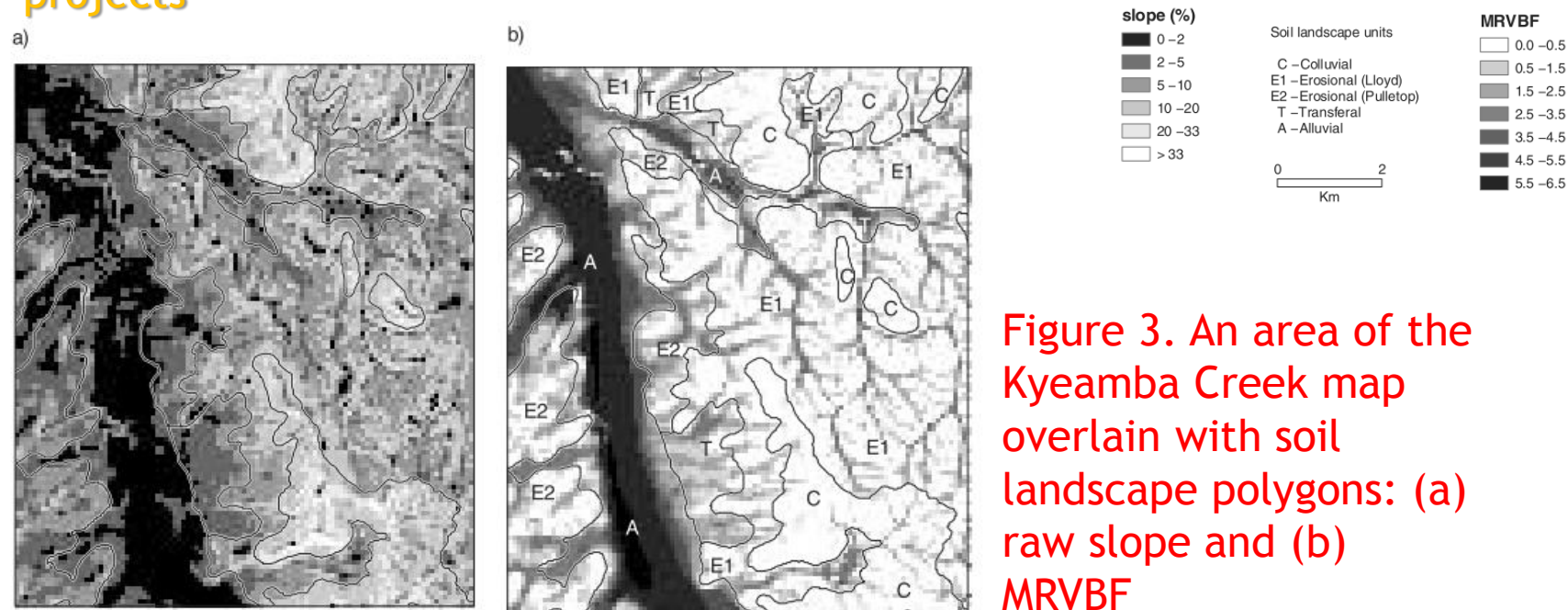
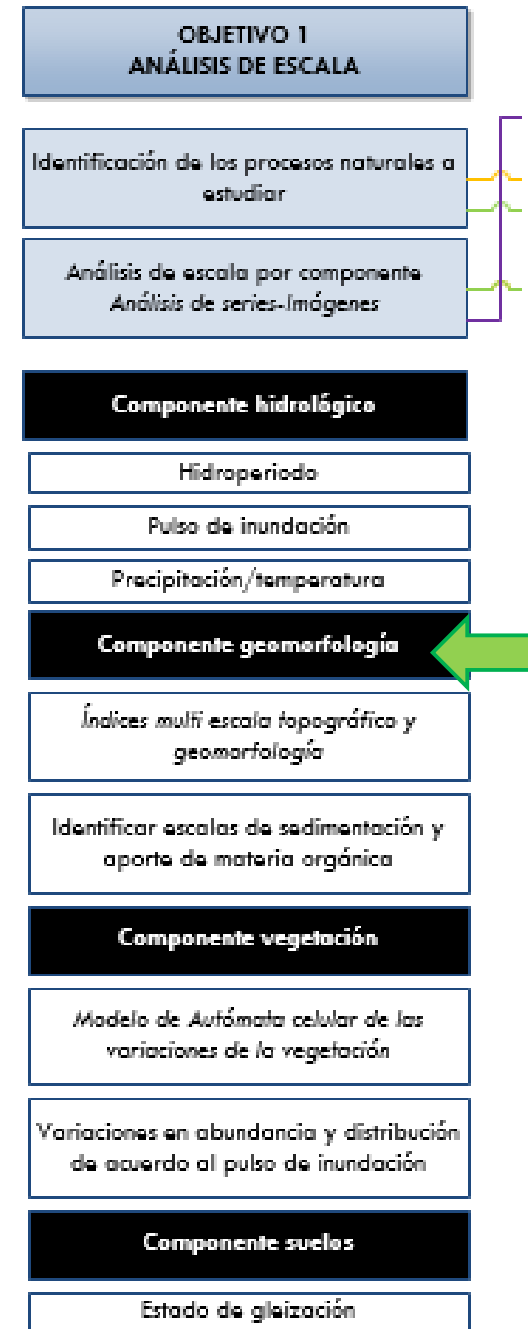


Figure 3. An area of the Kyeamba Creek map overlain with soil landscape polygons: (a) raw slope and (b) MRVBF

Fuente: Gallant

Índice de diversidad hidomorfológica



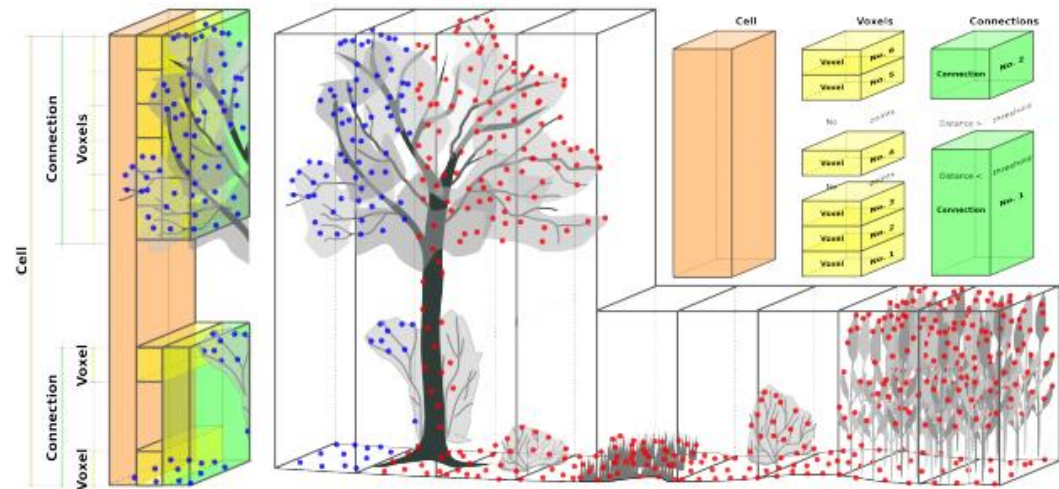


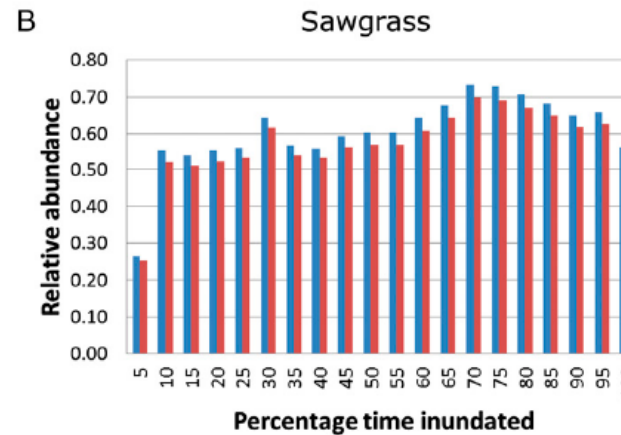
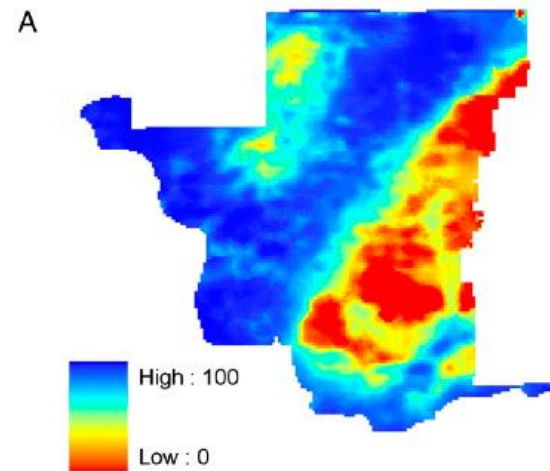
Figure 2: Schema of the cell-, voxel- and connection-level related to a generalized ALS point cloud for different vegetation structure

Roughness class	Rule-base	Vegetation type
0.045	max. height(lowest connection) < 0.15	streets, short grassland
0.050	max. height(lowest connection) > 0.15 AND < 0.25	grassland, agricultural area
0.070	max. height(lowest connection) > 0.25 AND < 2.00	shrubs
0.090	max. height(lowest connection) > 2.00 AND < 5.00	reed
0.100	number of connections > 1 AND max. height(cell) < 10.00	small trees
0.125	number of connections > 1 AND max. height(cell) > 10.00	forest

Table 1: Rule-base for hydraulic roughness classification

Fuente: Vetter\_et\_al\_2011

Esquema de clasificación de diferentes estructuras vegetales



Fuente: Foti et al (2012)

Control del hidropериодо en la vegetación.  
Caso Everglades

**OBJETIVO 1  
ANÁLISIS DE ESCALA**

Identificación de los procesos naturales a estudiar

Análisis de escala por componente  
Análisis de series-Imágenes

**Componente hidrológico**

Hidropериодо

Pulso de inundación

Precipitación/temperatura

**Componente geomorfología**

Índices multi escala topográfica y geomorfología

Identificar escalas de sedimentación y aporte de materia orgánica

**Componente vegetación**

Modelo de Autómata celular de las variaciones de la vegetación

Variaciones en abundancia y distribución de acuerdo al pulso de inundación

**Componente suelos**

Estado de gleización

## OPCIÓN 1

1\_ Análisis dimensional , a partir de la simplificación de las ecuaciones que gobiernan la dinámica del sistema. La simplificación se realiza a través de los resultados del análisis de escala

## OPCIÓN 2

1\_ Definición de atributos estadísticos provenientes del análisis de escala y juicio de expertos

$$\phi^* = \begin{cases} \phi_C^{*I} & 1 \leq t < 4 \\ \phi_C^{*S} & 4 \leq t < 12 \end{cases}, \quad t = \{1, 2, 3 \dots, 12\}$$

$$\phi_C^{*I} = f(\theta_H^{*I}, \theta_G^{*I}, \theta_S^{*I}, \theta_V^{*I})$$

$$\phi_C^{*S} = f(\theta_H^{*S}, \theta_G^{*S}, \theta_S^{*S}, \theta_V^{*S})$$

2\_ Diseño del índice a partir de la teoría de control

Estado en el tiempo n

$$I_s = 1 - \sum_{i=1}^n \left( w_i \cdot \left( 1 - \frac{\phi_i}{\phi^*} \right)^2 \right)$$

Estado ideal en el tiempo n

OBJETIVO 2  
ÍNDICE AMBIENTAL

➔ Análisis dimensional

Identificación de ecuaciones

Simplificación de términos

Identificación de las variables síntesis de la fisicoquímica del agua

Diseño del índice

Validación del índice ←

Modelo de hidrodinámico

REVISTA CIENTÍFICA GUARRACUCO AÑO 29 N°18 AGOSTO 2014

**MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO MAGDALENA EN SOBEK – FASE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO**

Fecha de aceptación: 14 de febrero 2014

Cesar Antonio Cardona Almeida IA, MSc, PhD(c)<sup>1</sup>  
 Jorge Luis Sánchez Lozano InAg, MSc(c)<sup>2</sup>  
 José Javier Oliveros Acosta IA, MIC(c)<sup>3</sup>

Fondo Adaptación PROSPERIDAD PARA TODOS

**Modelación Matemática**

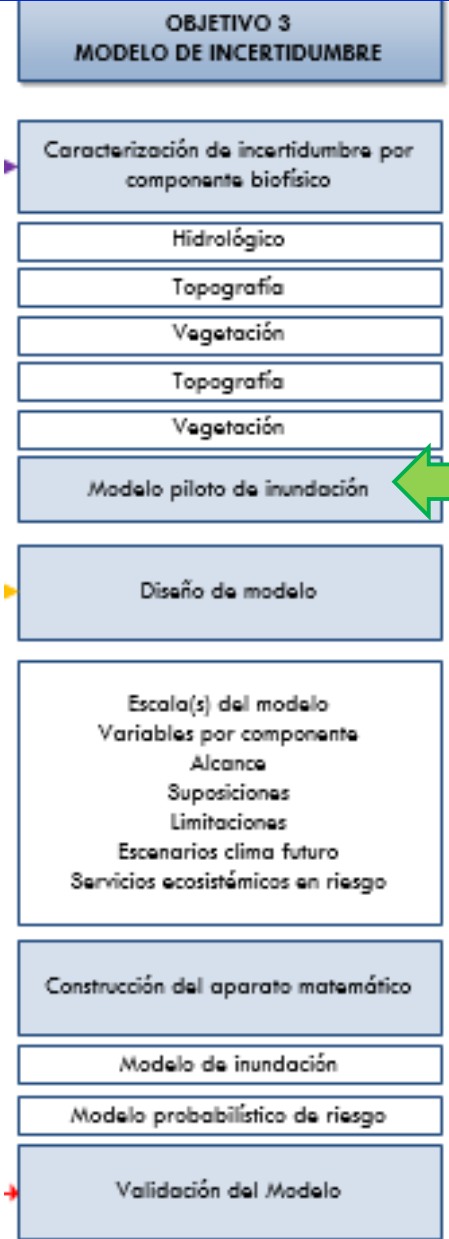
1. SOBEK 1D2D Canal del Dique (hidráulica, inundaciones, salinidad, transporte de sedimentos)
2. SOBEK 1D Rio Magdalena (hidráulica, niveles de agua)
3. Modelo SOBEK acoplado del Canal del Dique y Rio Magdalena (1D/1D2D)
4. DELFT3D modelo de zona costera (hidráulica, salinidad, transporte de sedimento).
5. DELFT3D modelo de la bifurcación (hidráulica y transporte de sedimentos).



MODELOS PROPUESTOS

www.fondoadaptacion.gov.co

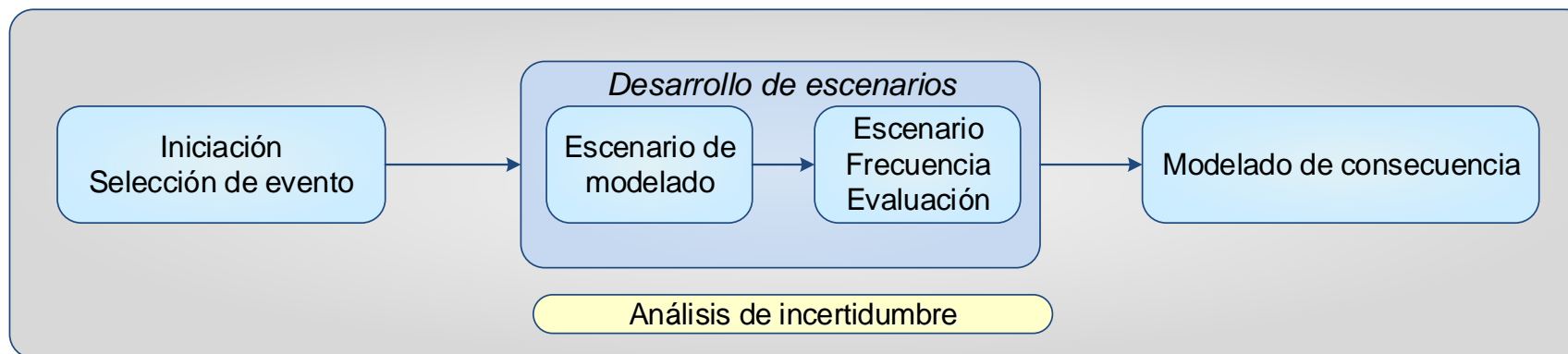
A partir de los resultados del proyecto de modelación hidrodinámica de La Mojana (Elaborados por el grupo de Modelación y posterior Centro de modelación), se realizarán nuevas simulaciones en el modelo SOBEK con resoluciones temporales y espaciales más finas para la región de Ayapel.



1. ¿Qué puede ir mal?  
(Definición de escenarios)

2. ¿Con qué frecuencia sucede esto?  
(Escenario de la cuantificación  
de frecuencia)

3. ¿Cuáles son las consecuencias?  
(Escenario de la cuantificación  
de consecuencia)



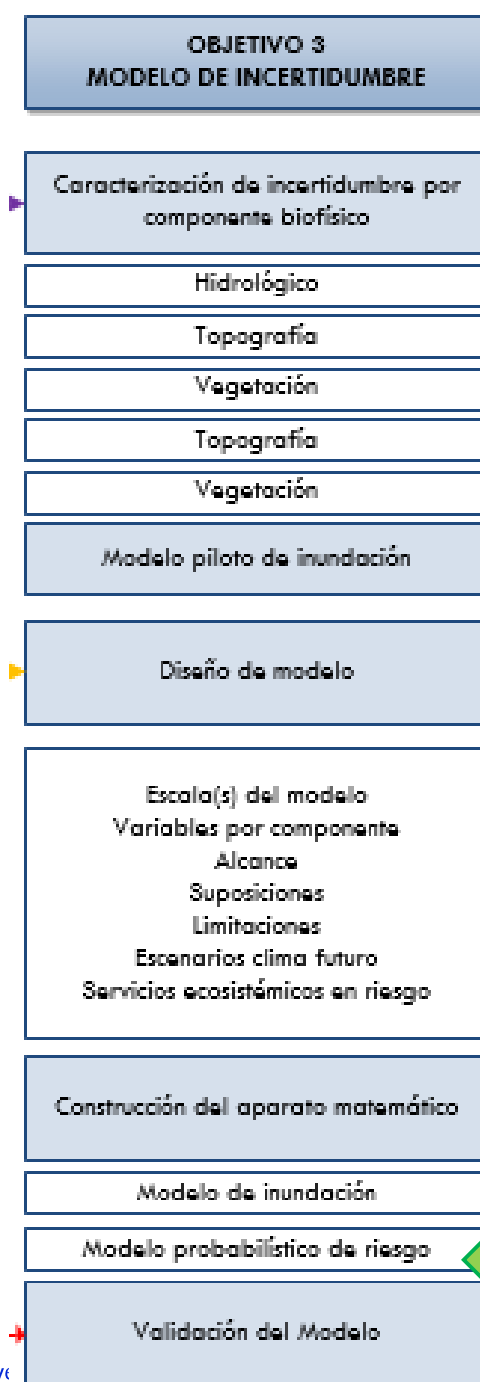
Fuente: Stamatelatos et al. (2011)

### Implementación de la triple definición de riesgo en PRA

Amenaza

Vulnerabilidad

Riesgo



# A Probabilistic Modelling System for Assessing Flood Risks

HEIKO APEL<sup>1,\*</sup>, ANNEGRET H. THIEKEN<sup>1</sup>, BRUNO MERZ<sup>1</sup> and GÜNTER BLÖSCHL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Section Engineering Hydrology, GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg, D-14473, Potsdam, Germany; <sup>2</sup>Institute of Hydraulics, Hydrology and Water Resources Management, Vienna University of Technology, Austria

Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 2, 1637–1670, 2014  
www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/2/1637/2014/  
doi:10.5194/nhessd-2-1637-2014  
© Author(s) 2014. CC Attribution 3.0 License.



This discussion paper is/has been under review for the journal Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES). Please refer to the corresponding final paper in NHES if available.

## An advanced method for flood risk analysis in river deltas, applied to societal flood fatality risks in the Netherlands

K. M. de Bruijn, F. L. M. Diermanse, and J. V. L. Beckers

Deltares, Delft, the Netherlands

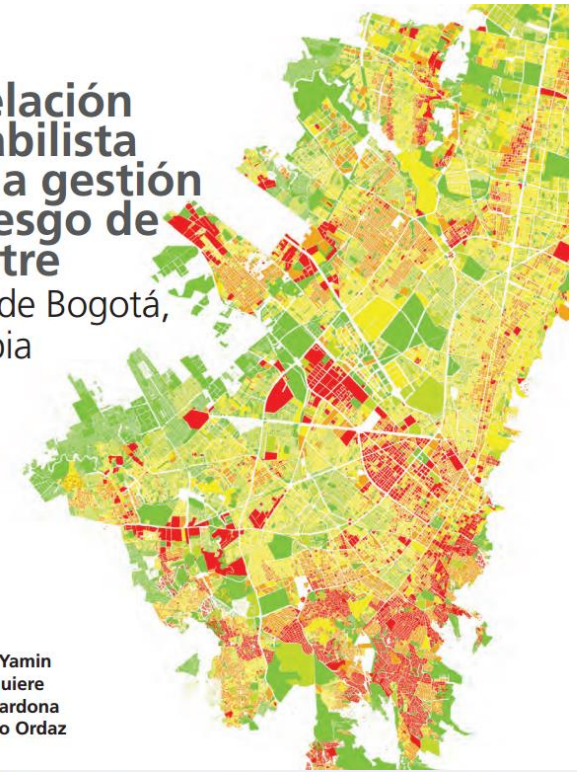
Received: 11 January 2014 – Accepted: 17 January 2014 – Published: 19 February 2014

Correspondence to: K. M. de Bruijn (karin.debruijn@deltares.nl)

Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.

## Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre

El caso de Bogotá, Colombia

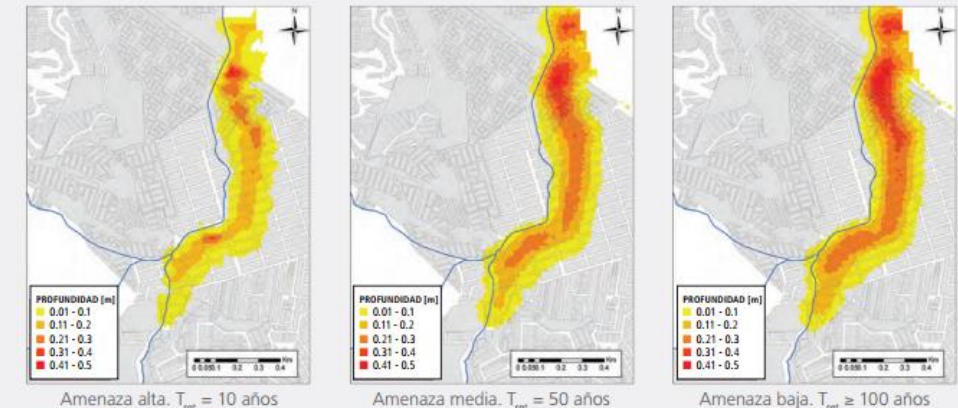


Autores

Luis Eduardo Yamin  
Francis Ghesquiere  
Omar Darío Cardona  
Mario Gustavo Ordaz

El mapa 2.7.1 presenta las condiciones globales de amenaza actual (sin obras de mitigación), para escenarios con periodos de retorno de diez, cincuenta y cien años.

Mapa 2.7.1 Bogotá: Mapas de amenaza por inundaciones de la quebrada Limas para escenarios con diferentes periodos de retorno



Fuente: MAVDT y Universidad de los Andes, 2006.



Tasa de excedencia para la intensidad seleccionada

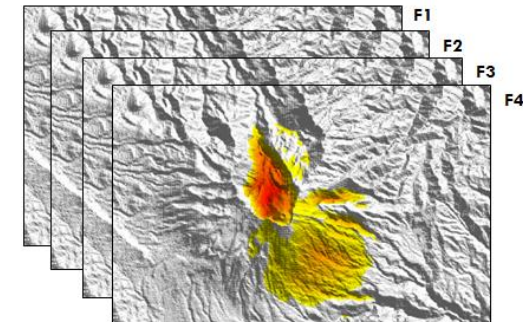
Probabilidad de excedencia de la intensidad dada la ocurrencia del escenario

$$v(a) = \sum_{i=1}^{i=N_E} \Pr(A > a | E_i) \cdot F_{E_i}$$

Medida de intensidad

Suma para todos los escenarios

Frecuencia anual de ocurrencia del escenario



- Múltiples escenarios
- Frecuencia anual
- Intensidad como variable aleatoria
- Varias medidas de intensidad

Para el proyecto de modelación hidrodinámica de La Mojana el valor de A corresponde a un nivel de agua

Tasa de excedencia para la intensidad seleccionada

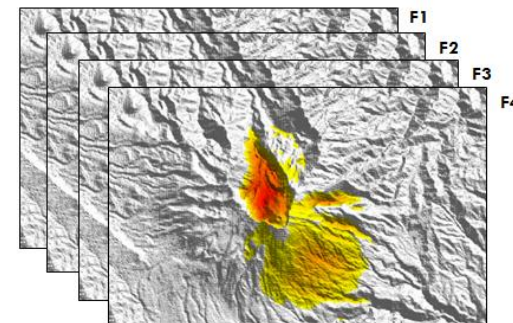
Probabilidad de excedencia de la intensidad dada la ocurrencia del escenario

$$v(\theta) = \sum_{i=1}^{i=N_E} \Pr(\emptyset > \theta | E_i) \cdot F_{E_i}$$

Medida de intensidad  
**SALUD**

Suma para todos los escenarios

Frecuencia anual de ocurrencia del escenario



- Múltiples escenarios
- Frecuencia anual
- Intensidad como variable aleatoria
- Varias medidas de intensidad

Para el proyecto de investigación doctoral de busca ajustar la formulación de manera que este en función de un estado de SALUD

$$\phi^* = \begin{cases} \phi_C^{*I} & 1 \leq t < 4, \quad t = \{1, 2, 3 \dots, 12\} \\ \phi_C^{*S} & 4 \leq t < 12, \quad t = \{1, 2, 3 \dots, 12\} \end{cases}$$

Análisis de escala

$$\phi_C^{*I} = f(\theta_H^{*I}, \theta_G^{*I}, \theta_S^{*I}, \theta_V^{*I})$$

$$\phi_C^{*S} = f(\theta_H^{*S}, \theta_G^{*S}, \theta_S^{*S}, \theta_V^{*S})$$

- Atributos estadísticos por componente, asociados al Pulso de inundación

Índice de salud

$$I_s = 1 - \sum_{i=1}^n \left( w_i \cdot \left( 1 - \frac{\phi_i}{\phi^*} \right)^2 \right)$$

La función de Salud “función de CONTROL” considera los criterios biofísicos

Análisis de incertidumbre

$$v(\theta) = \sum_{i=1}^{i=N_E} \Pr(\emptyset > \theta | E_i) \cdot F_{E_i}$$

Dt, DI definidos por el análisis de escala

- A partir de escenarios se estima un valor de amenaza de la salud del humedal para cada pixel.
- La función de Salud, considera los criterios biofísicos y el escenario funciona a través de la modelación hidrodinámica
- Metodología de incertidumbre basada en la amenaza, bajo un enfoque de PRA

Programa de Doctorado en Ingeniería

**INGENIERÍA CIVIL**

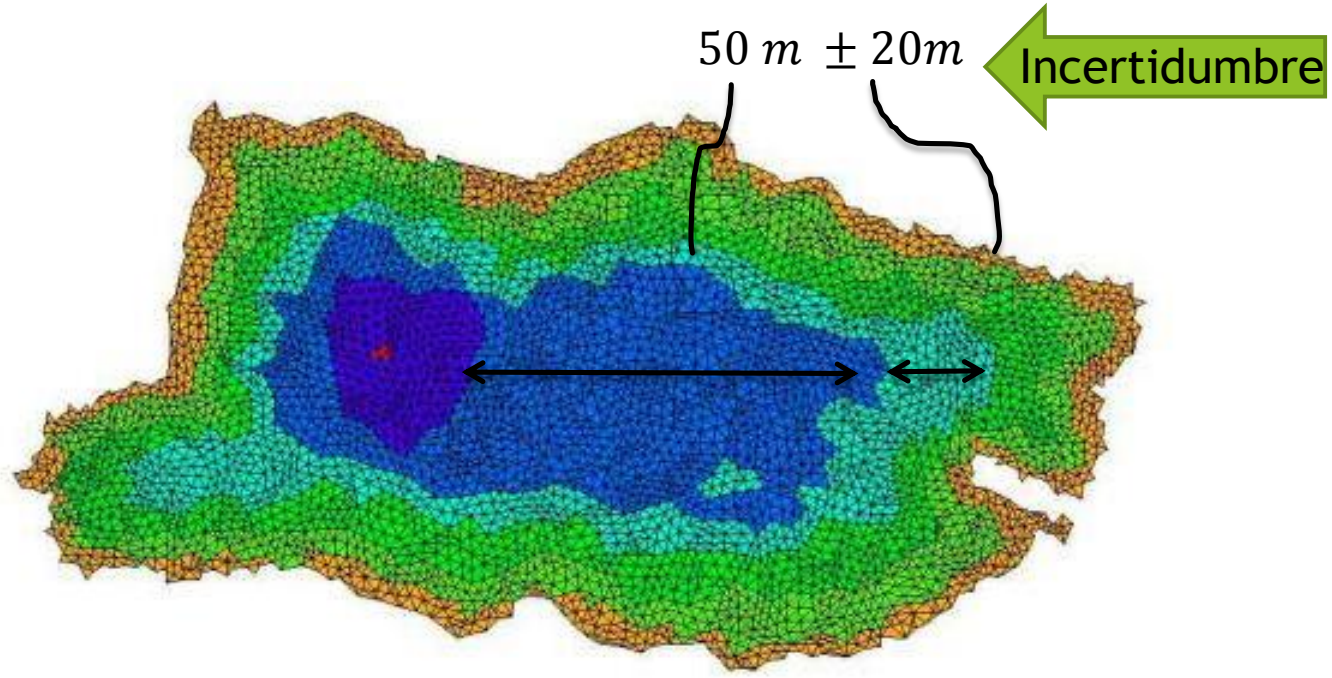
Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

Línea de Investigación en

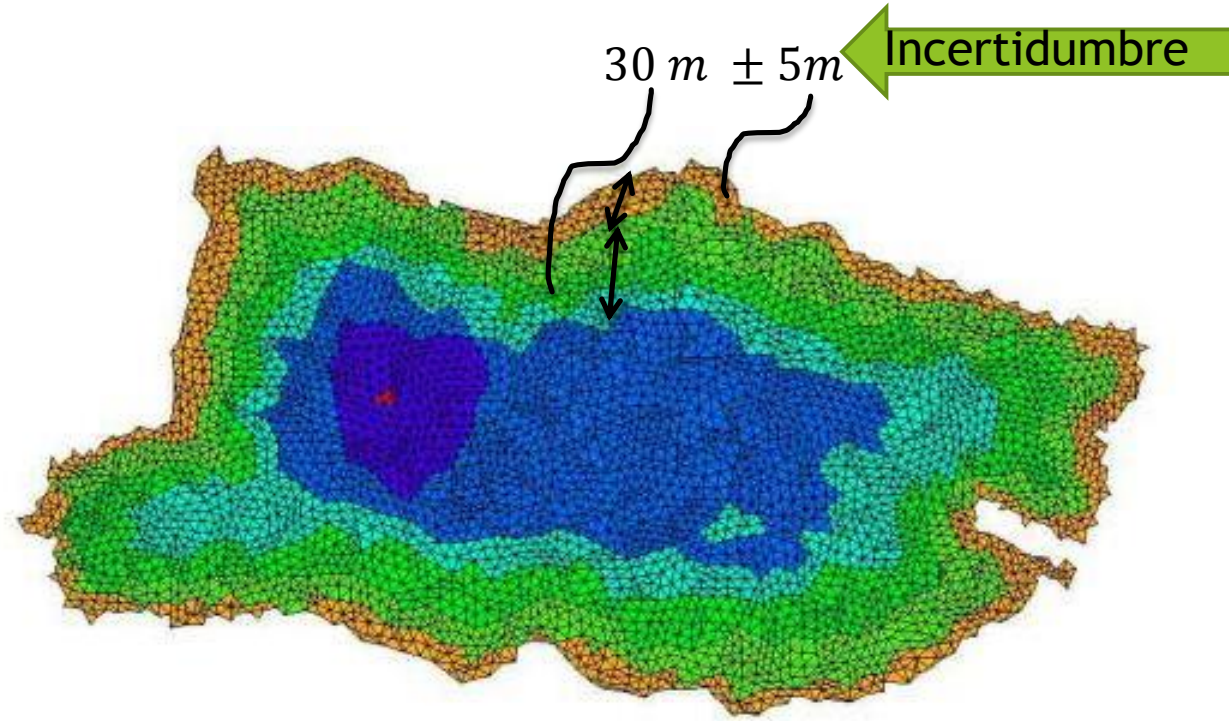
INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL AMBIENTE

# RESULTADOS ESPERADOS

Que resultados se esperan?



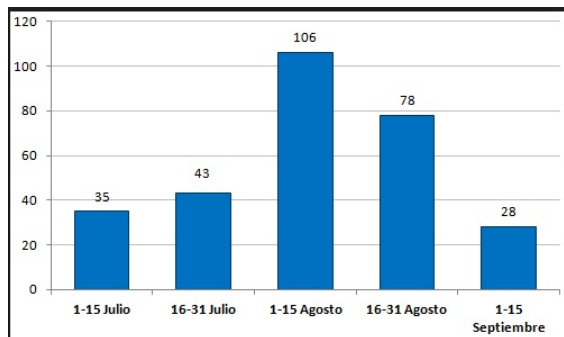
Tiempo t2 del pulso de inundación



Tiempo t1 del pulso de inundación

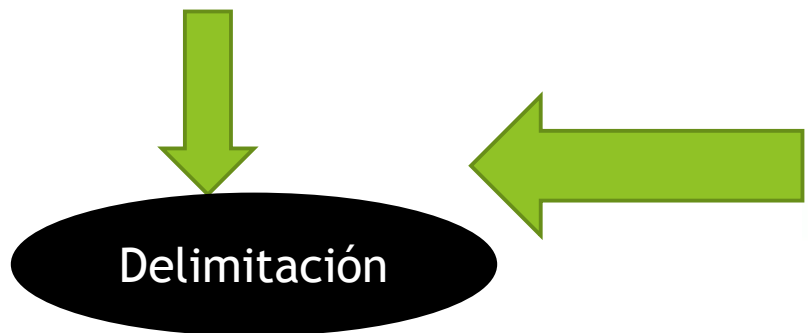
# RESULTADOS ESPERADOS

Que resultados se esperan?

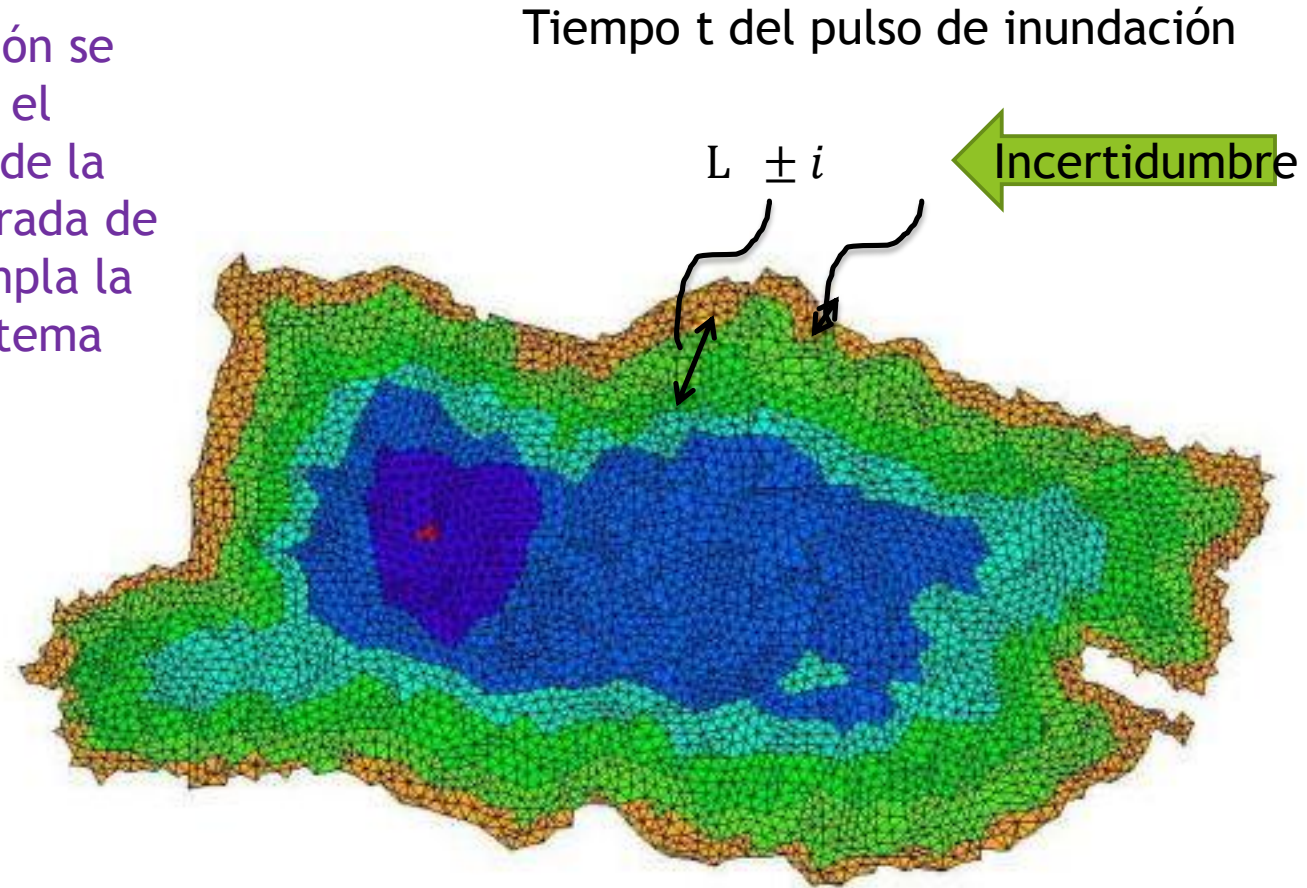


La delimitación se hace bajo el equivalente de la amenaza integrada de que no se cumpla la salud del sistema

Variaciones de la incertidumbre en el tiempo



Herramienta para la toma de decisiones:  
 Ocupación del territorio  
 Restauración y mitigación de daños



$$v(\theta) = \sum_{i=1}^{i=N_E} \Pr(\emptyset > \theta | E_i) \cdot F_{E_i}$$

Intervenciones  
Obras  
Clima

## REFERENCIAS

- ▶ Beven, K. (2001). Dalton Lecture: How Far Can We Go In Distributed Hydrological Modelling? Keith Beven Lancaster University. *Computer*, 5, 1–12. Retrieved from <http://eprints.lancs.ac.uk/4420/>
- ▶ Brinson, M. M. (1993). A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. *Engineer, WRP-DE-4*(August), 103. Retrieved from <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA270053>
- ▶ Casco, S., Neiff, M., & Neiff, J. (2005). Biodiversidad en ríos del litoral fluvial. Utilidad del software PULSO. *Miscelánea*, 14, 105–120. Retrieved from [http://insugeo.org.ar/libros/misc\\_14/pdf/09.pdf](http://insugeo.org.ar/libros/misc_14/pdf/09.pdf)
- ▶ Junk, W., Bayley, P., & Sparks, R. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain system.
- ▶ Klemeš, V. (1983). Conceptualization and scale in hydrology. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/0022-1694(83)90208-1
- ▶ Mitsch, W. J., & Gossilink, J. G. (2000). The value of wetlands: Importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*.
- ▶ ., & Malvárez, A. I. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In A. I. Malvárez (Ed.), *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica* (pp. 99–150). UNESCO. Retrieved from <http://www.unesco.org.uy/geo/fileadmin/ciencias naturales/mab/8.pdf>
- ▶ Ramsar Convention Secretariat. (2006). The Ramsar Convention Manual: A guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). *Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, 4th Editio*.
- ▶ Semeniuk, V., & Semeniuk, C. A. (1997). A geomorphic approach to global classification for natural inland wetlands and rationalization of the system used by the Ramsar Convention – a discussion. *Wetlands*, 5, 145–158.
- ▶ Sivapalan, M., Grayson, R., & Woods, R. (2004). Preface: Scale and scaling in hydrology. *Hydrological Processes*, 18, 1369–1371. doi:10.1002/hyp.1417
- ▶ USACE. (1987). Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual. *Wetlands*, 1(January), 92 pages et annexes. Retrieved from <http://el.erdc.usace.army.mil/wetlands/pdfs/wlman87.pdf>



PREGRADO

**INGENIERÍA CIVIL**



DOCTORADO EN INGENIERÍA

**INGENIERÍA CIVIL**



PREGRADO

**INGENIERÍA AGRÍCOLA**



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**ESTRUCTURAS**



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**GEOECNIA**



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**RECURSOS HIDRÁULICOS**




MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**TRANSPORTE**



MAESTRÍA EN INGENIERÍA

**INGENIERÍA AGRÍCOLA**




ESPECIALIZACIÓN

**ESTRUCTURAS**



ESPECIALIZACIÓN

**TRÁNSITO, DISEÑO Y SEGURIDAD VIAL**



ESPECIALIZACIÓN

**SANEAMIENTO**



**50 AÑOS**  
POSGRADOS  
INGENIERÍA CIVIL  
1966 - 2016



Programa de Doctorado en Ingeniería

# INGENIERÍA CIVIL

Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

Línea de Investigación en

INGENIERÍA DEL AGUA Y DEL AMBIENTE