



AGUA EN LA
AGRICULTURA:
Sostenibilidad y tendencias



Aplicación del Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process) para la Priorización de Áreas de Drenaje

Adolfo López Pérez / Mario R. Martínez Menes

adolpholp@gmail.com / mmario@colpos.mx

II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016
08 al 10 de septiembre del 2016
Chapingo, México

ÍNDICE



- ANTECEDENTES
- OBJETIVO GENERAL
- MATERIALES Y MÉTODOS
- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANTECEDENTES



Cambio de Uso del Suelo



Deslizamientos en Masa



Velocidades Erosivas y Transporte de Sedimentos



Disminución de la Capacidad Hidráulica



Inundaciones

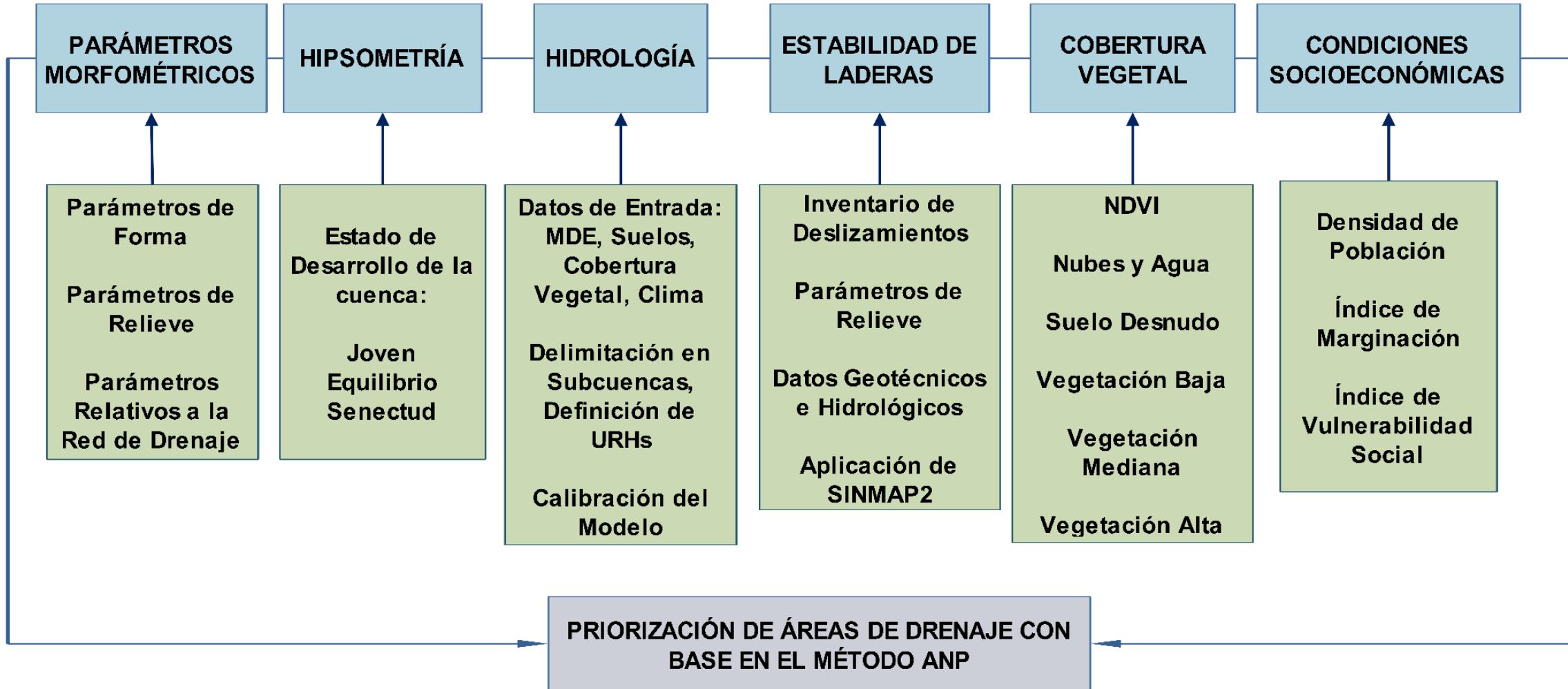
OBJETIVO GENERAL



- Desarrollar una metodología para priorizar áreas de drenaje mediante componentes y criterios que relacionen la morfometría, hidrología, estabilidad de laderas, cobertura vegetal y condiciones socioeconómicas para la elaboración de planes de manejo integrales.

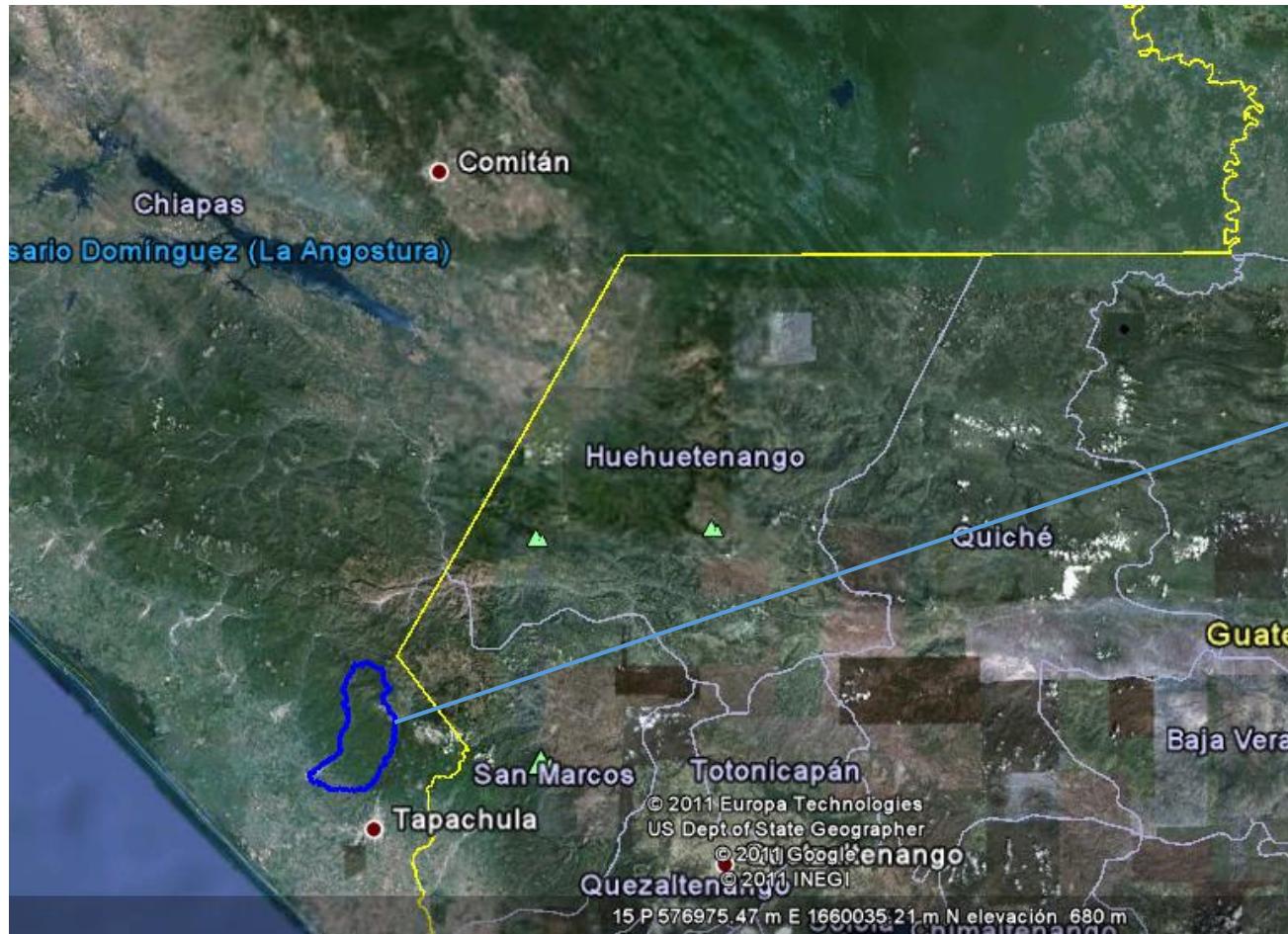
MATERIALES Y MÉTODOS

• Metodología Aplicada



MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- Ubicación del área de estudio



RH23 Costa de Chiapas



MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- Morfometría

Parámetro	Ecuación	Autor	Año
Lineales			
Densidad de drenaje (km km^{-2})	$D_d = \frac{L_{tc}}{A}$	Horton	1945
Densidad hidrográfica (cauces km^{-2})	$D_h = \frac{L_u}{A}$	Horton	1945
Relación de bifurcación media	R_{bm} = promedio de la relación de bifurcación entre órdenes	Strahler	1957
Textura del drenaje (cauces km^{-1})	$R_t = \frac{L_u}{P}$	Horton	1945
Longitud del flujo superficial (km)	$L_g = \frac{1}{2D_d}$	Horton	1945
De forma			
Relación de elongación	$R_e = \frac{2}{L_c} \times \left(\frac{A}{\pi} \right)^{0.5}$	Schumm	1956
Relación de circularidad	$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$	Miller	1953
Coeficiente de compacidad	$C_c = 0.2821 \frac{P}{A^{0.5}}$	Gravelius	1914
Factor de forma	$R_f = \frac{A}{L_c^2}$	Horton	1932
Forma de la cuenca	$B_s = \frac{L_c^2}{A}$	Horton	1932



MATERIALES Y MÉTODOS

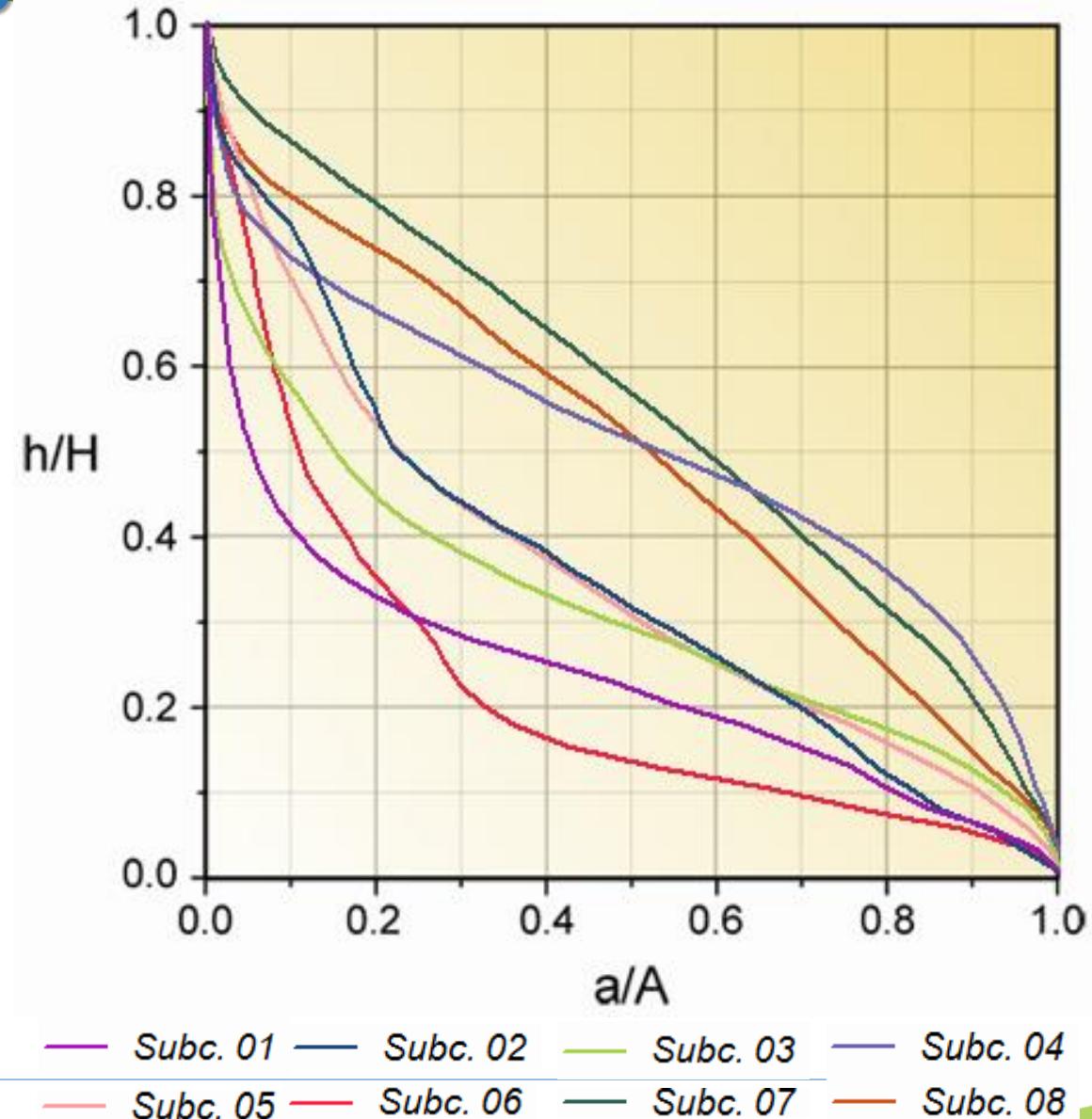
- Metodología Aplicada
- Hipsometría

Fase	HI
Joven	> 60%
Madura	35% – 60%
Senectud	< 35%

Strahler (1957)

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

Pérez-Peña *et al.* (2009);
Harlin (1978)

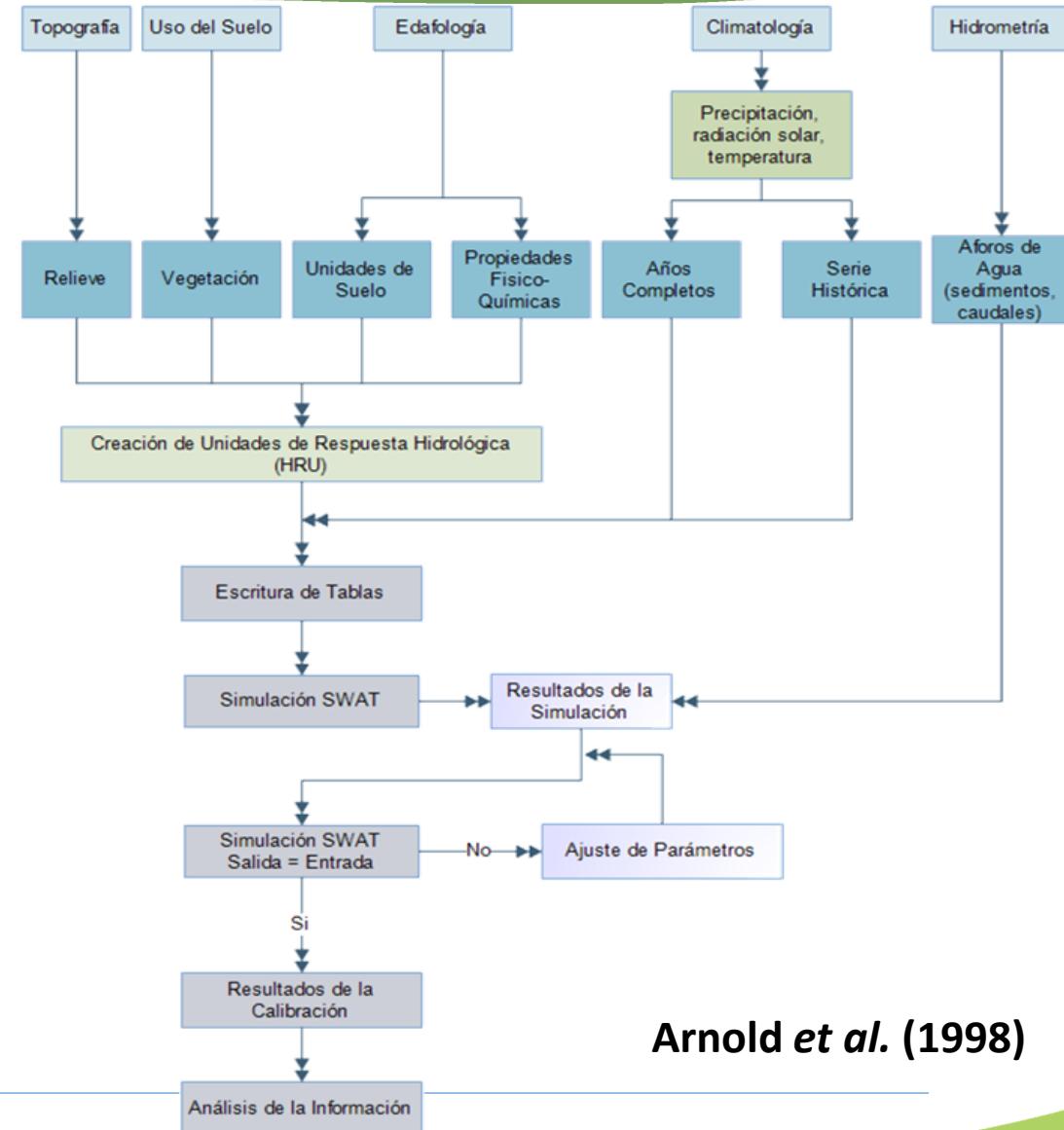


MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- Análisis Hidrológico

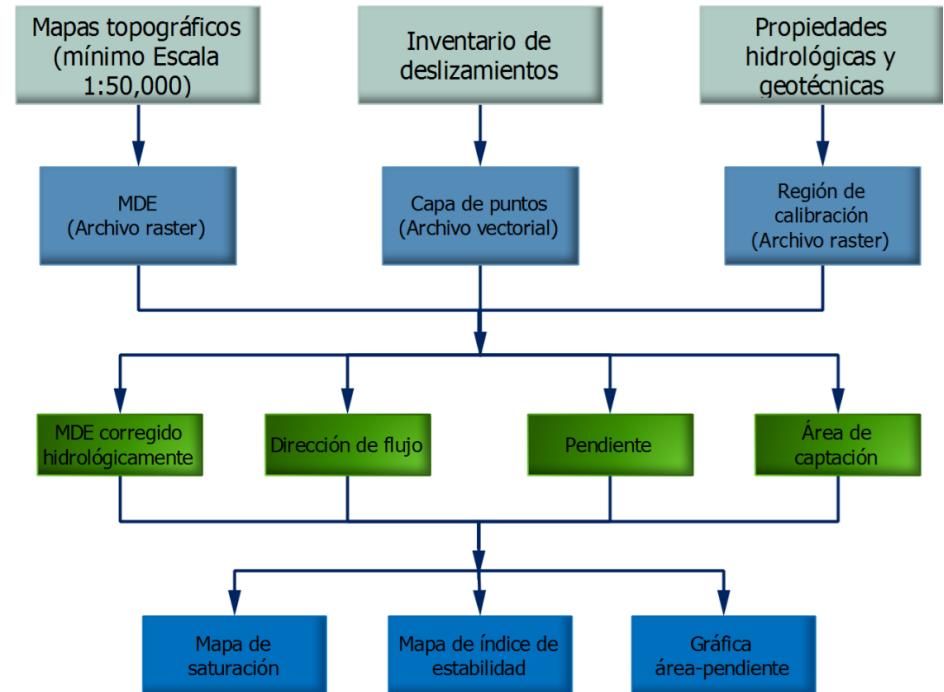
Información climatológica:

- 9 estaciones (periodo 1988 – 2013)
- Calibración (periodo 1990 - 1998)

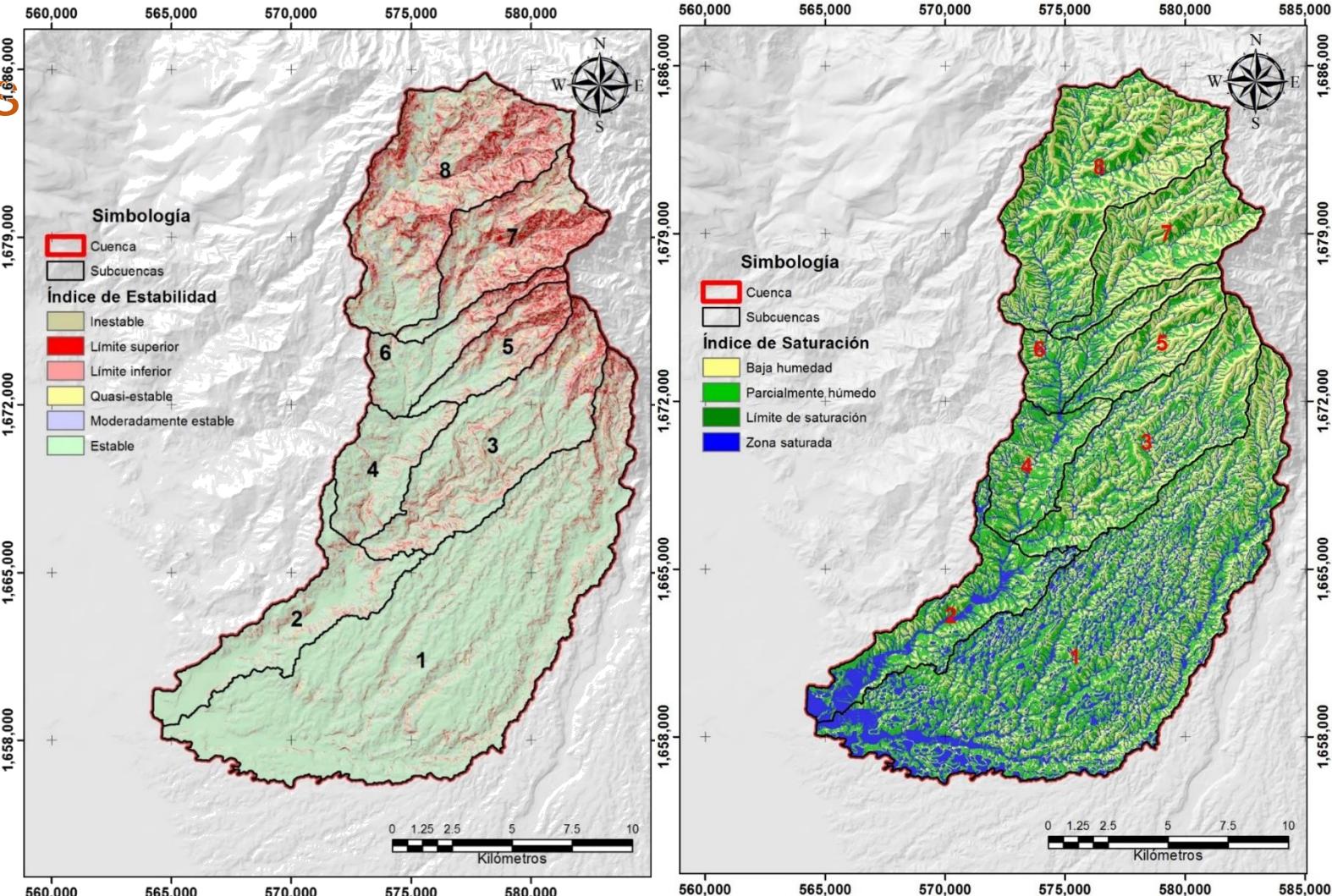


MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- Estabilidad de Laderas



Pack et al. (2005)



MATERIALES Y MÉTODOS

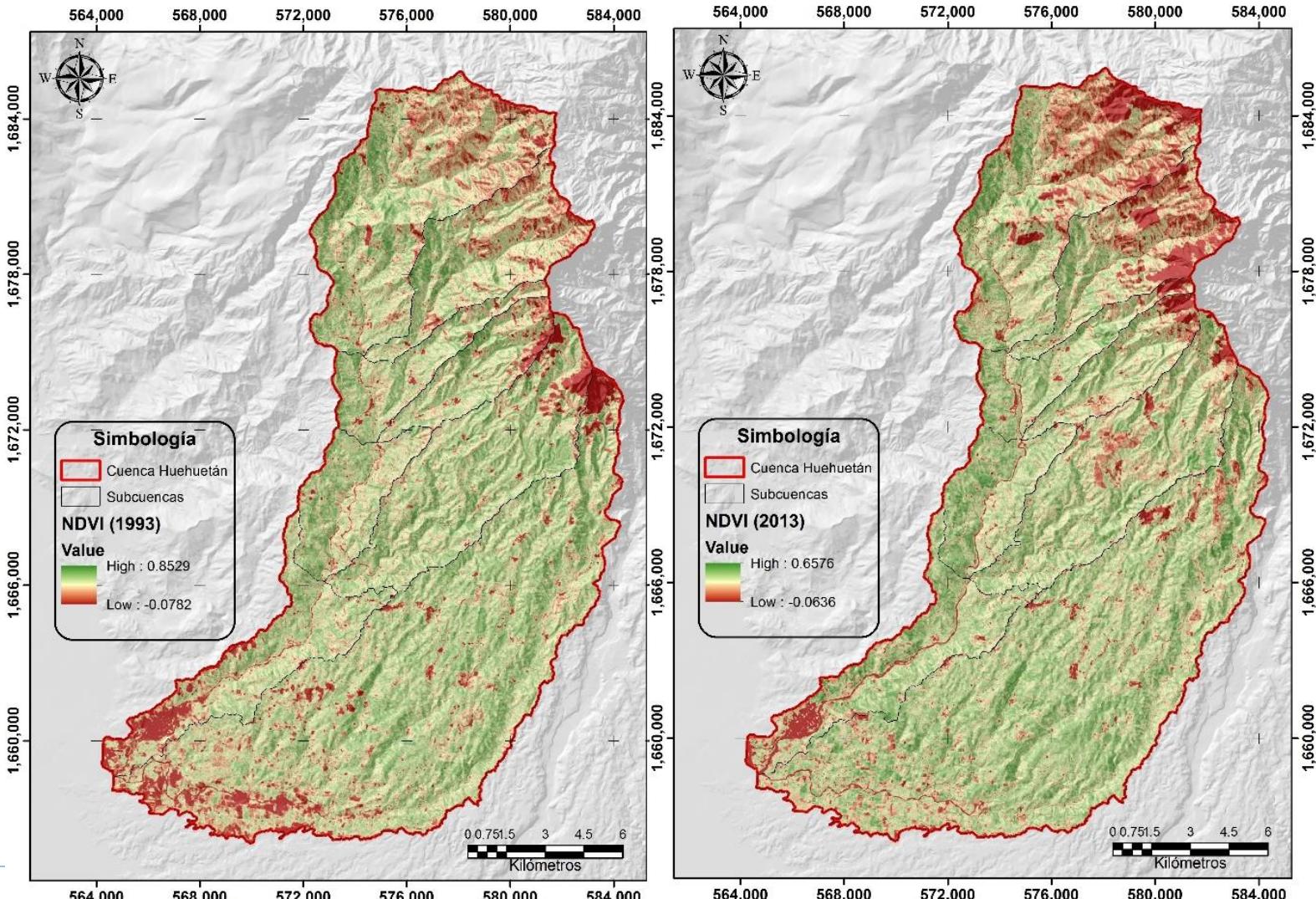
- Metodología Aplicada
- Cobertura Vegetal

Clasificación	Valor de NDVI
Nubes y Agua (NA)	< 0.01
Suelo Desnudo (SD)	0.01 - 0.1
Vegetación Baja (VB)	0.1 - 0.2
Vegetación Mediana (VM)	0.2 - 0.4
Vegetación Alta (VA)	> 0.4

Merg et al., (2011)

Año 1993 – LANDSAT 5

Año 2013 – LANDSAT 8



MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- Condiciones Socioeconómicas

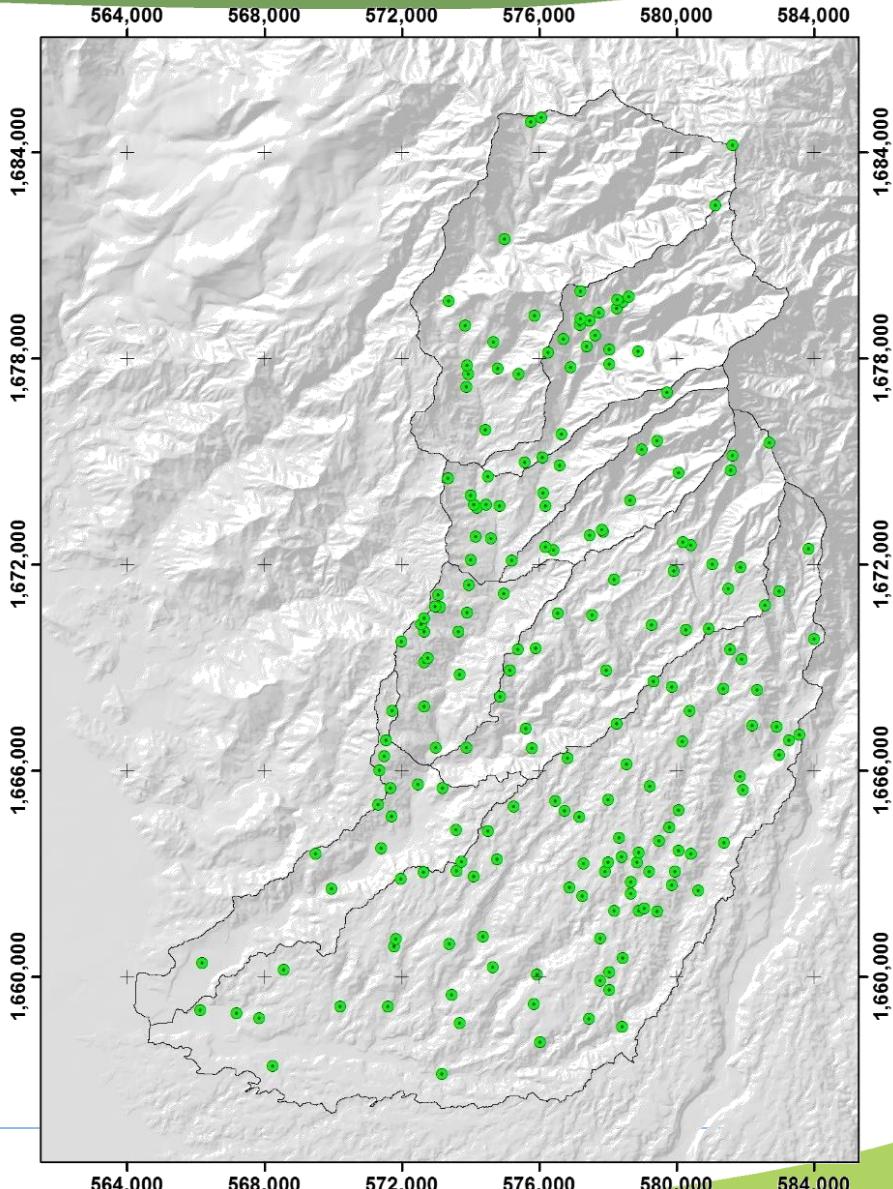
Determinación de la Densidad de Población para cada subcuenca

Obtención del Índice de Desarrollo Humano

Cálculo del Índice de Marginación

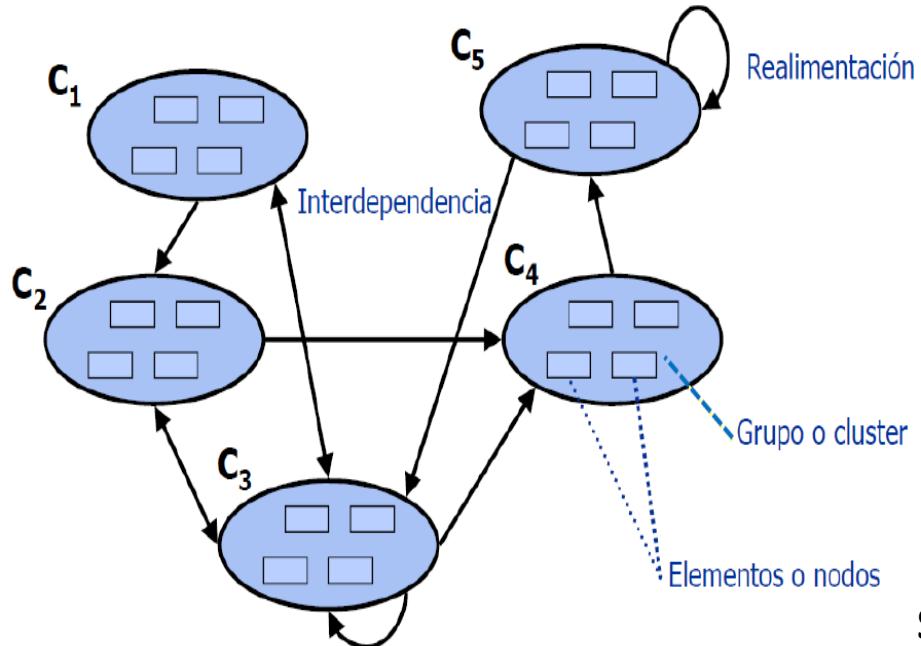
Población total:
30,677 habitantes

Localidad con mayor población:
Huehuetán con 7755 habitantes



MATERIALES Y MÉTODOS

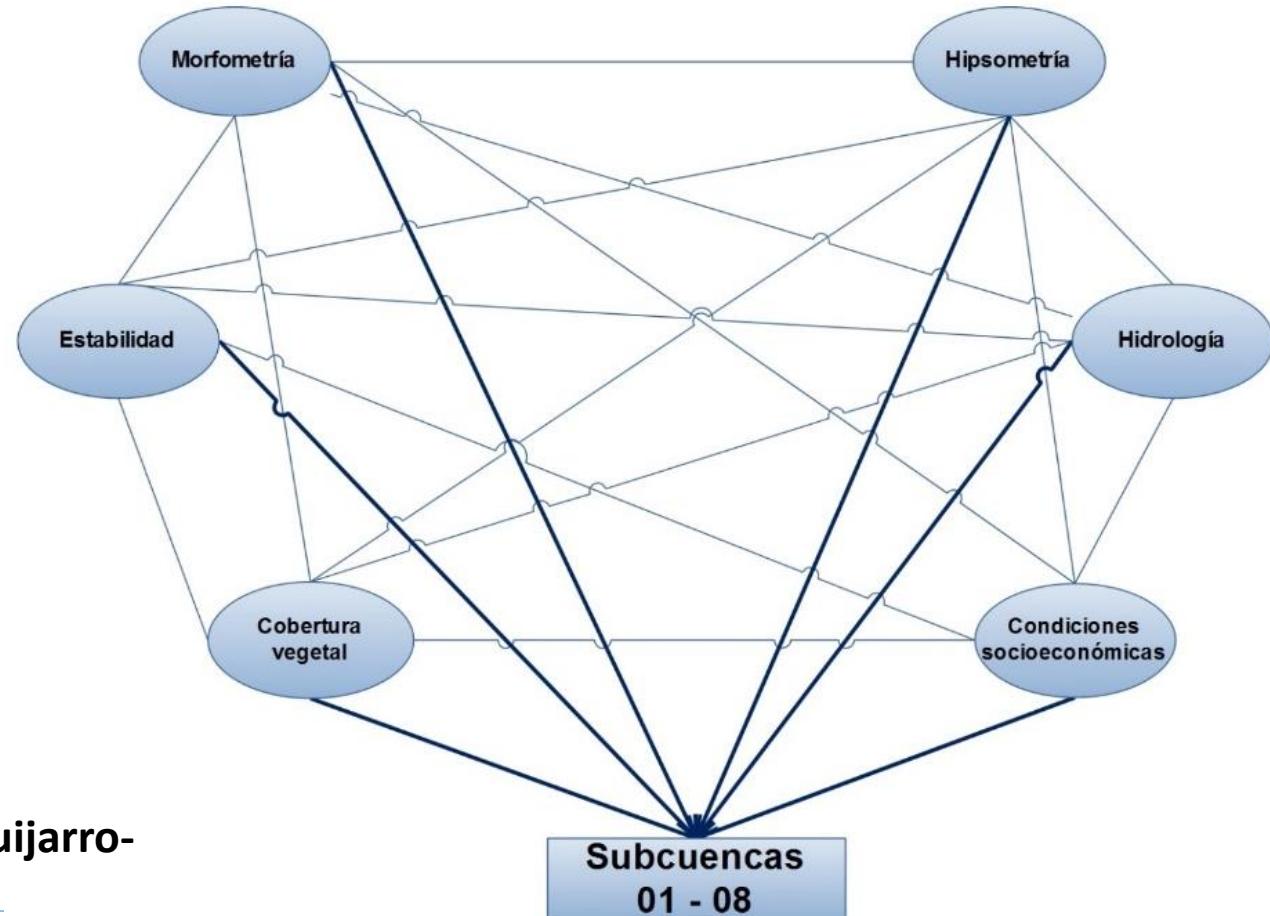
- Metodología Aplicada
- El modelo ANP (*Analytic Network Process*)



Satty (1996)

Tzeng (2011)

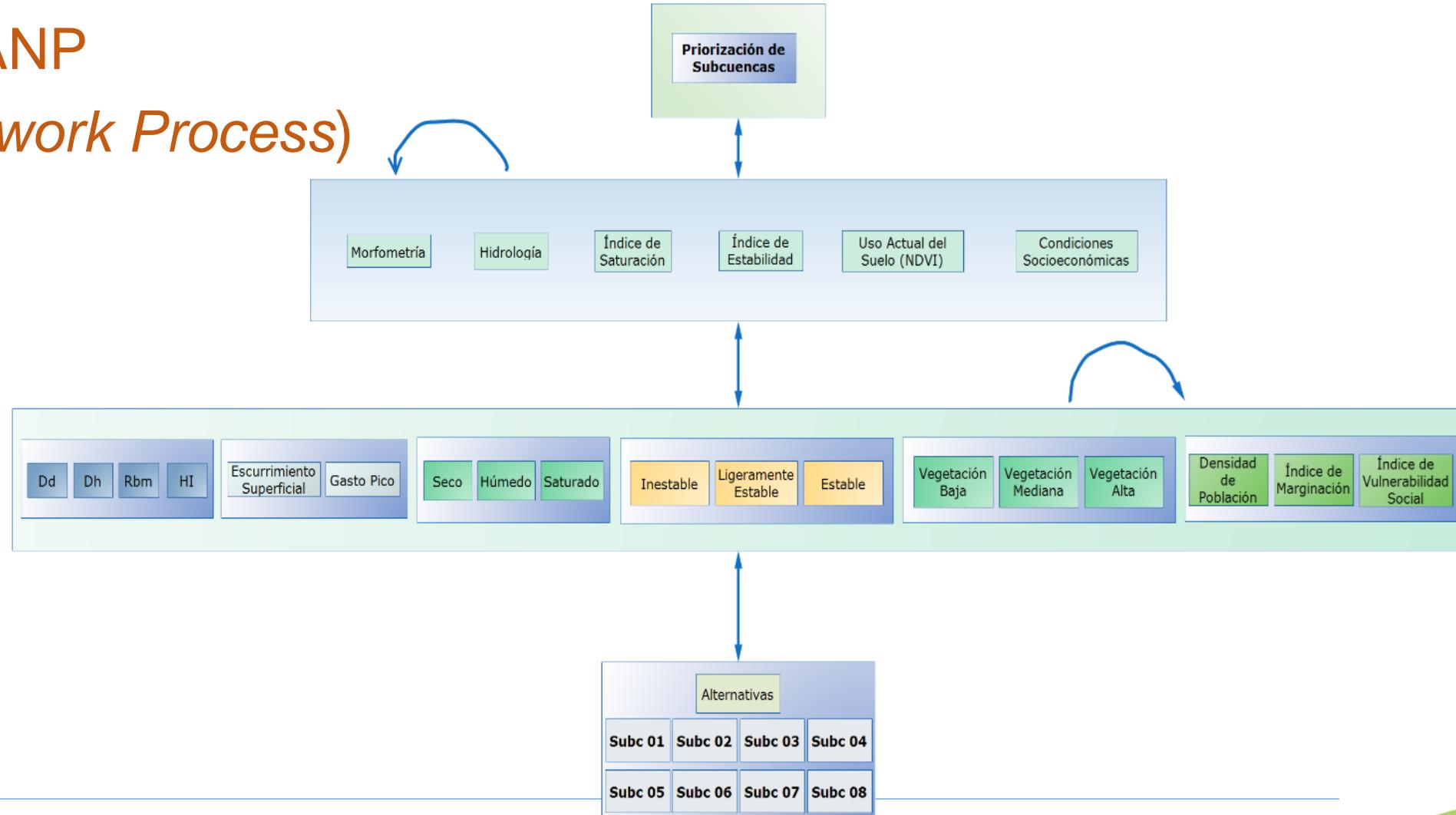
Aznar-Bellver y Guijarro-Martínez (2012)



MATERIALES Y MÉTODOS

- Metodología Aplicada
- El modelo ANP

(*Analytic Network Process*)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Valores obtenidos para cada criterio

Componente	Criterio	Subcuencas								σ		CV (%)
		01	02	03	04	05	06	07	08			
Morfometría	Dd (km/km ²)	4.78	3.92	5.17	5.07	5.34	5.84	5.60	5.41	0.59	5.14	11.54
	Dh (cauces/km ²)	11.54	7.68	12.14	11.59	12.58	14.53	16.01	14.27	2.53	12.54	20.14
	Rbm (adim.)	4.99	3.45	4.57	4.35	3.99	4.38	4.30	4.14	0.45	4.27	10.47
	IH (%)	21.90	34.48	31.33	50.02	34.67	21.76	54.25	49.02	12.62	37.18	33.95
Hidrología	Esc (mm)	817.38	716.43	1,049.03	947.70	1,166.94	955.89	1,092.34	907.11	146.78	956.60	15.34
	Qp (m ³ /s)	23.52	20.19	16.58	5.62	7.11	11.85	14.38	21.46	6.59	15.09	43.69
Índice de Estabilidad	I (ha)	125.30	16.67	178.82	22.60	188.90	105.36	501.45	657.44	231.60	224.57	103.13
	LE (ha)	1,927.23	379.58	1,468.28	379.88	690.60	467.77	1,468.08	2,824.78	882.69	1,200.78	73.51
	Est (ha)	10,897.30	2,156.01	2,511.51	1,254.04	543.39	851.64	622.35	1,687.99	3,440.96	2,565.53	134.12
Índice de Saturación	Se (ha)	3,748.05	550.34	1,852.38	530.49	759.95	624.03	1,456.72	2,672.53	1,177.57	1,524.31	77.25
	H (ha)	5,643.32	1,194.11	1,759.75	885.54	529.42	627.92	941.73	2,047.11	1,677.05	1,703.61	98.44
	Sa (ha)	3,558.46	807.81	546.48	240.49	133.52	172.82	193.43	450.57	1,152.83	762.95	151.10
NDVI	VB* (ha)	-4.41	45.72	1.98	5.58	29.43	28.71	147.51	189.63	71.62	56.62	126.49
	VM* (ha)	382.41	115.02	195.93	41.31	105.93	82.35	603.45	970.92	326.20	312.17	104.49
	VA* (ha)	-334.98	-179.64	-177.30	-48.15	-135.09	-111.15	-771.12	-1,174.59	397.95	366.50	108.58
Condiciones Socioeconómicas	DP (hab/km ²)	1.02	3.60	0.55	0.44	0.61	1.33	0.25	0.36	1.10	1.02	107.98
	IM (adim.)	15.33	15.47	18.25	18.22	16.24	14.90	18.55	17.10	1.47	16.76	8.75
	IVS (adim.)	0.52	0.52	0.50	0.49	0.43	0.53	0.45	0.55	0.04	0.50	7.76

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Matriz de Dominación Interfactorial

MATRIZ DE DOMINACIÓN INTERFACTORIAL		Morfometría				Hidrología			Índice de Estabilidad			Índice de Saturación			NDVI			Condiciones Socioeconómicas			Alternativas							
		Dd	Dh	Rbm	IH	Esc.	Qp	I	LE	E	Se	H	Sa	VB	VM	VA	DP.	IM.	IVS	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	
Morfometría	Dd	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Dh	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Rbm	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	IH	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hidroología	Escurrimiento (E)	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Qpico (Qp)	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Índice de Estabilidad	Inestable (I)	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Ligeramente estable (LE)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Estable (E)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Índice de Saturación	Seco (Se)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Húmedo (H)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Saturado (Sa)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NDVI	Vegetación baja (VB)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Vegetación media (VM)	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Vegetación alta (VA)	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Condiciones Socioeconómicas	Densidad de población (DP)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Índice de marginación (IM)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Alternativas	Subc. 01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subc. 02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subc. 03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Subc. 04	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Subc. 05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Subc. 06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Subc. 07	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Matrices de comparación pareadas

Dd	Esc	Qp	Vector Propio
Esc	1	3	0.7500
Qp	1/3	1	0.2500
CR	0.00%	= 0%	1.0000
Dd	I	LE	Vector Propio
I	1	5	0.8333
LE	1/5	1	0.1667
CR	0.00%	= 0%	1.0000
Dd	VB	VM	Vector Propio
VB	1	3	0.7500
VM	1/3	1	0.2500
CR	0.00%	= 0%	1.0000

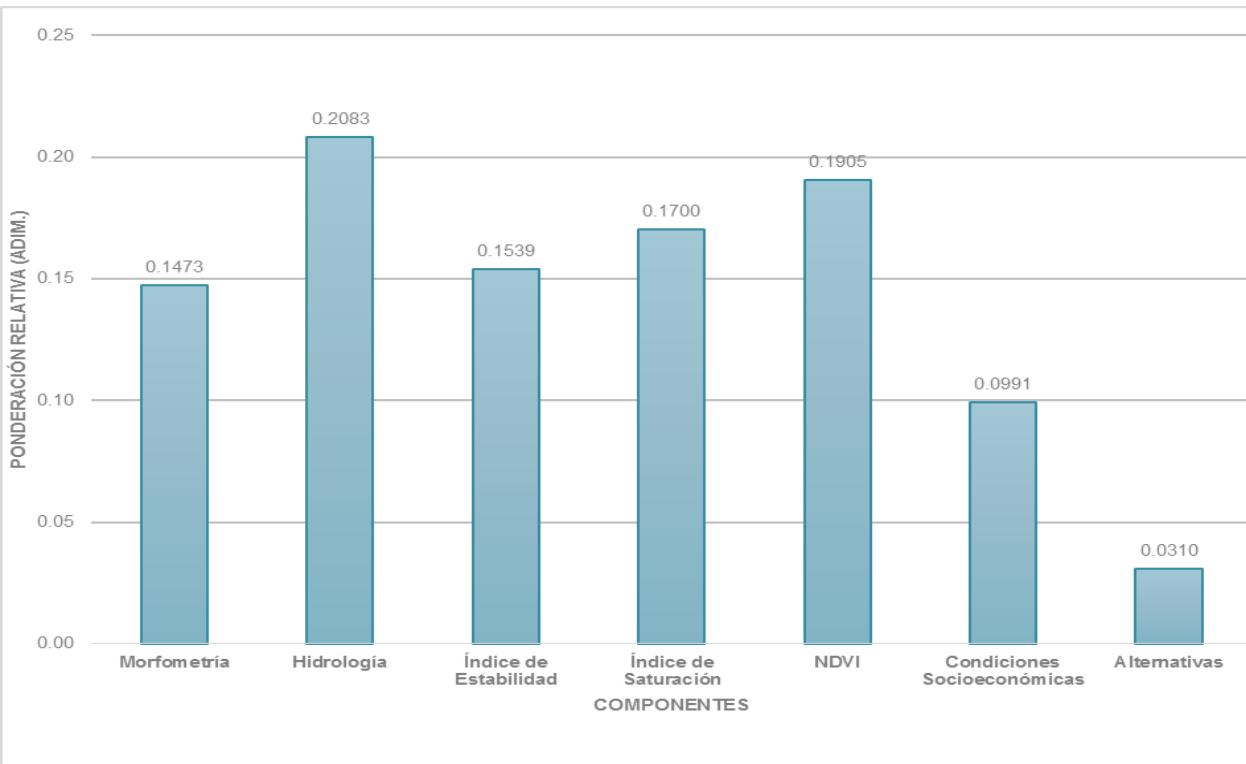
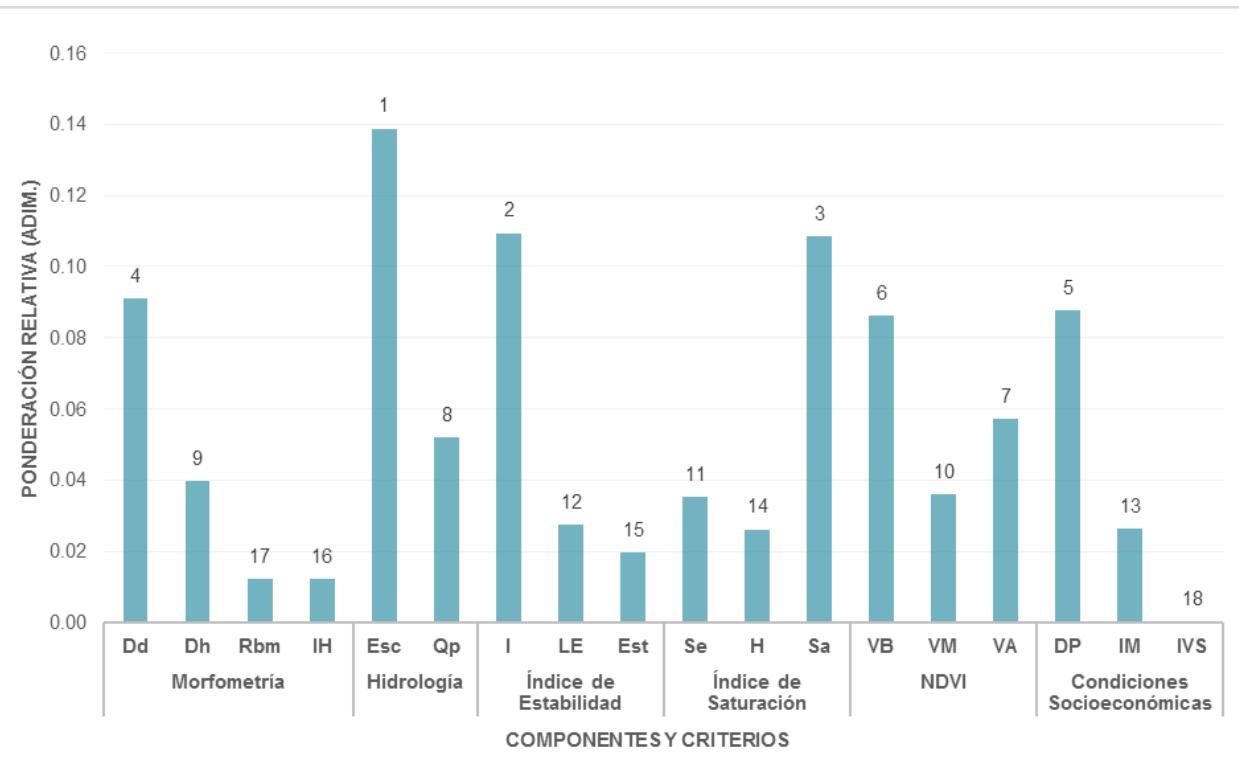
CRITERIOS

	Morfometría	Hidrología	Índice de Estabilidad	Índice de Saturación	NDVI	Condiciones Socioeconómicas	Alternativas
Morfometría	0.00000	0.46158	0.10517	0.09570	0.06584	0.15078	0.15218
Hidrología	0.41972	0.00000	0.17189	0.31026	0.11253	0.13489	0.30856
Índice de Estabilidad	0.23926	0.09446	0.00000	0.16033	0.21543	0.28725	0.08027
Índice de Saturación	0.16339	0.08844	0.31340	0.00000	0.22819	0.30314	0.09375
NDVI	0.10466	0.19029	0.31950	0.34078	0.00000	0.07362	0.30432
Condiciones Socioeconómicas	0.04590	0.12977	0.05887	0.06168	0.33645	0.00000	0.06092
Alternativas	0.02707	0.03545	0.03117	0.03125	0.04156	0.05031	0.00000
SUMA	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

COMPONENTES

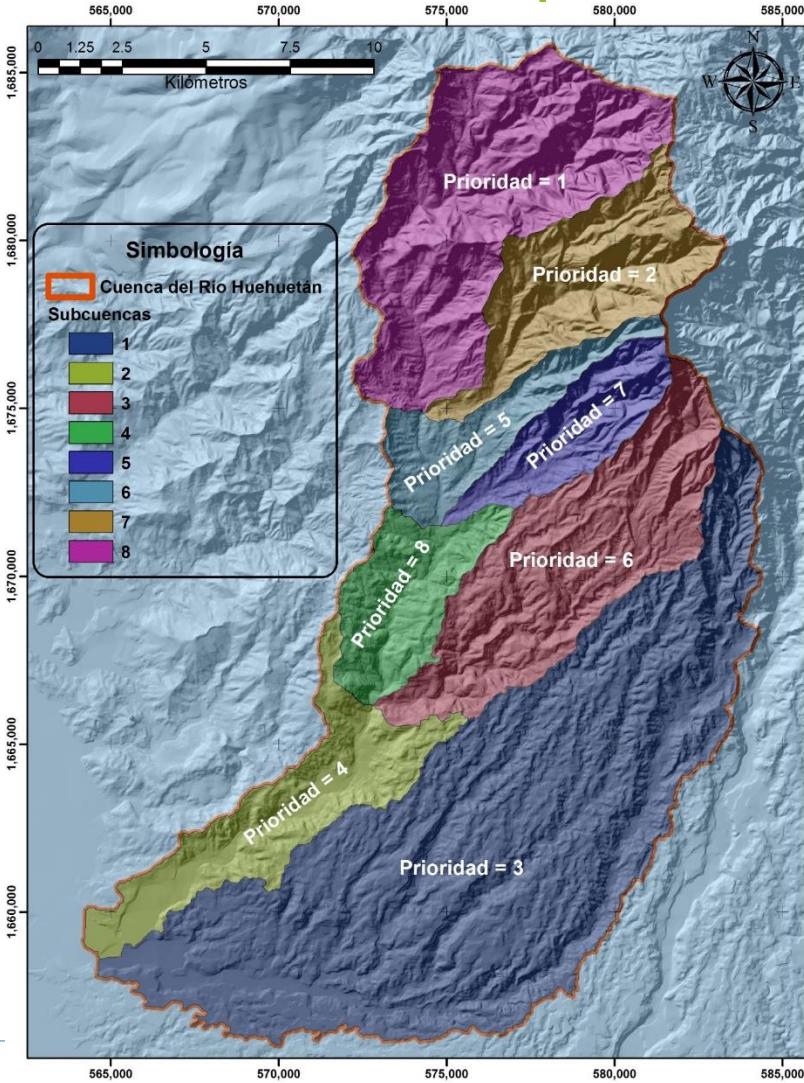
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Prioridad de componentes y criterios



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Distribución espacial de las áreas prioritizadas



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



La priorización de subcuencas a través de los componentes (morfometría, hidrología, estabilidad de laderas, cobertura vegetal y condiciones socioeconómicas) se puede realizar de forma independiente; sin embargo, su análisis interactivo entre componentes se realizó utilizando el modelo ANP debido a la facilidad del método y a la precisión de sus resultados.

Con las áreas priorizadas se facilita la toma de decisiones para seleccionar los proyectos que se necesitan implementar para la reducción de la degradación de los suelos y el crecimiento del sistema de drenaje; de esta forma, es posible proponer acciones puntuales asociadas a esta problemática ya que se conocen las variables que mayor influencia tienen.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Adolfo López Pérez

Director General

ingemadssaddecv@gmail.com / adolfholp@gmail.com

Cel: 5951109896

https://www.researchgate.net/profile/Adolfo_Lopez-Perez