

Estudio regional para la identificación de las áreas estratégicas para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con agua, carbón, turismo y biodiversidad y su incidencia en la selección del sitio de reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote bajo escenarios actuales y futuros de cambio climático



Convenio 088 de 2012



Fondo
Adaptación



Prospерidad
para todos

CONSERVATION
INTERNATIONAL



Productos

1

Evaluación ambiental de los lotes previstos para la reubicación del casco urbano de Gramalote



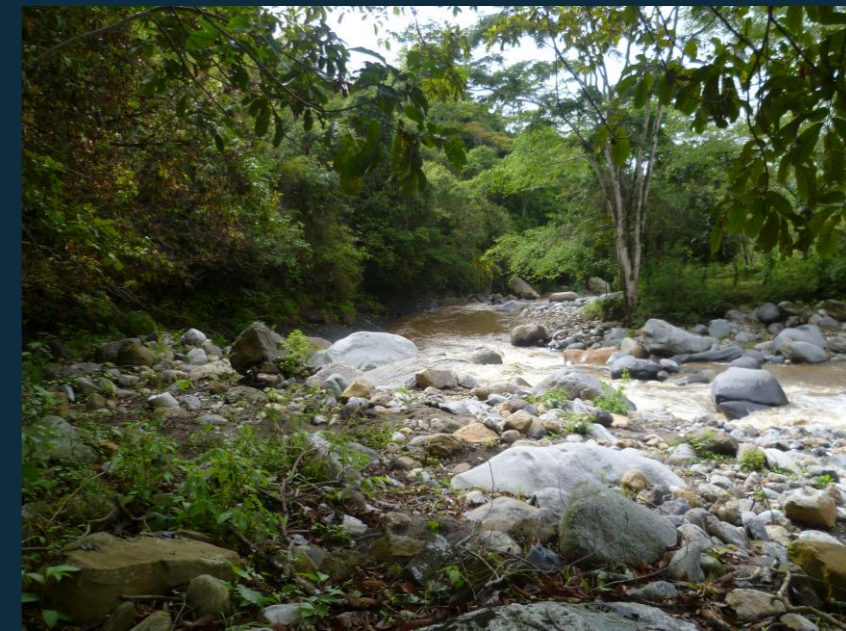
2

Análisis de los impactos potenciales del sector de Miraflores por considerar para la reconstrucción de Gramalote



3

Elaboración de una propuesta de términos de referencia para orientar la fase de planeación y diseño del nuevo casco urbano desde el punto de vista ambiental





PRODUCTO 2 Análisis de los impactos potenciales del sector de Miraflores por considerar para la construcción de Gramalote

Estandarizar datos locales para precipitación, temperatura y humedad relativa, incluyendo series de tiempo para implementar el modelo FIESTA/WaterWorld.

Procesar información de uso de suelo local buscando caracterizar de una forma más precisa los procesos de intercepción de neblina y uso de agua por evapotranspiración.

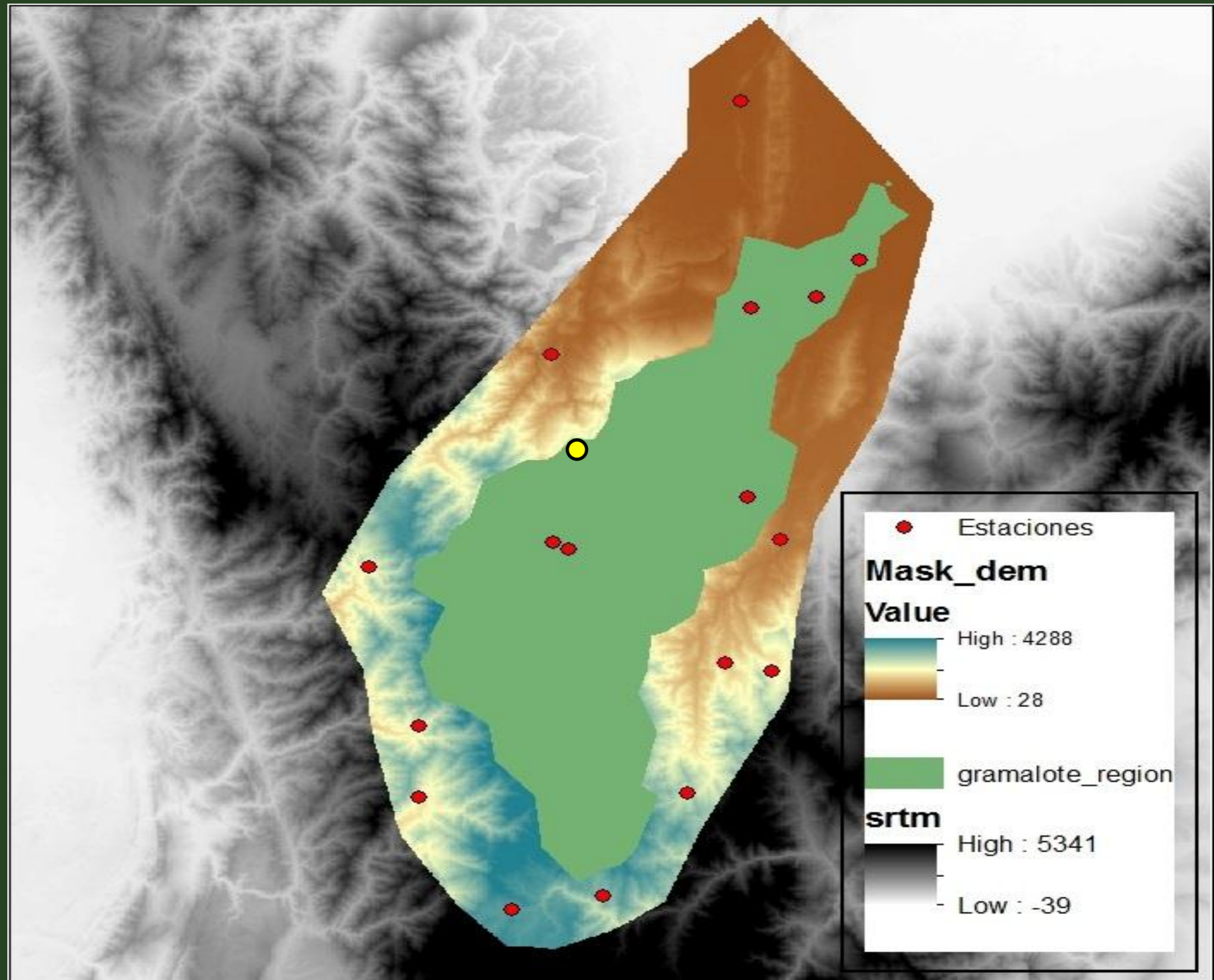
Procesar y corregir datos de serie tiempo, de precipitación y caudal.

Generar una superficie interpolada de eventos extremos de precipitación para un periodo de retorno de 100 años

Metodología

Procesamiento clima, topografía y cobertura de la tierra

17 estaciones dentro y en proximidades muy cercanas a la cuenca del río Zulia., con 3 estaciones con datos diarios de caudal para el análisis de eventos extremos. Para precipitación; se contó con 15 estaciones con datos diarios en un periodo enmarcado entre los años 1980 a 2000 (estaciones del IDEAM).



NOMBRE_ESTACIÓN	ELEV	LONGITUD	LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Esc Agr Cachira	1882	-73.055	7.738	23	32	57	119	111	55	44	68	133	172	98	38
Silos	2765	-72.757	7.210	15	24	46	93	102	96	85	88	96	110	62	33
Petrolea	62	-72.579	8.485	77	95	137	283	255	153	193	246	299	332	330	195
Risaralda	90	-72.567	8.153	98	88	125	218	167	83	100	132	204	260	290	166
Apto Camilo Daza	250	-72.530	7.781	49	39	66	104	79	41	38	42	78	147	120	75
Iser Pamplona	2340	-72.648	7.376	28	36	65	120	101	71	53	65	96	133	99	45
Sta Isabel	90	-72.428	8.230	123	105	166	249	252	125	157	196	260	365	302	258
Esperanza La	1760	-72.540	7.571	49	48	75	153	156	130	103	133	186	221	160	75
Cinera-Villa Olga	100	-72.482	8.170	116	114	124	246	197	88	126	124	230	321	294	240
Carmen de Tonchala	285	-72.570	7.850	52	57	73	120	77	34	33	45	73	155	118	88
Sardinata	320	-72.821	8.079	66	88	124	196	146	58	53	108	187	249	225	146
Francisco Romero	1000	-72.800	7.767	143	127	153	289	258	65	74	149	272	450	360	249
Salazar	860	-72.820	7.776	123	128	153	290	257	81	89	146	291	452	420	246
Blonay	1235	-72.600	7.583	53	54	79	171	133	78	64	79	143	231	211	96
Cachiri	1850	-72.991	7.483	18	30	49	137	142	62	40	73	130	185	98	30
Berlin	3214	-72.872	7.190	13	29	38	92	91	58	49	62	89	96	55	23
Vivero Surata	1725	-72.991	7.369	28	47	74	154	146	59	34	69	120	176	126	54

A partir de los datos mensuales de precipitación se generaron superficies interpoladas utilizando el método *Thin plate smoothing spline*, utilizando como covariable la altura obtenida del modelo digital de elevación (SRTM); lo que genera unas superficies con un suavizado adicional que lo proporciona la dependencia que existe entre altura y la variable climática (Hutchinson 1998).

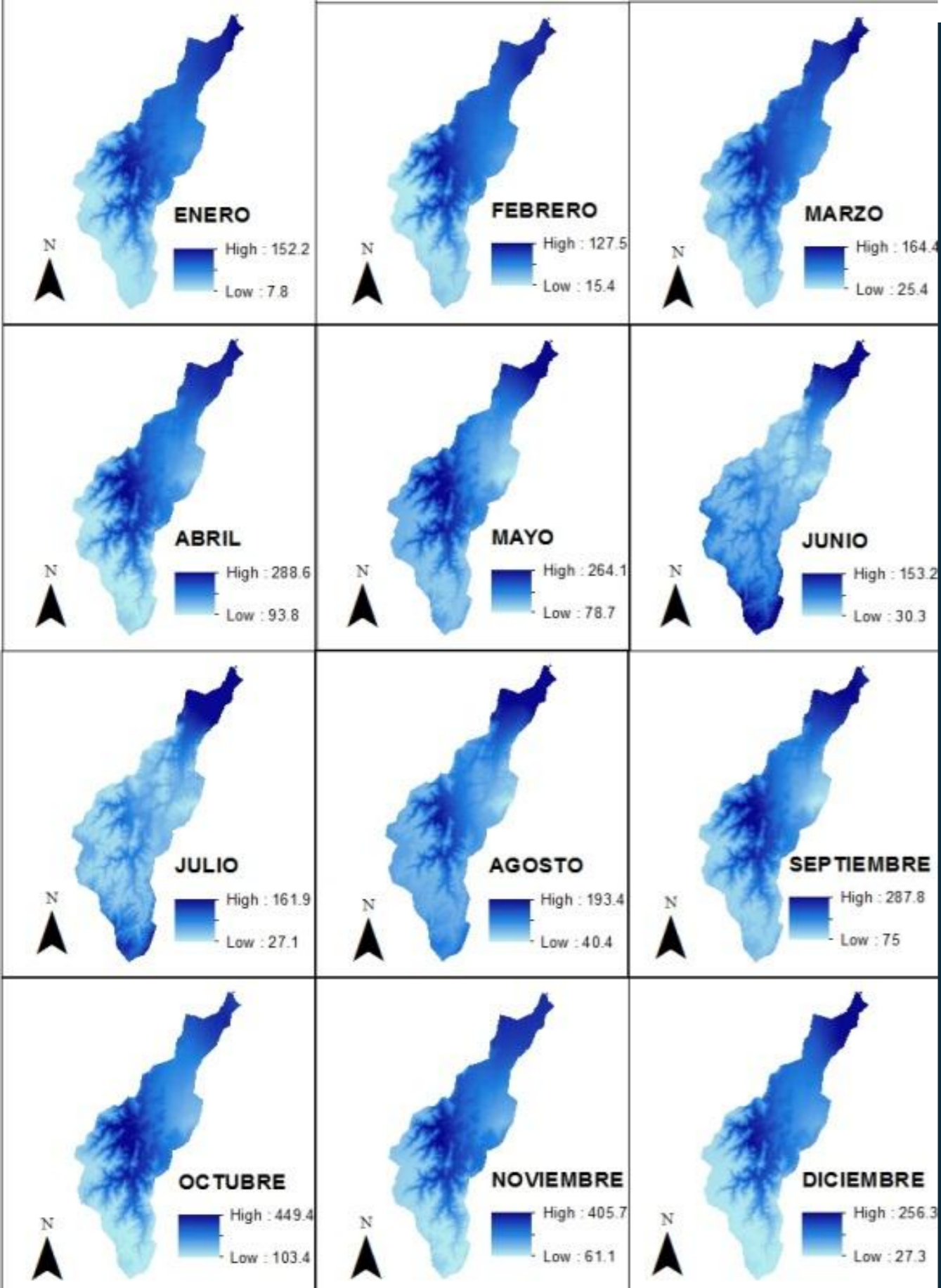
Procesamiento y corrección de datos de series de tiempo de precipitación y caudal, para capturar eventos extremos en series históricas

15 estaciones con datos diarios de precipitación (1980 a 2000)

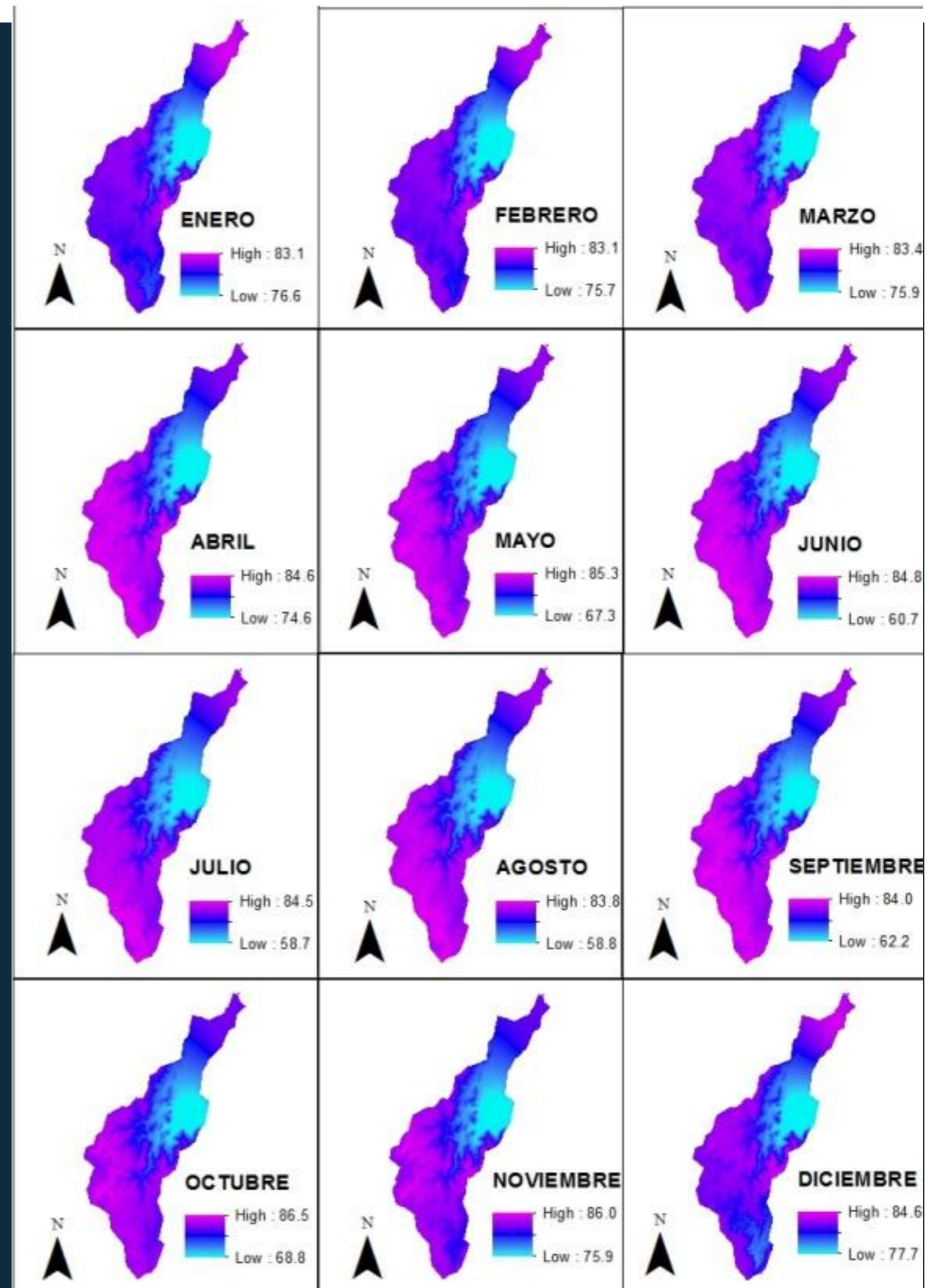
3 estaciones con datos diarios de caudal (1980 a 1991)

Se calcularon los valores para periodos de retorno de 100 años para cada estación y cada variable

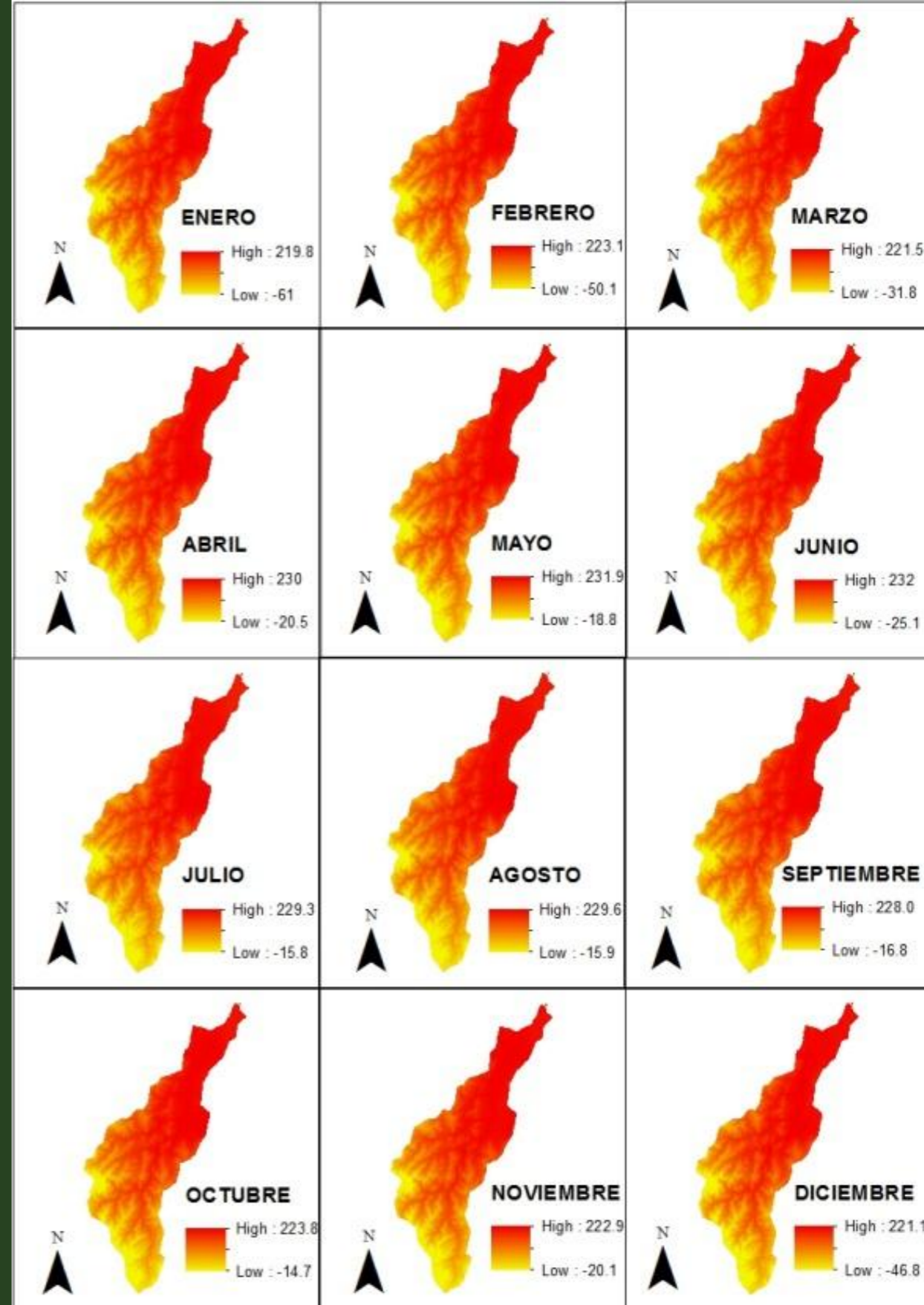
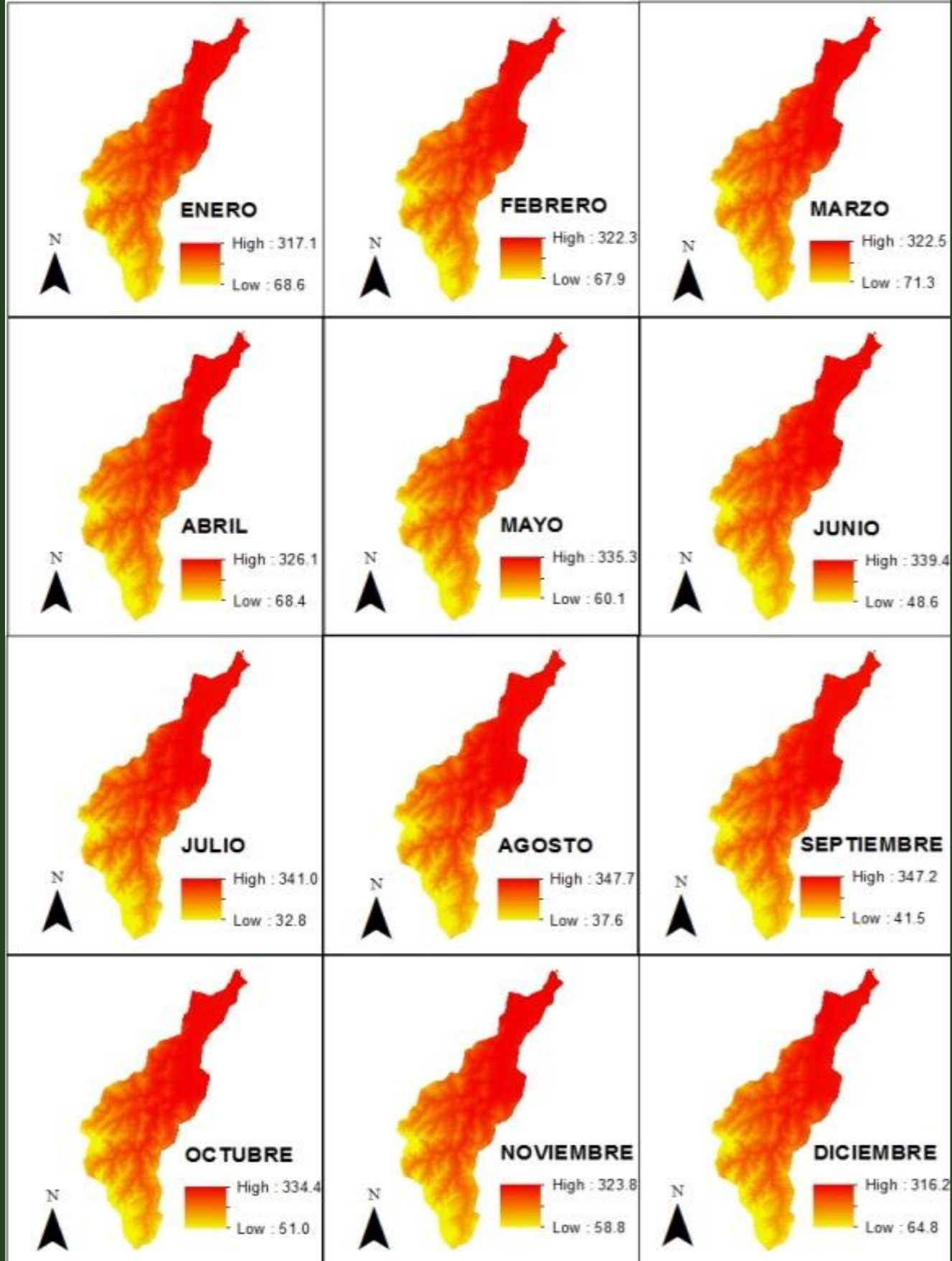
En hidrología, los caudales o las precipitaciones anuales suelen ajustarse a la distribución simétrica de Gauss; pero en el caso de los valores extremos, estos no se ajustarán a ese tipo de distribución sino probablemente a la campana asimétrica descrita por Gumbel. La distribución de Gumbel es utilizada para modelar distribución del máximo; por lo tanto se usa para calcular valores extremos.



Superficies Interpoladas de Promedios de Precipitación Mensual (mm)



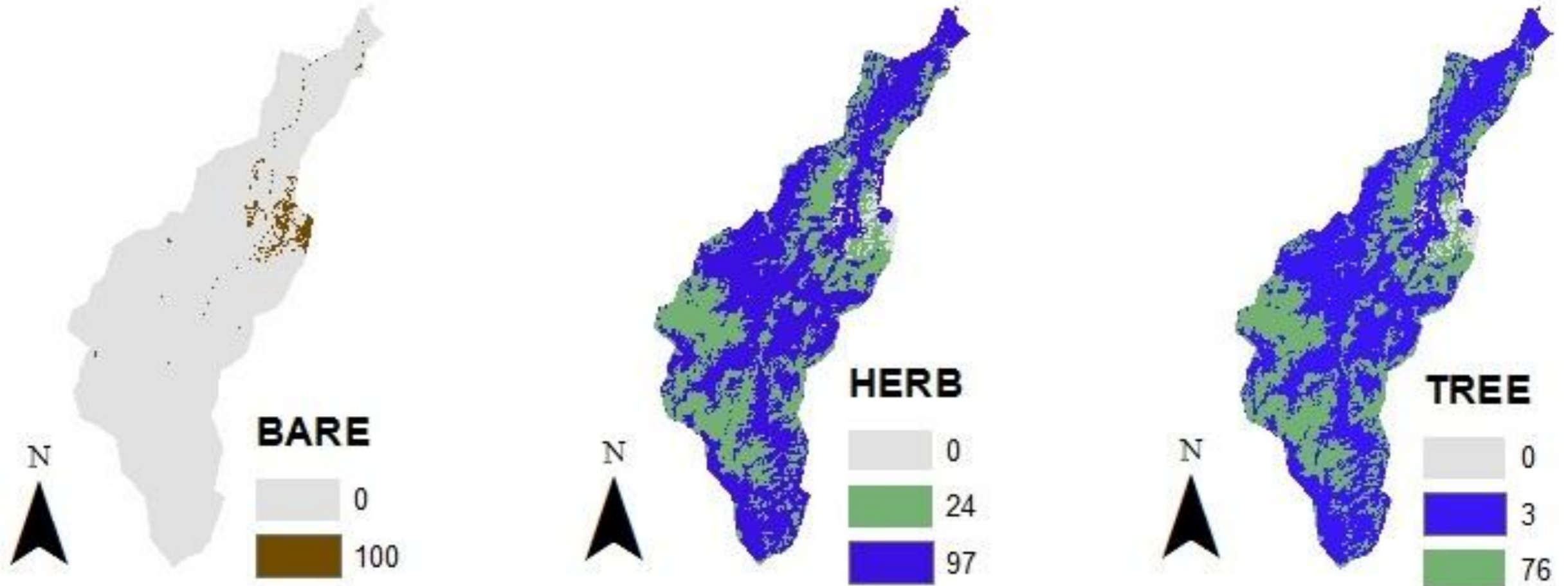
Superficies Interpoladas de Promedios de Humedad Relativa Mensual (%)



Superficies Interpoladas de Promedios de Temperatura Máxima Mensual (° C*10)

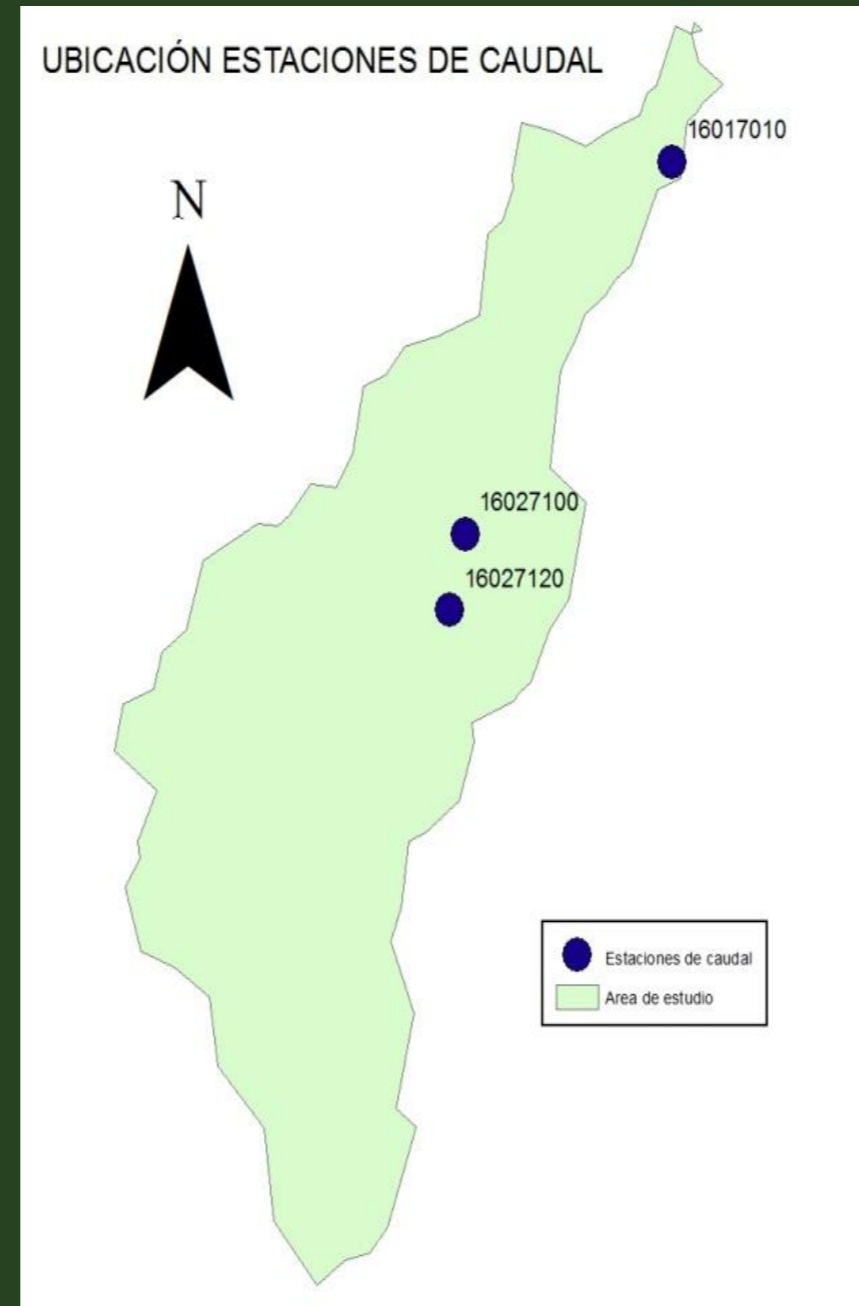
Superficies Interpoladas de Promedios de Temperatura Mínima Mensual (° C*10)

Con el fin de ajustar los datos climáticos a las condiciones ecosistémicas actuales, se obtuvo la información oficial más reciente de cobertura para la totalidad de la subzona hidrográfica del río Zulia. A partir de esta cobertura, se realizaron conversiones a raster y se dividió dicha capa en porcentajes de representatividad de 0 a 100% de herbáceos, bosques y suelo descubierto. FIESTA/WaterWorld usa estos tres grupos funcionales para la caracterización de los impactos de conversión de bosques a pastos, que es uno de los principales factores de deforestación de bosques de montaña en áreas tropicales (Bruijnzeel, *et al.*, 2010).



Superficies de cobertura de suelos reclasificadas

Análisis estadístico de las series de tiempo de las estaciones de caudal y cálculo del periodo de retorno $tr=100$



CODIGO	PERIODO	OBSERVACIONES
16017010	1980 - 1991	4202
16027100	1980 - 1986, 1988 - 1991	4017
16027120	1980 - 1991	4373

1617010

No. Datos	4202							
Máximo	404					Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa
Mínimo	2	RECALCULADO						
Rango	402	403						
Intervalos	13.030	13						
Amplitud	30.852	31						
Diferencia	1							
			M	INTERVALOS				
Año	Max	Min		Lim. Inferior	Lim. Superior	f	F	fr
1980	55.75	2.62	1	2	33	3295	3295	0.7842
1981	368.5	2	2	33	64	596	3891	0.1418
1982	192.9	5.57	3	64	95	168	4059	0.0400
1983	209.5	3.2	4	95	126	79	4138	0.0188
1984	257	2	5	126	157	28	4166	0.0067
1985	203.7	5.7	6	157	188	10	4176	0.0024
1986	152.3	7.5	7	188	219	12	4188	0.0029
1987	171.8	4.3	8	219	250	4	4192	0.0010
1988	404	3.5	9	250	281	5	4197	0.0012
1989	254.3	6.6	10	281	312	2	4199	0.0005
1990	296.8	7.2	11	312	343	0	4199	0.0000
1991	81.5	3.97	12	343	374	2	4201	0.0005
			13	374	404	1	4202	0.0002

FECHA	CAUDAL (M3/SEG)	CAUDAL ORDENADO(M3/SEG)	NUMERO DE ORDEN (m)	PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)	PROBABILIDAD P (%)
1980	55.75	404	1	13	0.077
1981	368.5	368.5	2	6.5	0.154
1982	192.9	296.8	3	4.3	0.231
1983	209.5	257	4	3.3	0.308
1984	257	254.3	5	2.6	0.385
1985	203.7	209.5	6	2.2	0.462
1986	152.3	203.7	7	1.9	0.538
1987	171.8	192.9	8	1.6	0.615
1988	404	171.8	9	1.4	0.692
1989	254.3	152.3	10	1.3	0.769
1990	296.8	81.5	11	1.2	0.846
1991	81.5	55.75	12	1.1	0.923
	653.134			100	0.010

De lo anterior se tiene que el valor de caudal para el periodo de retorno $T_r=100$ años es $653.134\text{m}^3/\text{seg}$

16027100, el valor de caudal para el periodo de retorno $Tr=100$ años es 300.562m³/seg

16027120, el valor de caudal para el periodo de retorno $Tr=100$ años es 641.81m³/seg

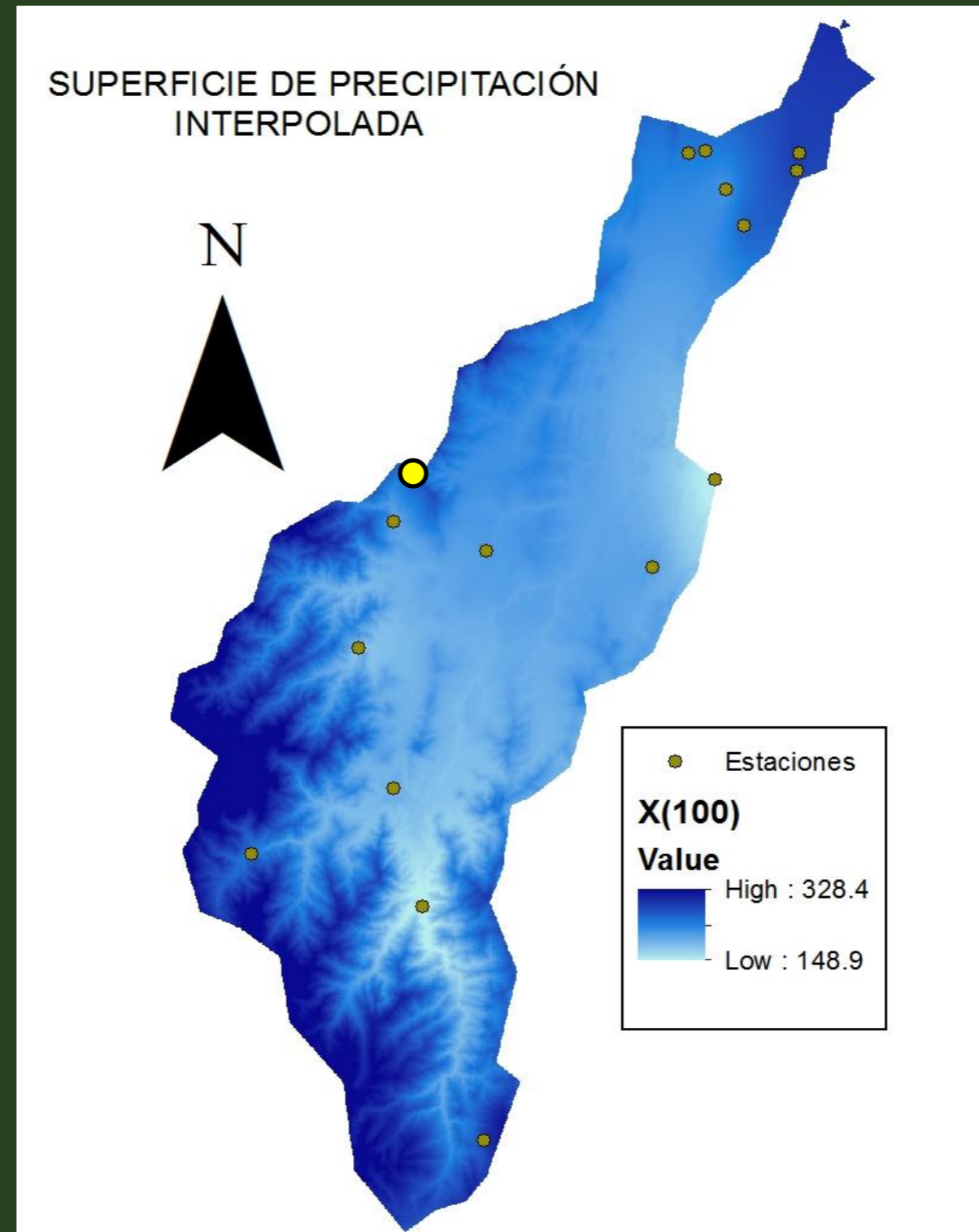
Análisis estadístico de las series de tiempo de las estaciones de precipitación y cálculo del periodo de retorno $tr=100$

CODIGO	PERIODO	OBSERVACIONES
16015040	1980 - 1981, 1983 - 2000	7293
16020050	1980 - 2000	7812
16020340	1987 - 2000	5208
16025010	1987 - 2000	5207
16025020	1987 - 2000	5170
16025030	1987 - 2000	5207
16010050	1980 - 2000	7622
16015010	1980 - 2000	7671
16020010	1980 - 2000	7670
16020060	1980 - 2000	7605
16020080	1980 - 2000	7670
16020110	1980 - 2000	7671
16020130	1980 - 2000	7656
16020270	1987 - 2000	5105
16020030	1980 - 1987, 1989 - 2000	7305

Precipitación máxima para un $Tr=100$

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	X(100)	ALTURA
16015040	8.23	-72.43	254.8	94
16020050	7.64	-72.80	197.1	954
16020340	8.22	-72.44	252.6	139
16025010	7.85	-72.57	204.5	301
16025020	8.23	-72.53	224.1	77
16025030	7.77	-72.83	177.1	960
16010050	8.17	-72.48	238.5	85
16015010	7.93	-72.51	146.8	307
16020010	7.89	-72.80	202	1084
16020060	7.58	-72.93	226.5	1771
16020080	7.53	-72.77	150.4	1336
16020110	7.32	-72.72	253.8	3152
16020130	8.24	-72.52	226.7	74
16020270	8.20	-72.50	205.5	71
16020030	7.86	-72.72	204.7	435

Superficie interpolada por el método de interpolación *Thin Plate Spline* (TPS) (Hutchinson, 1984; Hutchinson & de Hoog, 1985), utilizado por diversos autores para ajustar datos de variables con distribuciones que contengan muy alta varianza o incluyan algún tipo de ruido. El método, utiliza la precipitación como variable dependiente y ajusta su distribución a una función multivariada utilizando la altitud (Obtenida a partir del SRTM) (en metros), la latitud y la longitud; cuando la función de ajuste es obtenida, esta es proyectada sobre toda el área bajo el análisis.



Habilidad de mitigar eventos extremos de los ecosistemas que rodean el lote de Miraflores seleccionado para reubicar el casco urbano de Gramalote

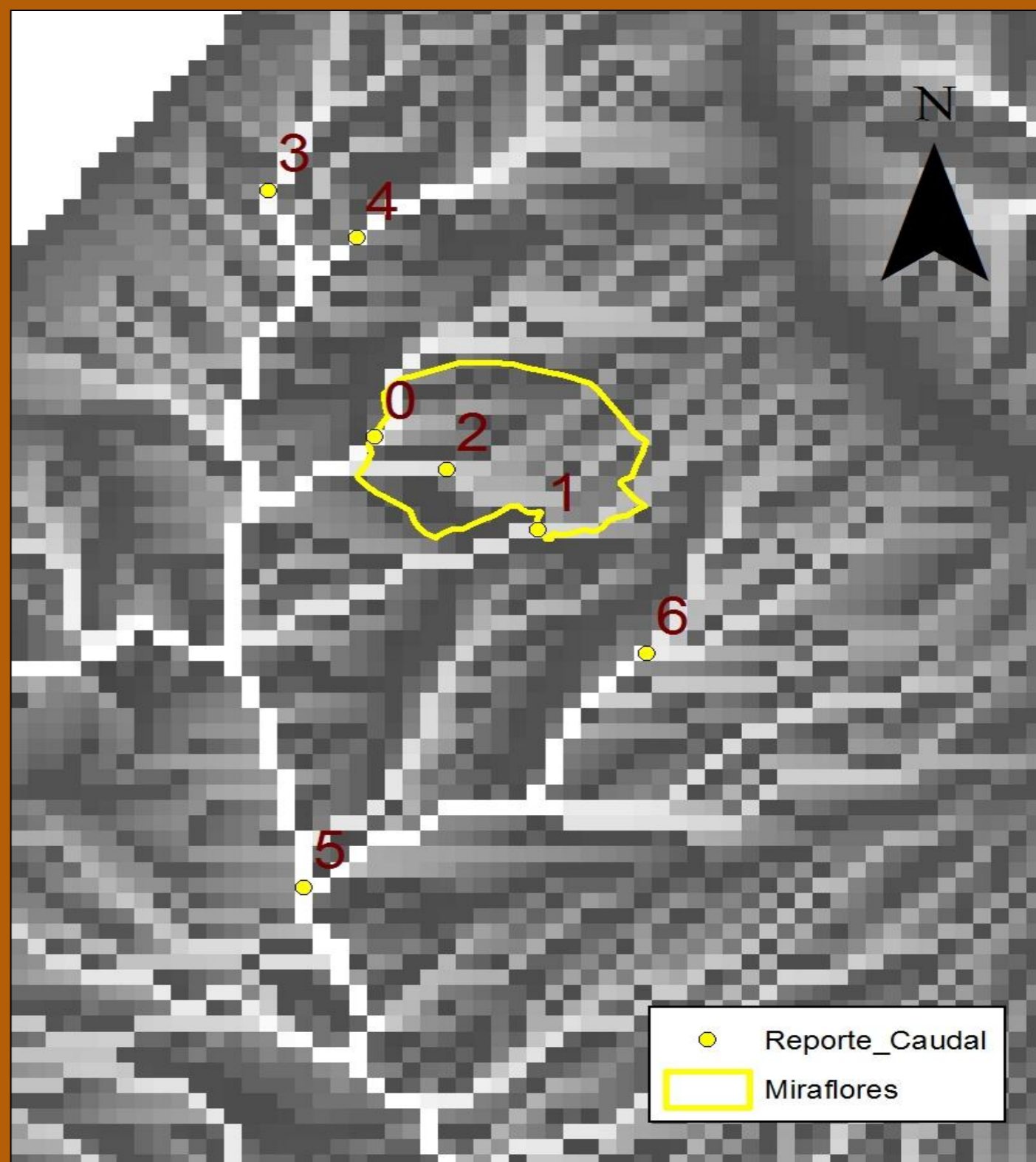
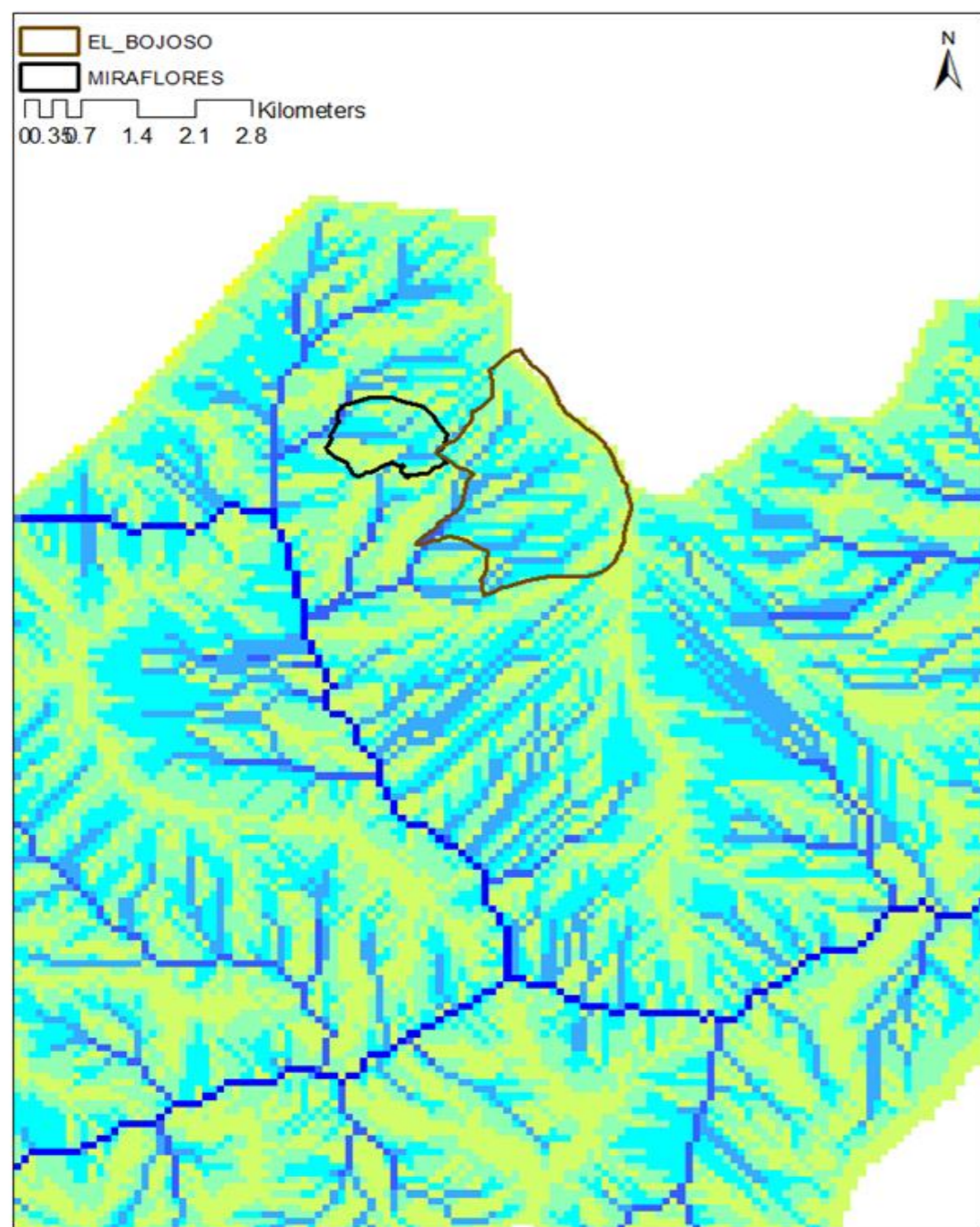


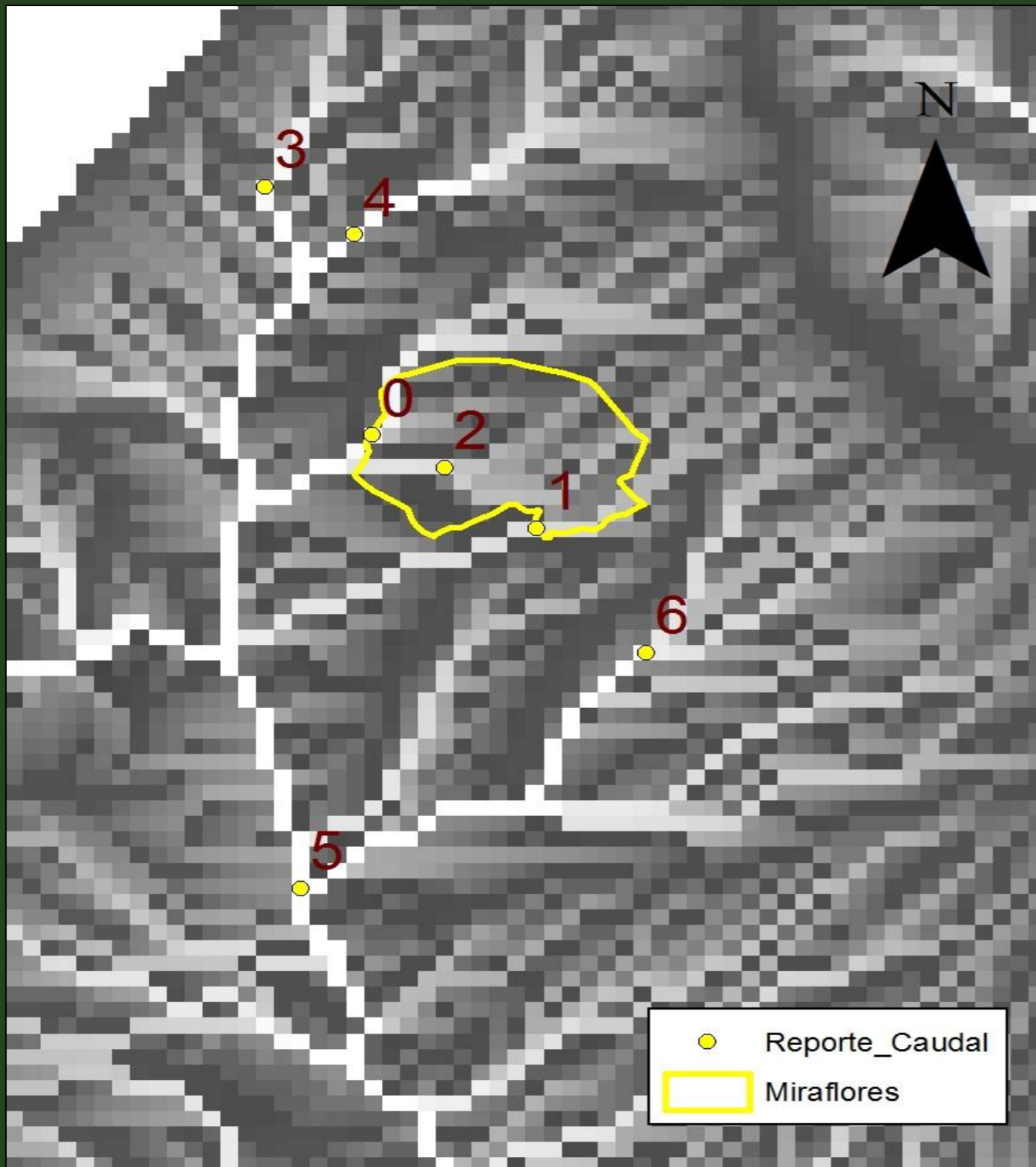
En términos de eventos extremos, el análisis de amortiguamiento de inundaciones para precipitaciones extremas (periodo de retorno de 100 años) incorporados dentro de FIESTA/WaterWorld indica que la pérdida del bosque en la cadena de bosques localizada al norte de Miraflores podría incrementar entre un 10 y 15% la magnitud del evento extremo de caudal.

El análisis final usando el sistema *Costing Nature*, recomienda el aumento del área de protección a las zonas forestales que se encuentran por fuera del Bojoso y hacia el norte del Lote Miraflores buscando mantener la habilidad de los ecosistemas próximos a Miraflores de mitigar eventos extremos de caudal.



Se generó una superficie de precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 100 años con el objetivo de alimentar los modelos eco-hidrológicos y así generar los caudales con un periodo de retorno de 100 años para la cuenca del Peralonso. Dado que no hay datos de caudal para la cuenca del Peralonso, se debe generar un proceso de *downscaling* de los datos regionales de la subzona hidrográfica del Zulia usando el modelo FIESTA/WaterWorld. De manera tal que el caudal modelado en el lote de Miraflores se proyectara para diferentes periodos de retorno incluyendo un periodo señalado de 100 años.





Un análisis usando el promedio de 19 IPCC GCMs para la zona del Peralonso para un escenario de emisiones A2 e incorporados en el modelo FIESTA/WaterWorld muestra que el balance hídrico puede aumentarse bastante en toda la zona (alrededor de un 30% y 40%) en promedio 1200 mm año⁻¹ en aumento. Los caudales en los puntos de interés se incrementan en promedio un 38% en los diferentes puntos de análisis.

Lugar	Modelado (m ³ s ⁻¹)	CC (m ³ s ⁻¹)	% Cambio CC
Reportado -0	0.076	0.104	37.023
Reportado -1	0.030	0.042	40.751
Reportado -2	0.032	0.045	38.697
Reportado -3	0.077	0.102	32.895
Reportado -4	0.090	0.123	37.200
Reportado -5	1.978	2.838	43.472
Reportado -6	0.083	0.117	41.755
Promedio cambio			38.828

Sin embargo, si se perdiera el bosque en la zona del Bojoso y en las áreas que se encuentran en las partes altas del nuevo casco urbano, entonces los caudales podrían incrementarse en un 44.6% en promedio anual con relación al escenario base, lo que aumentaría el riesgo por aumento en caudales debido al cambio climático en la zona. Este análisis se realizó a través de un procedimiento de evaluación de la sensibilidad del sistema al cambio en las coberturas vegetales en la zona para mitigar tanto el impacto del cambio climático como de los eventos extremos.

Lugar	Modelado (m ³ s ⁻¹)	CC (m ³ s ⁻¹)	% cambio CC	CC LUC (m ³ s ⁻¹)	% cambio CC LUC base
Reportado -0	0.076	0.104	37.023	0.110	44.625
Reportado -1	0.030	0.042	40.751	0.046	52.432
Reportado -2	0.032	0.045	38.697	0.045	38.697
Reportado -3	0.077	0.102	32.895	0.102	32.895
Reportado -4	0.090	0.123	37.200	0.123	37.200
Reportado -5	1.978	2.838	43.472	3.250	64.309
Reportado -6	0.083	0.117	41.755	0.117	41.755
Promedio cambio			38.828		44.559

Eventos extremos por inundación en la zona, cambio climático y role de los ecosistemas en su mitigación

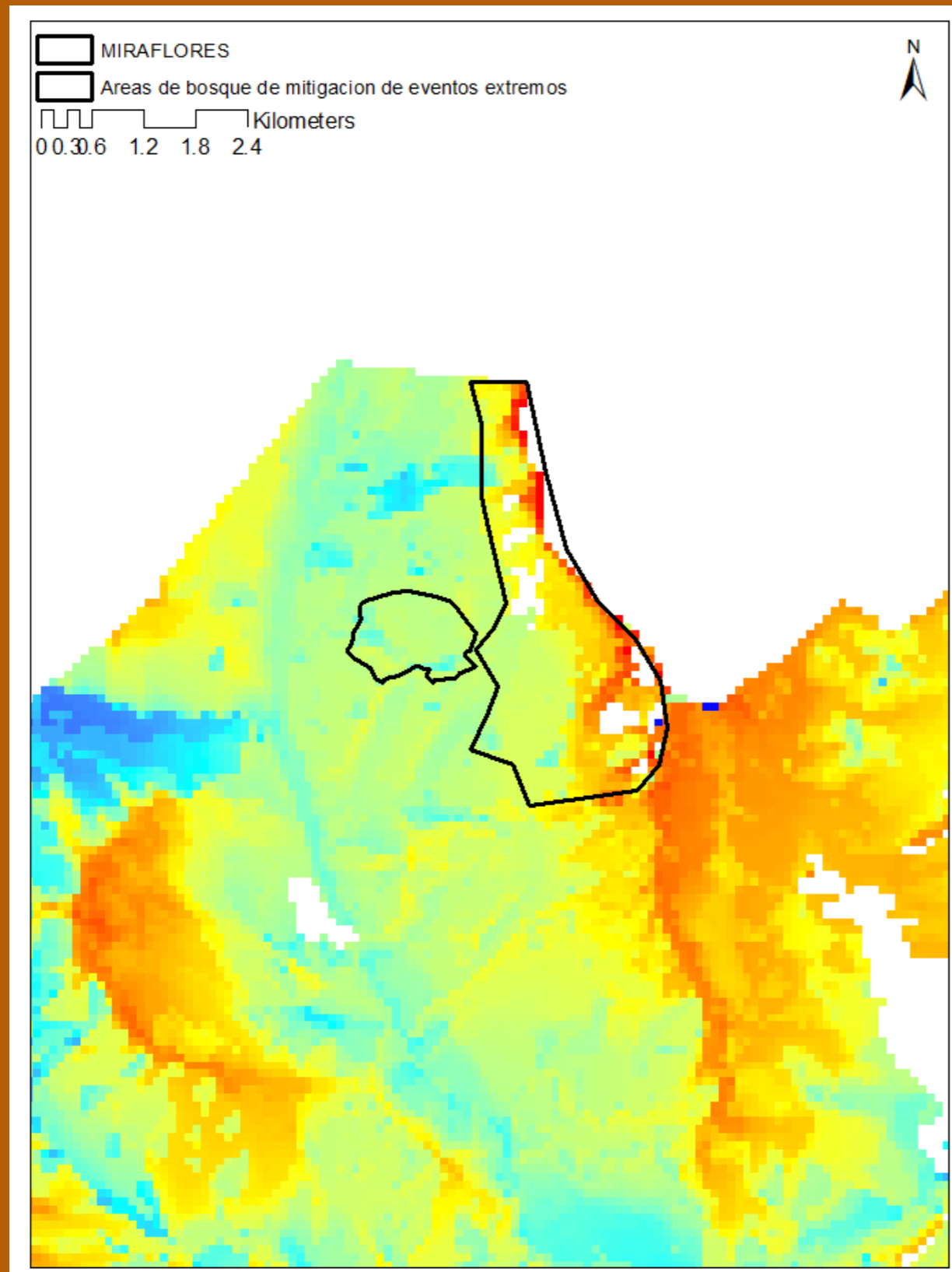
La precipitación promedio para la zona para un periodo de retorno de 100 años es de cerca de 190 mm día⁻¹. Teniendo en cuenta que los bosques tienen la capacidad de almacenar agua de eventos de lluvia y regularlos en su conversión a caudal, se hizo un cálculo de la capacidad potencial de los bosques de la zona en términos de su amortiguamiento de inundaciones para eventos extremos de precipitación. Utilizando una capacidad de almacenamiento de agua de cerca de 0.35 ml cm⁻² de vegetación de bosque de niebla (Saenz and Mulligan, 2005) y extrapolándola para el área total de bosque, se pudo estimar que los bosques podrían amortiguar una precipitación de entre 25 mm ha⁻¹ y 30 mm ha⁻¹. Esta precipitación amortiguada es el 15% del promedio para el evento extremo con un periodo de retorno de 100 años. Esto señala que si el bosque se pierde esta precipitación se acumularía aguas abajo incrementando el pico de caudal en una proporción similar.

El cambio climático produciría un incremento en el evento extremo. Se esperaría que el cambio climático aumente el evento extremo en un rango entre el 30% y 40% y se sugiere tenerlo en cuenta como margen de seguridad para el diseño de infraestructura en el nuevo casco urbano.

Ahora, si los ecosistemas que bordean la parte norte y oriental de Miraflores se perdiesen, estos eventos extremos aumentados por el cambio climático podrían aumentarse aún más, entre un 10% y 15% de acuerdo al impacto de la pérdida de almacenamiento y amortiguamiento que proveen.

Si los planes de desarrollo sugieren la pérdida de dichos ecosistemas a futuro entonces los diseños infraestructurales deberían tener en cuenta un margen de seguridad mayor en este rango para compensar la pérdida del servicio suministrado por el ecosistema.

Introduciendo esta información en el modelo *Costing Nature* nos permite observar las áreas de mayor valor de conservación para la mitigación de eventos extremos en proximidades al lote Miraflores.



Área actual: 464 ha aprox.

Se sugiere ampliación en 195 ha aprox.



Producto 3

Elaboración de una propuesta de términos de referencia para orientar la fase de planificación y diseño del nuevo casco urbano desde el punto de vista ambiental

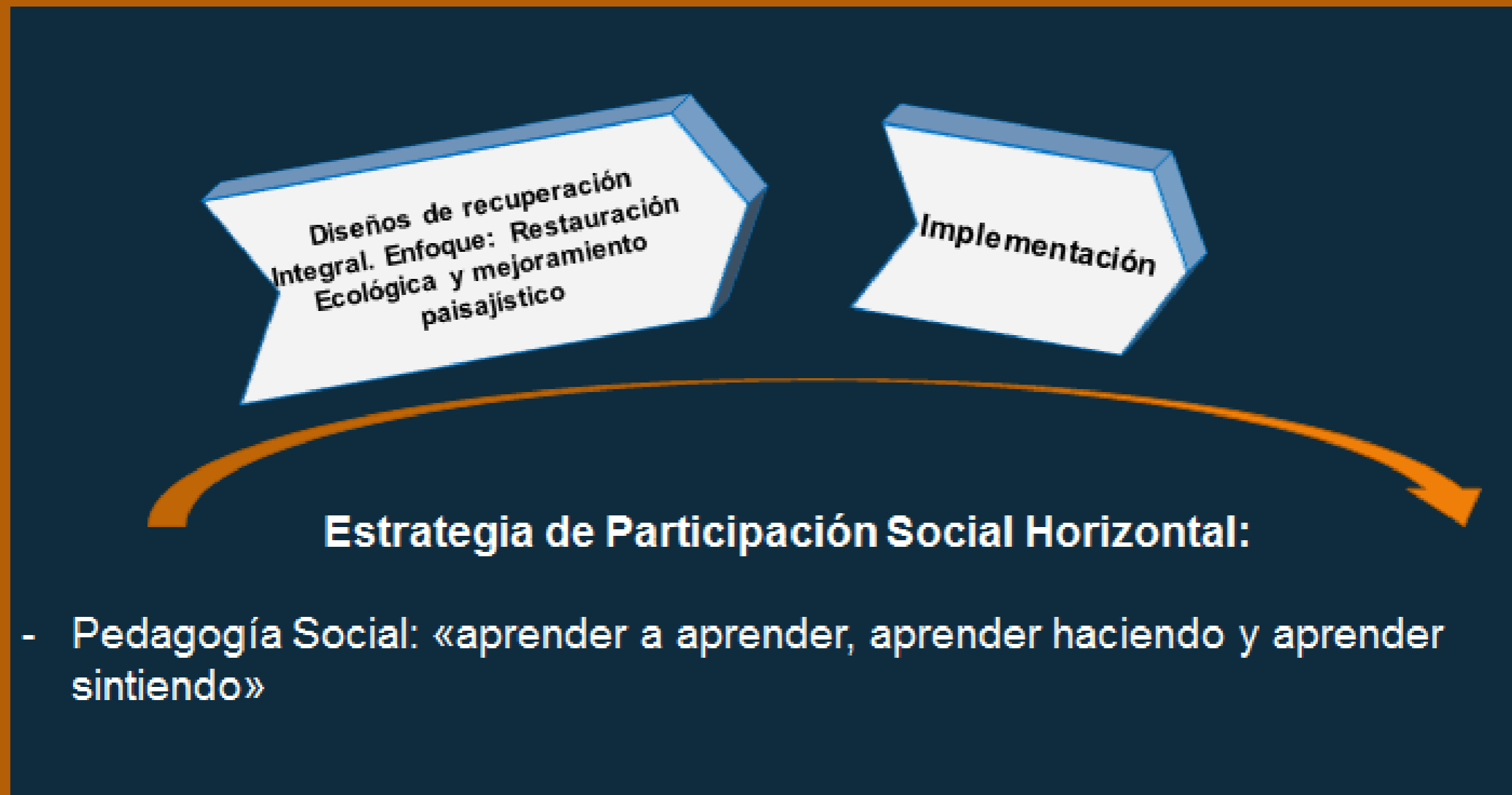
Elaborar una propuesta de términos de referencia para diseñar la estructura ecológica principal del casco urbano de Gramalote.

Elaborar una propuesta de términos de referencia para la elaboración del plan de manejo ambiental de la reserva el Bojoso

Elaborar una propuesta de términos de referencia para los estudios que se deben adelantar durante la fase de diseño, conducentes a prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales que se pueden generar durante y después de la construcción del nuevo casco urbano de Gramalote, o en su defecto que deban ser rehabilitados o restaurados luego de la fase de construcción.

Definir los lineamientos para proponer áreas de compensación en el evento en que se afecten servicios ecosistémicos de forma permanente y de protección y manejo.

Elaborar una propuesta de términos de referencia para diseñar la estructura ecológica principal del casco urbano de Gramalote.



Elaborar una propuesta de términos de referencia para la elaboración del plan de manejo ambiental de la reserva el Bojoso

Alinderamiento y posterior amojonamiento y su vinculación al EOT
(incluye diagnóstico detallado)

```
graph TD; A[Alinderamiento y posterior amojonamiento y su vinculación al EOT (incluye diagnóstico detallado)] --> B[Zonificación ecológica. Este proceso diferenciará al interior del área protegida, los sectores que por su condición requieren la aplicación de acciones de preservación y restauración ecológica e identificará aquellos dentro de los cuales es posible la implementación de acciones de aprovechamiento sostenible, posibilitando el desarrollo de actividades que en todo caso deben sujetarse al régimen de uso establecido]; B --> C[Plan de acción (programas, proyectos, actividades y presupuesto)];
```

Zonificación ecológica. Este proceso diferenciará al interior del área protegida, los sectores que por su condición requieren la aplicación de acciones de preservación y restauración ecológica e identificará aquellos dentro de los cuales es posible la implementación de acciones de aprovechamiento sostenible, posibilitando el desarrollo de actividades que en todo caso deben sujetarse al régimen de uso establecido

Plan de acción (programas, proyectos, actividades y presupuesto)

Términos de referencia para los estudios que se deben adelantar durante la fase de diseño, conducentes a prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales que se pueden generar durante y después de la construcción del nuevo casco urbano de Gramalote, o en su defecto que deban ser rehabilitados o restaurados luego de la fase de construcción

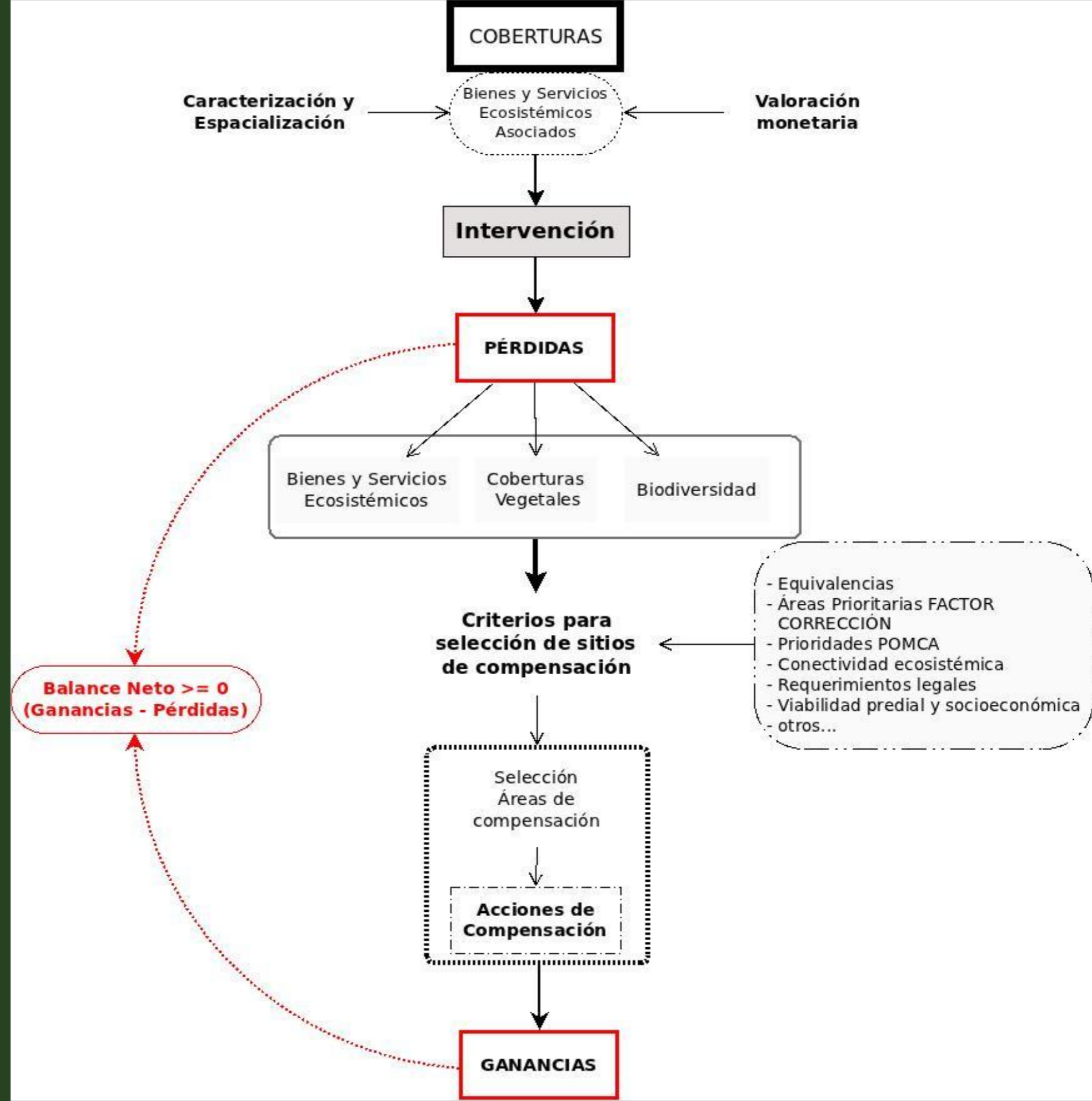
Consolidación de la línea base ambiental actual en el que se describan las condiciones actuales del área.

Descripción de las obras y evaluación ambiental: En el que se resuma la descripción de las obras a construir, las etapas de intervención y las posibles afectaciones.

Medidas para el manejo ambiental de las obras propuestas en el que se describa la estructura del plan de manejo ambiental de las obras y los programas y medidas que lo conforman.

Plan de contingencias: que debe contener un análisis de los riesgos ambientales que se pueden presentar durante la construcción de los diseños propuestos y las medidas de atención a adoptar para el manejo de dichas contingencias en caso de presentarse.

Lineamientos para proponer áreas de compensación en el evento en que se afecten servicios ecosistémicos de forma permanente y de protección y manejo.





Gracias!

