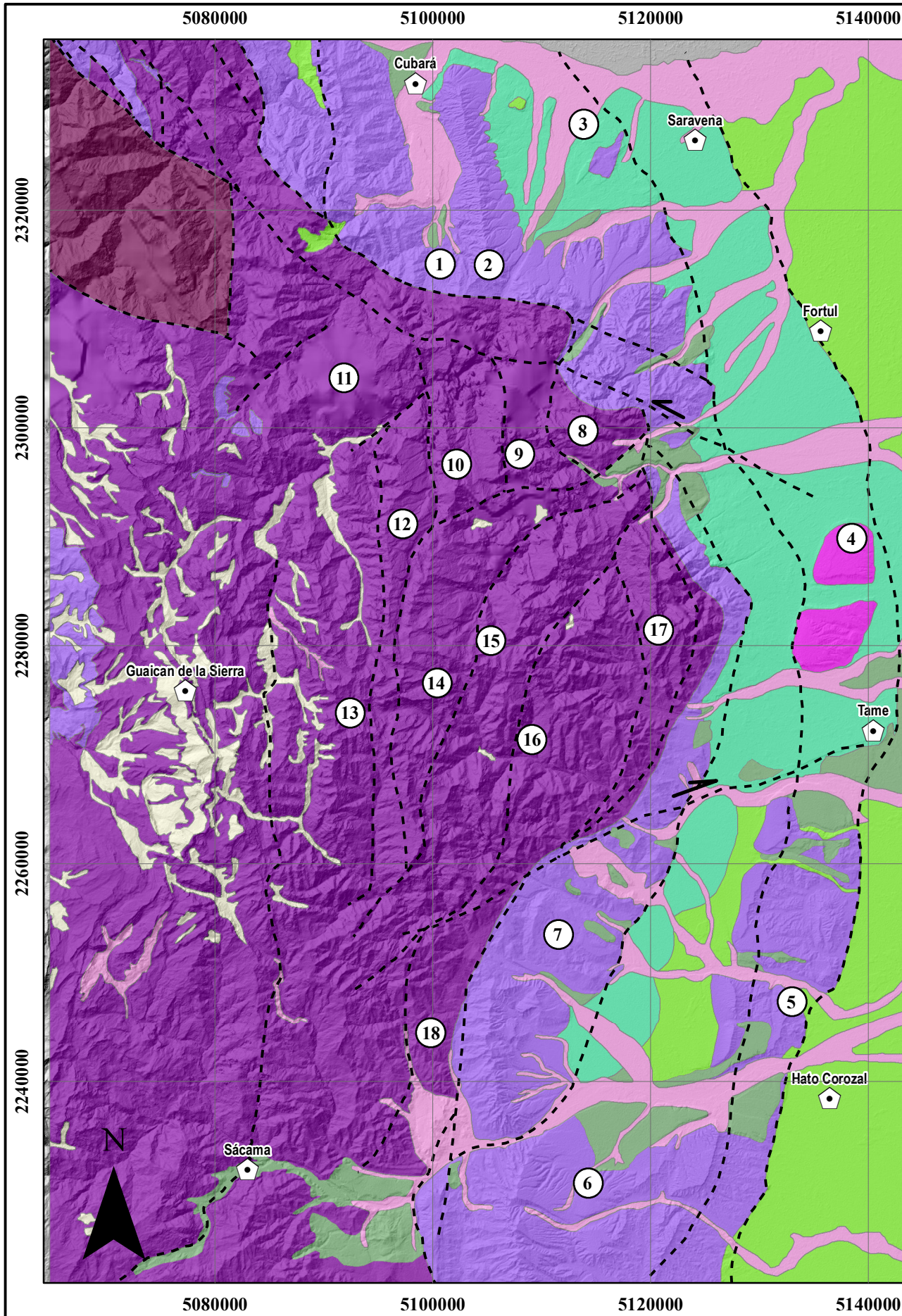


## **ANEXOS**

**ANEXO 1**



# Mapa Geomorfológico

## Leyenda

⬠ Cabeceras municipales

★ Nevado del Cocuy

Gseg

Faa Sp

Fli Spa

Fpi Spd

Fta Spf

## Tipo de estructura

—+— Anticlinal

—+— Sinclinal

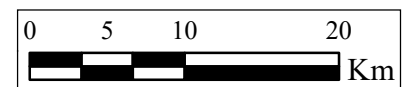
- - - - - Fallas

## Estructuras

1. Sinclinal de Cubara
2. Anticlinal de Cubara
3. Sinclinal de Bojaba
4. Anticlina de Tame
5. Anticlinal de Hato Corozal
6. Sinclinal de Zamaricote
7. Sinclinal la Culata

## Monoclinales

8. Colorada
9. La Laja
10. Culaticas
11. Bachira
12. Uruguay
13. Mortinal
14. Tuneba
15. Salitre
16. Tocaragua
17. Tate
18. Casateja



**ANEXO 2**

Tabla de datos de perfiles Swath

Combinación de Parámetros	Interpretación Morfoestructural	Estructuras/Áreas donde se Observa (Ejemplo)	Posibles Causas de Variación a lo largo de una misma Estructura
<b>Alto RL + Alto THi*</b> (>0.6)	<b>Rejuvenecimiento activo.</b> Levantamiento tectónico reciente supera la capacidad de incisión fluvial.	Monoclinales de Culaticas y La Laja (SP2); Franja entre Fallas Mortiñal y Salitre (SP4-SP6).	<b>Segmentación de la falla</b> (mayor actividad en un segmento), <b>mayor resistencia litológica</b> o <b>menor incisión fluvial</b> en ese tramo.
<b>Alto RL + Bajo THi*</b> (~0.25)	<b>Paisaje profundamente disectado.</b> Evento de levantamiento antiguo, seguido de prolongada incisión fluvial que rebajó la elevación media.	Falla La Laja (SP2); Límite montaña-piedemonte (Fallas Guaicaramo, Tame en SP4-SP5); Anticlinal de Cubará (SP1).	<b>Concentración de la incisión fluvial</b> en zonas de debilidad (ej: fallas principales), <b>diferente litología</b> (rocas más erosionables) o <b>cese de la actividad tectónica</b> en ese segmento.
<b>Bajo RL + Alto THi*</b> (>0.6)	<b>Abombamiento tectónico inicial o paisaje juvenil.</b> Levantamiento reciente y uniforme, sin desarrollo aún de red de drenaje incisiva.	Fallas Culaticas y Uruguay (SP3); Falla Paz Ariporo (SP3, SP2); Fallas Tuneba y Salitre (SP4-SP5).	<b>Levantamiento más reciente</b> en ese segmento, <b>uniformidad litológica</b> que favorece elevación generalizada, o <b>aislamiento de la red de drenaje principal</b> .
<b>Bajo RL + THi*</b> ~0.5	<b>Paisaje estabilizado o en equilibrio.</b> Baja actividad tectónica reciente y topografía suavizada.	Sinclinal de Cubará (SP1)	<b>Ausencia de deformación reciente, litología homogénea y blanda, o erosión prolongada</b> que ha suavizado el relieve.

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

<p><b>RL Variable + THi*</b> persistentemente Alto (0.6-0.7)</p>	<p><b>Bloque cortical en levantamiento generalizado reciente.</b> Señal regional de deformación activa, independiente del relieve local.</p>	<p>Franja desde Falla Mortiñal hasta Falla Salitre (SP4-SP6).</p>	<p><b>Deformación distribuida</b> en una zona ancha, <b>sobreimpresión de múltiples estructuras</b>, o <b>respuesta homogénea</b> de un bloque litológico coherente.</p>
<p><b>Transición de Bajo a Alto THi*</b> (con RL bajo a moderado)</p>	<p><b>Pulso de deformación reciente o mejor preservación de superficies.</b> Indica posible reactivación o evento tectónico reciente.</p>	<p>Anticlinal de Hato Corozal (SP6).</p>	<p><b>Reactivación tectónica localizada, diferencias en la erosión o preservación de superficies elevadas</b> por procesos litológicos o climáticos.</p>
<p>Transición de Bajo RL + Alto THi* → <b>Alto RL + Bajo THi*</b></p>	<p><b>Secuencia evolutiva: de abombamiento a disectación.</b> Transición desde deformación activa a respuesta erosiva madura.</p>	<p>Falla Paz Ariporo (SP2/SP3 → SP5/SP6).</p>	<p><b>Cambio espacial:</b> disminución del levantamiento e inicio de la incisión fluvial dominante. O tasas de levantamiento compensadas por una erosión mayor.</p>

**ANEXO 3**

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

**Tabla de datos e interpretación de AF y Vf**

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Zona	Dirección drenaje	AF	AF*	Grado de Asimetría	Dirección de Basculamiento	Vf	Vf (Clasificación)	Interpretación Morfoestructural
1	31.33	Sur	NE	29.28	20.72	Fuerte	SE	0.548	Bajo	Deformación activa intensa. Fuente basculamiento lateral e incisión vertical rápida.
2	27.04	Sur	NE	40.46	9.54	Suave	SE	1.300	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.
3	690.72	Sur	SE	47.14	2.86	Simétrica	-	0.367	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
4	210.02	Sur	SE	41.25	8.75	Suave	SW	1.435	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.
5	64.41	Sur	SE	62.30	12.30	Moderada	NE	0.372	Bajo	Deformación activa compleja. Basculamiento moderado con fuerte incisión vertical.
6	86.10	Sur	SE	63.48	13.48	Moderada	NE	0.285	Bajo	Deformación activa compleja. Basculamiento moderado con fuerte incisión vertical.
7	16.97	Sur	SE	51.21	1.21	Simétrica	-	0.613	Medio	Levantamiento uniforme + Valle en transición. Posible menor tasa de incisión o rocas más resistentes.
8	339.37	Sur	SE	41.69	8.31	Suave	SW	0.134	Bajo	Deformación activa. Basculamiento suave, pero con incisión eficiente.
9	66.89	Central	SE	46.75	3.25	Simétrica	-	0.122	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
10	23.29	Central	SE	42.58	7.42	Suave	SW	2.318	Alto	Abombamiento tectónico inicial. Levantamiento reciente sin incisión profunda aún.

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

11	248.96	Central	SE	37.14	12.86	Moderada	SW	0.164	Bajo	Deformación activa. Basculamiento moderado con fuerte incisión vertical.
12	49.14	Central	SE	54.00	4.00	Simétrica	-	0.540	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea
13	58.64	Central	SE	51.52	1.52	Simétrica	-	0.168	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
14	24.18	Central	NE	58.74	8.74	Suave	NW	1.249	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.
15	12.41	Central	NE	56.97	6.97	Suave	NW	0.596	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.
16	125.39	Central	NE	57.50	7.50	Suave	NW	0.626	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.
17	240.47	Central	NE	32.98	17.02	Fuerte	SE	0.210	Bajo	Deformación activa intensa. Fuente basculamiento lateral e incisión vertical rápida
18	26.63	Central	E	30.91	19.09	Fuerte	SE	2.211	Alto	Abombamiento tectónico inicial. Levantamiento reciente sin incisión profunda aún.
19	56.81	Norte	NE	38.61	11.39	Moderada	SE	0.183	Bajo	Deformación activa. Basculamiento moderado con fuerte incisión vertical.
20	878.95	Norte	NE	49.85	0.15	Simétrica	-	0.165	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
21	22.72	Norte	NE	40.48	9.52	Suave	ESE	0.606	Medio	Deformación moderada en transición. Basculamiento suave con incisión intermedia.

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

22	210.26	Norte	NE	50.24	0.24	Simétrica	-	0.307	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
23	40.64	Norte	ENE	40.37	9.63	Suave	SE	0.340	Bajo	Deformación activa. Basculamiento suave, pero con incisión eficiente.
24	131.57	Norte	NW	42.55	7.45	Suave	NE	0.448	Bajo	Deformación activa. Basculamiento suave, pero con incisión eficiente.
25	684.13	Norte	NE	50.87	0.87	Simétrica	-	0.123	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.
26	41.40	Norte	E	31.54	18.46	Fuerte	SE	0.214	Bajo	Deformación activa intensa. Fuente basculamiento lateral e incisión vertical rápida.
27	140.55	Norte	NE	53.52	3.52	Simétrica	-	0.175	Bajo	Levantamiento uniforme + Incisión activa. Bloque estable con elevación homogénea.

**ANEXO 4**

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

Tabla de análisis de datos SL y SL-HCA

Zona	Punto	Intensidad del Punto Caliente (suma Gi* en knickzones)		Extensión	Unidades	Estructuras	Registro de Eventos (MM)	Sismos (N°: A, P, MAG)	Notas
ZSL1	a	Muy Alta	1958.94	5.6	Cretácico inferior	Si	No	1 evento: 2023, 22km, 2.8	Próxima a la falla Loma San José
	b	Alta	156.09	1.02	Cretácico inferior	Si	No	No	Próxima a la falla Loma San José
	c	Alta	140.17	2.09	Cretácico inferior	Si	No	No	Próxima a la falla Chucarima
	d	Muy Alta	290.29	3.49	Cretácico inferior	Si	No	No	Próxima a la falla Chucarima. El curso del drenaje se adapta a la estructura
	e	Muy Alta	429.54	3.05	Eoceno-Oligoceno; Cuaternario conglomerático	Si	Si	2 eventos: 2023, 27 km, 3.9. 2018, 13 km, 2.7	Próxima a estructura anticlinal, zona más noreste sobre cambio litológico
	f	Alta	93.66	1.66	Eoceno-Oligoceno	Si	Si	No	Próxima a estructura anticlinal, cerca al eje de la estructura, se registran dos deslizamientos cerca de las zonas con anomalías altas
	g	Muy Alta	266.25	2.98	Eoceno-Oligoceno; Mioceno	Si	No	No	próxima a Falla inversa, en la parte inferior de la zona el curso del drenaje se adapta sobre la estructura.
	h	Muy Alta	681.9	10.49	Cuaternario conglomerático; Mioceno; Depósitos aluviales recientes	Si	No	4 eventos: 2003, 9km, 2.5; 2004, 15.2km, 2.5; 2009, 5km, 2.7; 2009, 4.8km, 2.8;	Parte SW del área de puntos cruzan la falla Loma San José. La mayor parte del conjunto se registran sobre los límites de unidades entre el sedimentario del Mioceno y los depósitos aluviales.

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

	<b>i</b>	Muy Alta	261.92	3.78	Cretácico inferior	Si	No	No	Próxima a la Falla Chucarima, el curso del drenaje se adapta a la estructura.
	<b>j</b>	Muy Alta	290.46	4.8	Cretácico inferior; Mioceno	Si	No	No	Próximo a la Falla Loma San José, el curso del drenaje afluente al principal se adapta al trazo de la litología y estructura
	<b>k</b>	Muy Alta	199	3.5	Mioceno; Depósitos aluviales antiguos y recientes.	Si	No	No	Próximo al sinclinal de Cubara, los puntos de la zona se distribuyen sobre los límites de las unidades del Mioceno y los depósitos.
	<b>l</b>	Muy Alta	492.05	4.64	Cretácico inferior	Si	No	No	Zona entre las fallas Loma San José y falla Chucarima
<b>ZSL2</b>	<b>a</b>	Alta	76.5	1.28	Mioceno; Cuaternario conglomerático	No	No	No	Cambio litológico
	<b>b</b>	Alta	86.5	0.72	Depósitos aluviales	No	No	No	Cambios litológicos entre los depósitos antiguos y recientes
	<b>c</b>	Alta	104	2.11	Mioceno; Depósitos aluviales recientes	Si	No	No	Los puntos cruzan una estructura inferida y parte de ellos curan el cambio litológico
	<b>d</b>	Alta	125.01	3.06	Mioceno	Si	No	2 eventos: 2019, 3.4km, 3.1; 2008, 9.5km, 2.8	Entre falla Chucarima y esmeralda
	<b>e</b>	Alta	100.03	2.05	Mioceno	Si	No	No	Entre falla Chucarima y esmeralda
	<b>f</b>	Alta	80.08	1.02	Cretácico inferior, Depósitos aluviales recientes	Si	No	1evento: 2000, 1.2km, 2.9	Cambio litológico

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

	<b>g</b>	Alta	138.48	2.83	Mioceno; Depósitos aluviales recientes	Si	No	1 evento: 2002, 9km, 2.7	Los puntos se alinean sobre el límite entre litologías. Se encuentran próximos a la falla Chucarima y la Falla Paz Ariporo
	<b>h</b>	Alta	133.35	3.11	Depósitos de abanicos	Si	No	1 evento: 2001, 3km, 2.6	Cruzan la falla Chucarima y la Falla Paz Ariporo
<b>ZSL3</b>	<b>a</b>	Muy Alta	287.22	4.14	Cretácico inferior; Depósitos aluviales recientes	Si	No	1 evento: 2004; 10km, 3.8	Próximo a la Falla Salitre y la falla Guaicaramo, parte de los puntos de SL altos cruzan la Falla Guaicaramo y otra parte se encuentran alineados sobre la falla Salitre
	<b>b</b>	Alta	173.34	2.9	Cretácico inferior; Mioceno	Si	No	No	Cruza la Falla Guaicaramo y el límite entre unidades
	<b>c</b>	Muy Alta	226.96	1.73	Cretácico inferior	Si	No	No	Próximo a la Falla Guaicaramo
	<b>d</b>	Alta	161.13	2.07	Cretácico inferior; Mioceno	No	No	No	Límite litológico
	<b>e</b>	Alta	80.21	2.47	Depósitos de abanicos	Si	No	No	Próximo al sinclinal de Zamaricote
<b>ZSL4</b>	<b>a</b>	Alta	163.24	2.4	Cretácico inferior; Mioceno	Si	Si	No	Cruza la Falla Guaicaramo y en el límite entre unidades se reportan varios eventos de movimientos en masa
	<b>b</b>	Alta	114.33	1.89	Depósitos de abanicos; Depósitos aluviales recientes	Si	No	No	Límite entre unidades. Próximo a la falla Casirvita
	<b>c</b>	Alta	116.18	2.27	Depósitos de abanicos; Depósitos	Si	No	No	Límite entre unidades. Cruza la falla Casirvita

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

					aluviales recientes				
	<b>d</b>	Alta	113.4	1.86	Mioceno; Depósitos aluviales recientes	Si	No	No	Límite entre unidades. Cruza la falla Casirvita
<b>ZSL5</b>	<b>a</b>	Alta	45.24	1.28	Mioceno; Depósitos aluviales antiguos y recientes	Si	No	No	Sobre el anticlinal de Hato Corozal, cruza límite entre unidades
	<b>b</b>	Alta	62.54	1.31	Mioceno; Depósitos aluviales antiguos y recientes	Si	No	No	Limite litológico
<b>ZSL6</b>	<b>a</b>	Muy Alta	462.01	8.9	Depósitos aluviales antiguos y recientes	No	No	No	Limite litológico
	<b>b</b>	Alta	123.38	2.11	Depósitos aluviales antiguos y recientes	No	No	No	Limite litológico
<b>ZSL7</b>	<b>a</b>	Alta	80.55	1.64	Depósitos aluviales antiguos y recientes	No	No	No	Limite litológico
	<b>b</b>	Alta	68.65	1.14	Depósitos aluviales antiguos y recientes	Si	No	No	Limite litológico. Próximo al eje del Sinclinal de Zamaricote
	<b>c</b>	Alta	72.28	1.31	Depósitos aluviales recientes	Si	No	No	Próximo a la falla de Paz Ariporo

GEOMORFOMETRÍA Y ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE AL NORTE DEL PIEDEMONTES LLANERO

<b>d</b>	Alta	68.76	1.41	Depósitos aluviales recientes	Si	No	No	Próximo a la falla de Paz Ariporo
<b>e</b>	Alta	98.16	1.83	Depósitos aluviales recientes	Si	No	1 evento: 1999, 7.7km, 3.4	Cruza la falla Paz Ariporo
<b>f</b>	Muy Alta	255.4	3.48	Mioceno; Depósitos Aluviales antiguos y recientes	Si	Si	No	Limite litológico los puntos se alinean sobre el límite litológico del Mioceno y los depósitos. Cruza el sinclinal de Hato Corozal y la falla del Borde llanero. Se registra un evento de caída de detritos.

**N°: Numero de eventos**

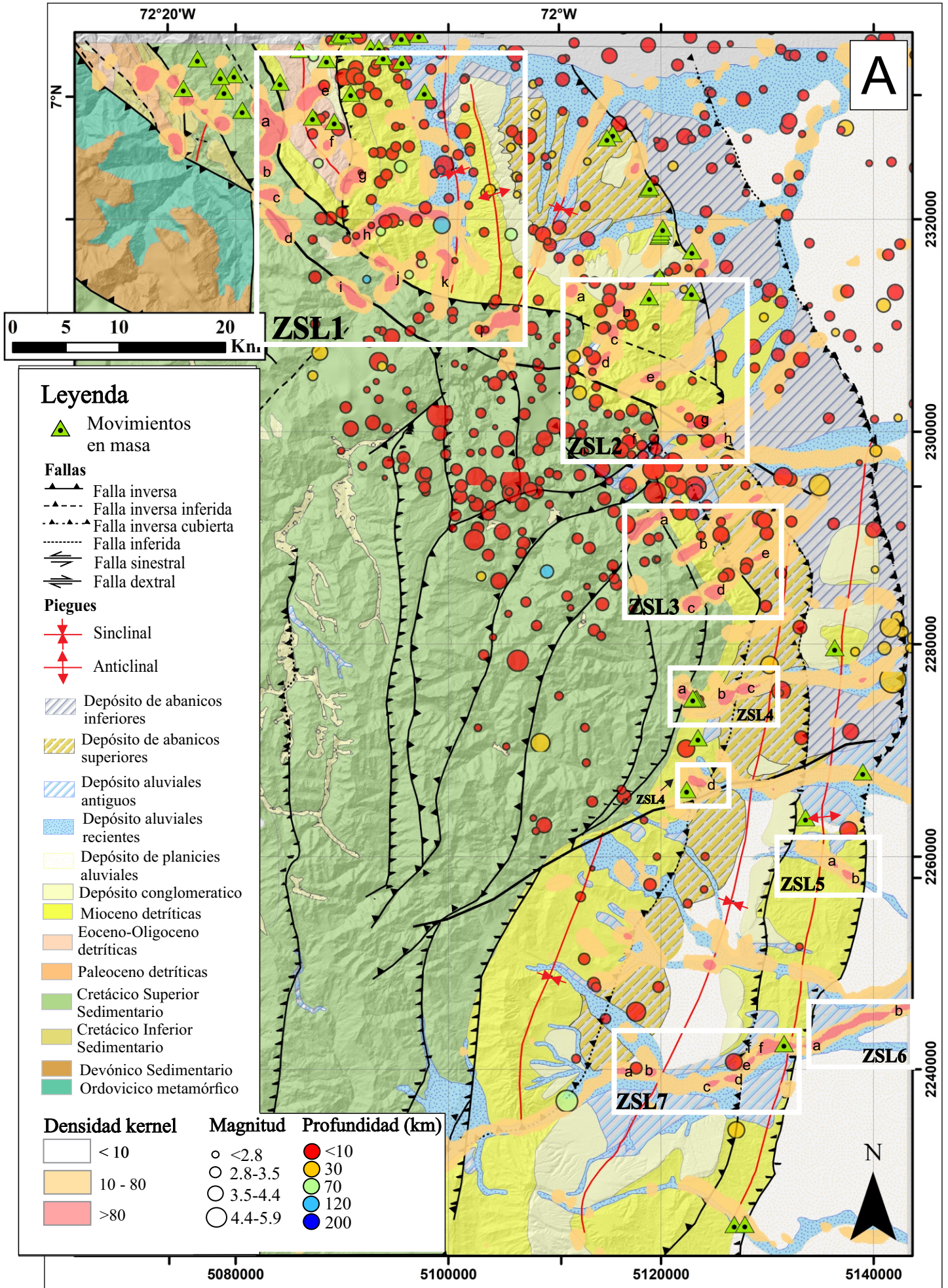
**A: año**

**P: profundidad**

**Mag: magnitud**

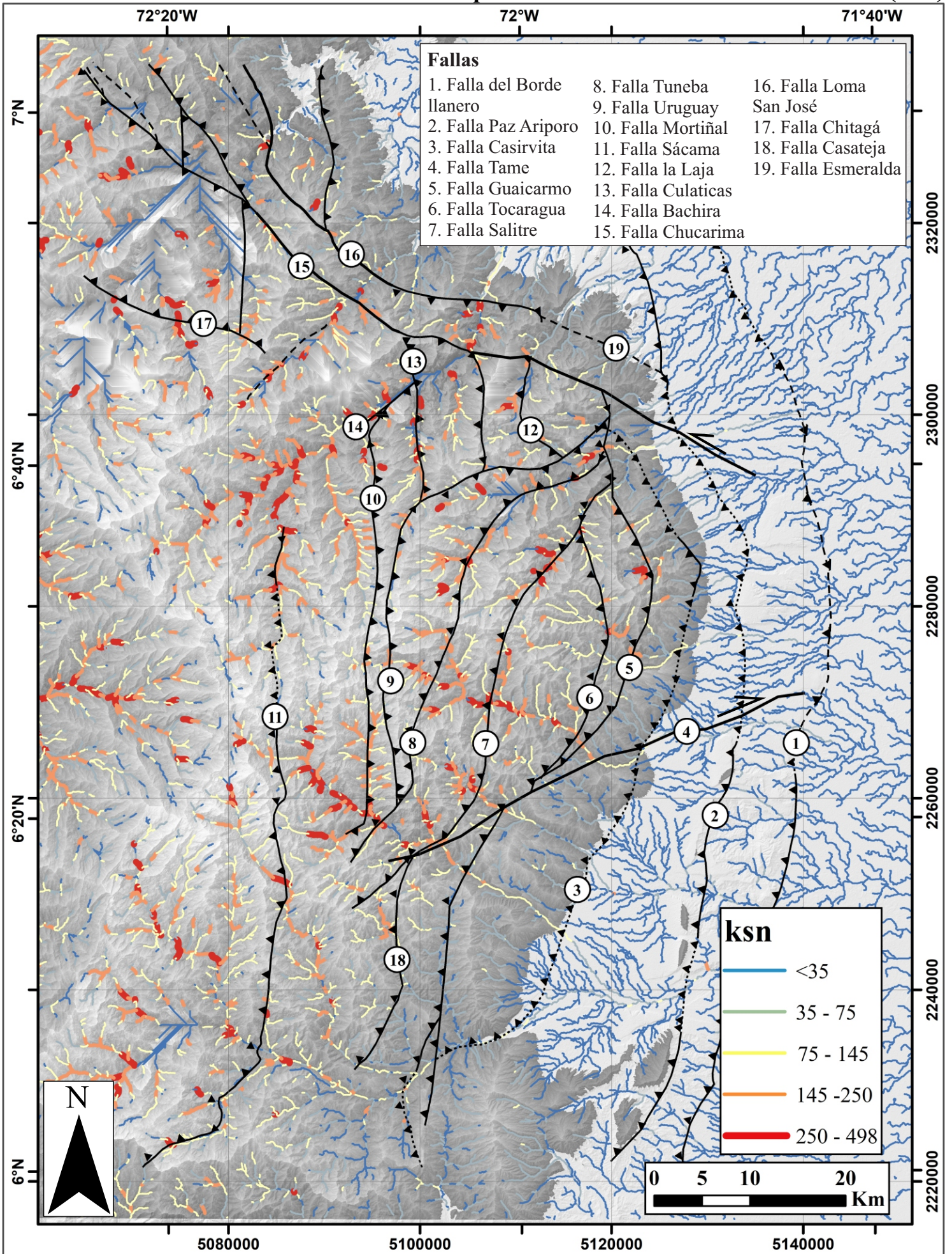
La intensidad del punto caliente es proporcional a la suma del índice  $G_i^*$  en cada zona de anomalía (alta: suma del índice  $G_i^*$  menor que 180; muy alta: suma del índice  $G_i^*$  superior a 180); El número corresponde a la suma del índice  $G_i^*$  dentro de cada zona de anomalía. La extensión se refiere a la longitud, expresada en kilómetros, del segmento de red de drenaje afectado por la anomalía en el mapa SL-HCA. (Troiani et al., 2017)

# Anexo 4: Mapa de análisis de zonas SL-HCA



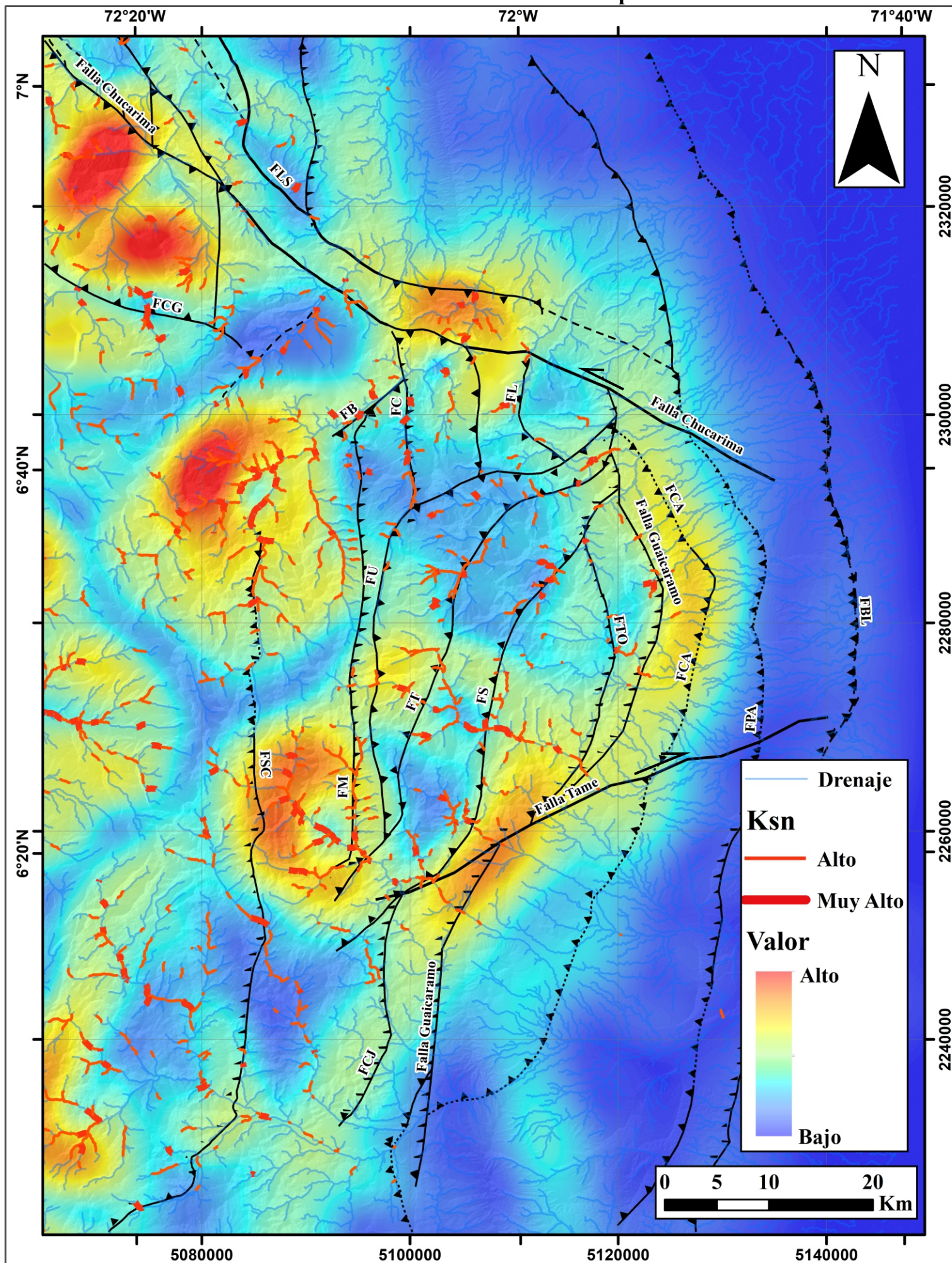
**ANEXO 5**

Anexo 5.1: Mapa de índice de verticalidad de la cuenca (Ksn)

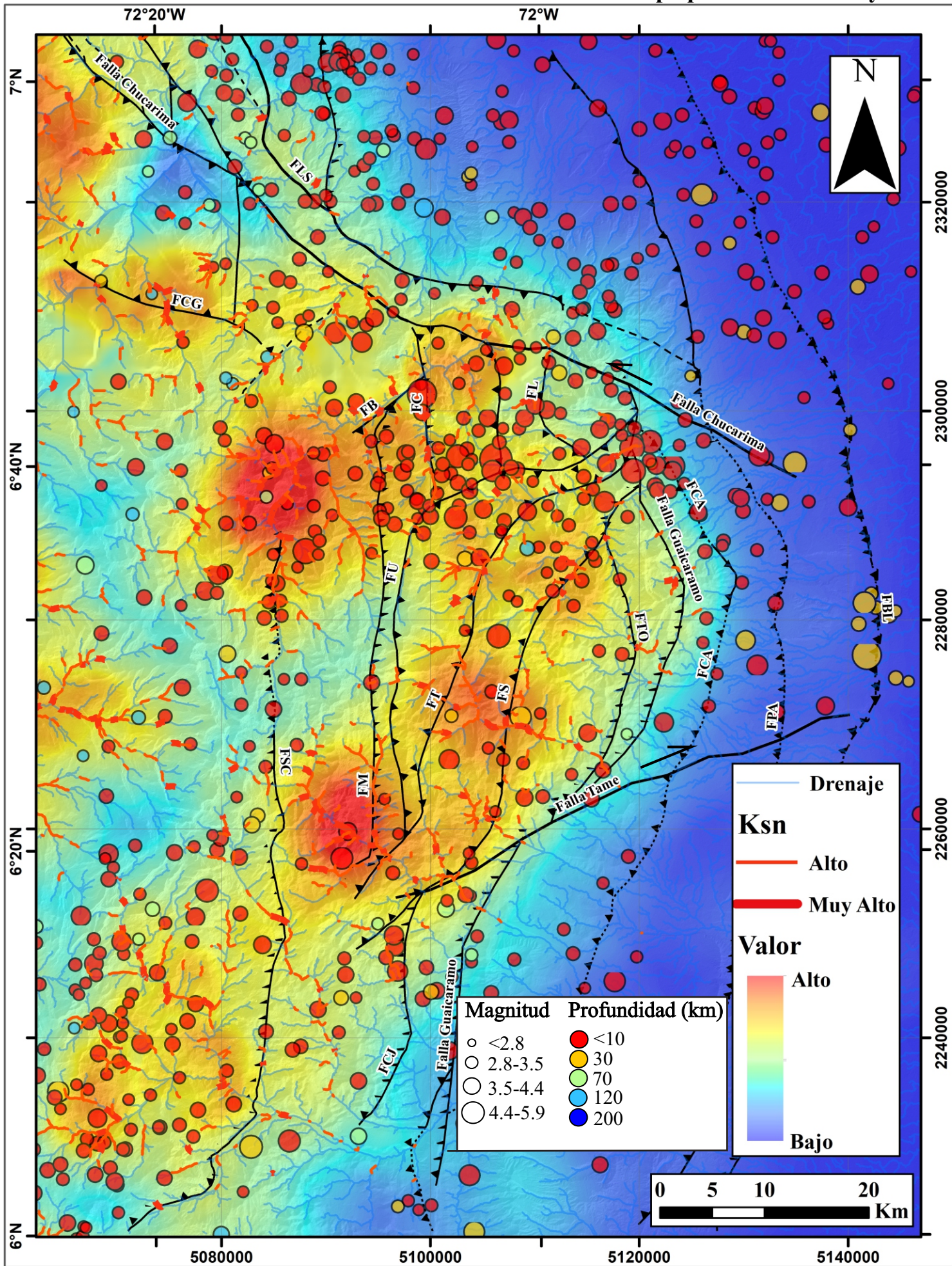




Anexo 5.3: Mapa de desviación estándar de Ksn

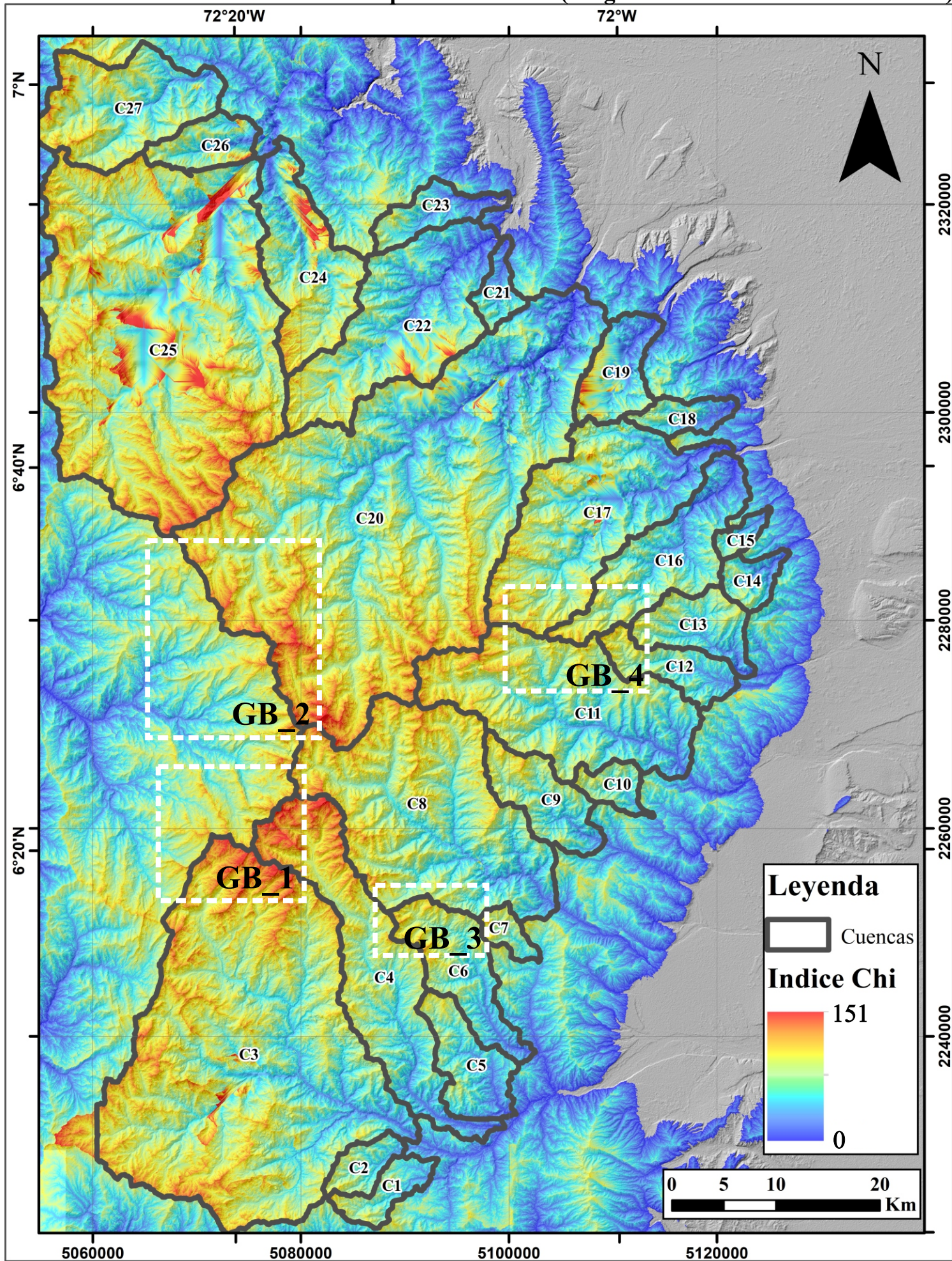


Anexo 5.4: Mapa promedio de Ksn y sismos

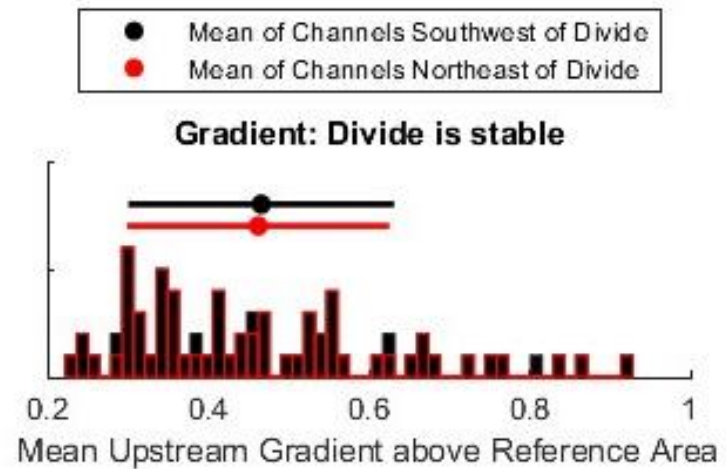
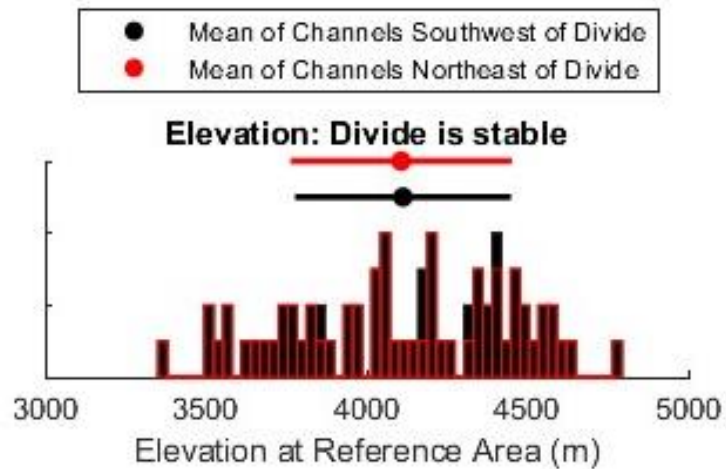
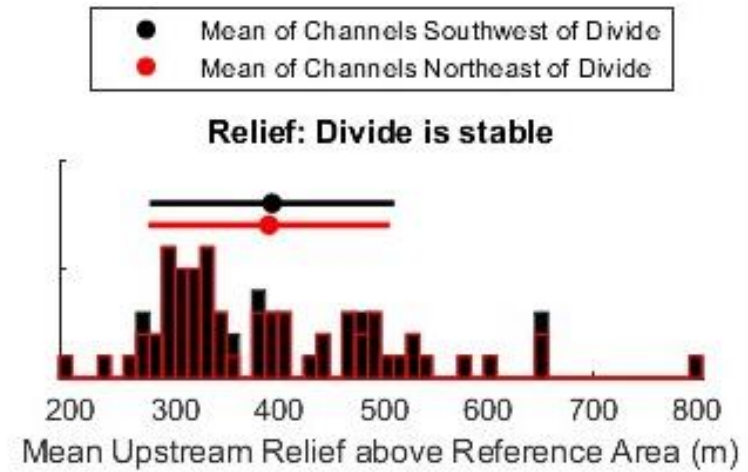
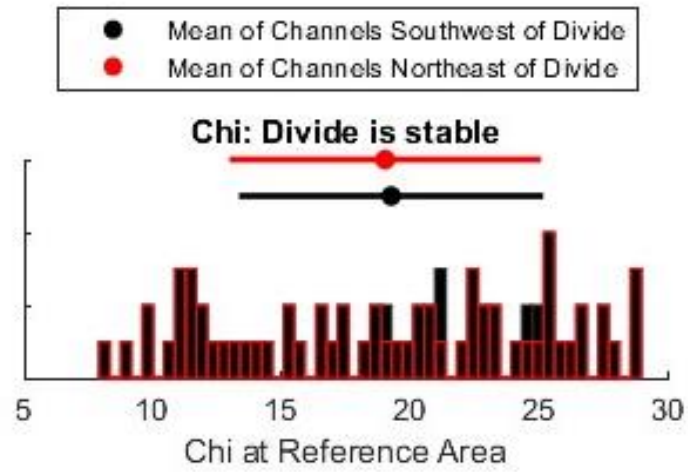


## **ANEXO 6**

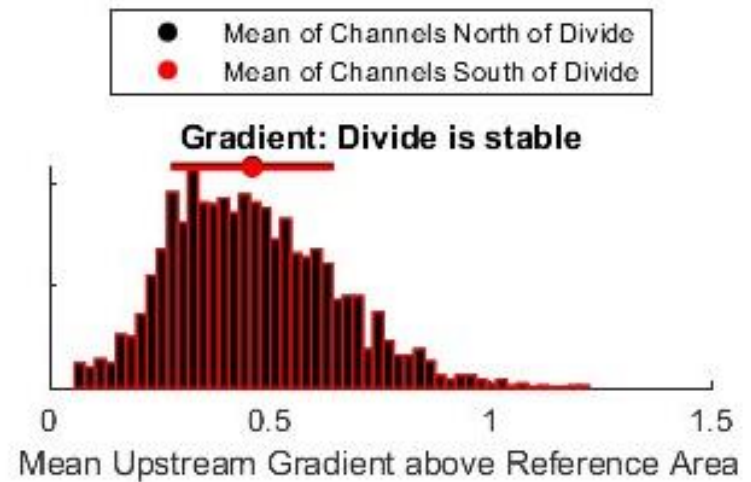
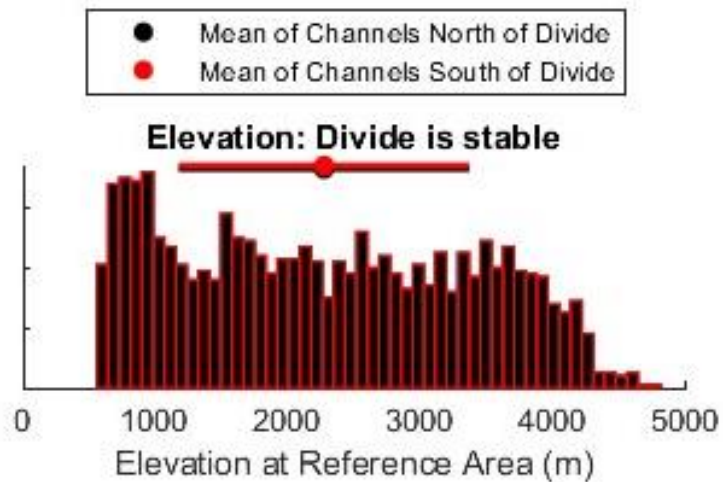
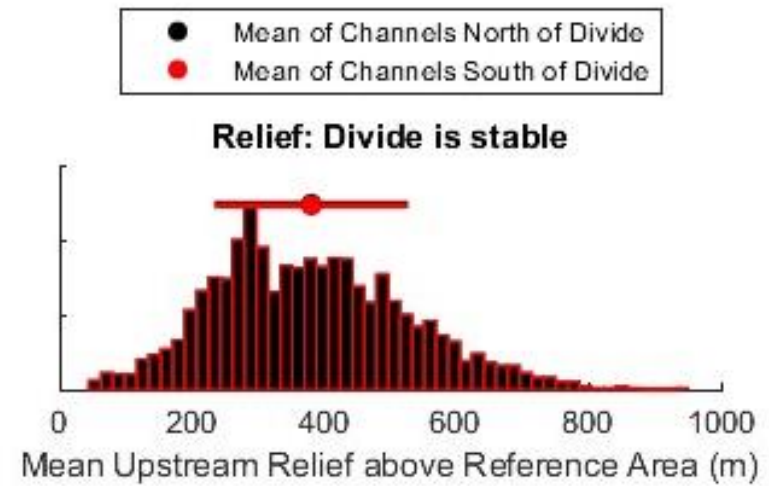
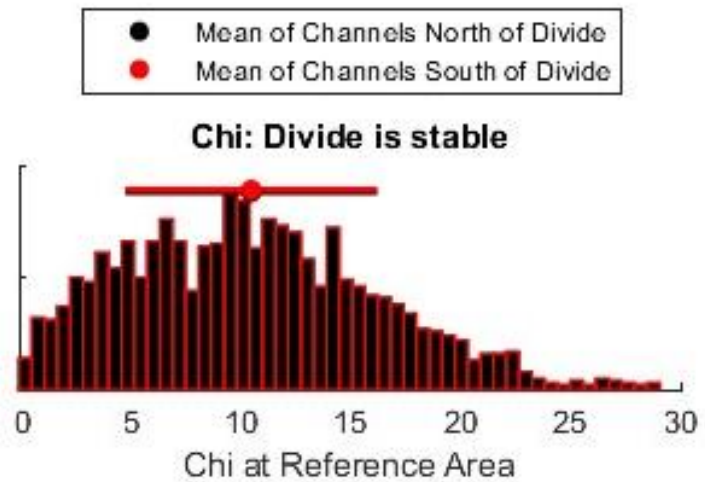
Anexo 6: Mapa de índice Chi (Diagramas de distribución de valores)



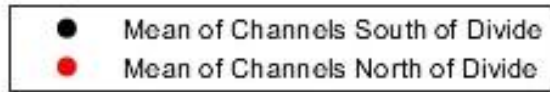
# GB\_1



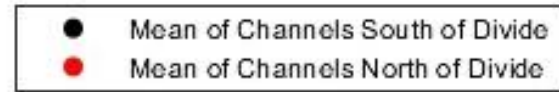
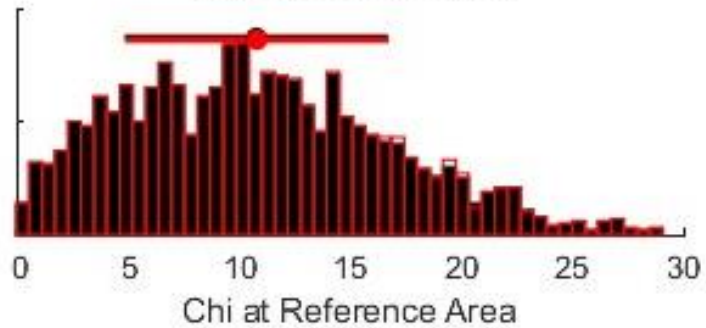
## GB\_2



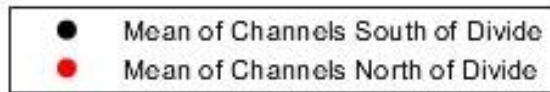
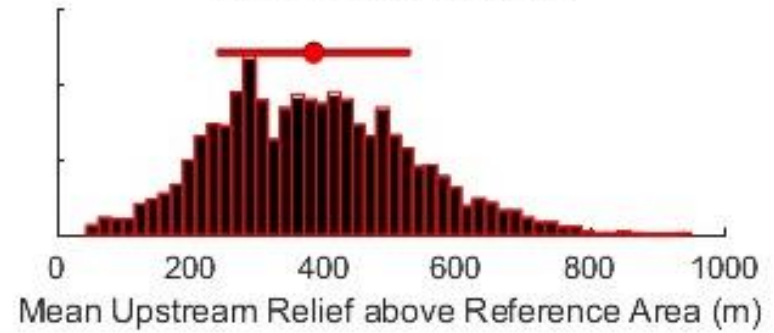
# GB\_3



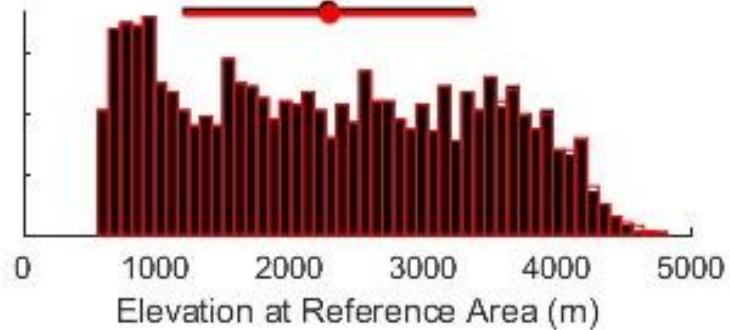
**Chi: Divide is stable**



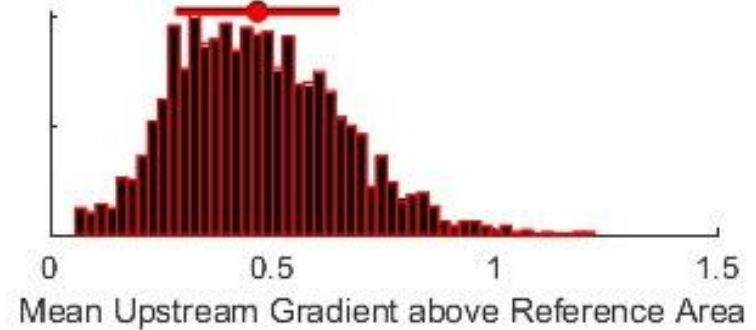
**Relief: Divide is stable**



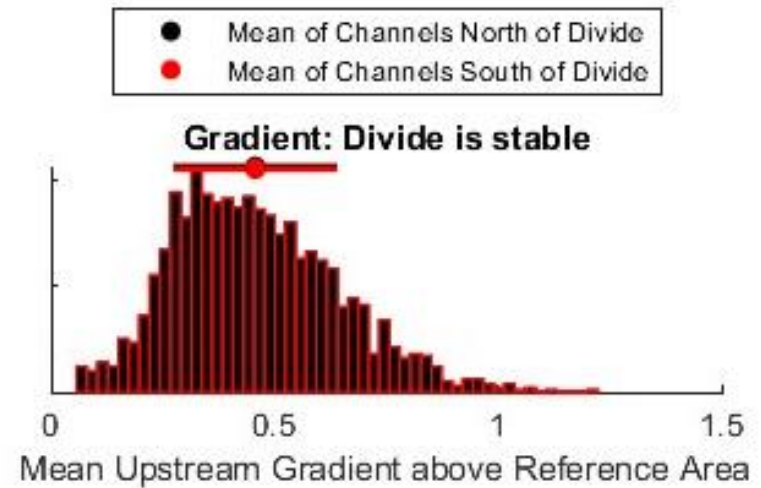
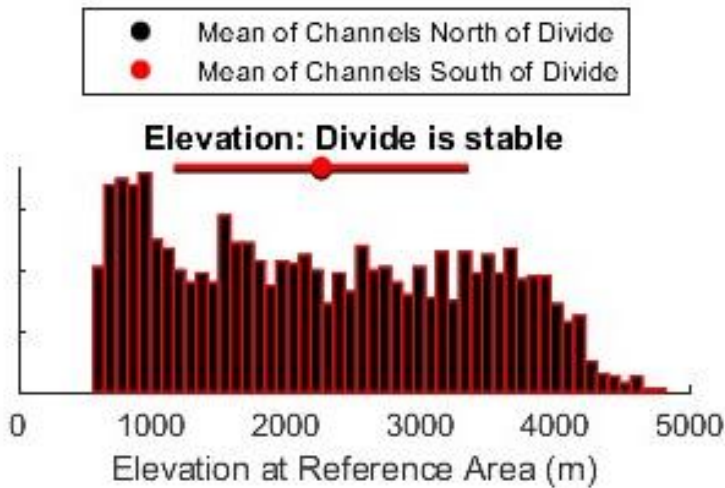
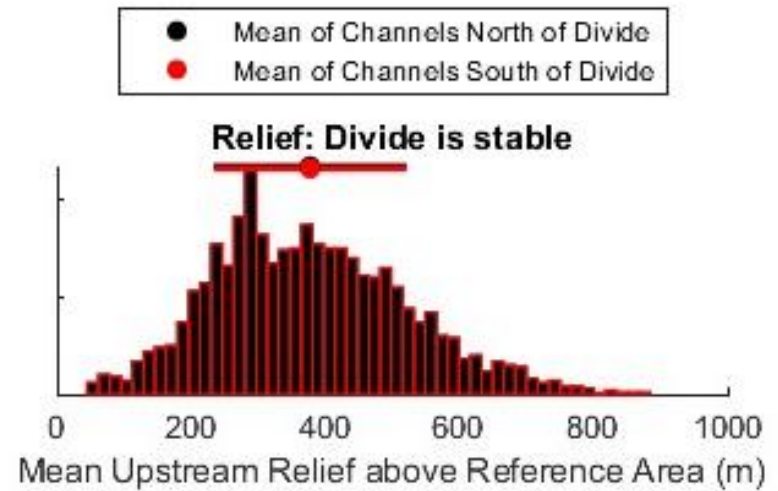
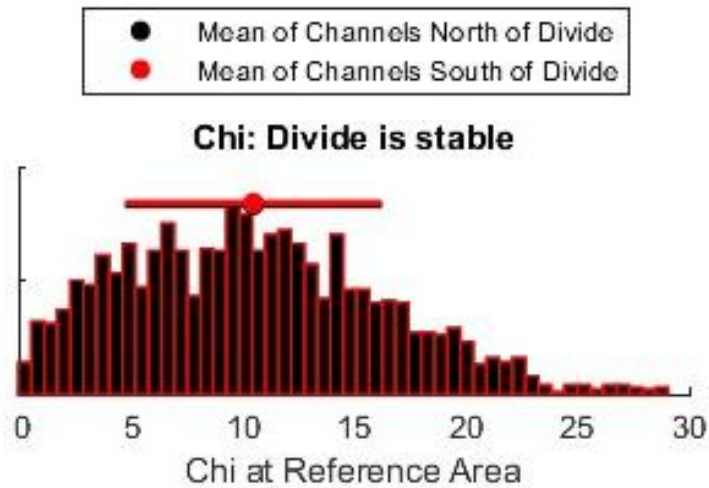
**Elevation: Divide is stable**



**Gradient: Divide is stable**

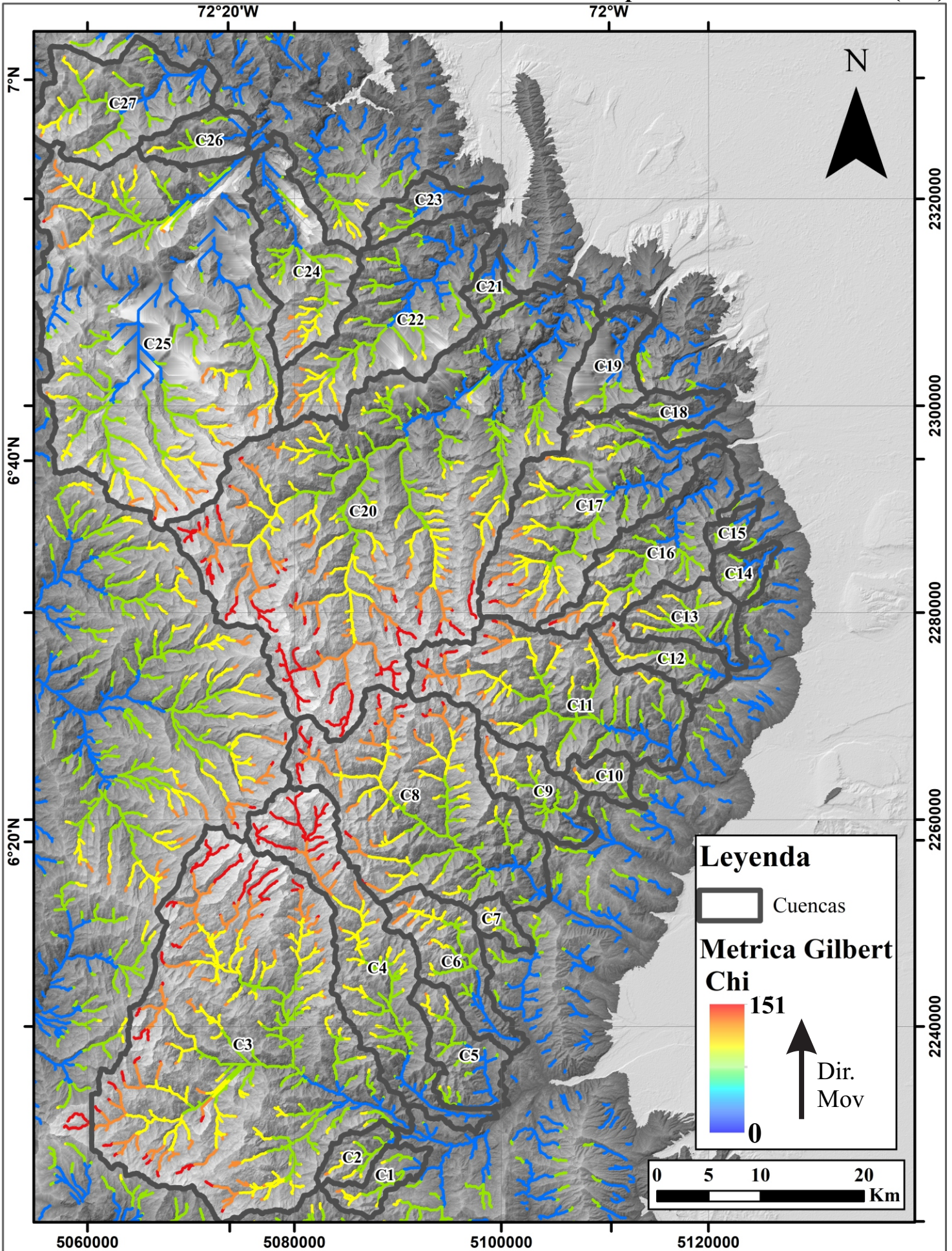


# GB\_4

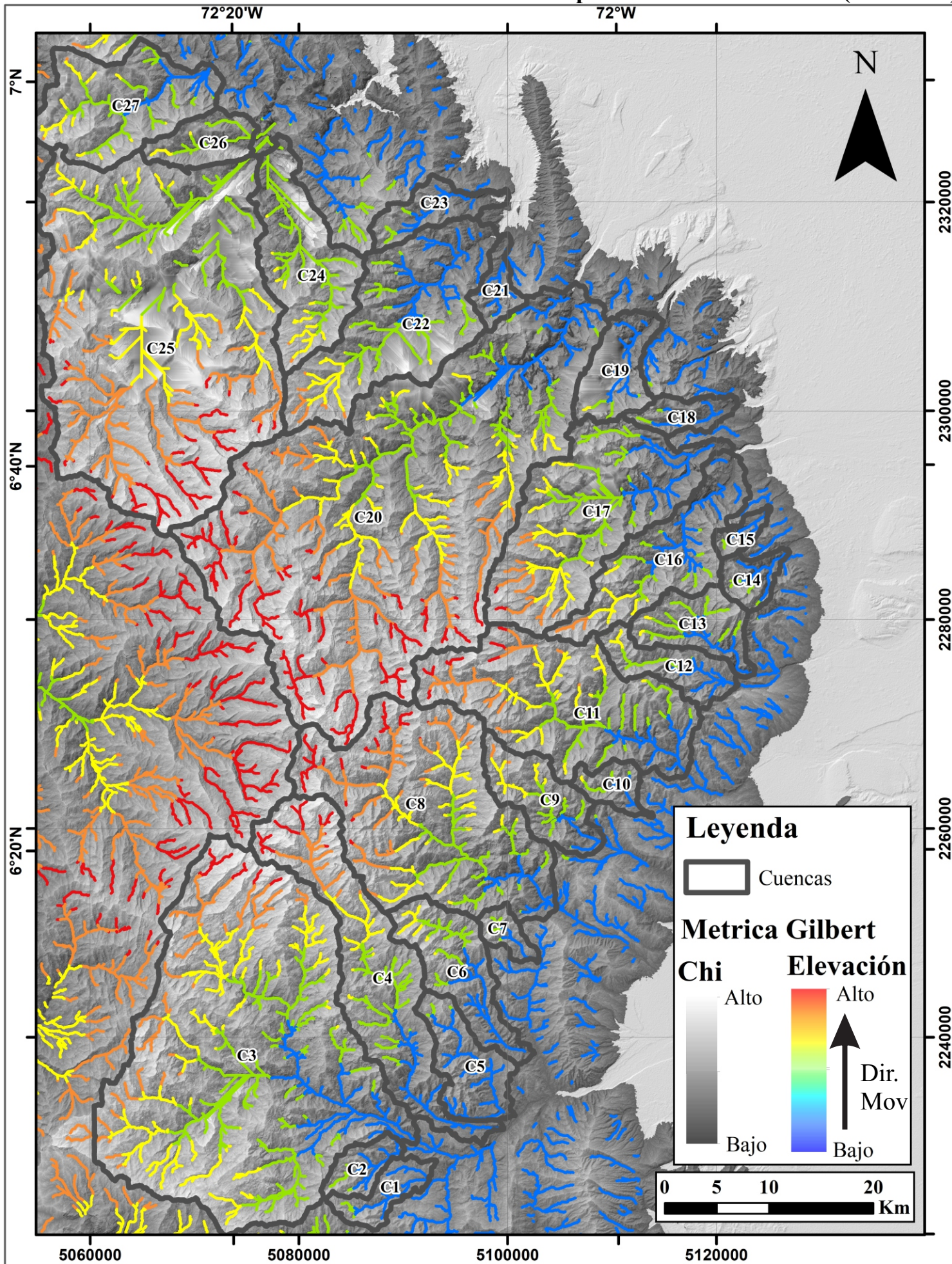


**ANEXO 7**

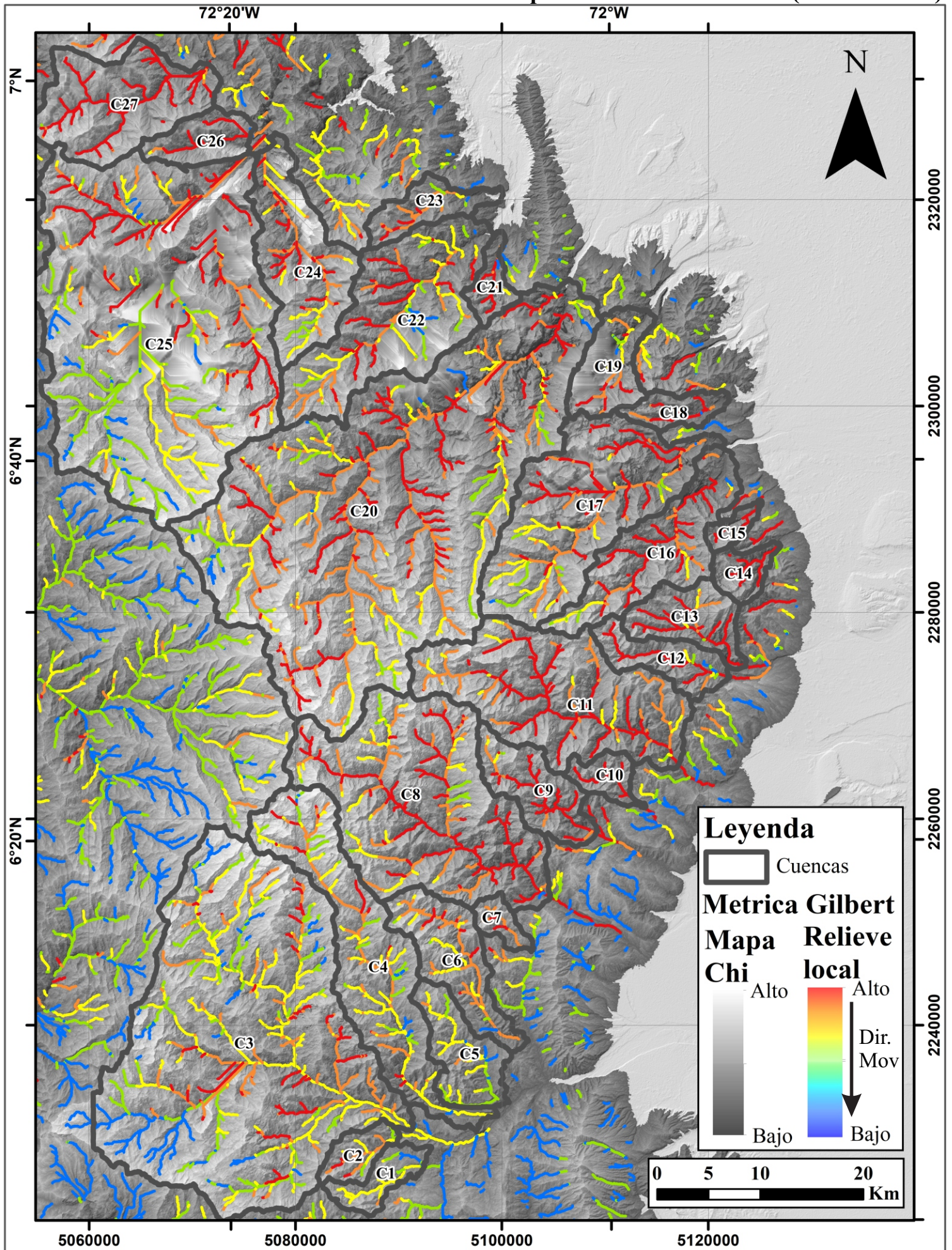
# Anexo 7.1: Mapa de métricas de Gilbert (Chi)



Anexo 7.2: Mapa de métricas de Gilbert (Elevación)



Anexo 7.3: Mapa de métricas de Gilbert (Relieve Local)



Anexo 7.4: Mapa de métricas de Gilbert (Gradiente)

