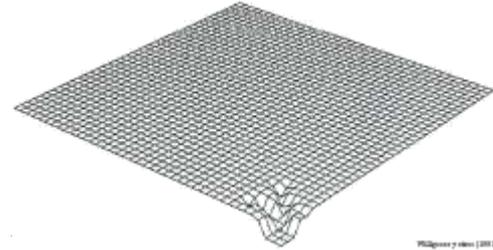




DELINEACIÓN DE ÁREAS DE CABECERA DE RÍOS UTILIZANDO SIG



Wolpert y otros (2002)

9NA REUNIÓN DE PRYSIG

2 de diciembre de 2011
Sala Tarzan del Centro de Estudiantes
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez



INTRODUCCIÓN



A pesar de su abundancia no están totalmente identificadas, poco estudiadas.
Recurso Vital para desarrollo y bienestar de actuales y futuras generaciones.

- Necesidad de Identificar y/o establecer áreas.
- Desarrollo políticas o estrategias manejo.
- Sistemas de información geográfica "SIG"

OBJETIVO

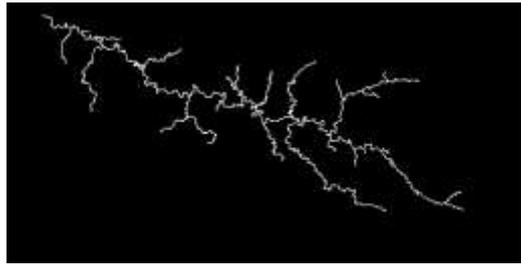
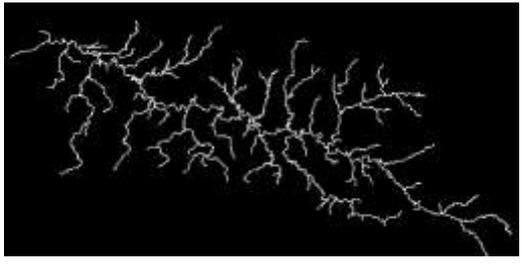
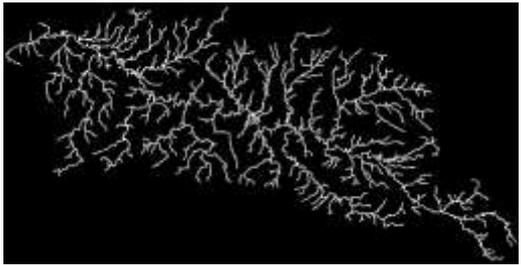
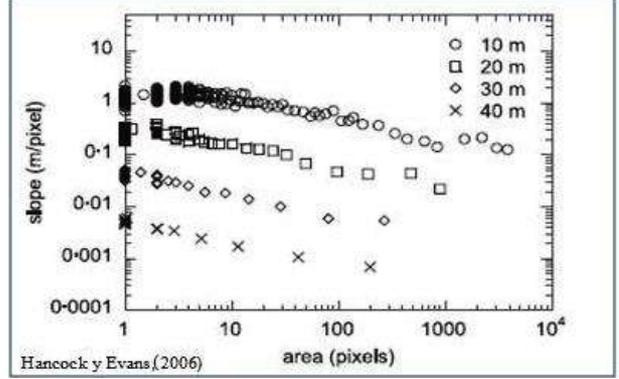
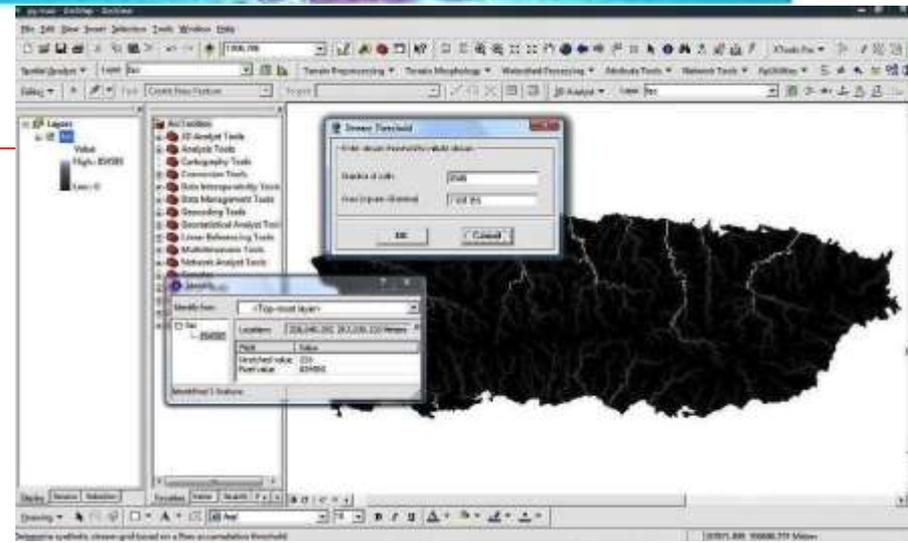
Desarrollar una técnica a través del uso de SIG que permita extraer áreas con características específicas para la identificación de zonas de cabeceras de los ríos en PR, la cual pueda servir como instrumento en la toma de decisiones y manejo recurso hídrico.

MDE - SIG

Umbral Extraccion Redes

- *Principal problema en Extract. redes.*
- *Mapas Topo USGS 1:24,000*
- *Valor umbral diferente (cada cuenca).*

sugieren aplicar un valor de umbral a nivel de subcuenca si la litología es muy variable con el objeto de obtener mejores resultados (Menchón y Sarría, 2006).



DIMENSIONAMIENTO CORRIENTES CABECERA

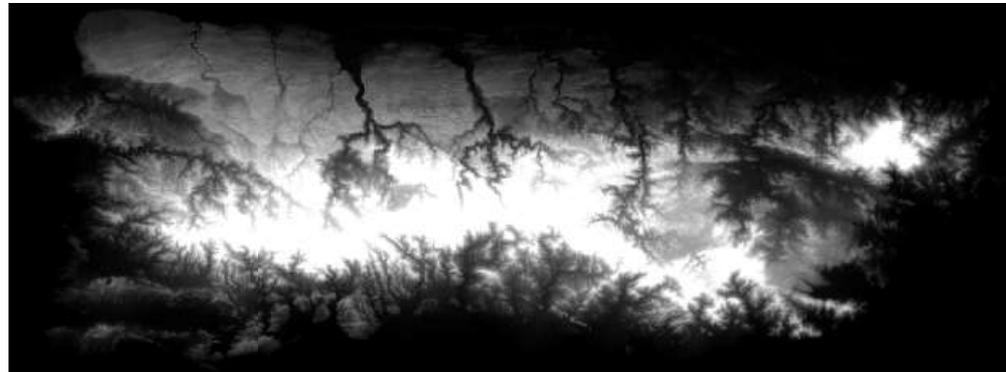
Criterios para Dimensionamiento	Fuente
➤ Corrientes 1 ^{ro} y 2 ^{do} orden (Strahler)	Mayoría estudios
➤ Corrientes $A_{\min} \leq 20 \text{ mi}^2$, incluye 1 ^{ro} , 2 ^{do} y hasta 3 ^{er} orden	EPA
➤ Área mínima declarada $A = 52,610 \text{ m}^2$ (Washington)	Forest & Fish Report, (1999)
➤ Área $< 1 \text{ km}^2$	Meyer et al, (2003)
➤ $A \approx 1 \text{ km}^2$. (Transición de ladera y procesos Hidrológicos Canal)	Wood et al, (1995); Benda et al, (2005)
➤ Áreas $0.01 - 1 \text{ km}^2$ (Base proc. Biol y fis)	Swanson et al, (1998)
➤ Áreas $0.1 - 1 \text{ km}^2$, ocurrencia proc. Geomorf. col. - aluv.	Montgomery & Foufula, (1993)
➤ Áreas $< 1 \text{ km}^2$ por la mayor variación descarga	Wood et al, (1995)
➤ Umbral $\approx 1 \text{ km}^2$, corrientes 1 ^{ro} y 2 ^{do} orden (MDE 250m)	Parachini et al, (2002)
➤ 70 – 80 % Área Total Cuenca.	Benda et al, (2005)
➤ Tomar 75% A_{Total} producto áreas capt. 1 ^{ro} ord.	Jaeger (2004)
➤ Tomar A_{prom} producto áreas capt. 1 ^{ro} ord.	
➤ Áreas con $\bar{Q} \approx 5 \text{ cfs}$	Nelson (1984), USGS
➤ Probabilidad ocurrencia inicio flujo escombros	Burnett & Miller, (2007)

Corrientes cabecera componen 60-80%, 2/3 partes, 75-95% red

AREA DE ESTUDIO

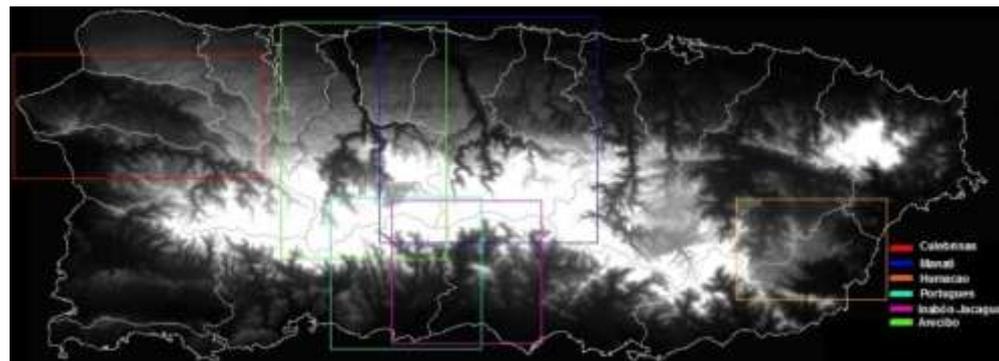
Cuencas correspondientes a los siguientes ríos:

- **Culebrinas**
 - **Humacao**
 - **Manatí**
 - **Portugués**
- Posteriormente*
- **Arecibo**
 - **Inabón - Jacaguas**



Preprocesamiento MDEs

- 10 m- res
- 200 imágenes Total (Cuad.)
- Unión de imágenes .
- Ajuste vacios imagen PR
- Extracción Polig.
- ArchHydro



UMBRAL EXTRACCIÓN DE CANALES

Comparación Red USGS



Ajuste red de Drenaje USGS

Vs

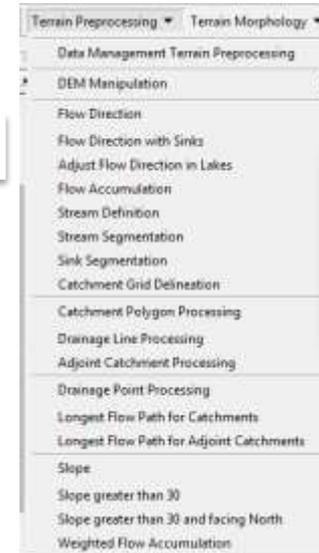


Archydro

Resultado valores de umbral

Alternativa Valor de Umbral

Umbrales con Intervalos
0.1 km²



Tanteo hasta obtener un resultado aceptable.

Para poder comparar se utilizo el parámetro Geomorfológico Densidad de drenaje D_d

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$$

Cuenca	Umbral para USGS	
	Densidad de drenaje (D_d) USGS	Umbral km ²
Humacao	1.693	0.2680
Culebrinas	1.799	0.2135
Manati	1.505	0.2225
Portugues	1.557	0.2630
Arecibo	1.532	0.2195
Inabon & Jacaguas	1.306	0.3190

CRITERIOS PARA DELINEACIÓN DE CABECERAS

1. Áreas Perímetro Cuenca

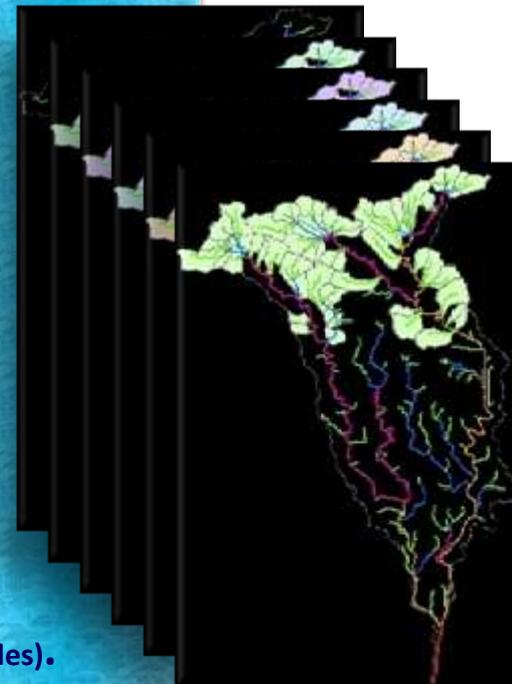
Este criterio corresponde al área de los segmentos de inferior orden y que forman un perímetro en la parte alta de la cuenca.

- ✓ Extracción redes con umbral establecido.
- ✓ Orden de corrientes (Strahler).
- ✓ Generación de subcuencas 1^{ro} y 2^{do} orden.

CUENCA	Umbral	Orden corriente	Longitud Total corrientes (km)	Total Número de corrientes	Area (km ²)			% del area Total		
					Total	A ₁ Orden1	A ₂ Orden 2	Orden1	Orden2	Orde 1 y 2
Humacao	0.2680 km ²	4	109.233	131	63.113	39.444	15.914	62.5	25.22	87.71
Culebrina	0.2135 km ²	5	520.536	766	288.133	175.606	60.525	60.9	21.01	81.95
Manatí	0.2225 km ²	6	606.162	935	398.452	224.597	68.651	56.4	17.23	73.60
Portugues	0.2630 km ²	5	198.932	257	125.733	70.854	18.547	56.4	14.75	71.10
Arecibo	0.2195 km ²	6	435.883	1,107	435.883	263.0	72.649	60.3	16.67	77.01
Inabón & Jacaguas	0.3190 km ²	5	259.600	346	200.845	123.77	34.47	61.6	17.16	78.78

- ✓ Acumulación áreas parte superior cuenca (canal ppal y Tribut ppales).

El proceso para obtener la capa final contempló la acumulación de capas subsecuentes tras el inicio en el perímetro de la cuenca. En total se realizaron tres (3) pasos o acumulaciones

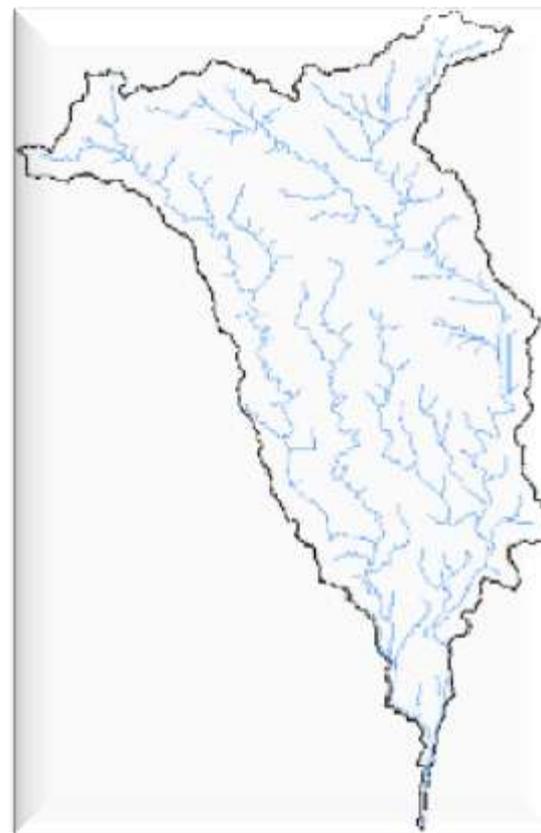


CRITERIOS PARA DELINEACIÓN DE CABECERAS

2. Ruta mas Larga de Flujo (LFP)

El LFP se utilizó como criterio para generar áreas de cabecera. Para este propósito se trazaron las rutas de flujo más relevantes de la cuenca, teniendo en cuenta su distancia desde la desembocadura y en el caso de tributarios del canal principal

- ✓ Longitud Hidráulica de la Cuenca.
- ✓ Parámetro usado para calculo de T_c .
- ✓ Canal Ppal. y tributarios Ppales.
- ✓ Valor definido 75% LFP (umbral).
- ✓ Ubicación Puntos y delineación.



CRITERIOS PARA DELINEACIÓN DE CABECERAS

3. Caudal ≤ 5 cfs

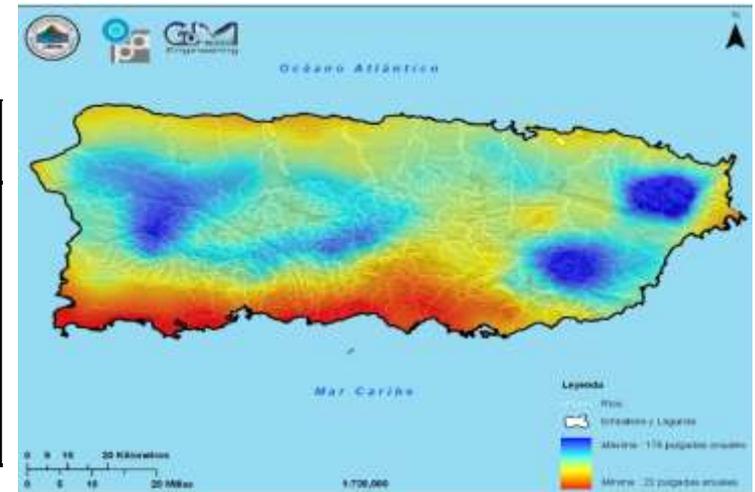
✓ Regional - DRNA (2009)

$$Q_m = 9.869 * 10^{-4} * A^{1.075} * P^{1.787}$$

$$Q_u = \frac{Q_{mean,u}}{Q_{mean,g}} Q_g = \frac{A_u^{1.075} * P_u^{1.787}}{A_g^{1.075} * P_g^{1.787}}$$

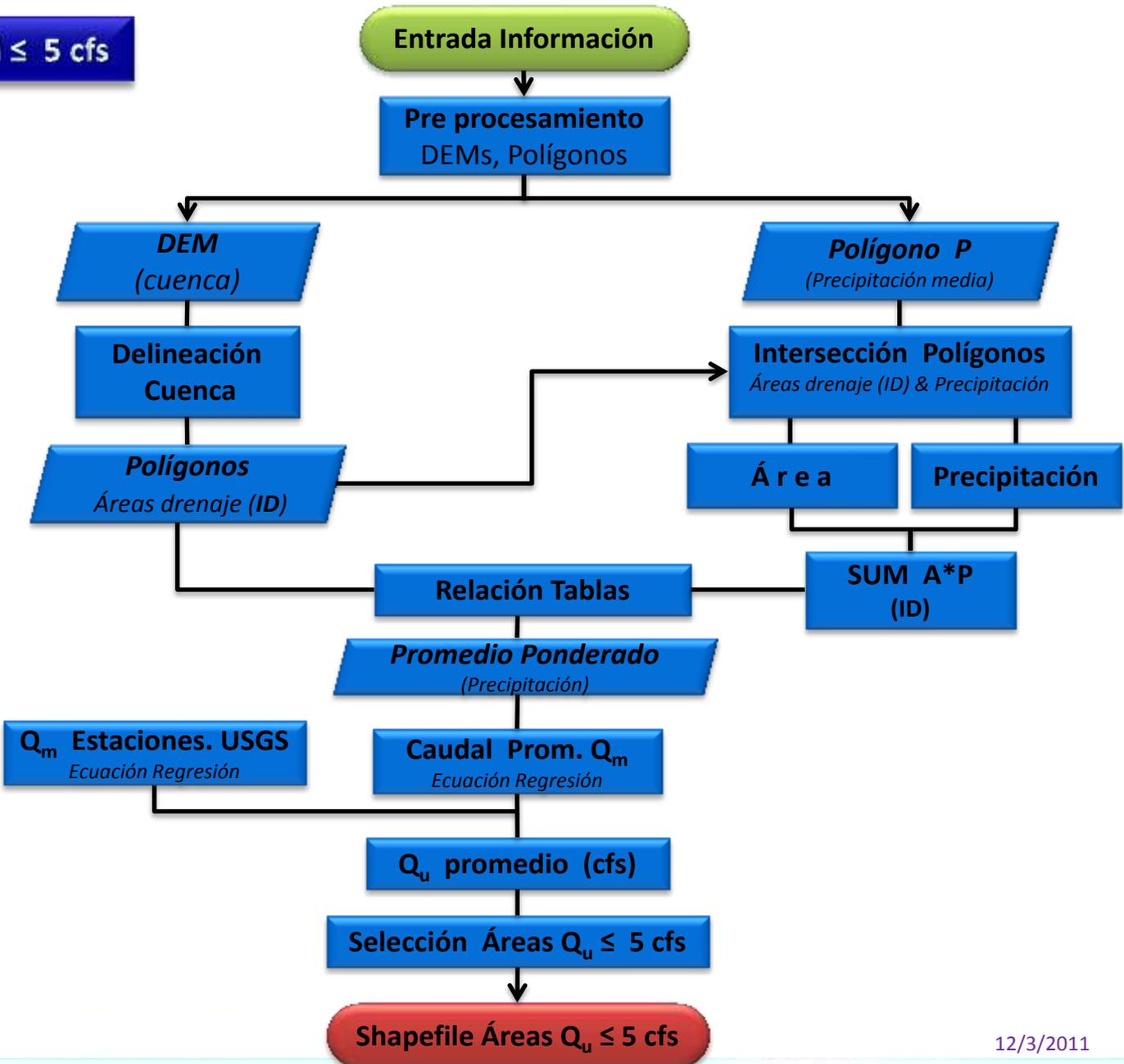
CUENCA	ID USGS Estación	*Coordenadas		Años de data	$Q_{promedio}$ (cfs)	Area (mi ²)
		x	y			
Culebrinas	50147800	130373.97	258381.03	42	299.28	71.20
Humacao	50081000	259672.14	237595.85	25	23.22	6.65
Manati	50031200	202184.64	250969.79	44	93.60	55.20
Portugues	50114900	177871.63	229307.97	12	17.37	7.27
Arecibo	50026025	178478.16	243850.25	15	95.11	37.98
Inabon-Jacaguas	50112500	186335.93	227761.77	43	18.47	9.70

*NAD_1983_HARN_StatePlane_Puerto_Rico_Virgin_Islands_FIPS_5200



CRITERIOS PARA DELINEACIÓN DE CABECERAS

3. Caudal ≤ 5 cfs



METODOLGIA



CRITERIOS PARA DELINEACIÓN DE CABECERAS

4. Otros Criterios

Temáticos Existentes

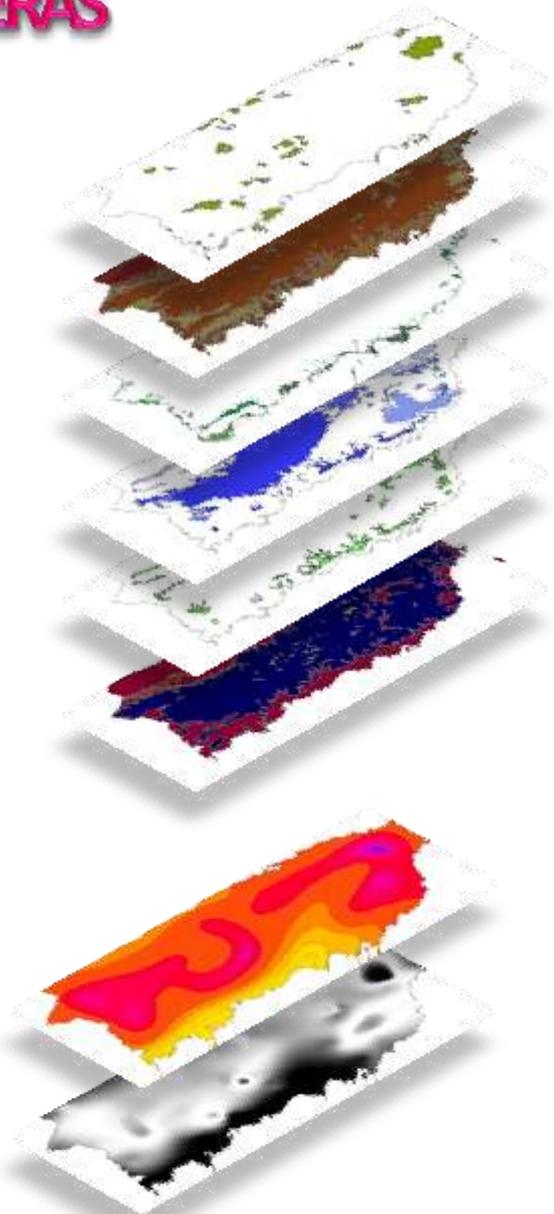
- Áreas naturales Protegidas (DRNA),
- Acuíferos (DRNA),
- Hábitat Crítico (USFWS),
- Humedales (DRNA),
- Regiones de Importancia hidrológica (DRNA),
- Recarga de acuíferos (DRNA),
- Deslizamientos (DRNA),

Generados

- Suelos grupos Hidrológicos “HSG” (NRCS),
- Numero Budyko.

$$B = \frac{\bar{P}}{\overline{ETP}}$$

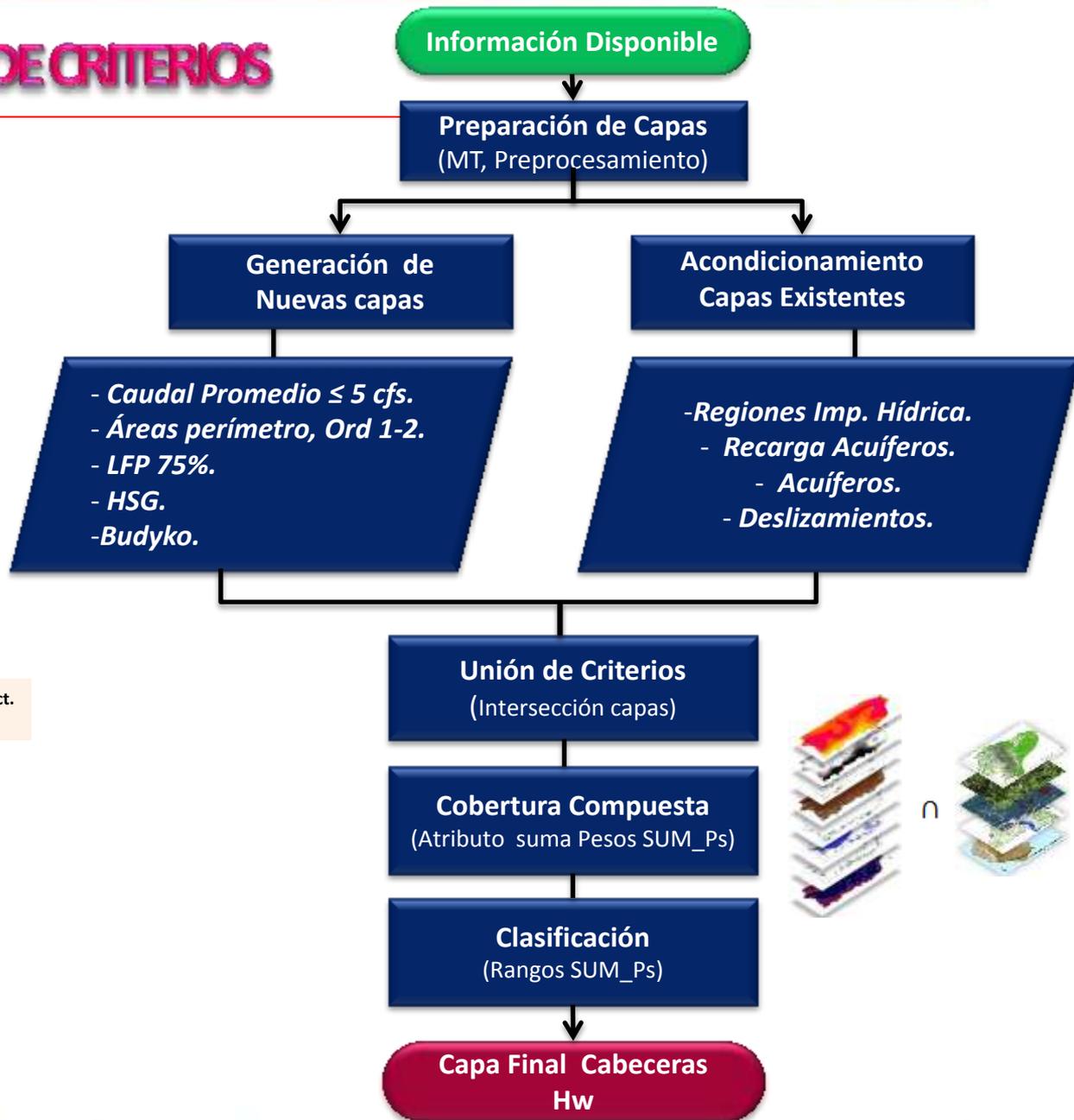
Creada a partir de Capas Raster y vectorial (DRNA).



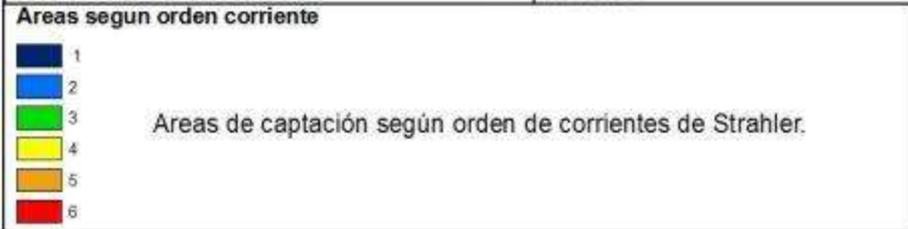
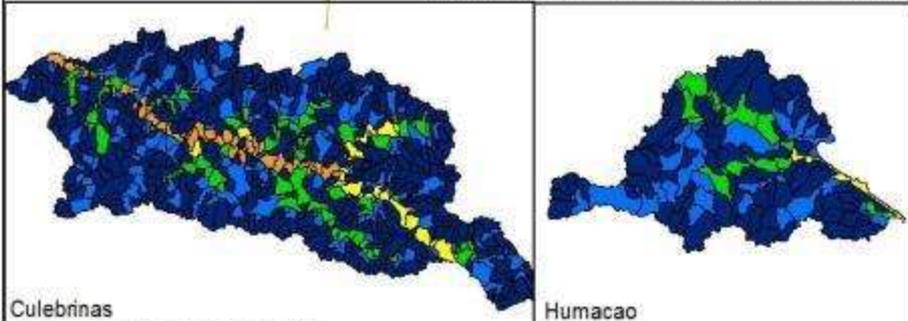
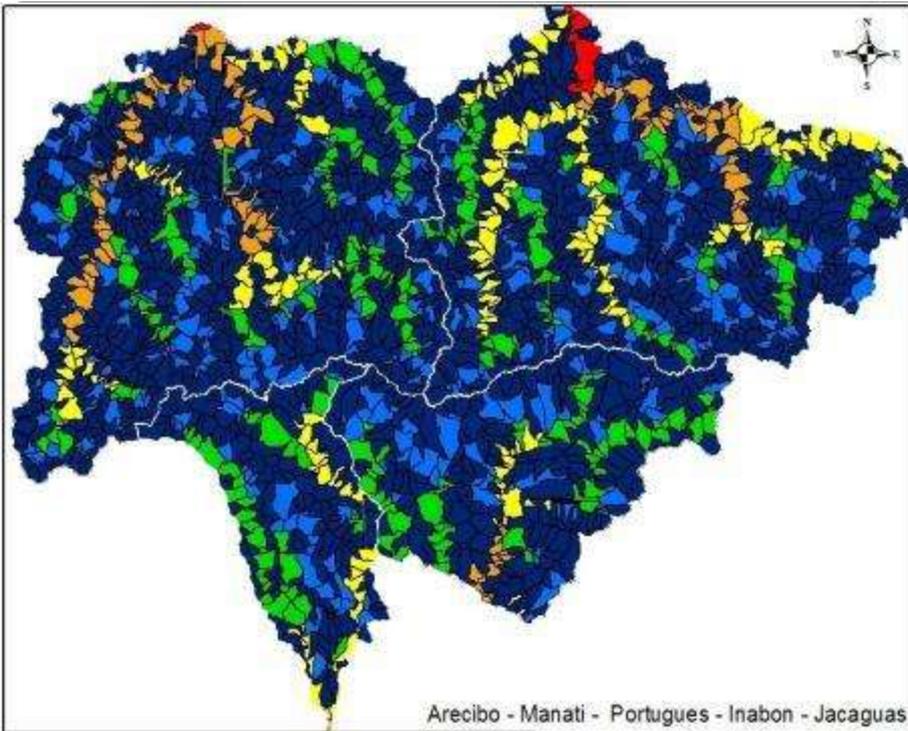
UNIFICACIÓN DE CRITERIOS

Integración de datos en ArcGIS

En SIG se uso Unión de capas en lugar de Intersect. Como herramienta proceso.



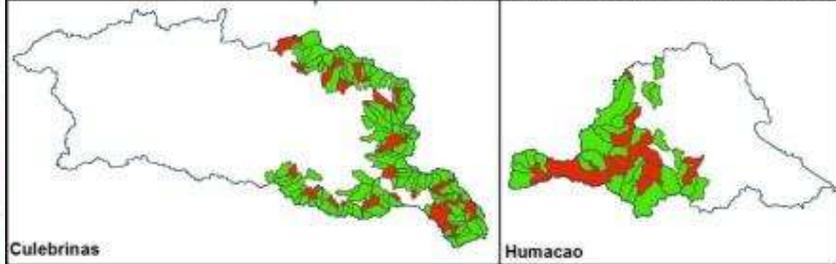
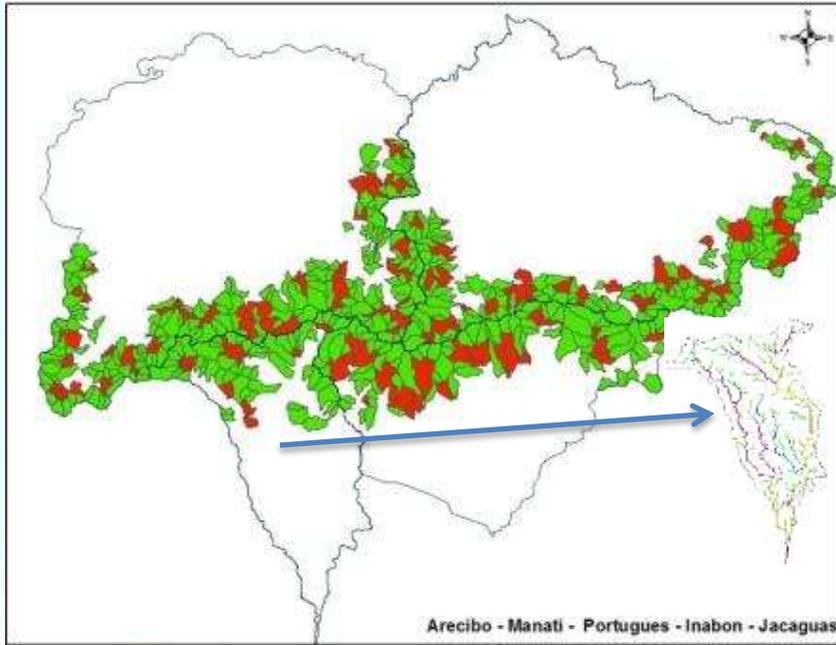
UMBRALES



Cuenca	Umbral	Longitud Total corrientes (km)	Area Total (km ²)	Densidad Drenaje (D _d) Dd=(ΣLi)/(Ac)	Error (%)
Humacao	USGS NHD	106.85	63.11	1.693	2.230
	0.2680 km ²	109.23	63.11	1.731	
Culebrina	USGS NHD	518.48	288.13	1.799	0.396
	0.2135 km ²	520.54	288.13	1.807	
Manatí	USGS NHD	599.78	398.45	1.505	1.064
	0.2225 km ²	606.16	398.45	1.521	
Portugues	USGS NHD	195.82	125.73	1.557	1.590
	0.2630 km ²	198.93	125.73	1.582	
Arecibo	USGS NHD	667.80	435.88	1.532	1.047
	0.2195 km ²	674.79	435.88	1.548	
Inabón & Jacaguas	USGS NHD	262.38	200.84	1.306	1.058
	0.3190 km ²	259.60	200.84	1.293	

AREAS OBTENIDAS A PARTIR DE CRITERIOS

Áreas Perímetro Cuenca



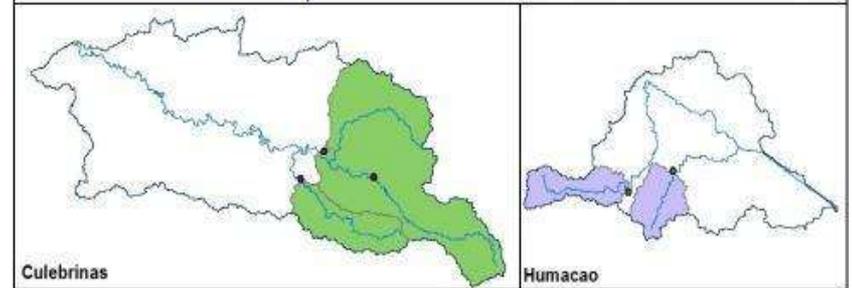
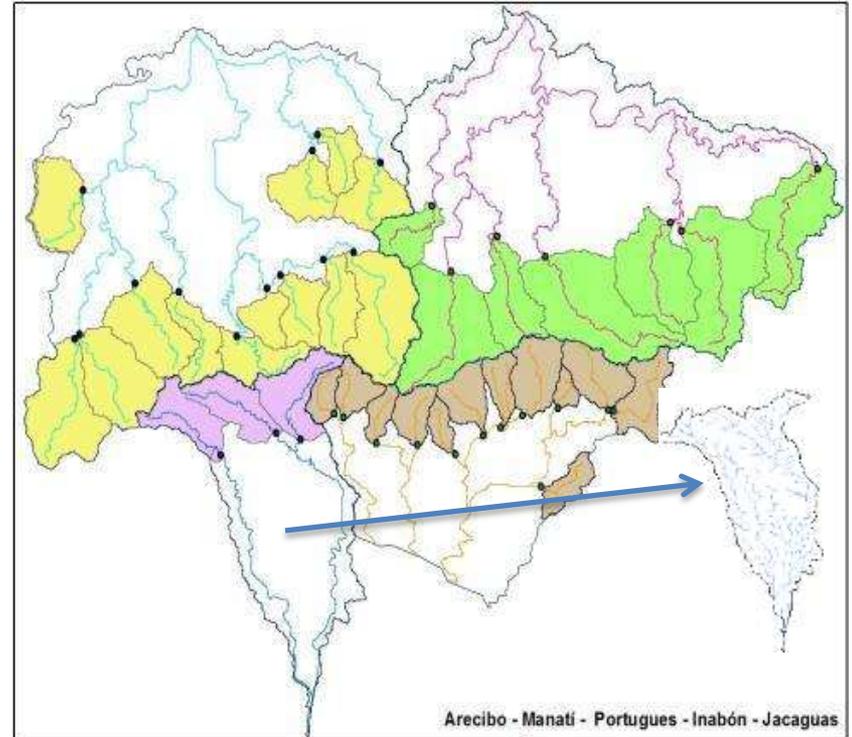
Áreas perímetro cuenca

Orden

- 1
- 2

Criterio Áreas perímetro cuenca - orden de corriente 1 & 2

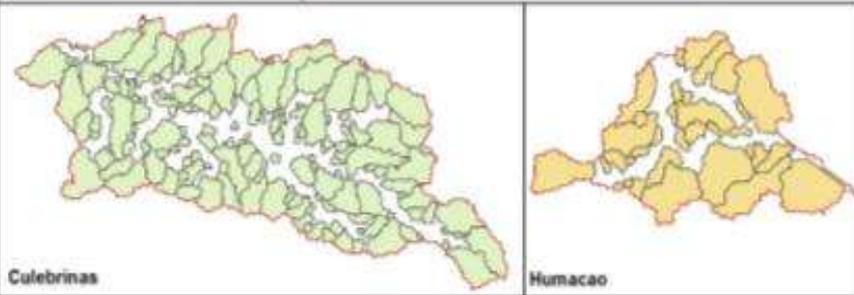
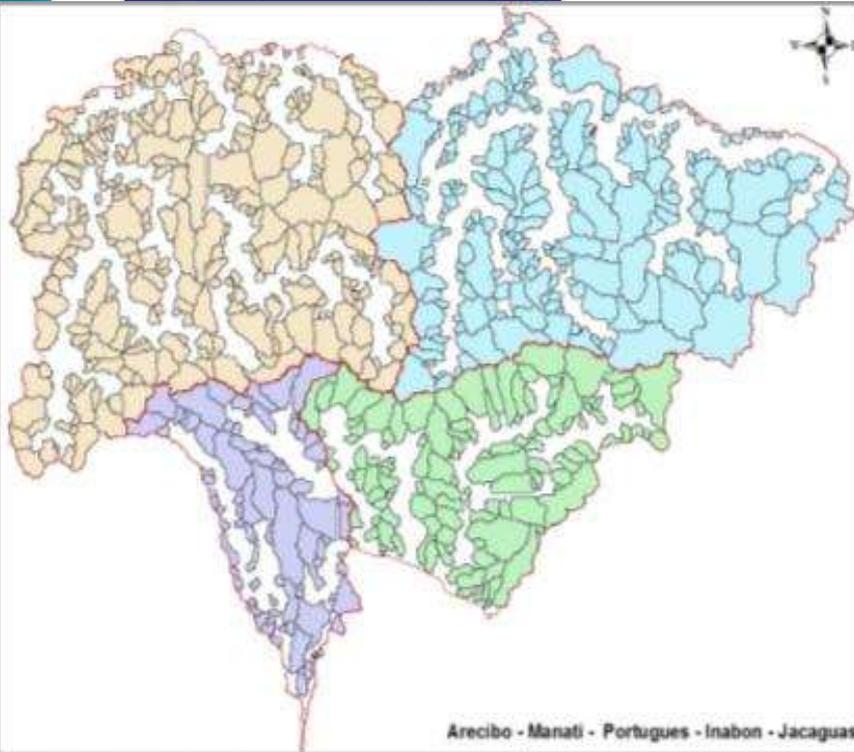
Áreas Ruta mas Larga de flujo



Criterio Áreas generadas a partir de Rutas más largas de flujo (LFP al 75%)

AREAS OBTENIDAS A PARTIR DE CRITERIOS

Áreas $Q \approx 5$ cfs



Áreas con Caudal promedio igual o menor a 5 cfs

En resumen para poder obtener estas áreas:

- Delineación y obtención áreas captación.
- Lluvia promedio Subcuencas.
- Calculo de caudales Est. USGS (Atributo- ecu.).
- Calculo caudales promedio subcuencas.
- Segregación áreas.

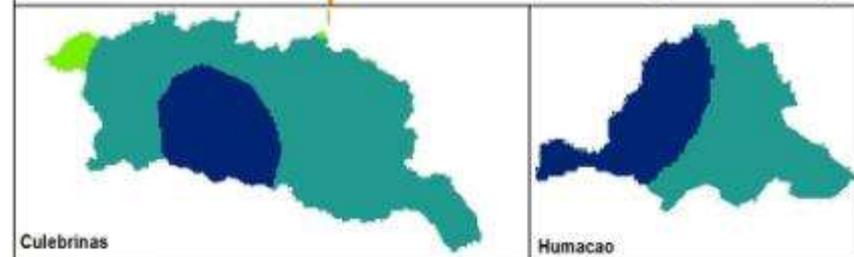
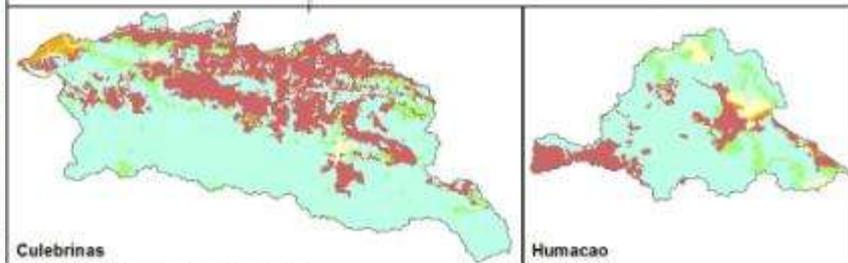
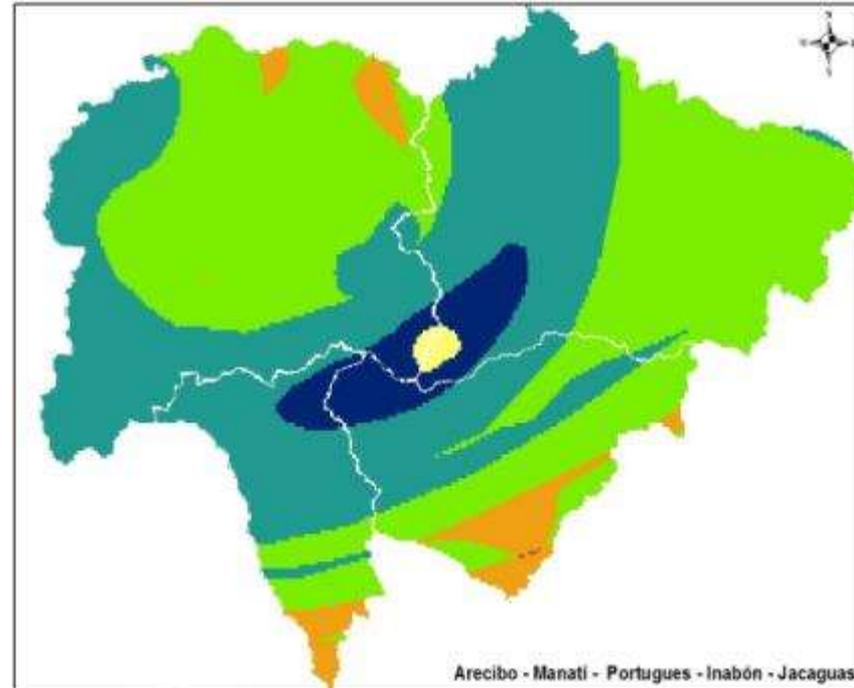
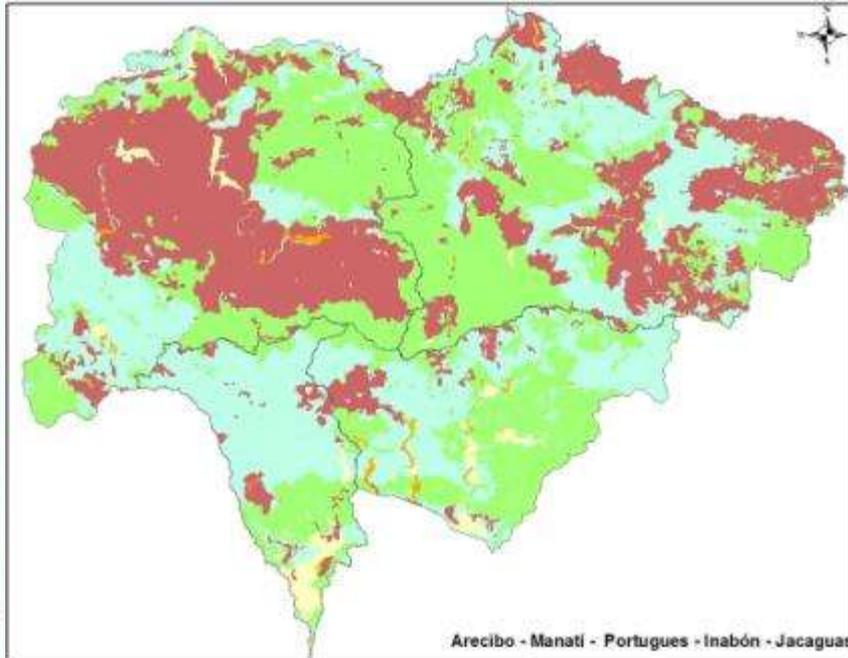
CUENCA	ID USGS Estación	*Coordenadas		Años de data	Q _{promedio Medido} (cfs)	Area (mi ²)	P _{media Anual} (Pulg)	Q _{promedio_g} (cfs) (Ecuación [3.4])
		x	y					
Culebrinas	50147800	130373.97	258381.03	42	299.28	71.20	100	362.82
Humacao	50081000	259672.14	237595.85	25	23.22	6.65	100	28.37
Manati	50031200	202184.64	250969.79	44	93.60	55.20	70	145.90
Portugues	50114900	177871.63	229307.97	12	17.37	7.27	80	20.95
Arecibo	50026025	178478.16	243850.25	15	95.11	37.98	60	74.11
Inabon-Jacaguas	50112500	186335.93	227761.77	43	18.47	9.70	60	17.08

*NAD_983_HARN_StatePlane_Puerto_Rico_Virgin_Islands_FIPS_5200

RESULTADOS

ÁREAS OBTENIDAS A PARTIR DE CRITERIOS

Áreas HSG - Budyko



Grupo Hidrológico (f - in./hr)

- No data
- A (0.30 - 0.45 in./hr)
- B (0.15 - 0.30 in./hr)
- C (0.05 - 0.15 in./hr)
- D (0.0 - 0.05 in./hr)

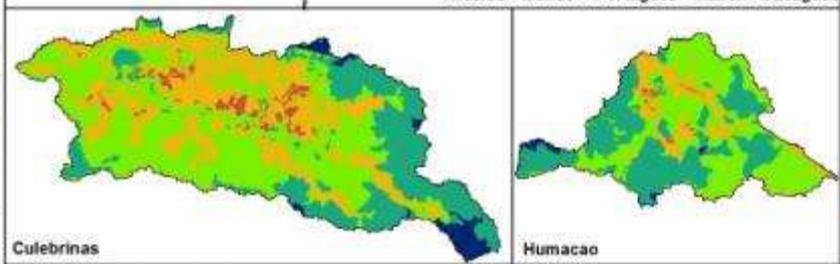
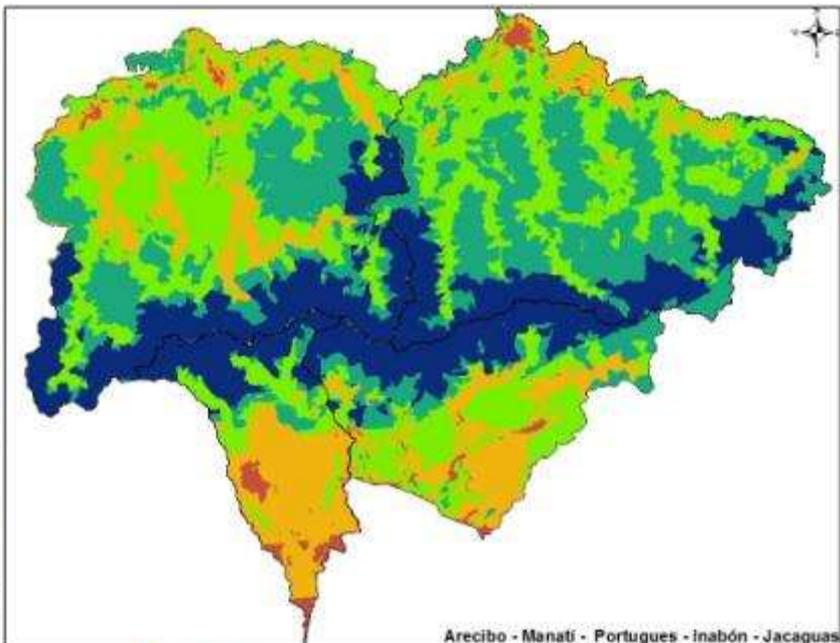
Áreas Grupo de suelos Hidrológicos- NRCS

Número Budyko

- 0.99 - 1.00
- 1.00 - 1.25
- 1.25 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- 2.00 - 2.50
- 2.50 - 2.80

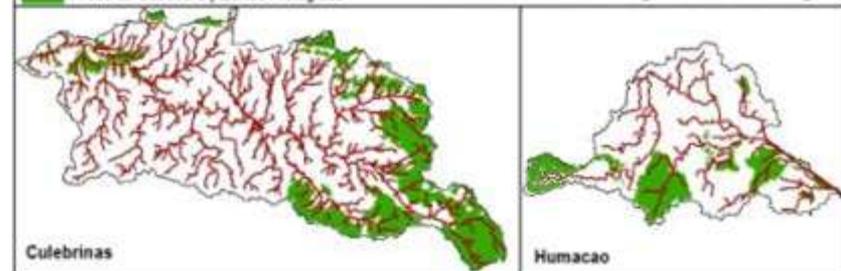
Relación adimensional de Budyko ($B = \bar{P}/\bar{ETP}$)

AREAS CABECERA DE RIOS

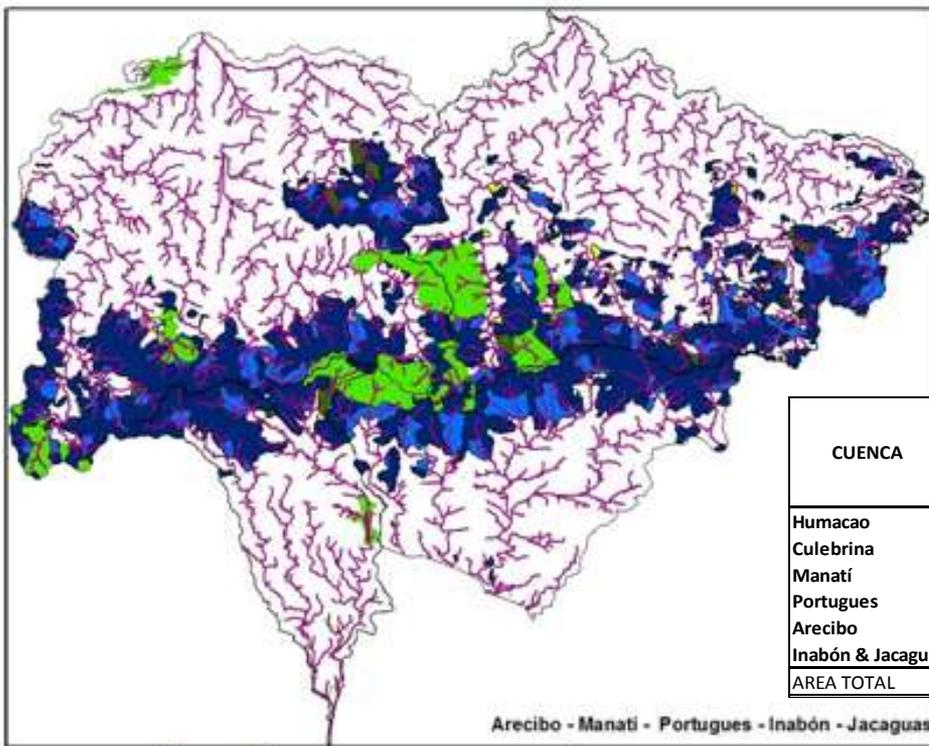


Unificación Criterios

0.005 - 0.200	Mapa temático resultado de la intersección de capas (9 criterios). Los colores representan el número de criterios que se intersectan, cada criterio con un valor de peso distinto. Sumatoria total de pesos igual a 1.1 en caso de intersectarse en todos los criterios. el mapa temático esta clasificado por rangos. Rangos más altos corresponderían a la cabecera de rios.
0.201 - 0.400	
0.401 - 0.600	
0.601 - 0.800	
0.801 - 1.100	

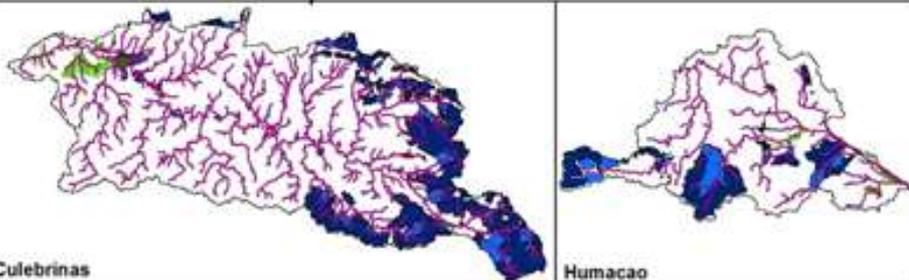


AREAS CABECERA DE RIOS



CUENCA	Area (km ²)				% del area Total	
	Total cuenca	Orden 1 y 2 Total cuenca	Orden 1 y 2 HW delienada	Total Hw delineado	Total Orden 1 y 2	Hw en la cuenca
Humacao	63.11	55.36	10.24	10.24	18.50	16.23
Culebrina	288.13	236.13	54.44	55.16	23.06	19.14
Manatí	398.45	293.25	105.30	110.59	35.91	27.76
Portugues	125.73	89.40	28.52	30.10	31.90	23.94
Arecibo	435.88	335.68	117.30	120.19	34.95	27.57
Inabón & Jacaguas	200.84	158.23	64.60	64.78	40.83	32.25
AREA TOTAL	1,512.159	1,168.050	380.408	391.06	32.57	25.86

Arecibo - Manatí - Portugues - Inabón - Jacaguas



Culebrinas

Humacao

Leyenda

- Hw orden 1
- Hw orden 2
- Hw orden 3
- Hw orden 4
- Hw orden 5
- Zonas Protegidas y Humedales

Zonas de Cabecera por orden de Corriente

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Utilizando el procedimiento propuesto en este trabajo se pudo establecer una zona de cabecera para las cuencas estudiadas que cubre un área de 391 km² de un total de 1,512.2 km², lo cual equivale en promedio al 25.8% del área total de estudio. De igual forma los resultados de este estudio consideran que para corrientes de 1ro y 2do orden, el área total de sistemas de corrientes de cabecera en las cuencas estudiadas es de 380.4 km² de un total de 1,512.2 km², lo cual equivale al 32.57% del área total de estudio.

Los sistemas de Información geográfica GIS, prueban ser una herramienta poderosa para este tipo de trabajos que sirven como soporte en la toma de decisiones en caso de proteger áreas de gran importancia ambiental y económica en los sistemas fluviales.

Una mejora en la delineación podría obtenerse si se realiza una asignación de pesos a los criterios empleados utilizando una metodología Delphi con ayuda de un grupo de expertos y/o participación de agencias que estén interesadas en proteger estas zonas de gran importancia en el ecosistema fluvial.

AGRADECIMIENTOS

- *Universidad de Puerto Rico - Mayagüez*
- *Instituto de Investigaciones de Recursos de agua y Medio Ambiente de Puerto Rico.*
- *Departamento de Ingeniería Civil.*
- *CoHemis.*



PREGUNTAS