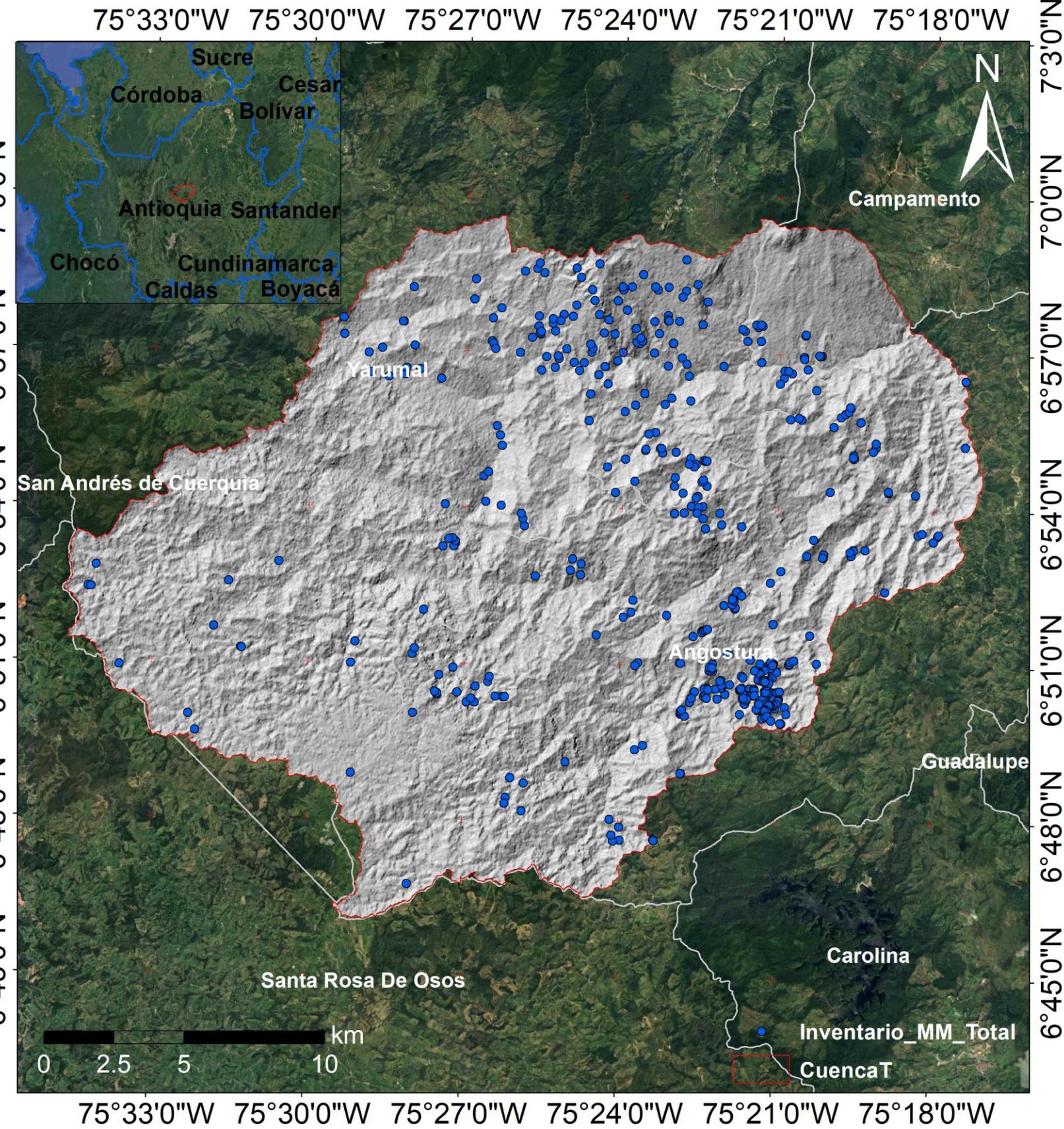


# Metodos Euritiscos

## Quebrada La Tolda y Quebrada Guali (511.76km<sup>2</sup>)

Quebrada La Tolda es un arroyo en Antioquia, Región Andina y tiene una altitud de 1.461 metros. Quebrada La Tolda se encuentra cerca de la localidad de Vereda Vallecito, así como de Vereda El Noral.

Quebrada La Guali es un arroyo en Antioquia, Región Andina y tiene una altitud de 1.259 metros. Quebrada La Guali se encuentra cerca de la localidad de El Silencio, así como de Cuesta Vieja.



# Parametros Morfometricos

Area	Perimetro	Relación de circularidad (Rc)	Altura Mínima	Altura Máxima	Relieve (H)	Altura Media	Altura mas frecuente
511.76	120.4748469	0.434	1397	3007	1.61	2200.486	2773.883
Altura media ponderada	Altura media Simple	indice de Gravelius	Rectángulo Equi L. Mayor	Rectángulo Equi L. Menor	Factor de Forma	Longitud recta de la cuenca	Orden del cauce principal (Su)
2342.783	2202	1.507	32.509	24.941	0.767	24.941	6
# de drenajes Cauce principal	# de drenajes por Orden!	# de drenajes total	longitud del cauce principal	Long de drenajes	Long de drenajes total	longitud drenajes RI o Lur	Relación de bifurcación (Rb)
---	[916, 414, 206, 162, 126, 1]	1825	---	[471.998, 221.591, 95.211, 65.62, 56.049, 0.0]	910.469	[2.13, 2.327, 1.451, 1.171, 325799.786]	[2.213, 2.01, 1.272, 1.286, 126.0]
Coeficiente	indice de compacidad	Ext media Escurreimiento Sup	Tiempo de Concentración (Kirpich)	Tiempo de concentración (Valencia y Zuluaga)	Pendiente de la Cuenca	Número de robustez (Rn)	Índice de Melton (M)
[0.962, 1.158, 1.141, 0.911, 2585.713]	1.518	0.138	2.665	0.569	7.206	2.925	0.072
Ancho de la cuenca	Índice de alargamiento	Pendiente media de la cuenca	Relación de elongación (Re)	Coeficiente compacidad (Cc)	Relación de textura (Rt)	Relación de aptitud (Rf)	Wandering Ratio (Rw)
32.509	1.303	27.256	821.148	1.529	7.603	3.918	14.519
Frecuencia de drenaje(Fs)	Densidad de drenaje(Dd)	Constante de mant de canal(C)	Intensidad de drenaje(Di)	Número de infiltración(lf)	Coeficiente torrencialidad(Ct)	Longitud flujo superficial(Lg)	Relación de relieve (Rh)
3.642	1.817	0.55	2.004	6.618	1.828	0.275	0.05

# Inventario SIMMA

Fila_Original	Tipo_movimi	Fecha_evento	Departamen	Latitud	Longitud	Estado_movi	Estilo_movimiento
229	Activo	11/1/2012	ANTIOQUIA	5.637222	-75.193056	Retrogresivo	Flujo
230		11/1/2012	ANTIOQUIA	5.639444	-75.638889	Retrogresivo	Flujo
232	Activo	11/1/2012	ANTIOQUIA	5.71	-75.326389	Retrogresivo	Flujo
195	Activo		ANTIOQUIA	5.750861	-75.139911	Retrogresivo	Flujo
942	Activo	16/11/1973	ANTIOQUIA	5.879619	-75.569261		Flujo
256	Activo	11/4/2007	ANTIOQUIA	5.928958	-75.769602		Flujo
960	Activo	59-12-08	ANTIOQUIA	5.942211	-75.521181		Flujo
613	Activo		ANTIOQUIA	5.948552	-74.860643		Flujo
527	Activo	27/08/2009	ANTIOQUIA	5.964369	-75.735781		Flujo
386	Activo	13/08/2010	ANTIOQUIA	5.971043	-75.760465		Flujo
194	Activo		ANTIOQUIA	5.972131	-75.114145	Retrogresivo	Flujo
204	Activo	12/1/2008	ANTIOQUIA	5.987518	-74.995609		Flujo
191	Activo	12/5/2009	ANTIOQUIA	6.003328	-75.836474	Retrogresivo	Flujo
362	Activo	10/1/2010	ANTIOQUIA	6.017907	-75.136028	Retrogresivo	Flujo
360	Activo		ANTIOQUIA	6.09642	-74.842139	Retrogresivo	Flujo
294	Activo	24/04/2011	ANTIOQUIA	6.100556	-75.161944		Flujo
57	Activo		ANTIOQUIA	6.106667	-75.266111		Flujo

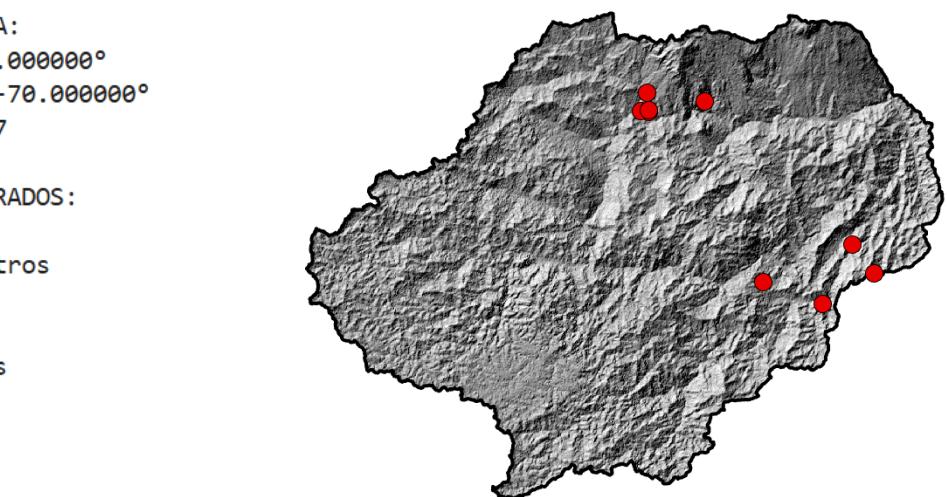
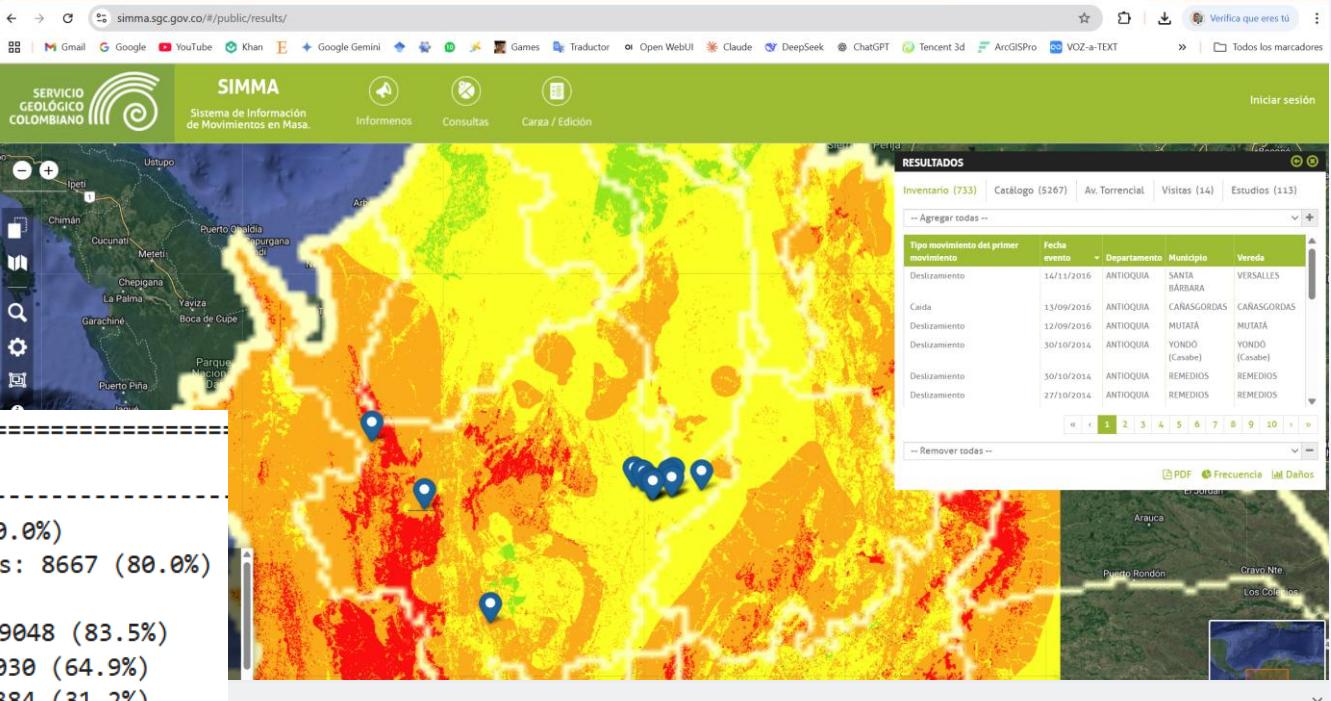
## Filtros de Búsqueda

Dentro del departamento: ANTIOQUIA

De tipo(s): Deslizamiento - Propagación lateral - Deformaciones gravitacionales - Flujo

## Resultados:

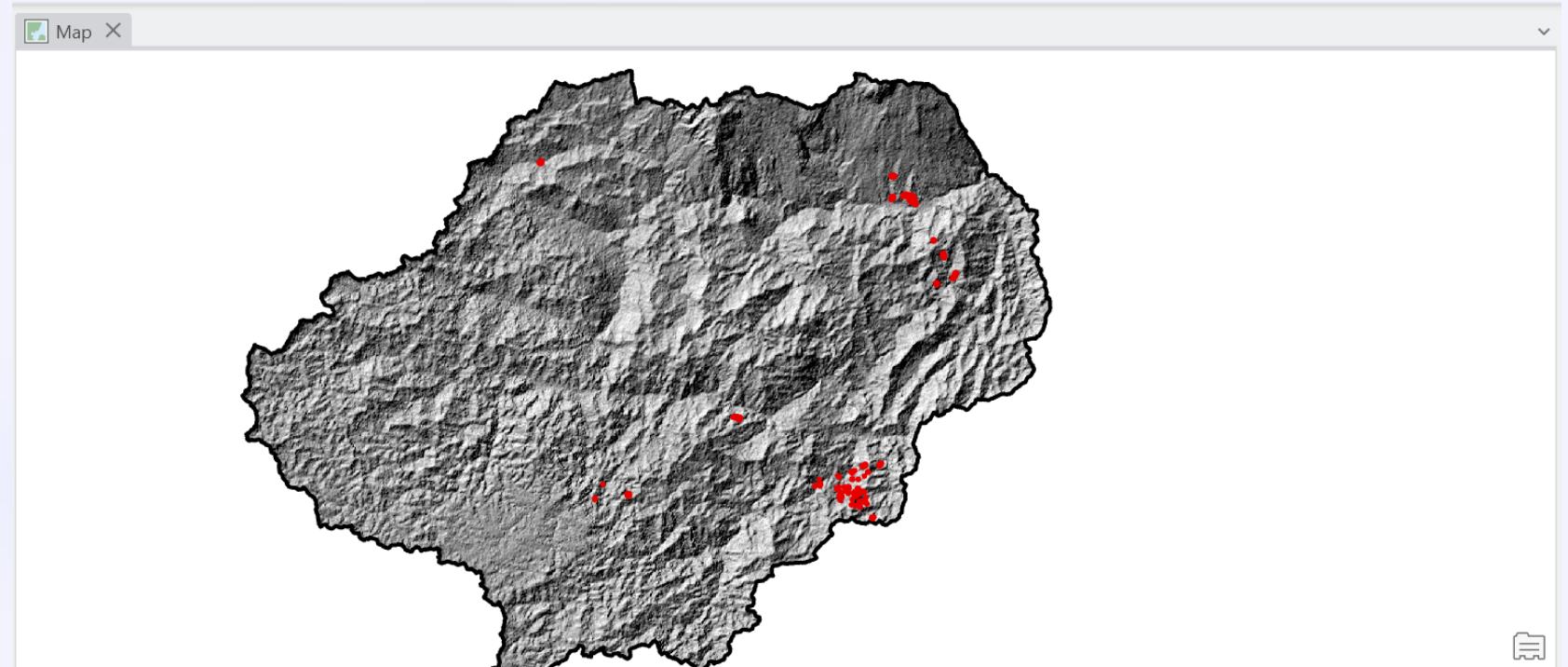
Tipo movimiento	Fecha evento	Departamento	Municipio	Vereda	Latitud (°)	Longitud (°)	Distribución del	Estado_movi
Deslizamiento	14/11/2016	ANTIOQUIA	SANTA BÁRBARA	VERSALLES	5,98893	-75,611085	Retrogresivo	Activo
Deslizamiento	12/09/2016	ANTIOQUIA	MUTATÁ	MUTATÁ	7,246722	-76,441667	Retrogresivo	Activo
Deslizamiento	30/10/2014	ANTIOQUIA	YONDÓ (Casabe)	YONDÓ (Casabe)	6,867433	-74,344761	Avanzado	Reactivado
Deslizamiento	30/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	REMEDIOS	6,933928	-74,605536	Ensanchando	Reactivado
Deslizamiento	27/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	REMEDIOS	6,855994	-74,480917	Ensanchando	Activo
Deslizamiento	02/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	REMEDIOS	6,90335	-74,5406	Ensanchando	Activo
Deslizamiento	02/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	LA CRUZADA	6,912133	-74,5539	Ensanchando	Multiple
Deslizamiento	02/10/2014	ANTIOQUIA	YONDÓ (Casabe)	YONDÓ (Casabe)	6,866156	-74,347183	Decreciente	Activo
Deslizamiento	02/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	REMEDIOS	6,9261	-74,334369	Ensanchando	Unico
Deslizamiento	02/10/2014	ANTIOQUIA	REMEDIOS	REMEDIOS	6,843886	-74,476067	Avanzado	Reactivado



Inventario_SIMMA									
Field:	Add	Calculate	Selection:	Select By Attributes	Zoom To	Switch	Clear	Delete	Copy
FID	Shape *	Fila_Origen	Tipo_movim	Fecha_even	Departamen	Latitud	Longitud	Estado_mov	Estilo_mov
1	Point	971	Activo	54-08-03	ANTIOQUIA	6.952894	-75.394644	Retrogresivo	Flujo
2	Point	847	Activo	21/03/1999	ANTIOQUIA	6.860061	-75.338978		Deslizamiento
3	Point	576	Activo	21/03/2009	ANTIOQUIA	6.86954	-75.366622		Deslizamiento
4	Point	577		21/03/2009	ANTIOQUIA	6.874236	-75.315219		Deslizamiento
5	Point	561	Activo	21/03/2009	ANTIOQUIA	6.887533	-75.325481	Retrogresivo	Deslizamiento
6	Point	148		13-08-03	ANTIOQUIA	6.947864	-75.420536		Deslizamiento
7	Point	940		74-07-03	ANTIOQUIA	6.948414	-75.424428	Decreciente	Deslizamiento
8	Point	147		13-08-03	ANTIOQUIA	6.948783	-75.4207		Deslizamiento
9	Point	149		13-07-03	ANTIOQUIA	6.956667	-75.421667		Deslizamiento

# Google Earth Pro

Map X



1:233,073 | 227,429.13W 772,938.38N m | Selected Features: 0 | | |

InventGoogleE X

Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear Delete Copy

FID	Shape *	Name	Shape_Leng	Shape_Area	Tipo	Fecha	
66	65	Polygon ZM	2010	0.001276	0	Deslizamiento	2010
67	66	Polygon ZM	2008	0.002695	0	Deslizamiento	2008
68	67	Polygon ZM	Untitled Polygon	0.002974	0.000001	Deslizamiento	1990
69	68	Polygon ZM	2012	0.006203	0.000001	Deslizamiento	2012
70	69	Polygon ZM	2012	0.003942	0.000001	Deslizamiento	2012
71	70	Polygon ZM	18	0.001543	0	Deslizamiento	2018
72	71	Polygon ZM	2000	0.012797	0.000004	Deslizamiento	2000
73	72	Polygon ZM	2000	0.004495	0.000001	Deslizamiento	2000
74	73	Polygon ZM	2000	0.003382	0.000001	Deslizamiento	2000
75	74	Polygon ZM	2000	0.003325	0.000001	Deslizamiento	2000



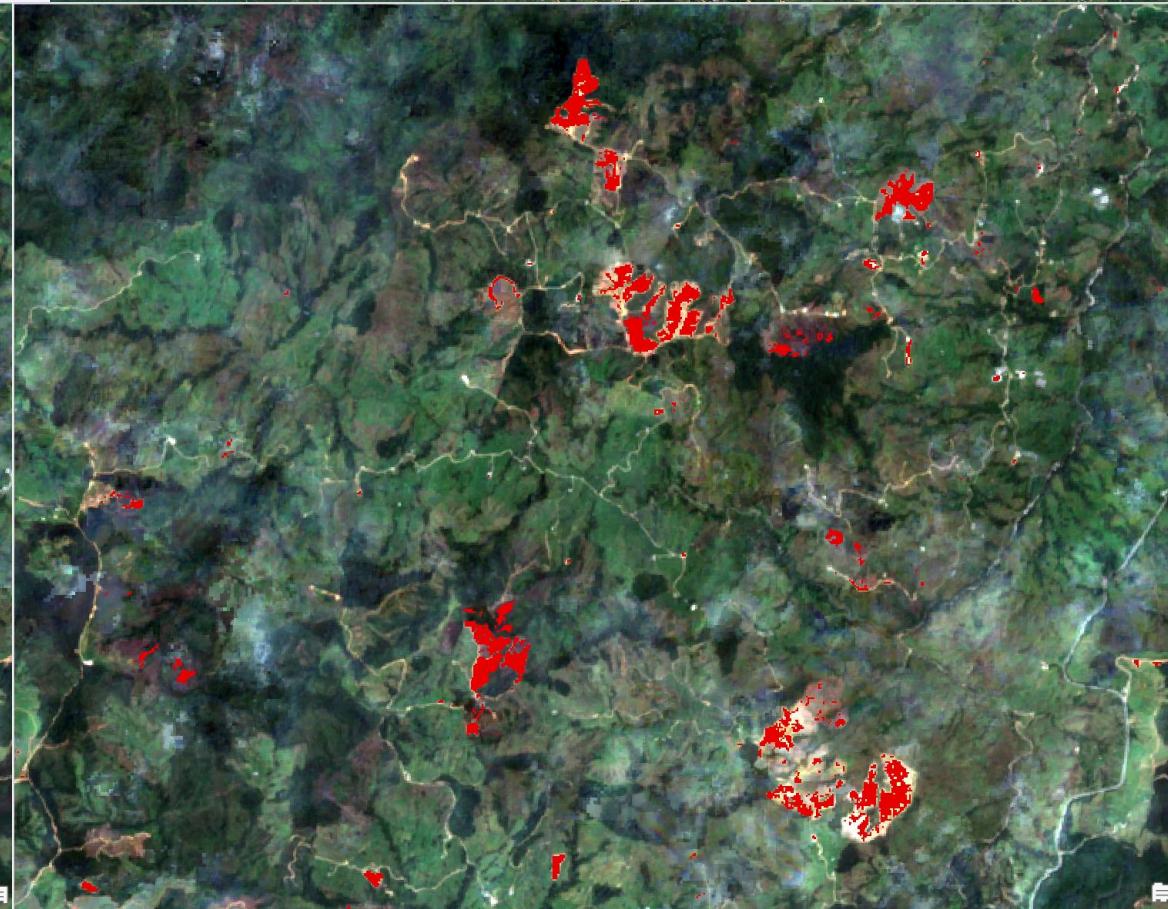
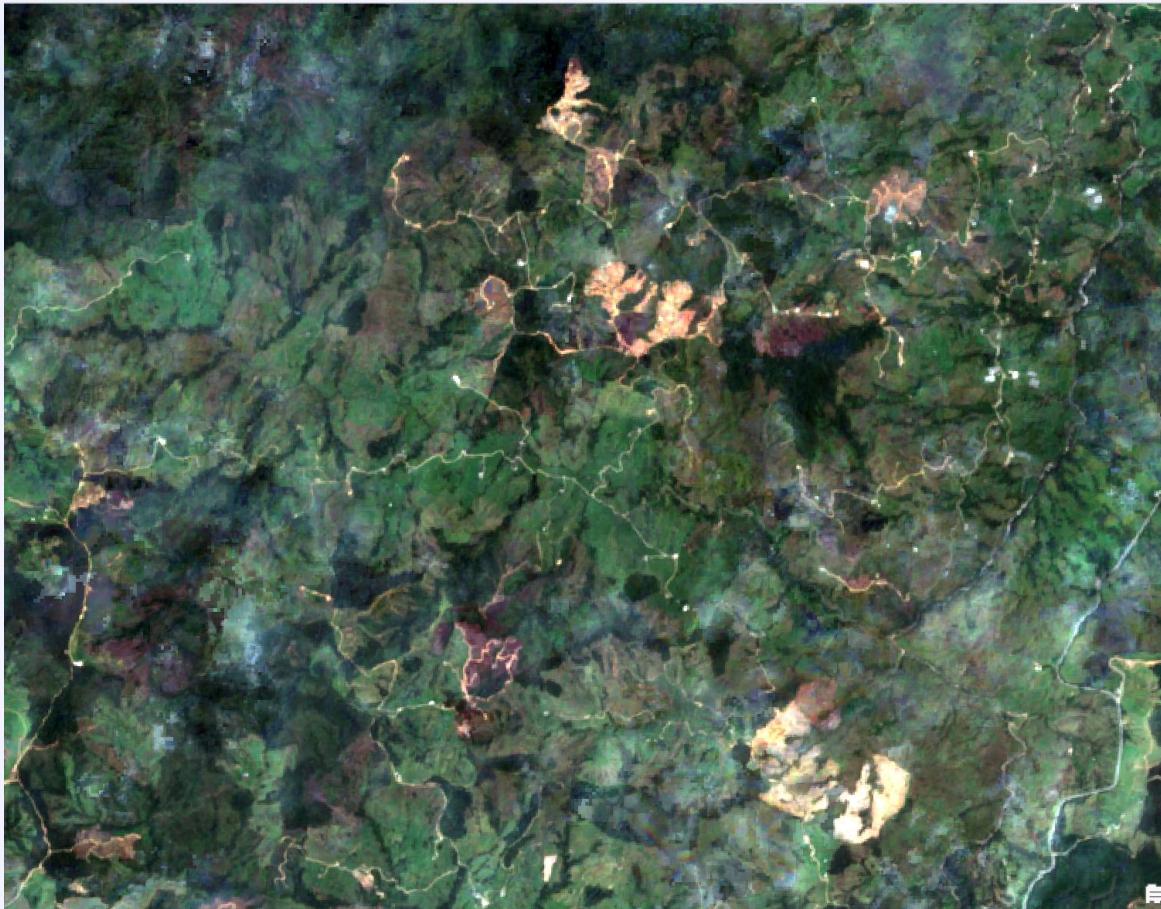
# Indices

## Índice de Suelo Desnudo (BSI)

# Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{B8} - \text{B4}}{\text{B8} + \text{B4}}$$

$$\text{BSI} = \frac{(B11 + B4) - (B8 + B2)}{(B11 + B4) + (B8 + B2)}$$



The screenshot shows the Google Earth Engine (GEE) web interface. The top navigation bar includes the GEE logo, a search bar with placeholder text "Search places and datasets...", and user profile information for "ee-ejferrop".

The left sidebar contains a "Scripts" section with a tree view of available scripts:

- NDVI\_BSL\_V1
- Clasificacion\_LandslideV2
- NDVL\_BSL\_V1
- NDVL\_BSL\_V2
- NDVL\_BSL\_V3
- NDVL\_BSL\_V4
- NDVL\_BSL\_V5
- NDVL\_BSL\_V6
- Eras5
- Erluan
- HIDROMETEOROLOGICO
- Hidrologia
- OTROS
- Precipitacion

The main area displays a script titled "NDVL\_BSL\_V2" with the following code:

```
17 // Función para calcular el NDVI
18 function calculateNDVI(image) {
19   return image.addBands(
20     image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI')
21   );
22 }
23
24 // Función para calcular el BSI
25 function calculateBSI(image) {
26   var b2 = image.select('B2');
27   var b4 = image.select('B4');
28   var b8 = image.select('B8');
29   var b11 = image.select('B11');
30   var bsi = b11.add(b4).subtract(b8.add(b2)).divide(b11.add(b4).add(b8.add(b2))).rename('BSI');
31   return image.addBands(bsi);
32 }
```

To the right of the script editor is the "Inspector", "Console", and "Tasks" panel. The "Tasks" section shows several submitted tasks:

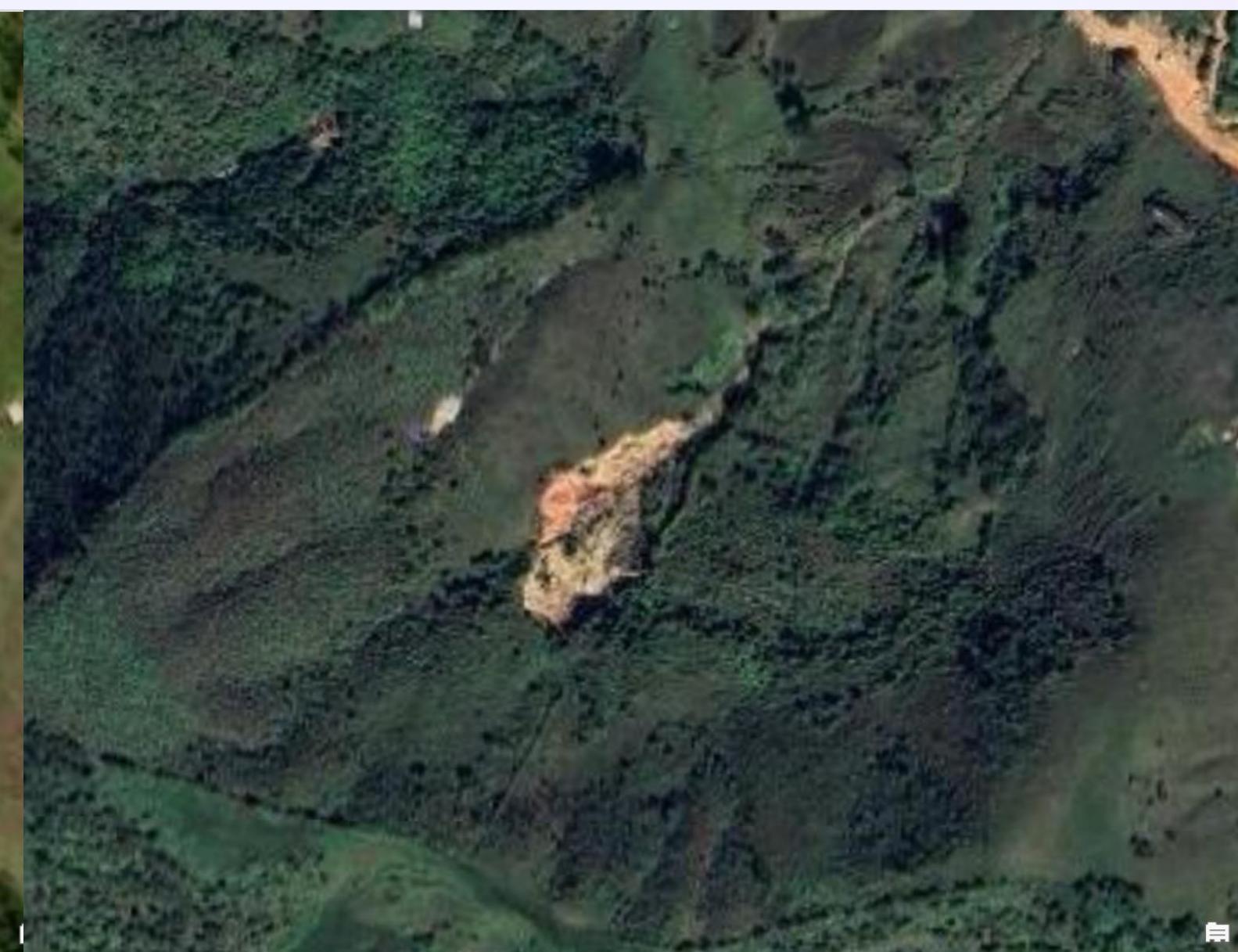
- UNSUBMITTED TASKS
  - NDVI\_Jan\_Feb\_2023
  - BSL\_Jan\_Feb\_2023
  - RGB\_Jan\_Feb\_2023
  - NDVI\_Mar\_Apr\_2025
  - BSL\_Mar\_Apr\_2025
  - RGB\_Mar\_Apr\_2025
- SUBMITTED TASKS
  - NDVI\_Mar\_Apr\_2025
  - BSL\_Mar\_Apr\_2025
  - RGB\_Mar\_Apr\_2025

The bottom half of the screen shows a satellite map of a region in Colombia, specifically the Magdalena River basin. The map includes labels for towns like Mutata, Dabeiba, Frontino, Mande, Urrea, Itagüí, Rionegro, Caldas, Guatape, Puerto Berrio, Puerto Araujo, Puerto Nare, Cimitarra, Landázuri, Oiba, Chimalá, Socorro, San Gil, Banchara, Chocó, Piedecuesta, Chocó, Zapotoca, El Carmen de Chucuri, San Vicente de Chucuri, Oponcito, Yarima, Las Montoyas, Barrancabermeja, Casabe, Sogamoso, El Llanito, and Bogotá. Roads are marked with route numbers 62, 45, and 45A.

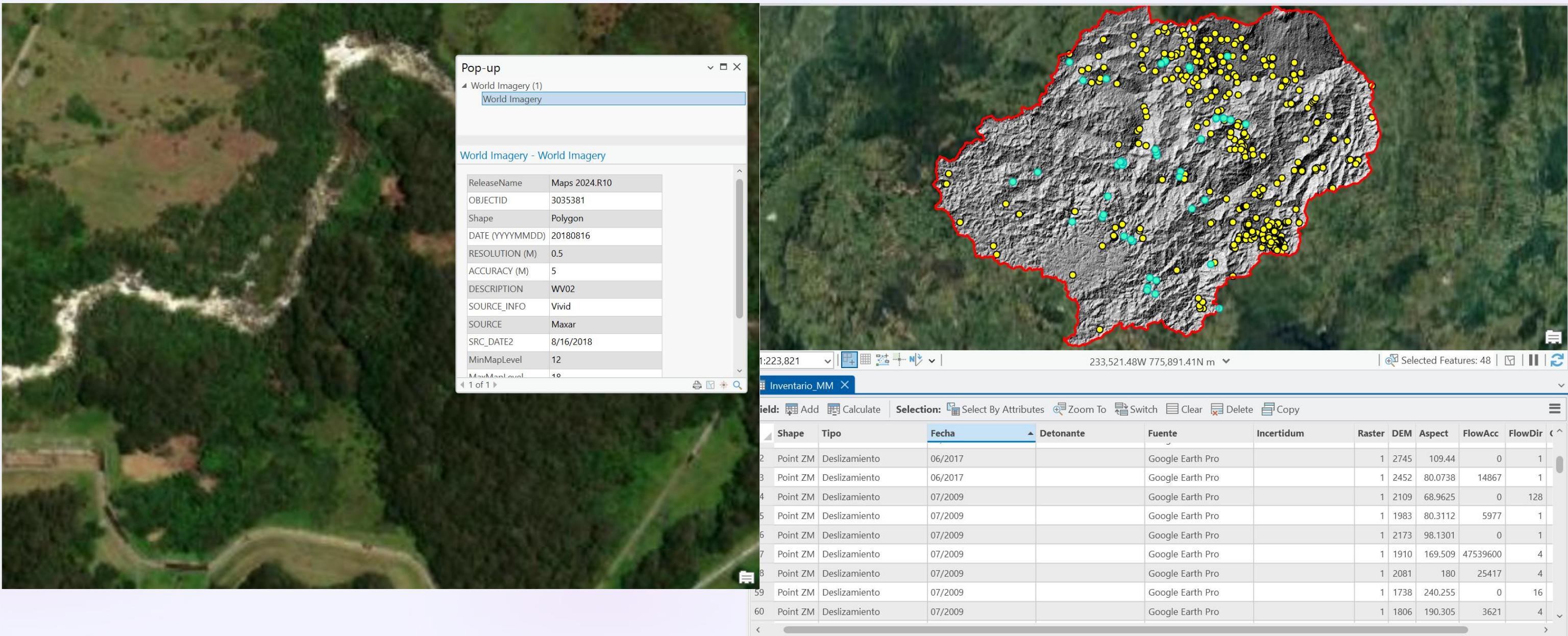
World Imagery  
ESRI 2019



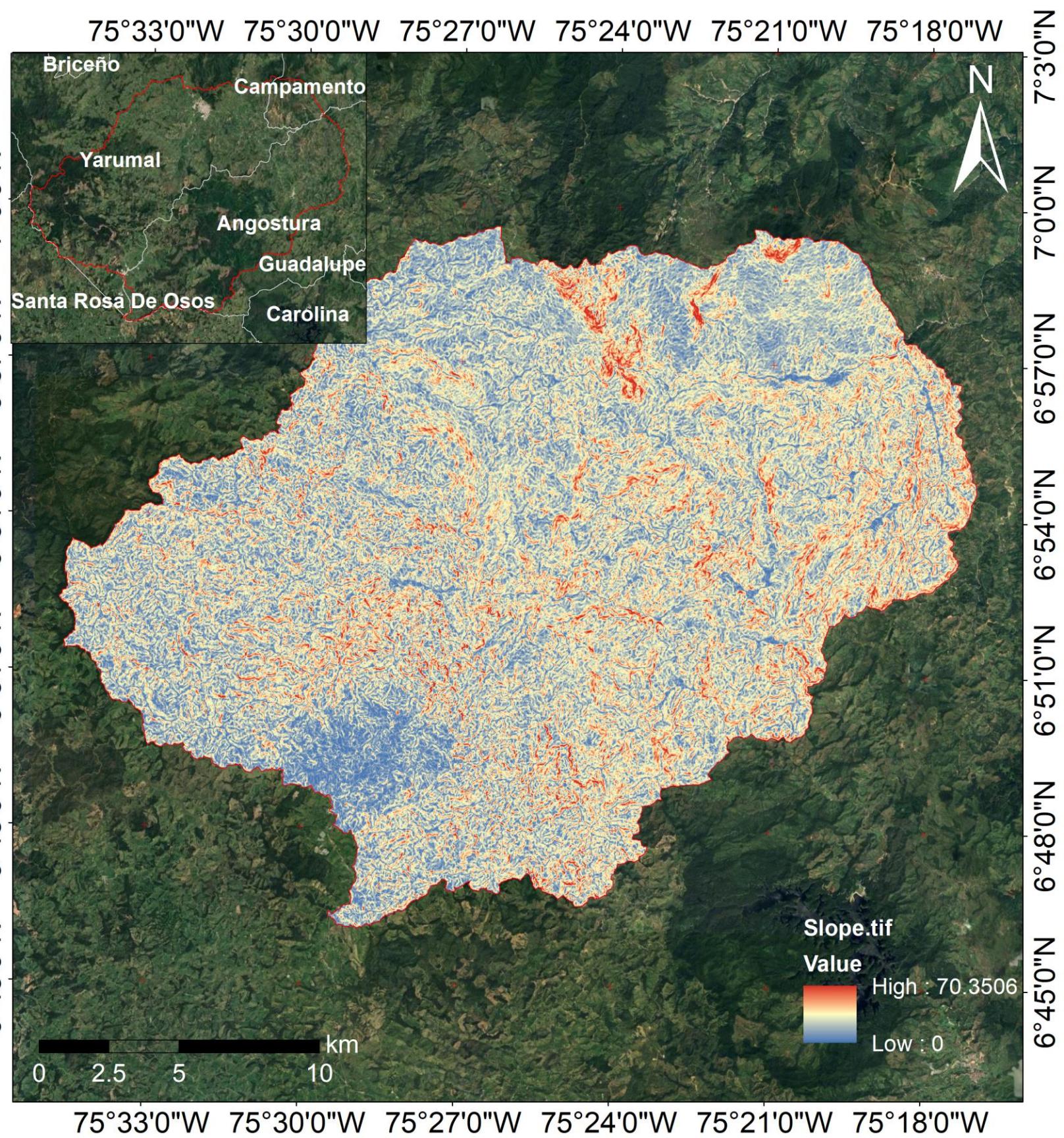
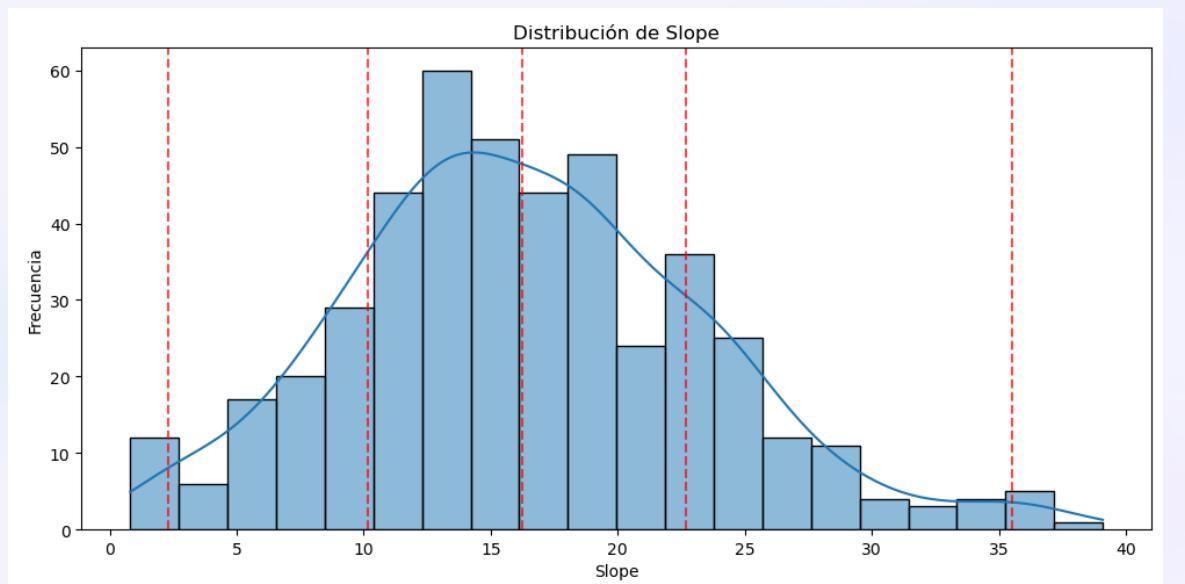
Base Maps Google  
2023



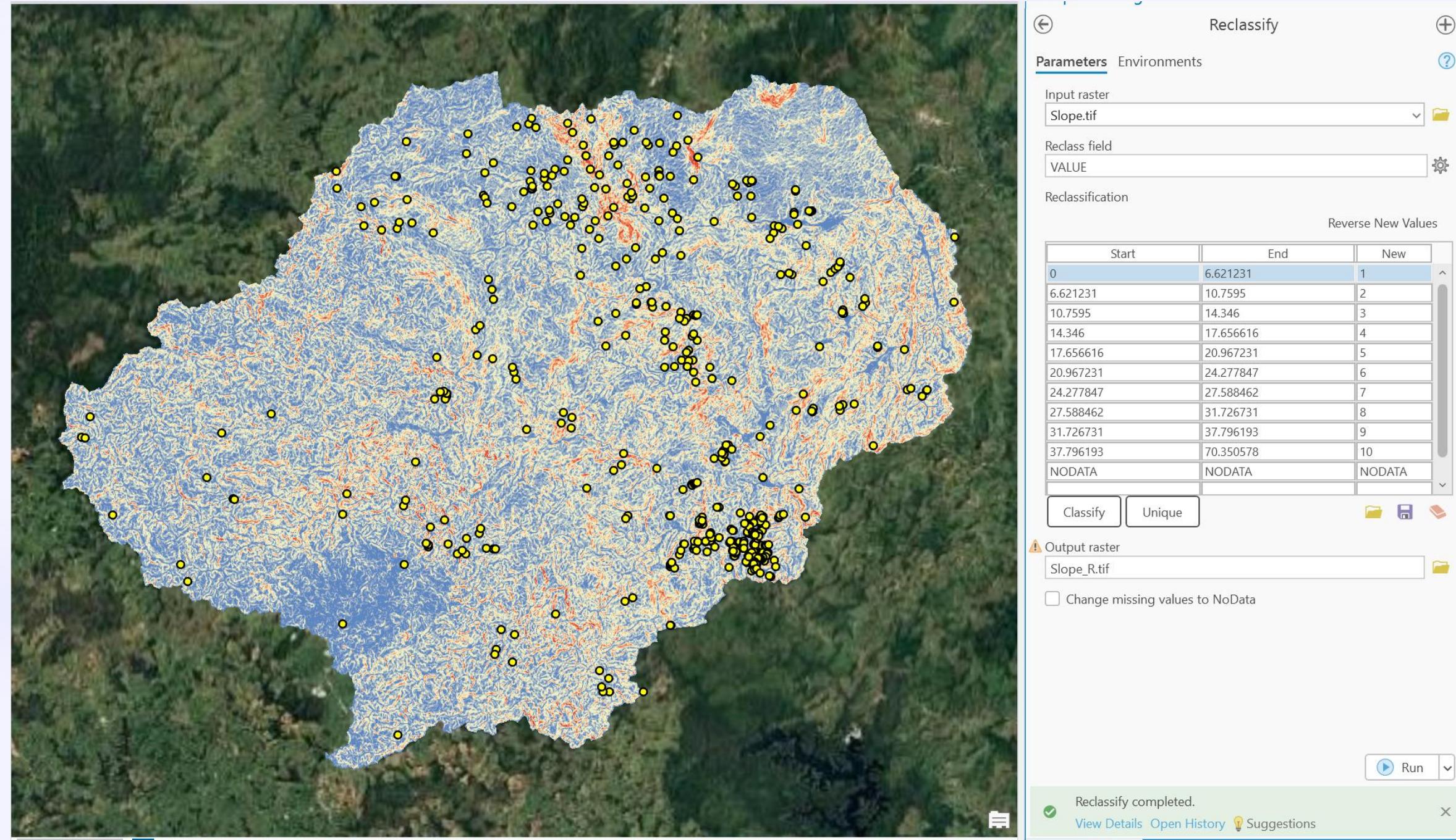
# Geohazard y Base Maps



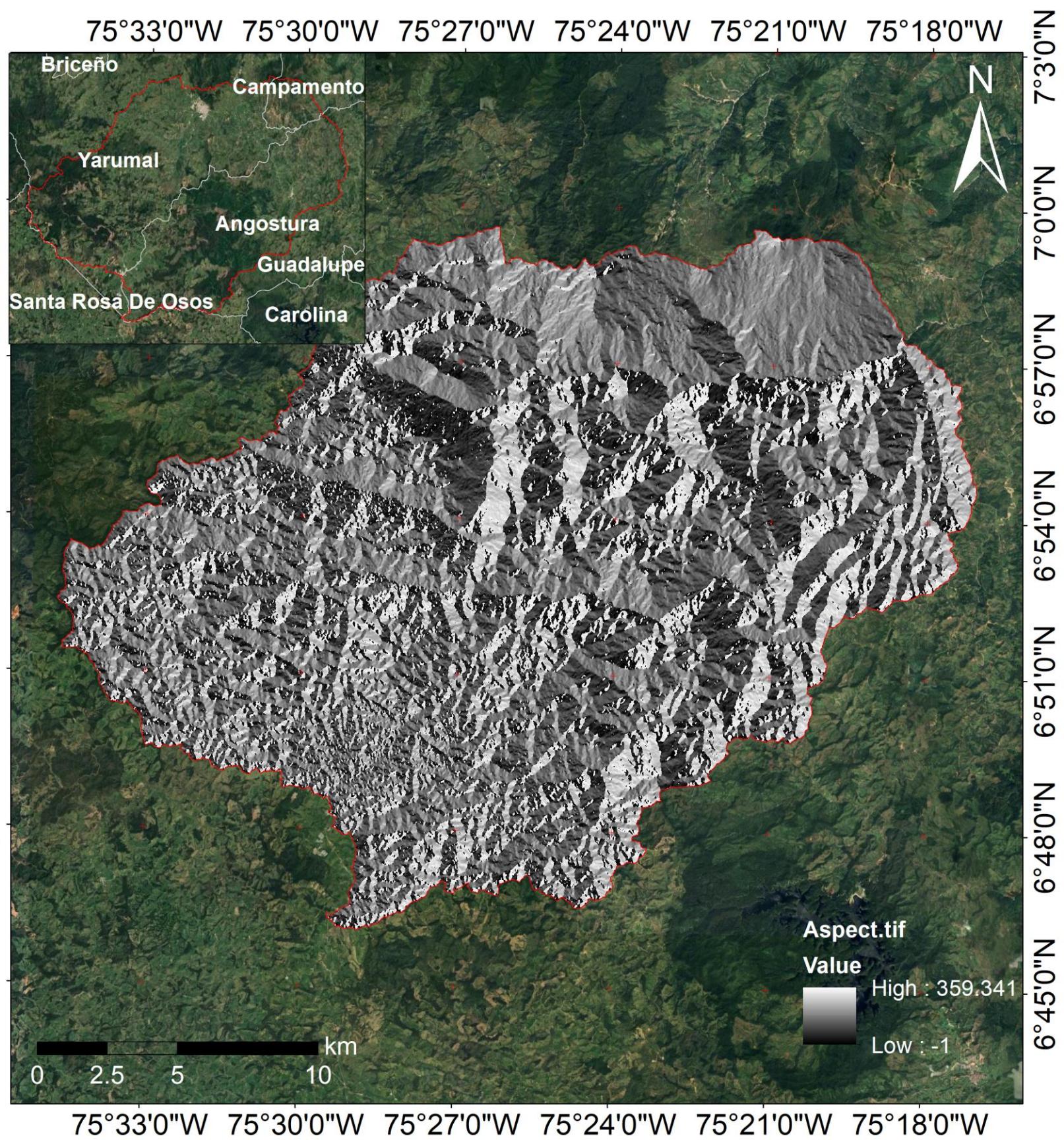
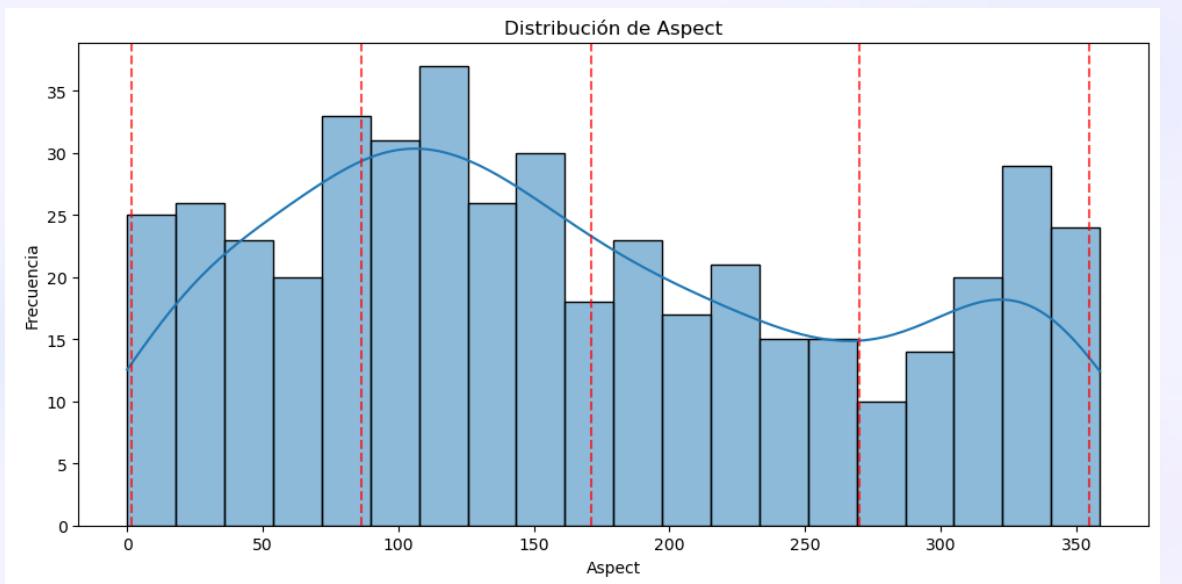
# Slope



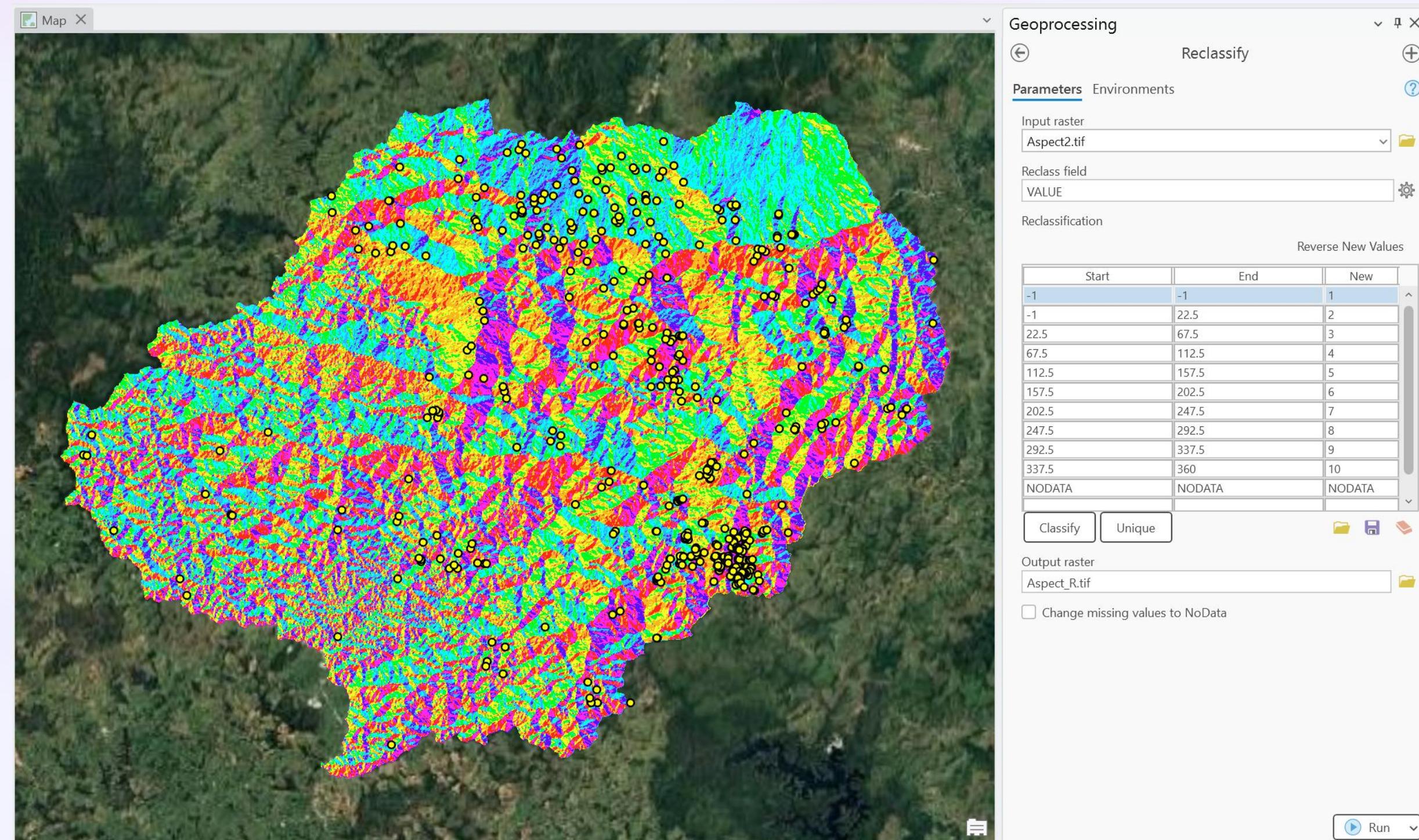
# Slope



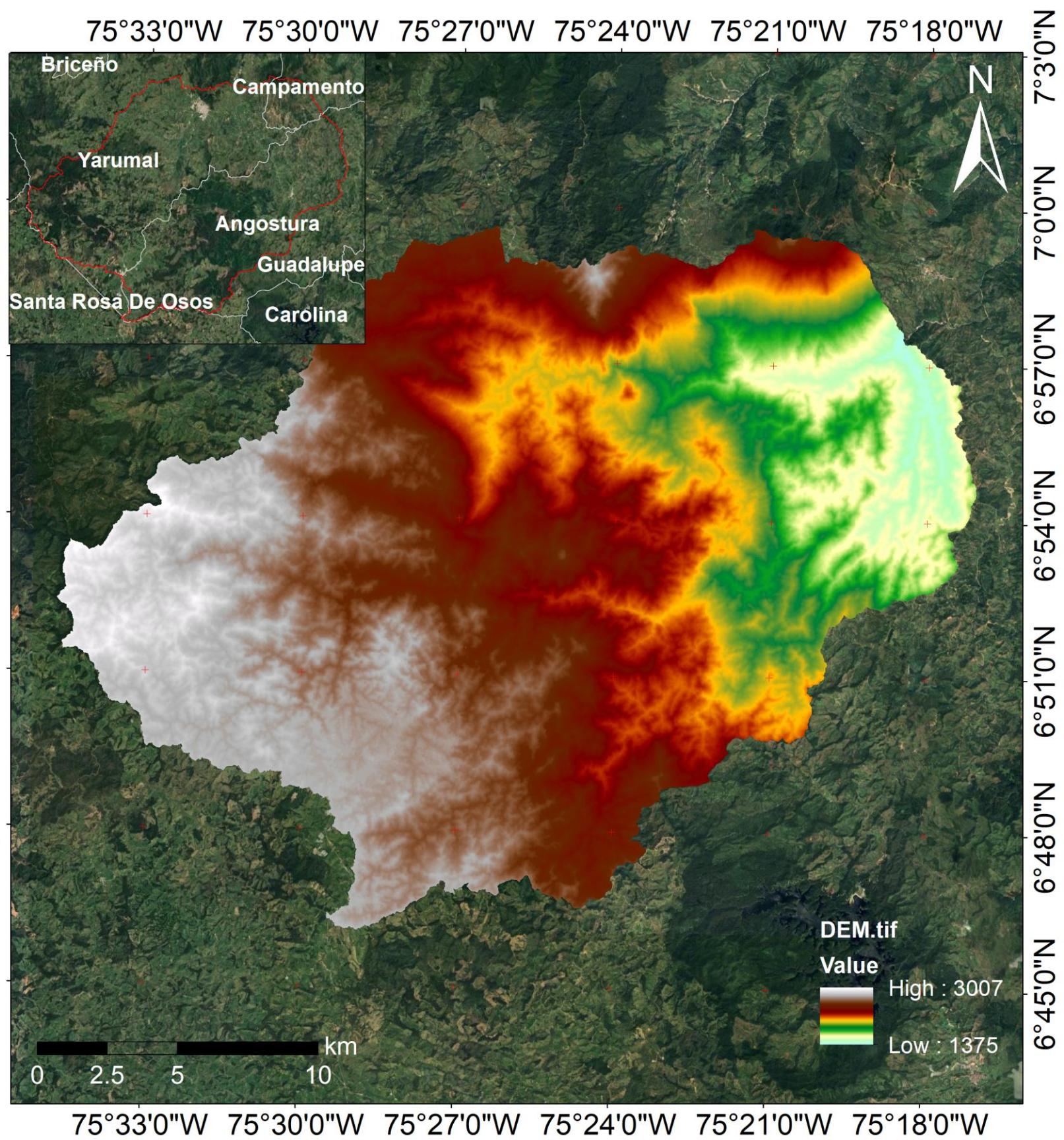
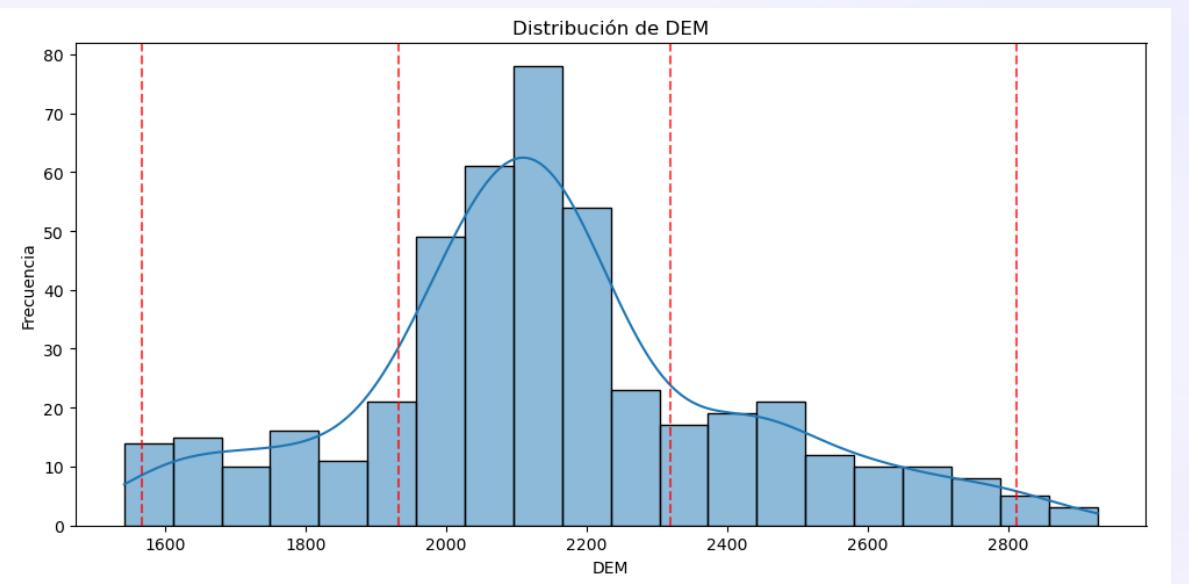
# Aspect



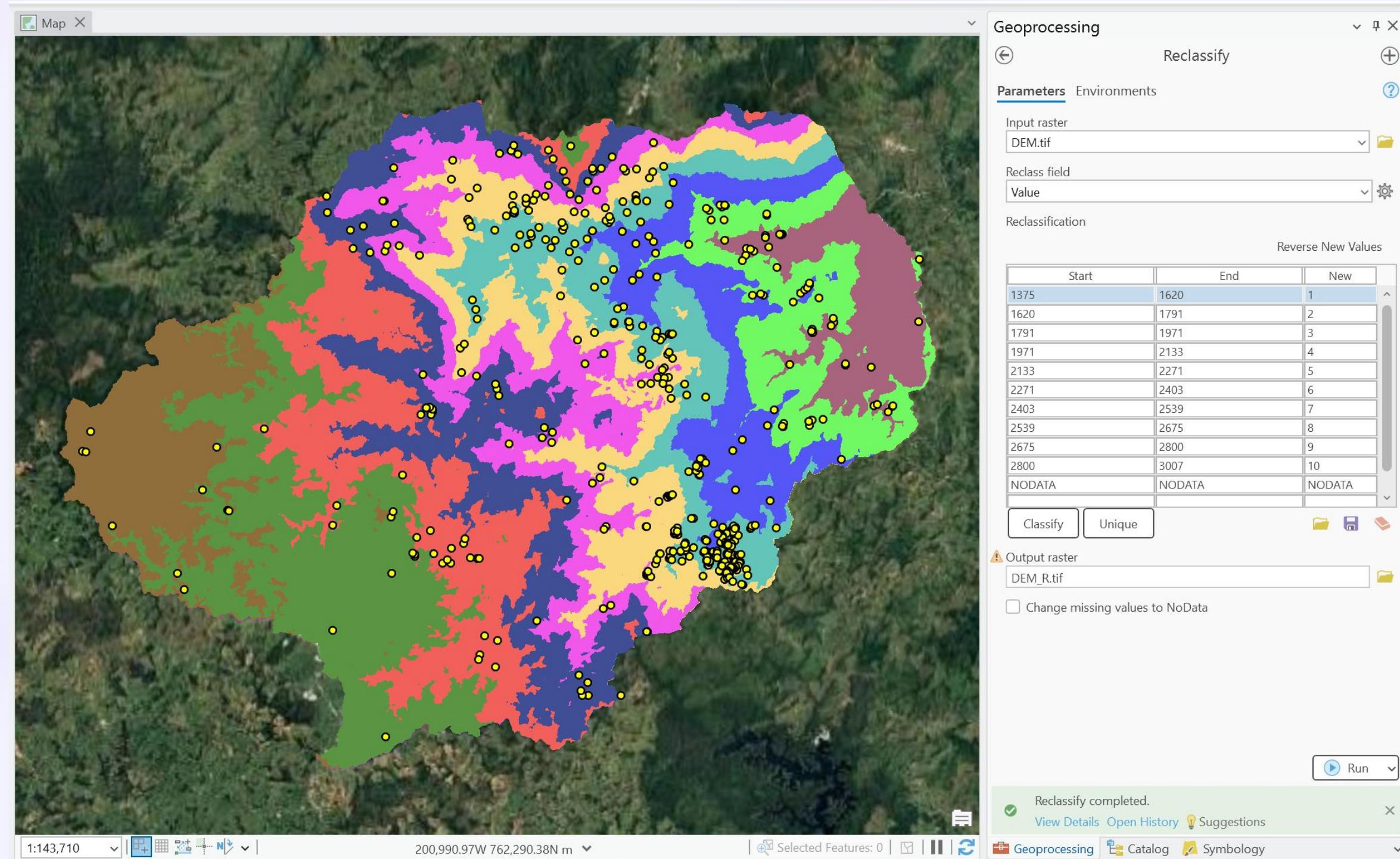
# Aspect



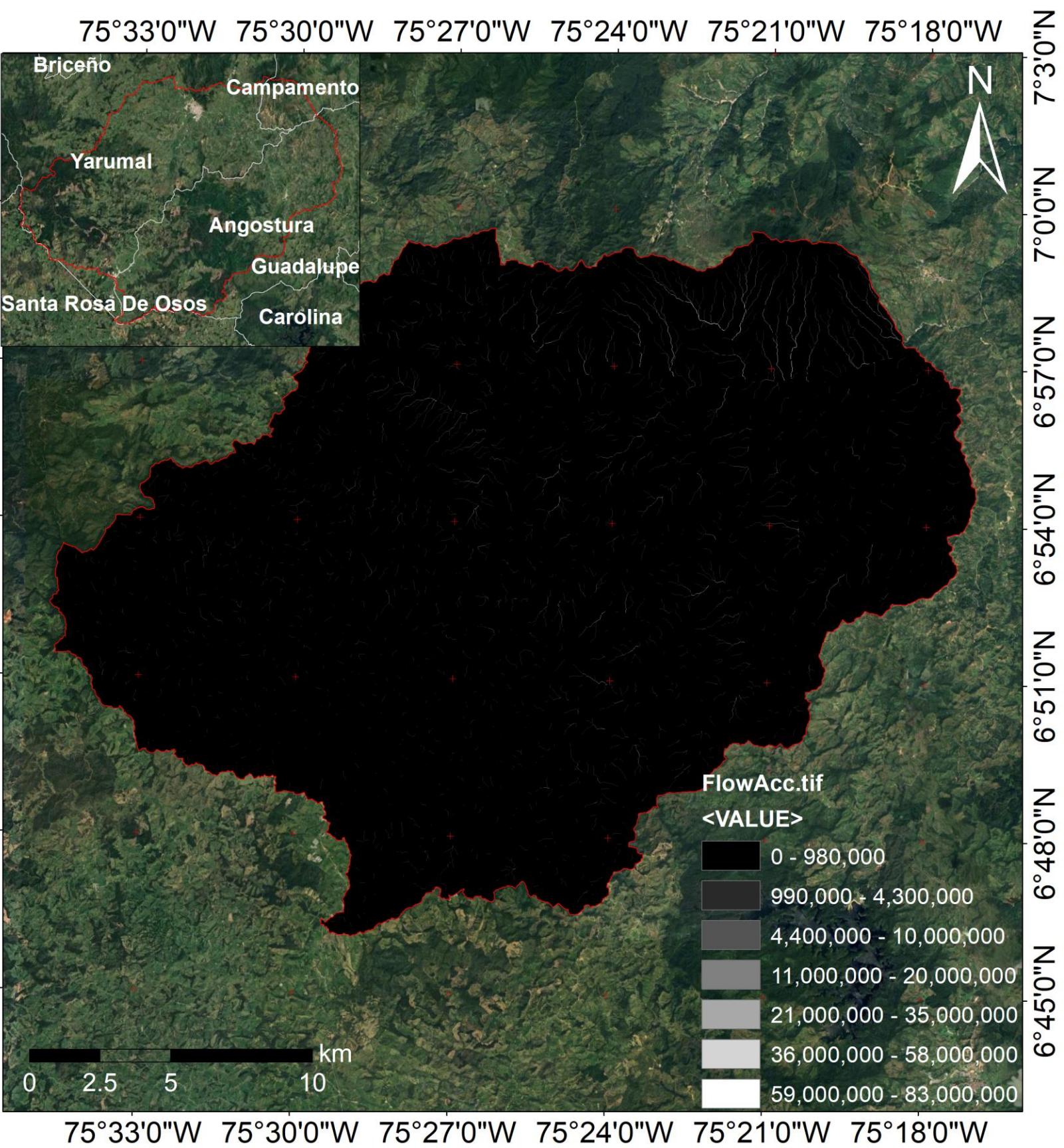
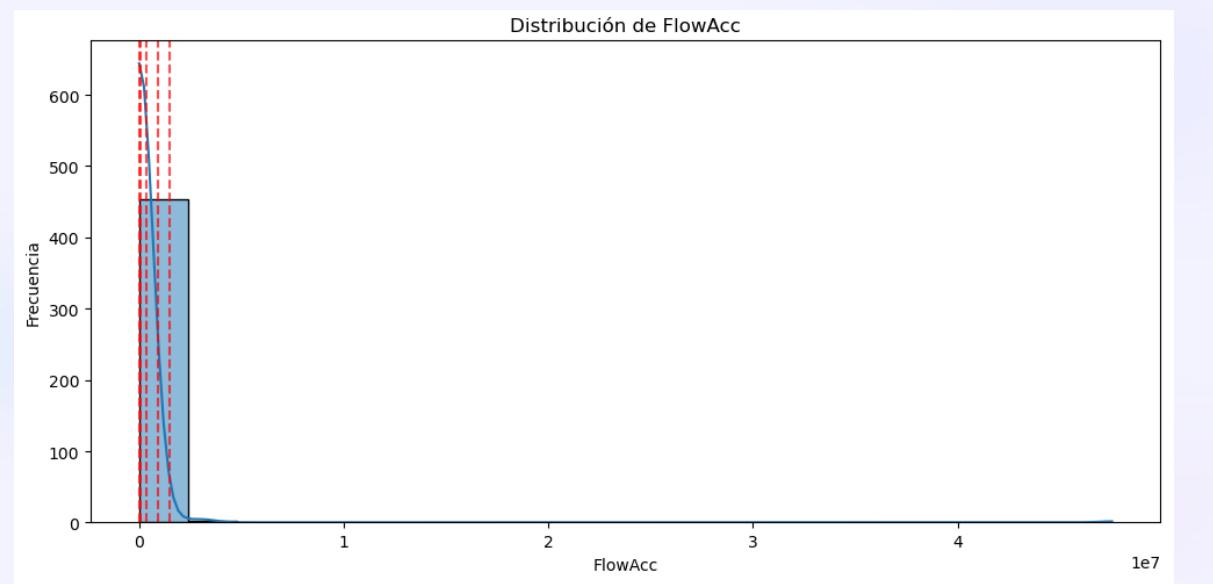
# DEM



# DEM



# Flow Acc



# Flow Acc

Map X

Geoprocessing

Reclassify

Parameters Environments

Input raster: FlowAcc\_3.tif

Reclass field: VALUE

Reclassification

Reverse New Values

Start	End	New
0	1921.568627	2
1921.568627	2313.72549	3
2313.72549	2627.45098	4
2627.45098	3019.607843	5
3019.607843	3509.803922	6
3509.803922	3941.176471	7
3941.176471	4333.333333	8
4333.333333	4666.666667	9
4666.666667	5000	10
NODATA	NODATA	NODATA

Classify Unique

Output raster: FlowAcc\_R.tif

Change missing values to NoData

Run

Reclassify completed.

View Details Open History Suggestions

Geoprocessing Catalog Symbology

Selected Features: 0

1:143,710 229,001.44W 782,670.85N m

# Curvatura Perfil

Map X

Geoprocessing

Reclassify

Parameters Environments

Input raster: Curvatura\_Perfil.tif

Reclass field: VALUE

Reclassification

Reverse New Values

Start	End	New
-15.854307	-12.945015	1
-12.945015	-10.035723	2
-10.035723	-7.126431	3
-7.126431	-4.217138	4
-4.217138	-1.000001	5
-1.000001	1.1	6
1.1	4.510738	7
4.510738	7.420031	8
7.420031	10.329323	9
10.329323	13.238615	10
13.238615	16.147907	11
NODATA	NODATA	NODATA

Classify Unique

Output raster: CurPerfil\_R.tif

Change missing values to NoData

Run

Reclassify completed.

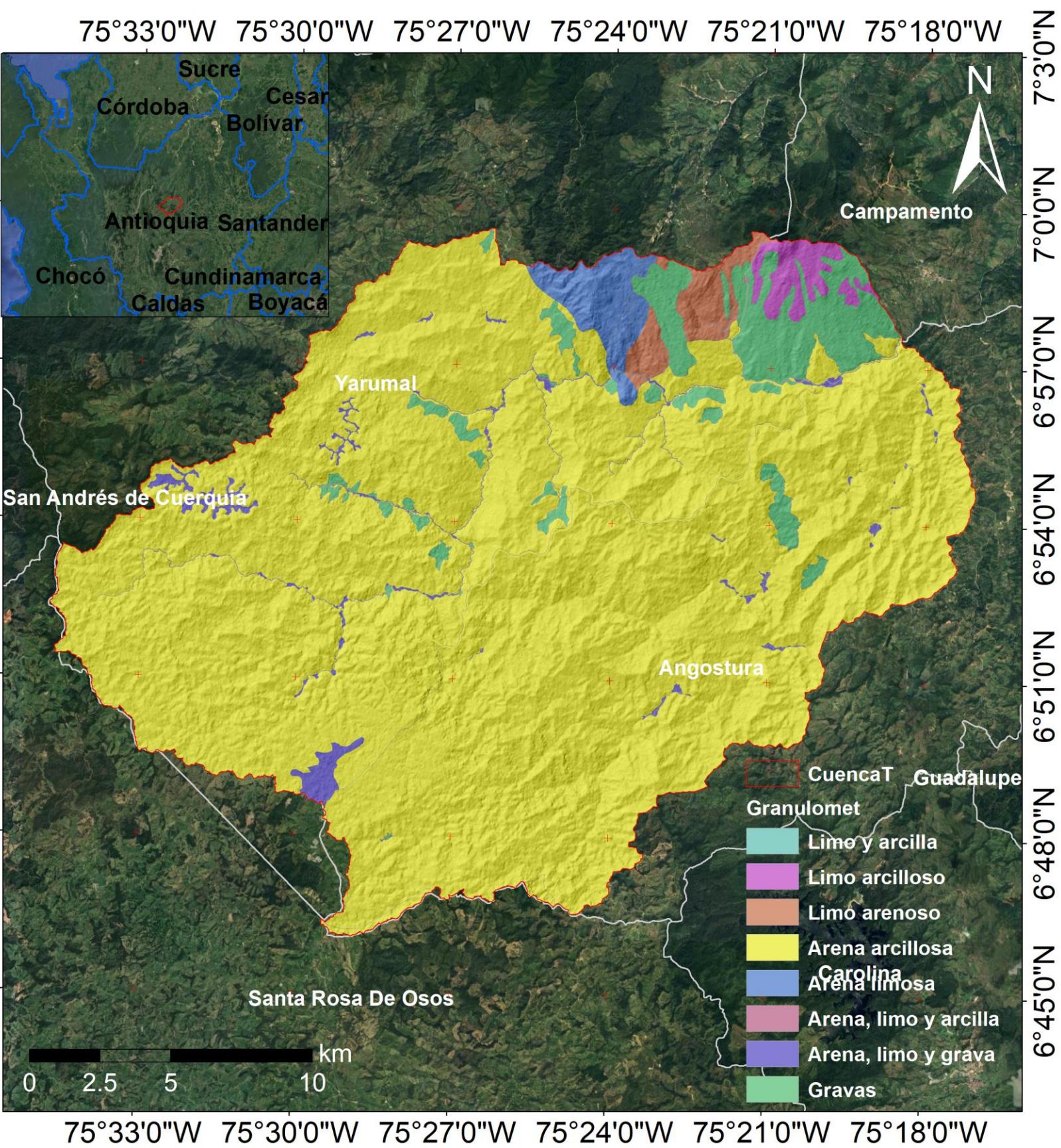
View Details Open History Suggestions

Selected Features: 0

Geoprocessing Catalog Symbology

1:143,710 226,694.70W 780,668.29N m

# Geología



# Suelos

**Entidad:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

**Resumen:** Mapa temático que representa la distribución de las características del suelo, determinadas mediante el levantamiento general de suelos del departamento de Antioquia a escala 1:100.000, publicado el año 2004. Suministra información importante acerca del recurso suelo, a través de la descripción e interpretación de sus ambientes edafogenéticos, sus características físicas, químicas, mineralógicas y morfológicas, su taxonomía y distribución espacial, como base para la determinación de sus potenciales productivos, describiendo las limitantes de uso. Este producto es generado por la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, para el departamento de Antioquia a escala 1:100.000.

**Nivel de detalle:** 1:100.000

**Fecha de Elaboración:** 01-01-2004

**Licencia:** [CC BY 4.0](#)

## LITOLOGÍA

- Cenizas volcánicas depositadas sobre coluviones y aluviones heterogéneos
- Cuerpo de agua
- Depósitos aluviales heterogéneos y cenizas volcánicas
- Depósitos heterométricos mixtos coluviales y coluvio-aluviales
- Rocas metamórficas (esquistos)
- Rocas ígneas (cuarzodioritas y granodioritas) y depósitos de cenizas volcánicas
- Rocas ígneas (granitos, cuarzo dioritas, granodioritas) con cobertura discontinua de cenizas volcánicas
- Rocas ígneas plutónicas máficas (gabros)
- Sedimentos heterogéneos mixtos coluvio-aluviales recientes
- Zona urbana

# Suelos

## LITOLOGÍA

Cenizas volcánicas depositadas sobre coluviones y aluviones heterogéneos

Cuerpo de agua

Depósitos aluviales heterogéneos y cenizas volcánicas

Depósitos heterométricos mixtos coluviales y coluvio-aluviales

Rocas metamórficas (esquistos)

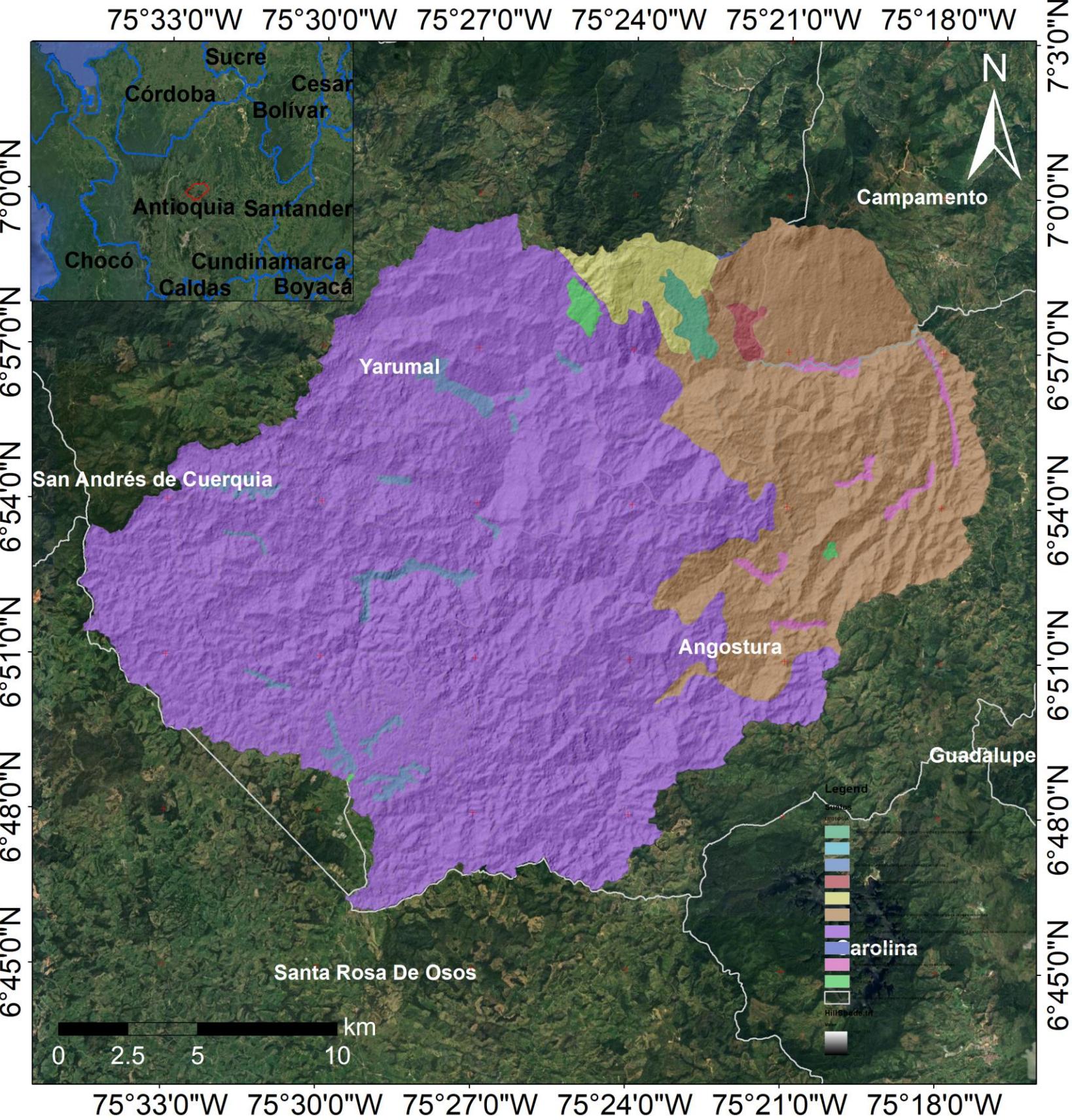
Rocas ígneas (cuarzodioritas y granodioritas) y depósitos de cenizas volcánicas

Rocas ígneas (granitos, cuarzo dioritas, granodioritas) con cobertura discontinua de cenizas volcánicas

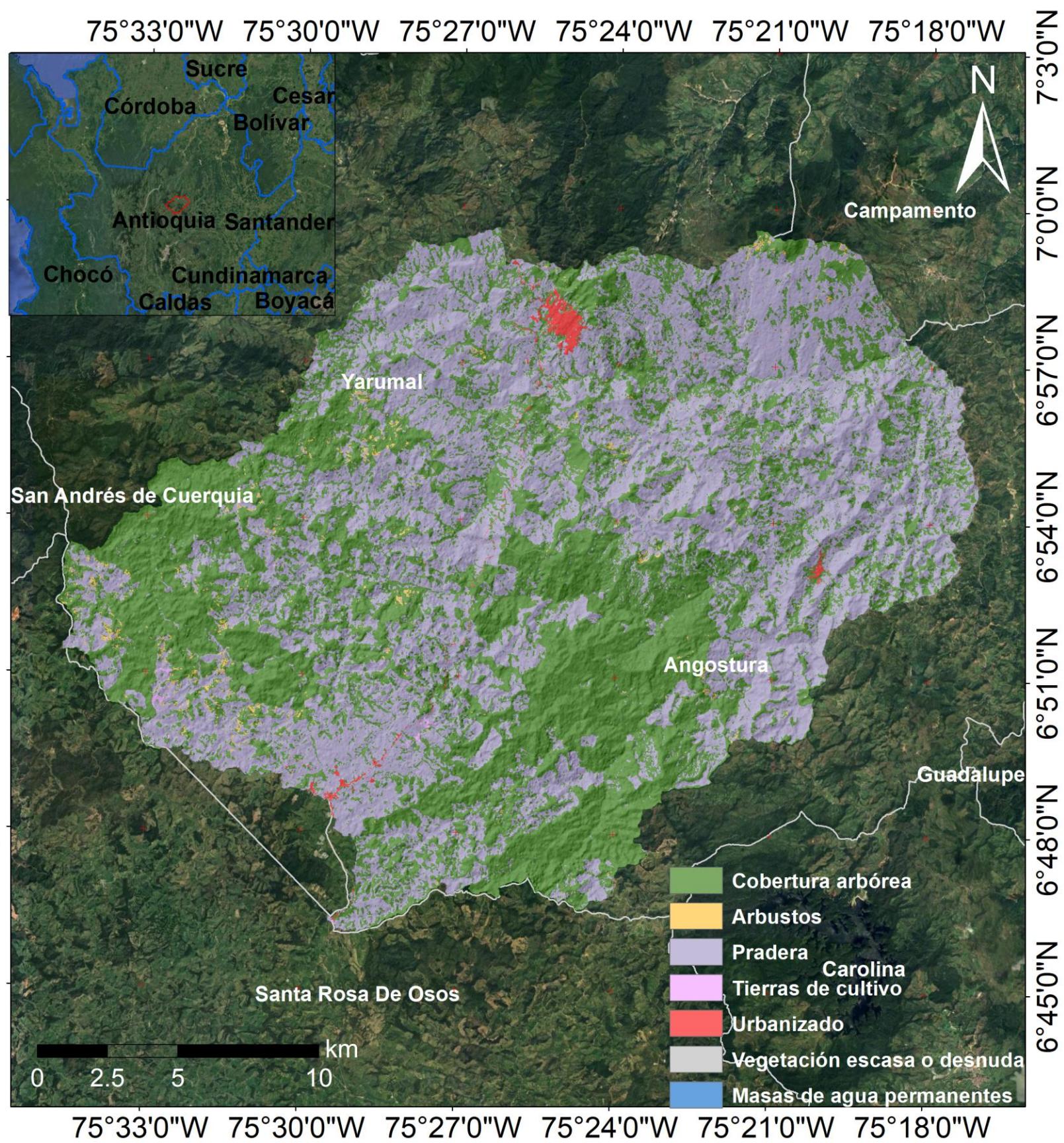
Rocas ígneas plutónicas máficas (gabros)

Sedimentos heterogéneos mixtos coluvio-aluviales recientes

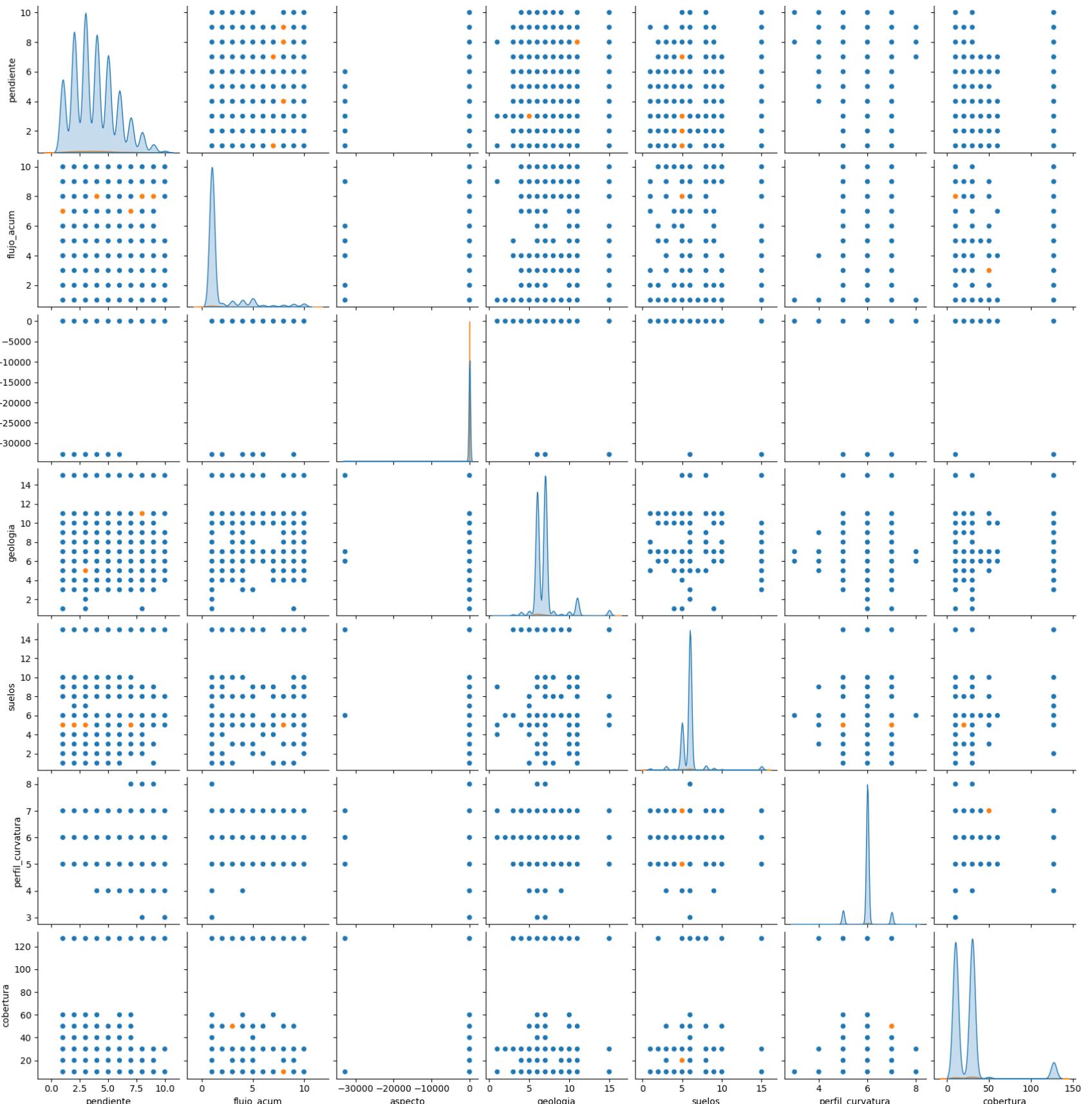
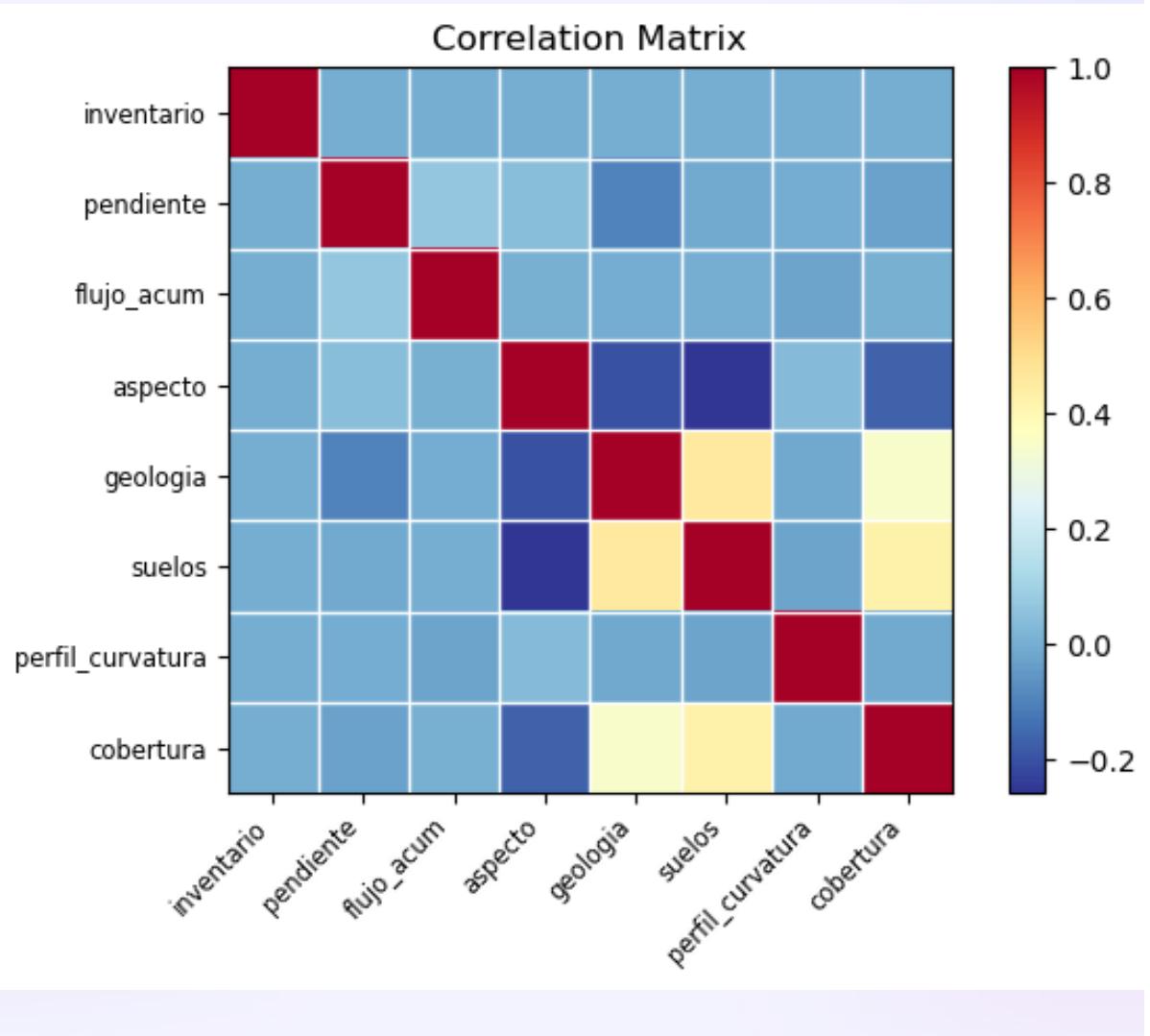
Zona urbana



# Coberturas

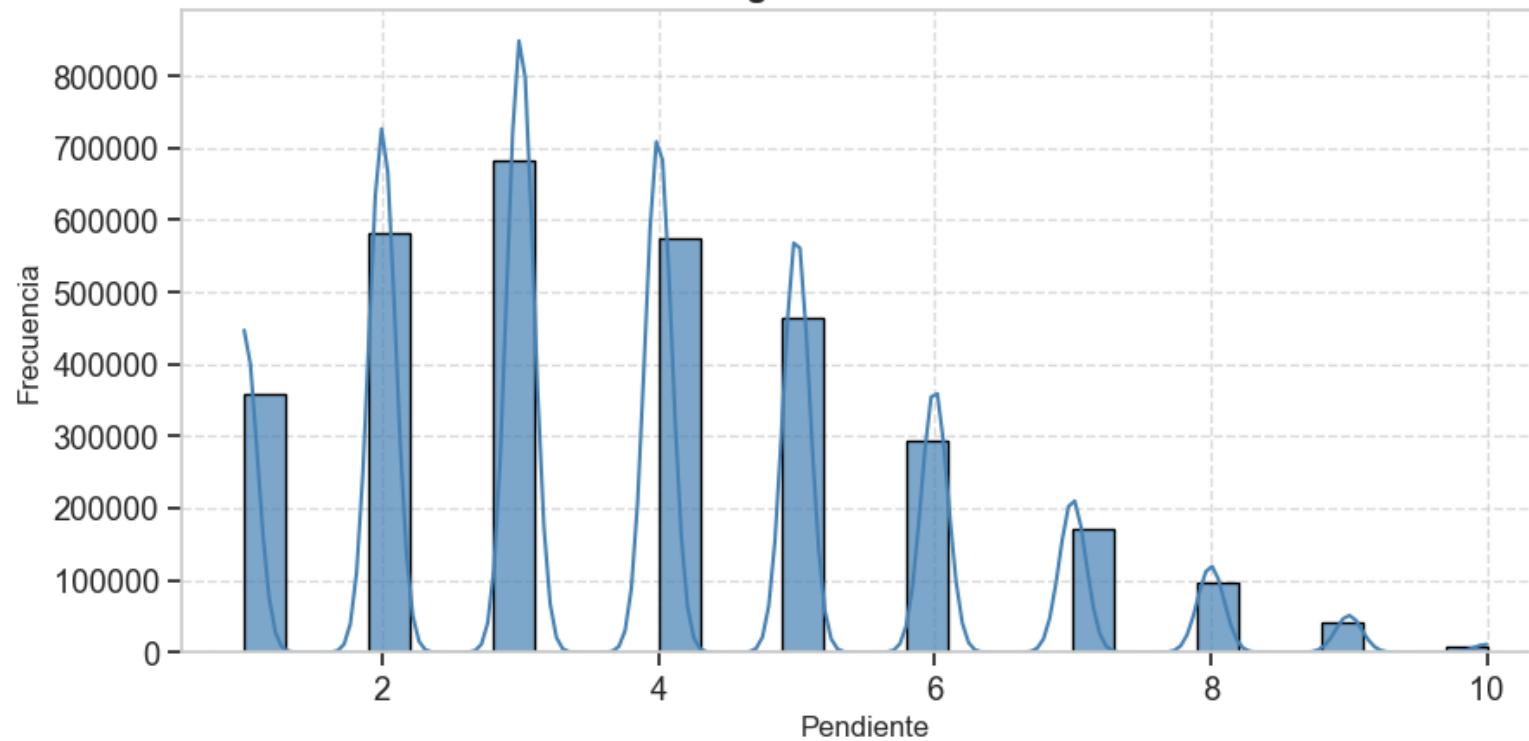


# Análisis de todas las variables

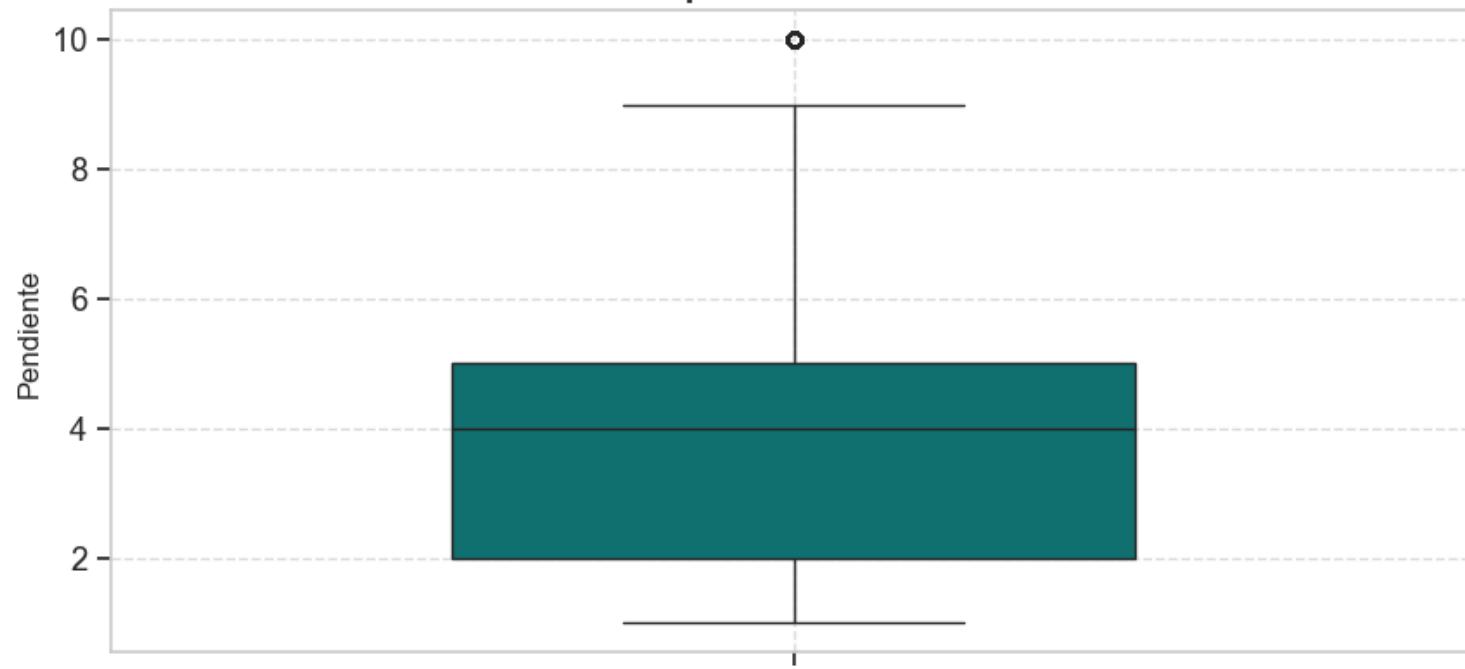


# Análisis Estadístico de Pendiente

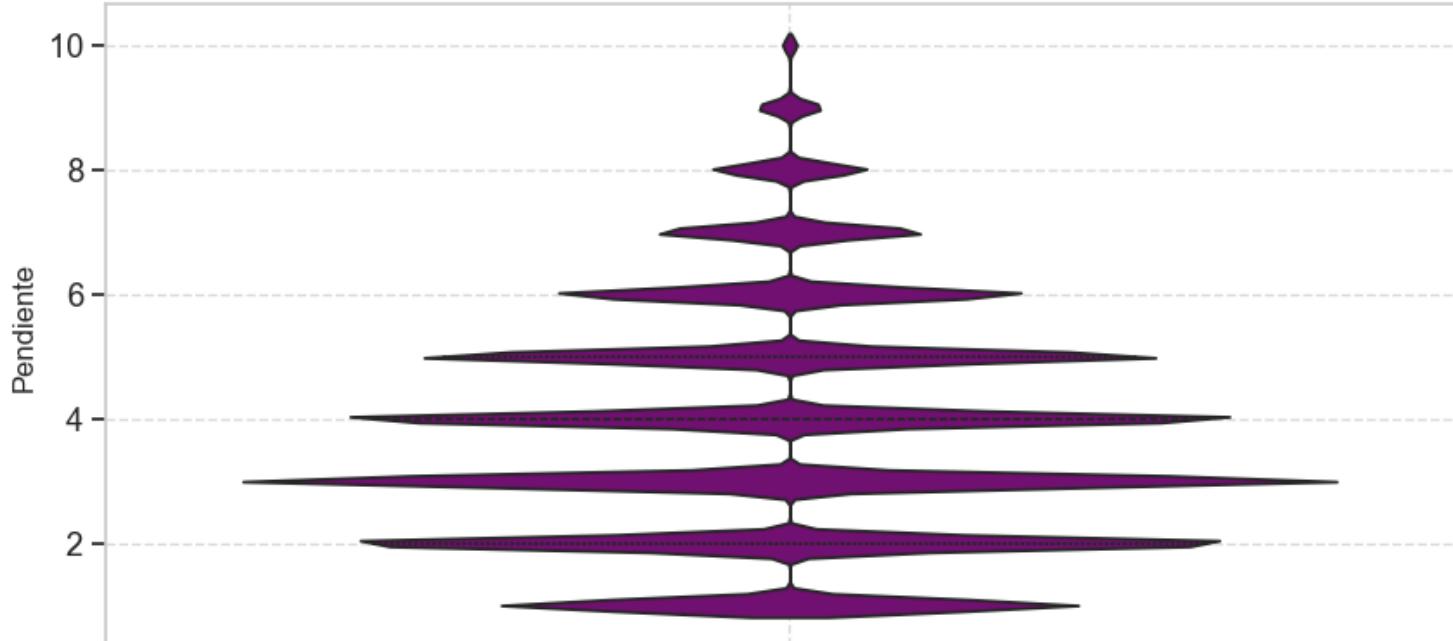
## Histograma de Pendiente



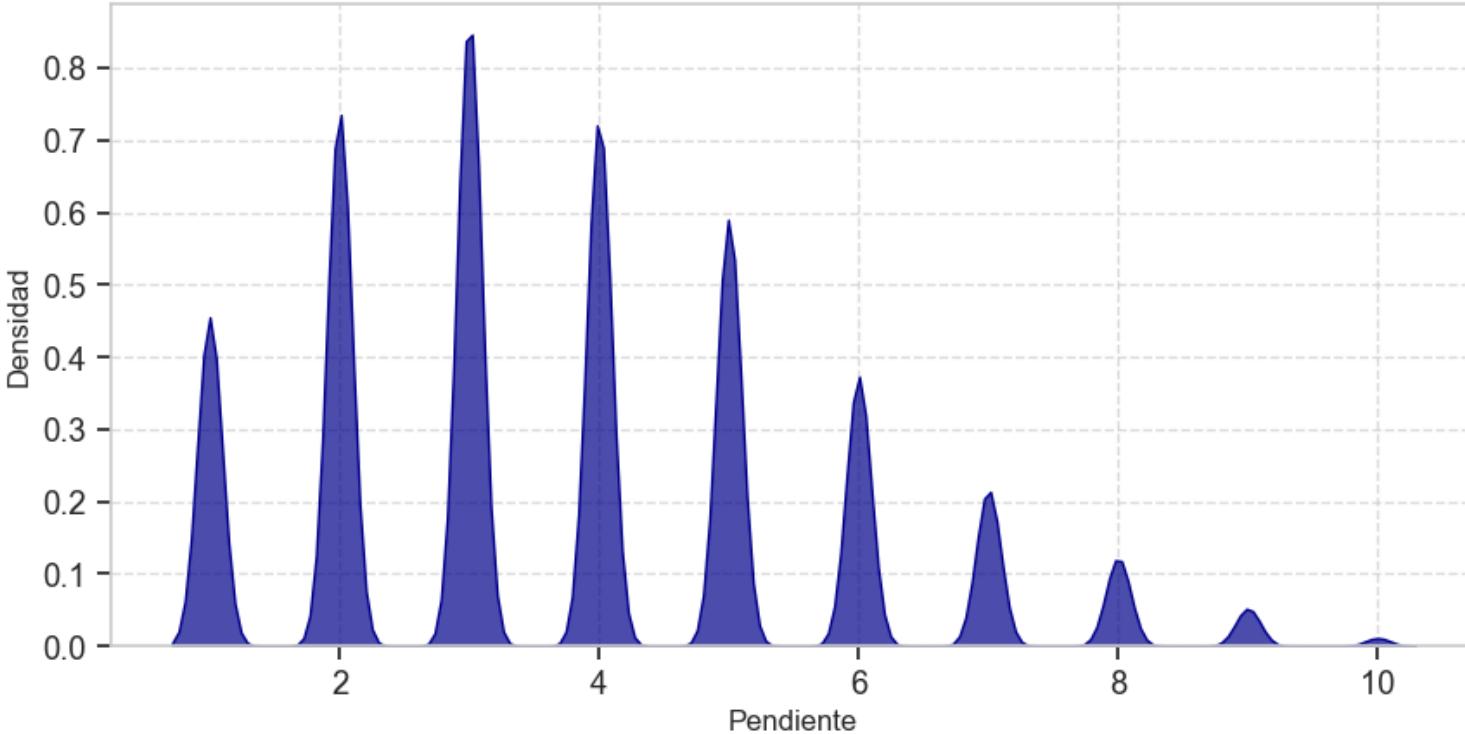
## Boxplot de Pendiente



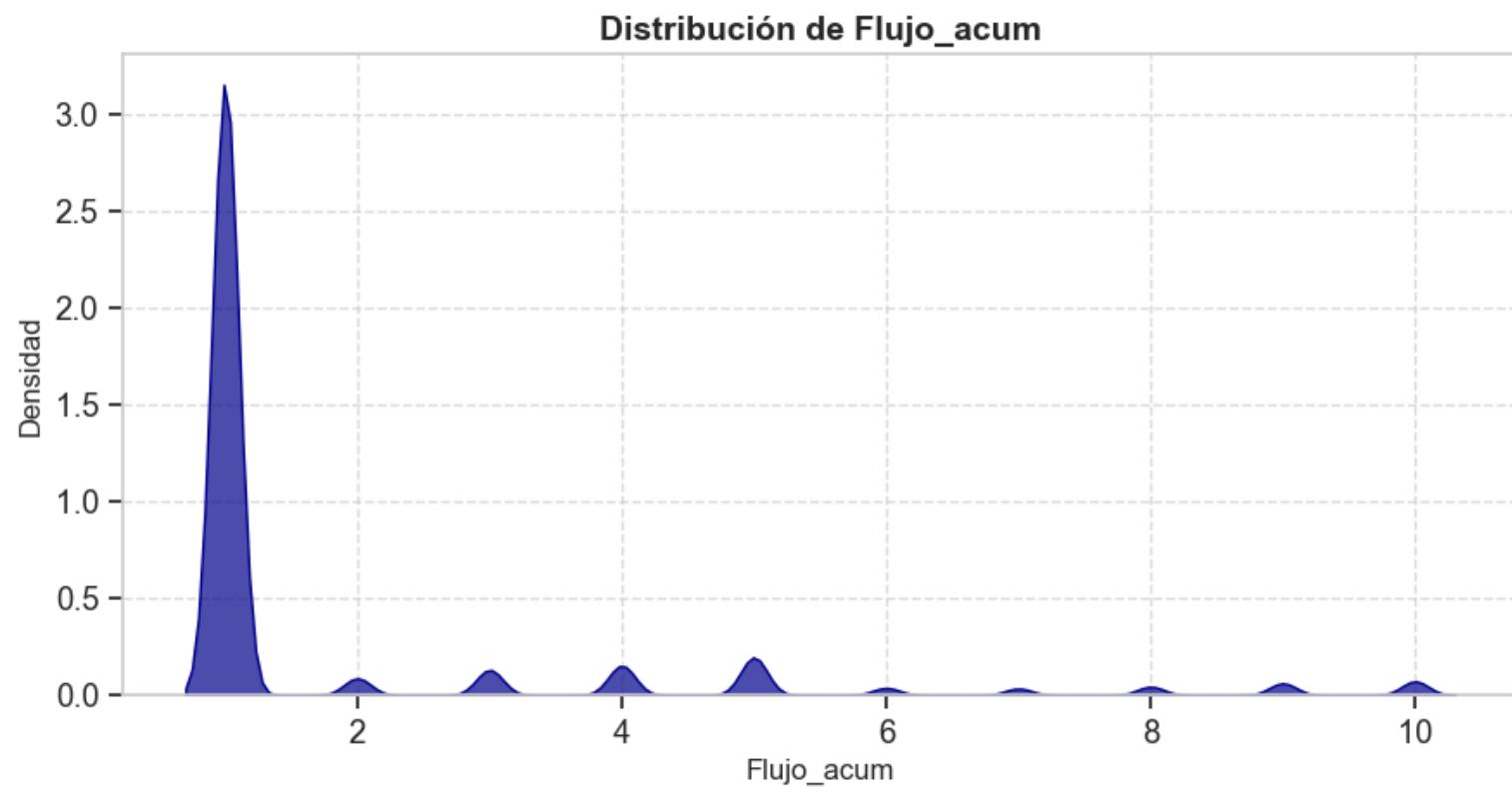
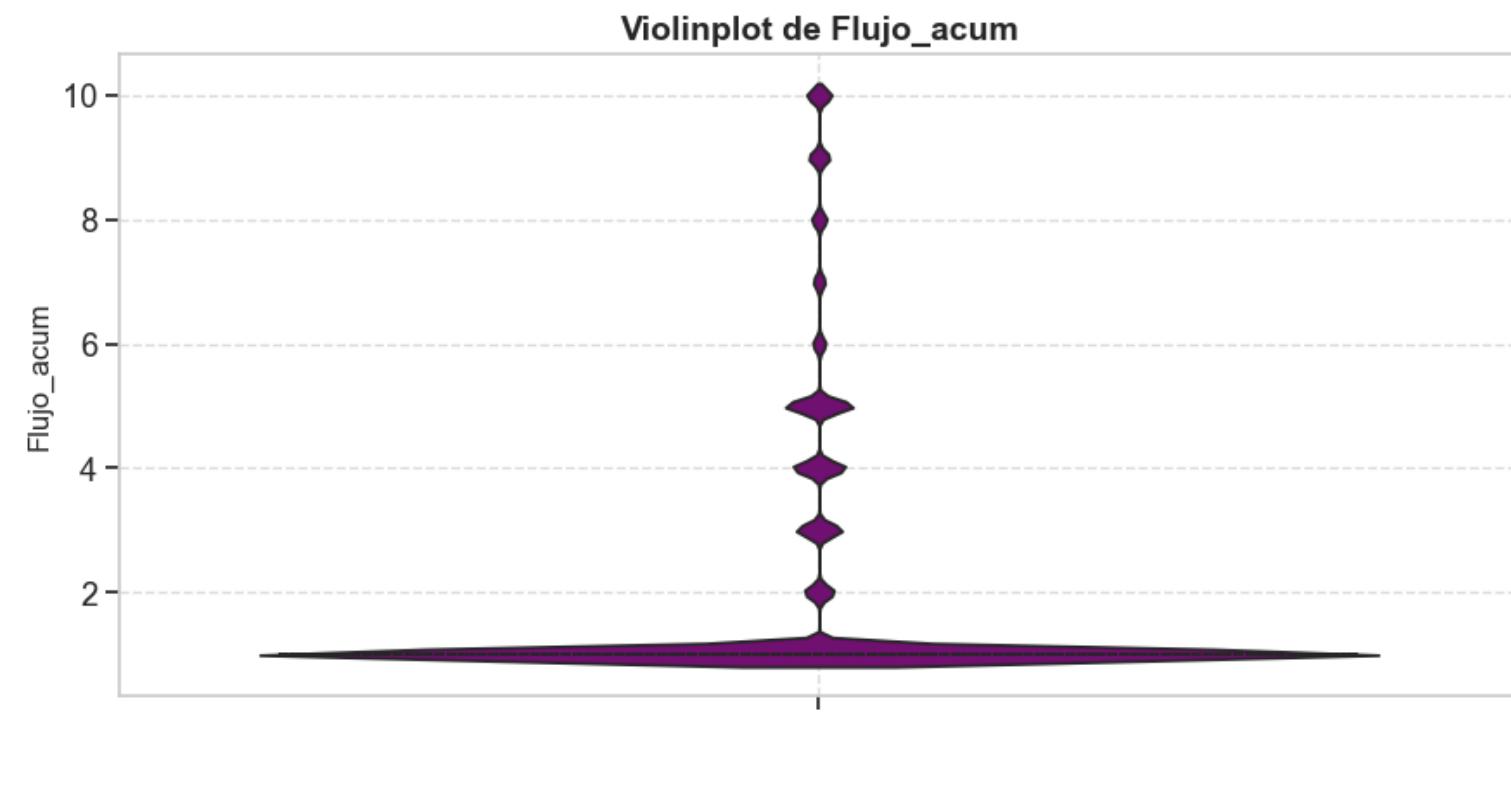
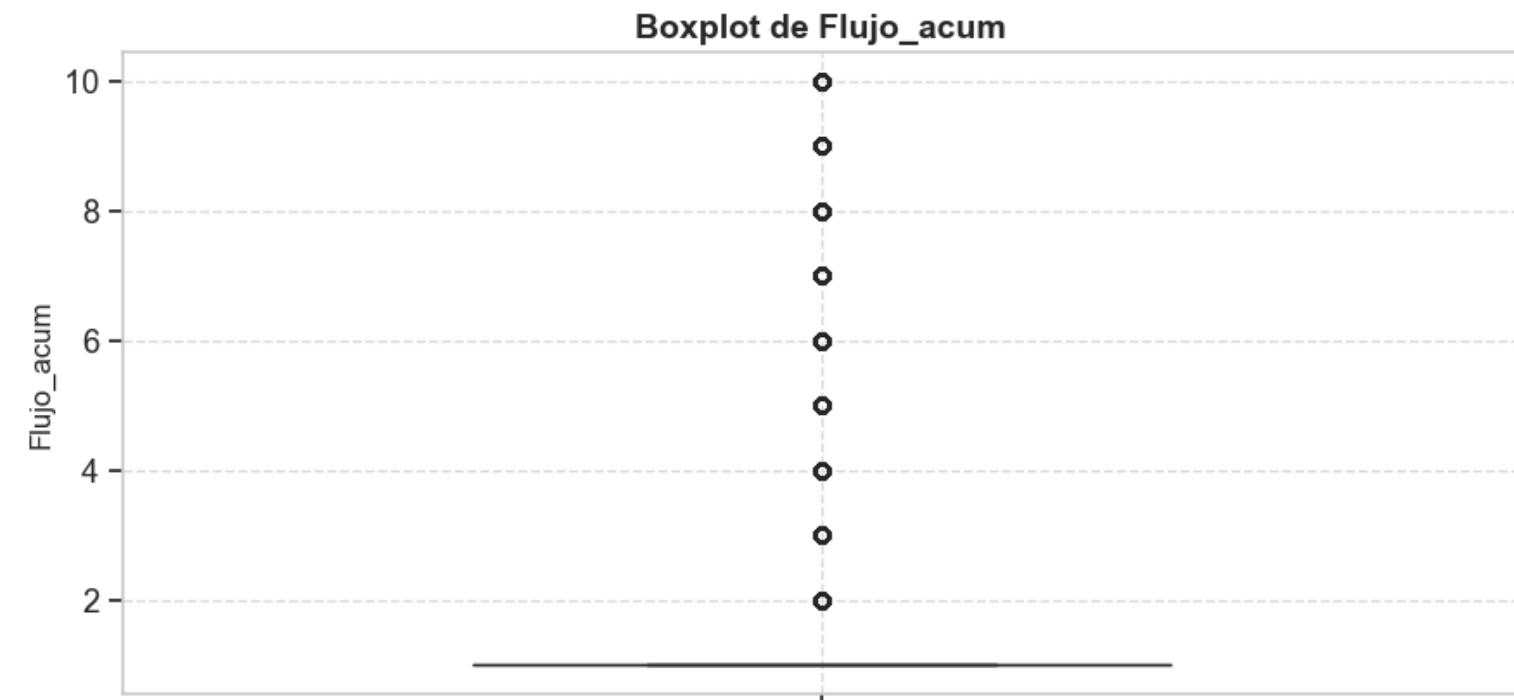
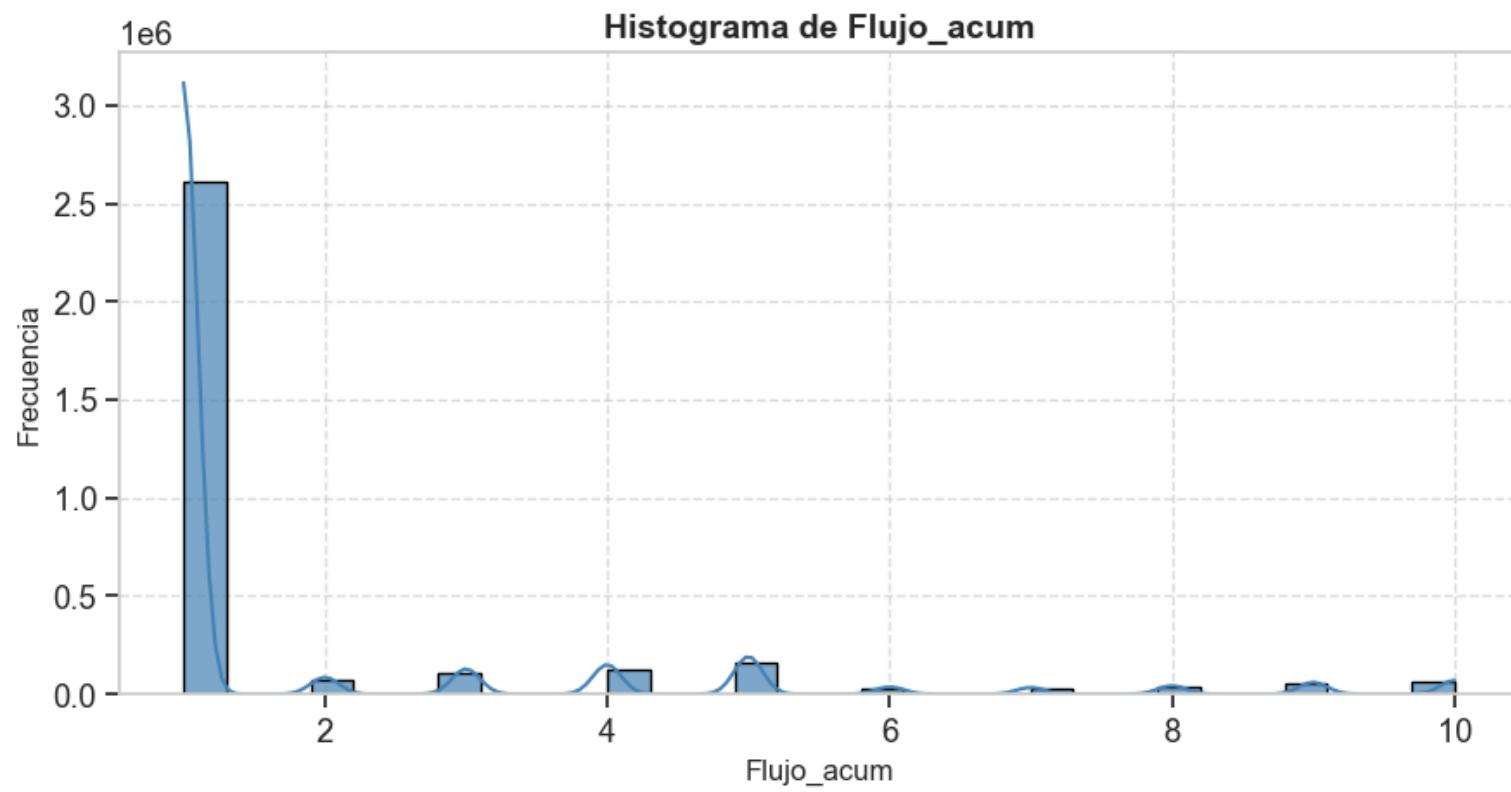
## Violinplot de Pendiente



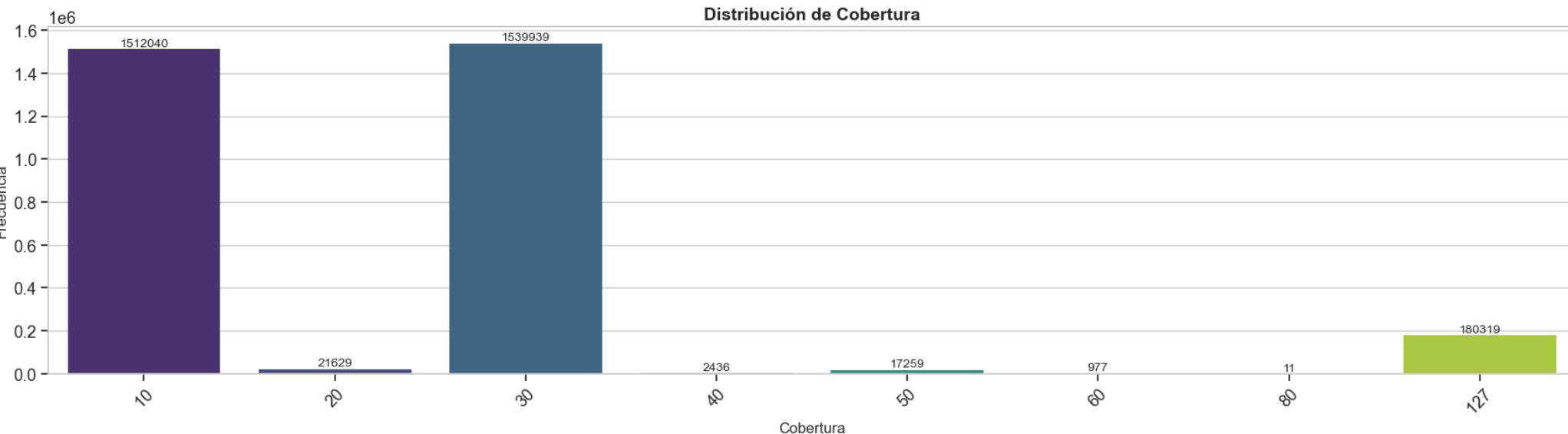
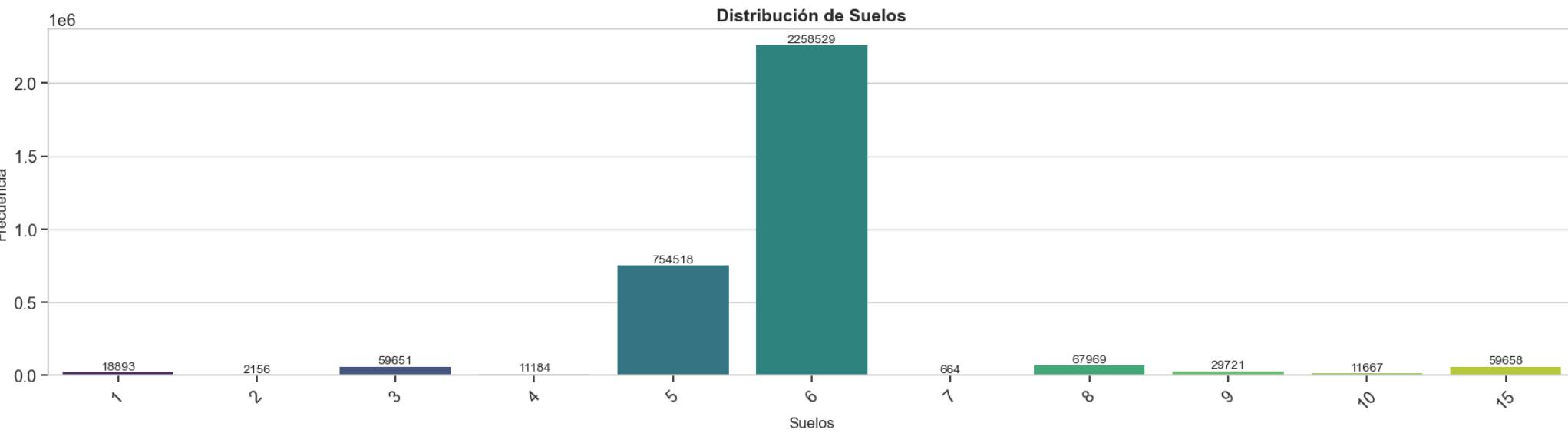
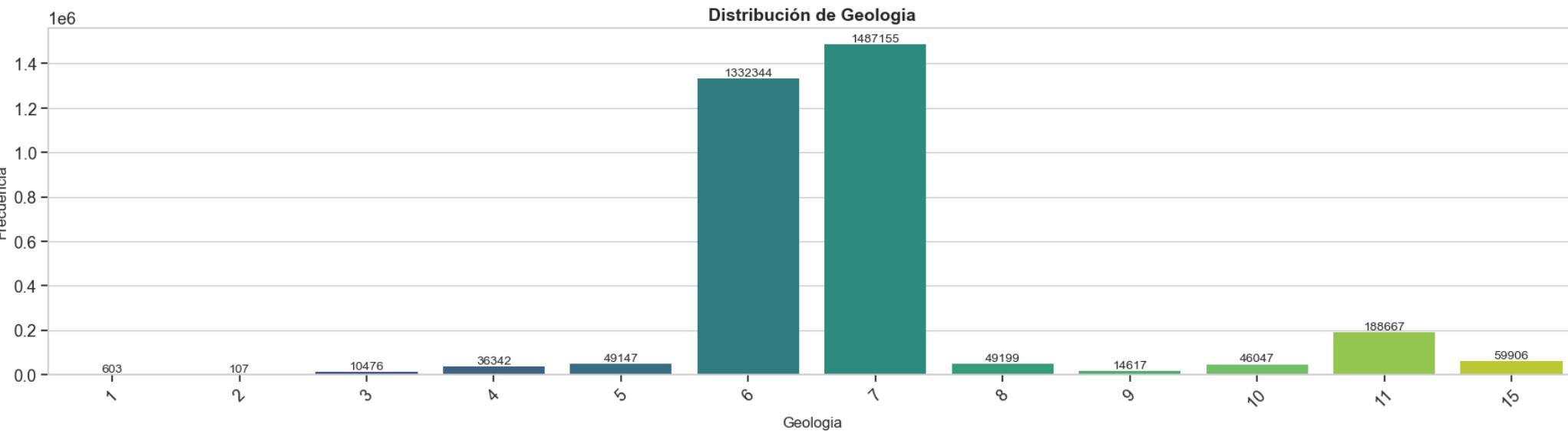
## Distribución de Pendiente



# Análisis Estadístico de Flujo\_acum



# Geología Suelos Coberturas



# Otros

El **F-Score** proviene del análisis ANOVA (Análisis de Varianza). Compara la variabilidad entre grupos (con/sin movimientos) contra la variabilidad dentro de cada grupo.

- Valores altos: la variable separa bien los grupos (con/sin movimientos)
- Valores cercanos a 1: poca capacidad de discriminación

La Información **Mutua** mide cuánta información comparten dos variables aleatorias. En términos prácticos, indica cuánto podemos predecir sobre la ocurrencia de movimientos en masa conociendo solamente el valor de la variable "flujo\_acum".

- Valores cercanos a 0: la variable no aporta información útil para predecir movimientos en masa
- Valores más altos: la variable es más informativa para la predicción

## Diferencia entre medias

Es simplemente la diferencia entre el valor promedio de flujo acumulado en zonas con movimientos en masa (765.79) y en zonas sin movimientos (601.60).

- Una diferencia grande indica separación clara entre grupos
- El signo positivo indica que los valores más altos están asociados con mayor presencia de movimientos en masa

### DEM (Elevación) - IMPORTANCIA MUY ALTA

- Mayor F-Score (143.25) con una diferencia enorme respecto a las demás
- Mayor diferencia entre medias (-194.12 metros)
- Muy buena separación entre poblaciones (KS-test = 0.39)
- Dirección clara: las elevaciones más bajas tienen mayor riesgo de MM

### FLUJO\_ACUM (Acumulación de flujo) - IMPORTANCIA ALTA

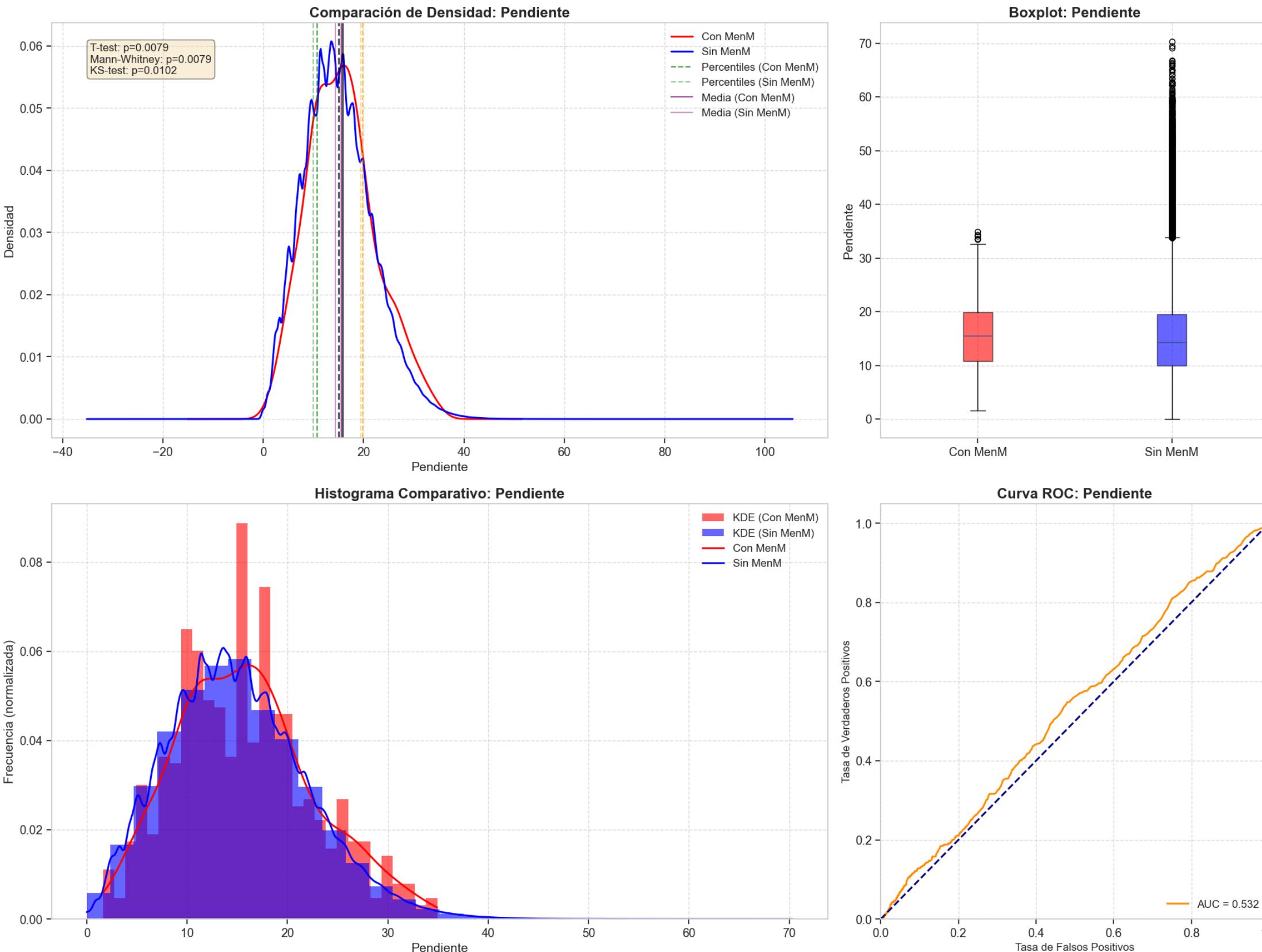
- Máxima Información Mutua (0.1614) - muy superior a las demás
- Segundo mayor F-Score (9.51)
- Diferencia significativa entre medias (164.19)
- Valores más altos indican mayor riesgo

### PENDIENTE - IMPORTANCIA MEDIA-ALTA

- Estadísticamente significativa en todas las pruebas ( $p < 0.01$ )
- Tercer mejor F-Score (7.07)
- Valores más altos indican mayor riesgo de MM
- Diferencia moderada entre medias (0.77°)

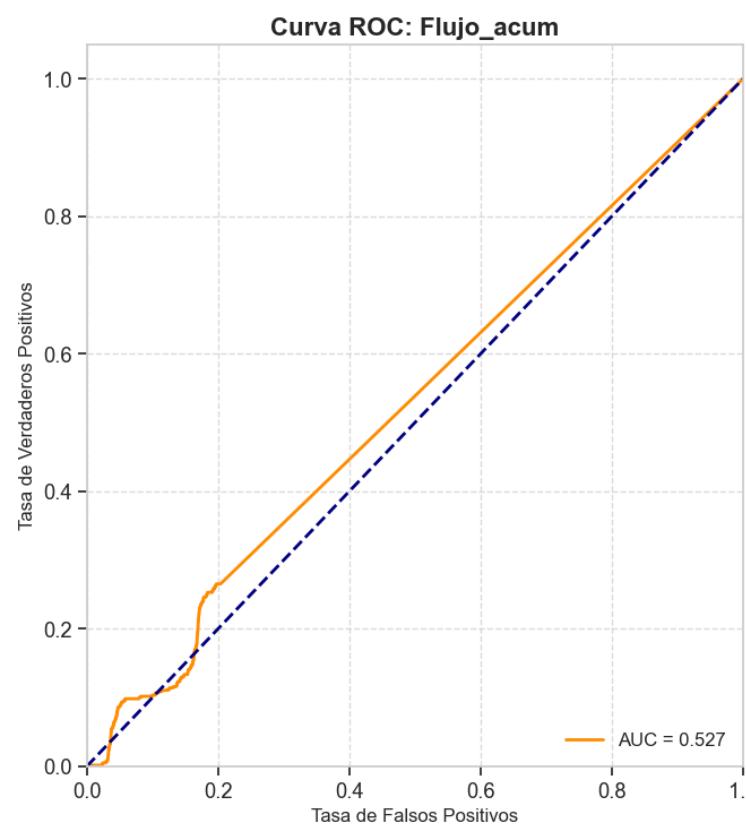
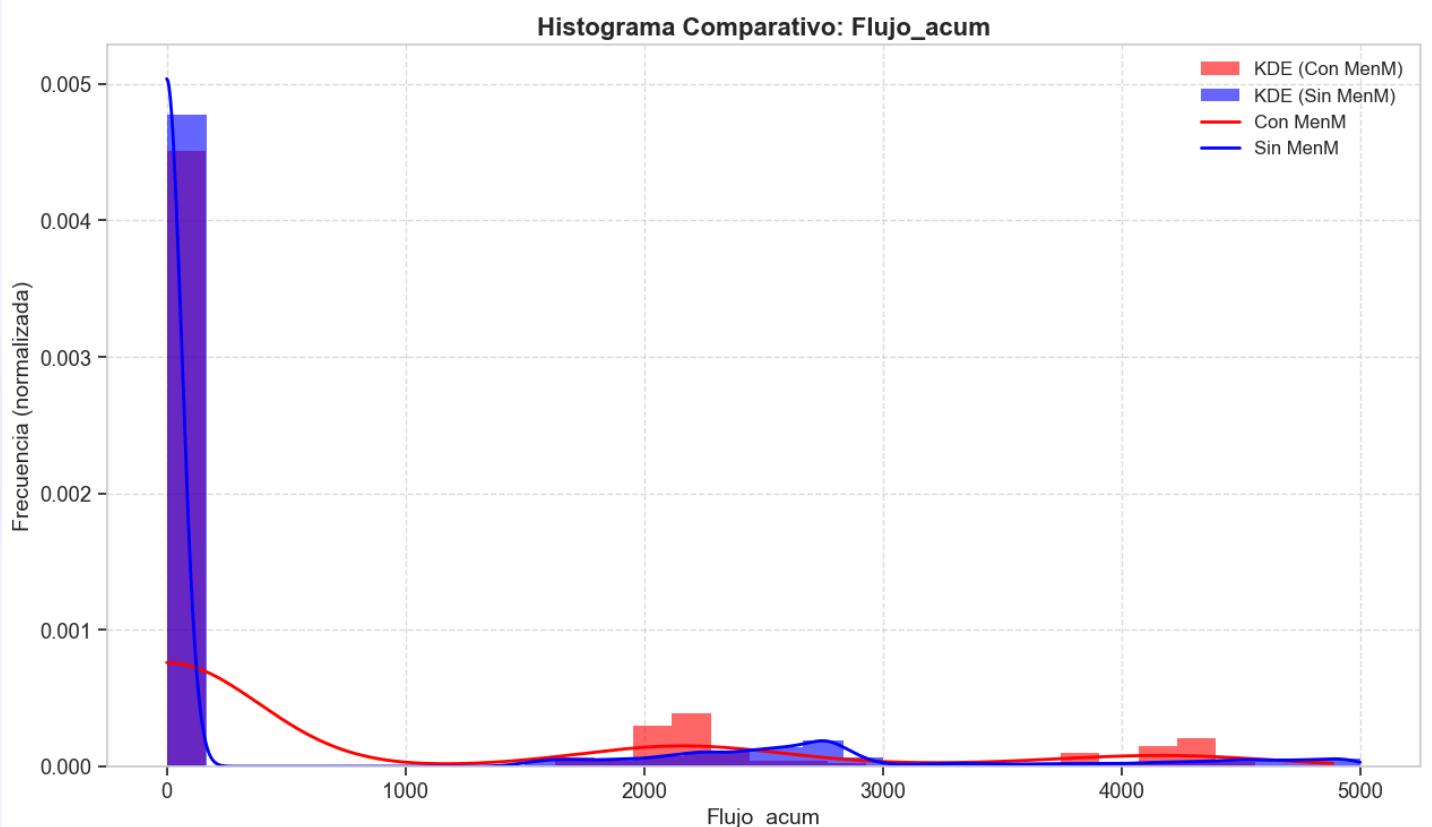
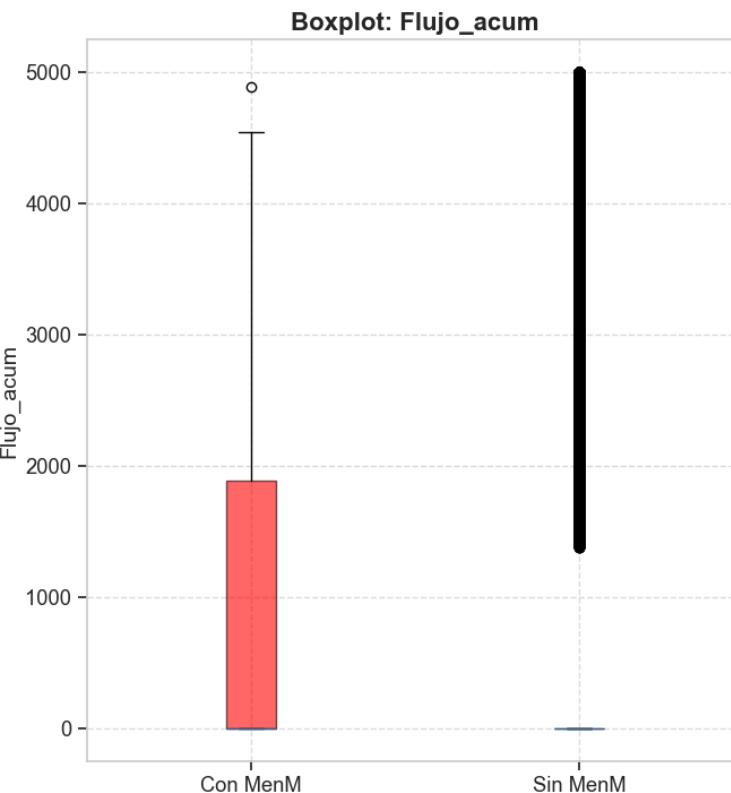
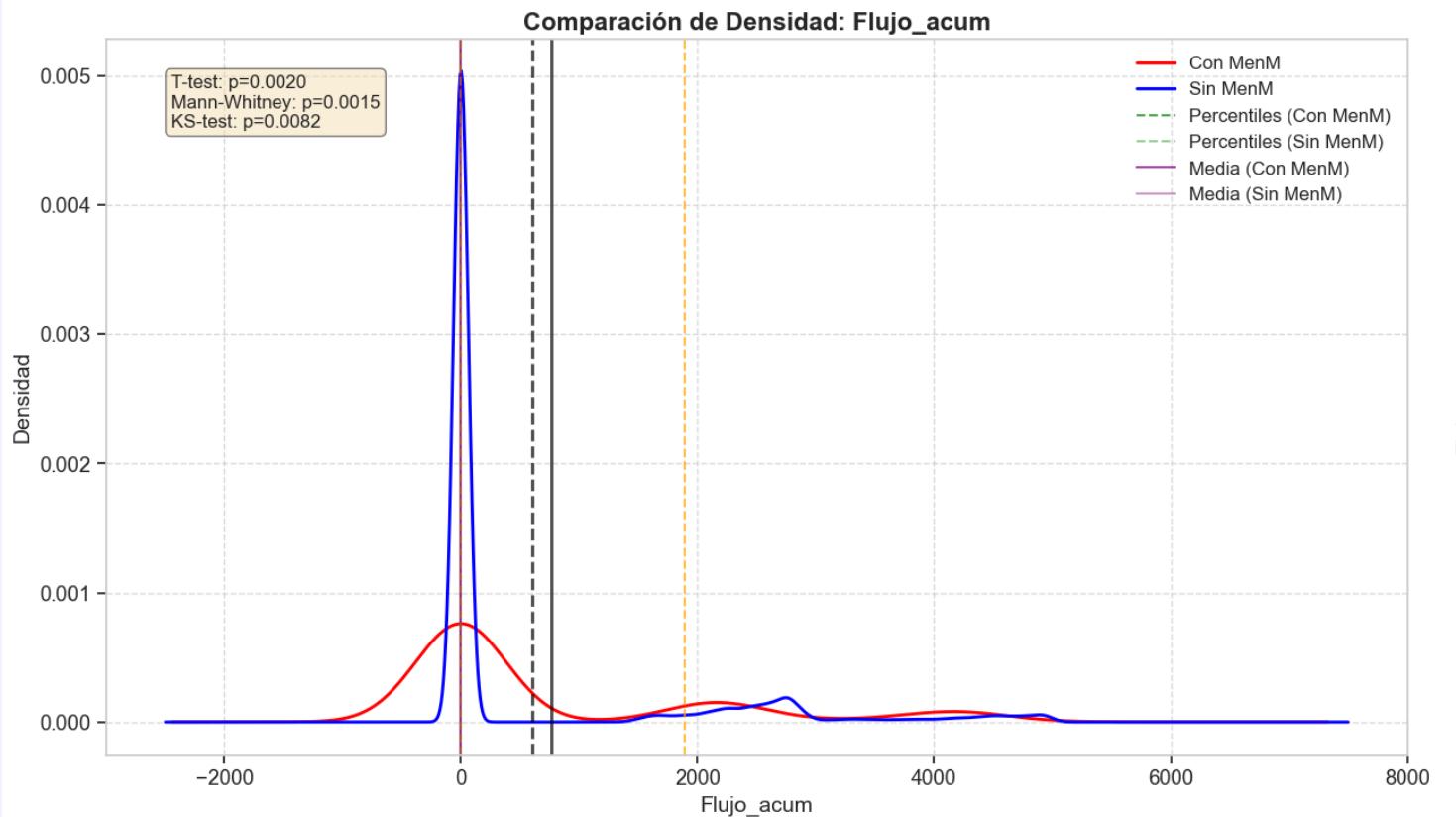
# Pendientes

Análisis Comparativo: Pendiente en Zonas con/sin Movimientos en Masa



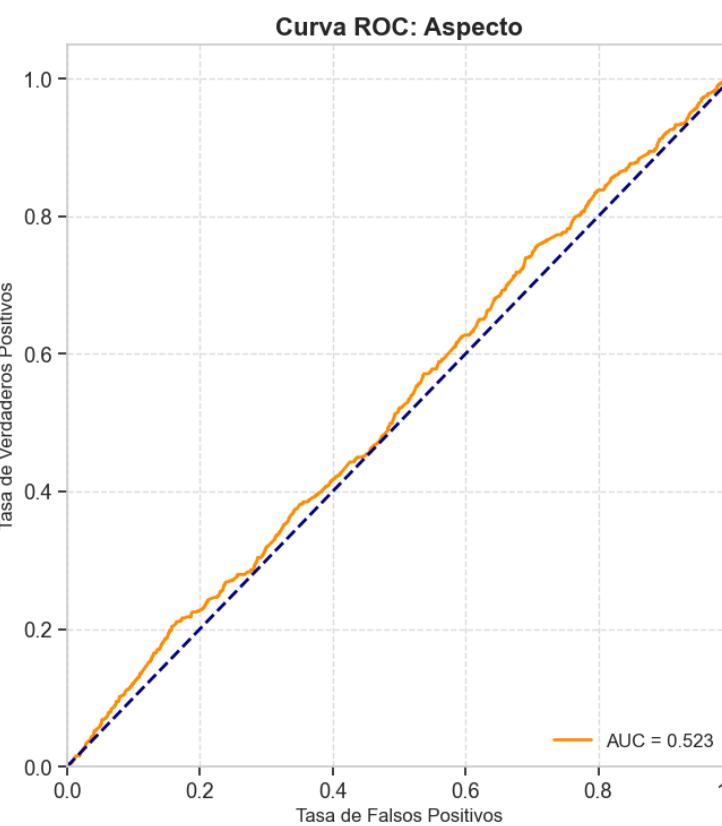
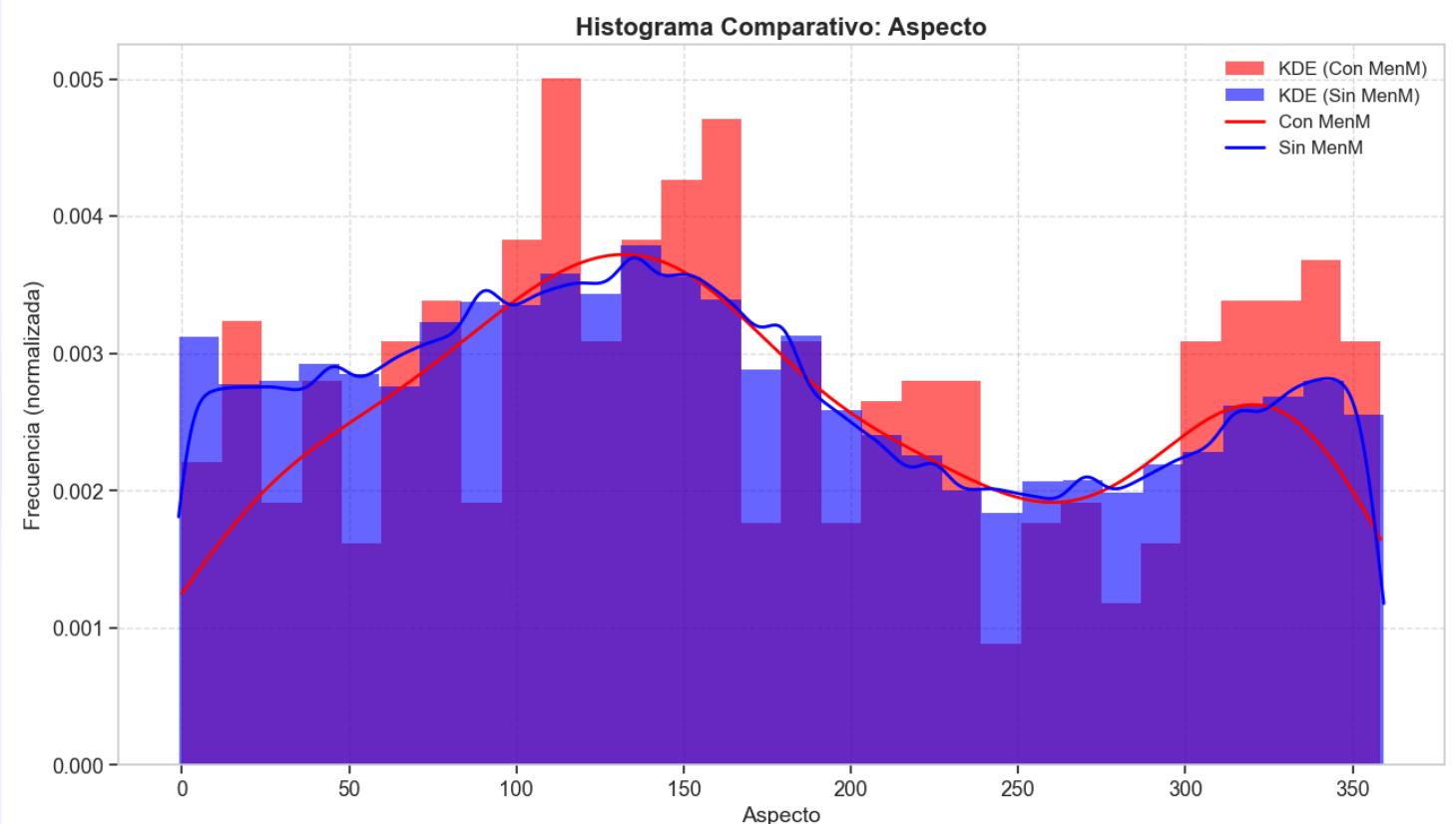
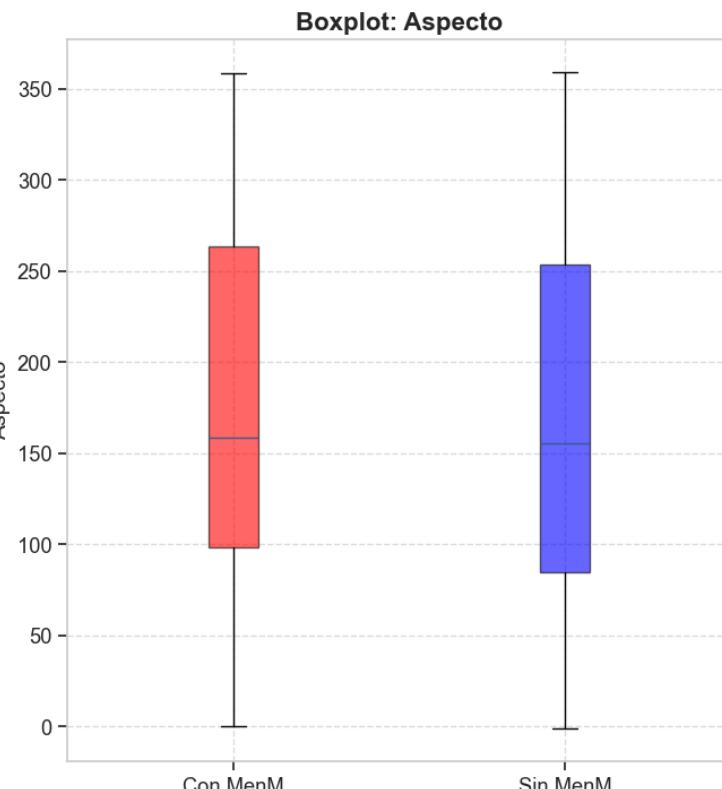
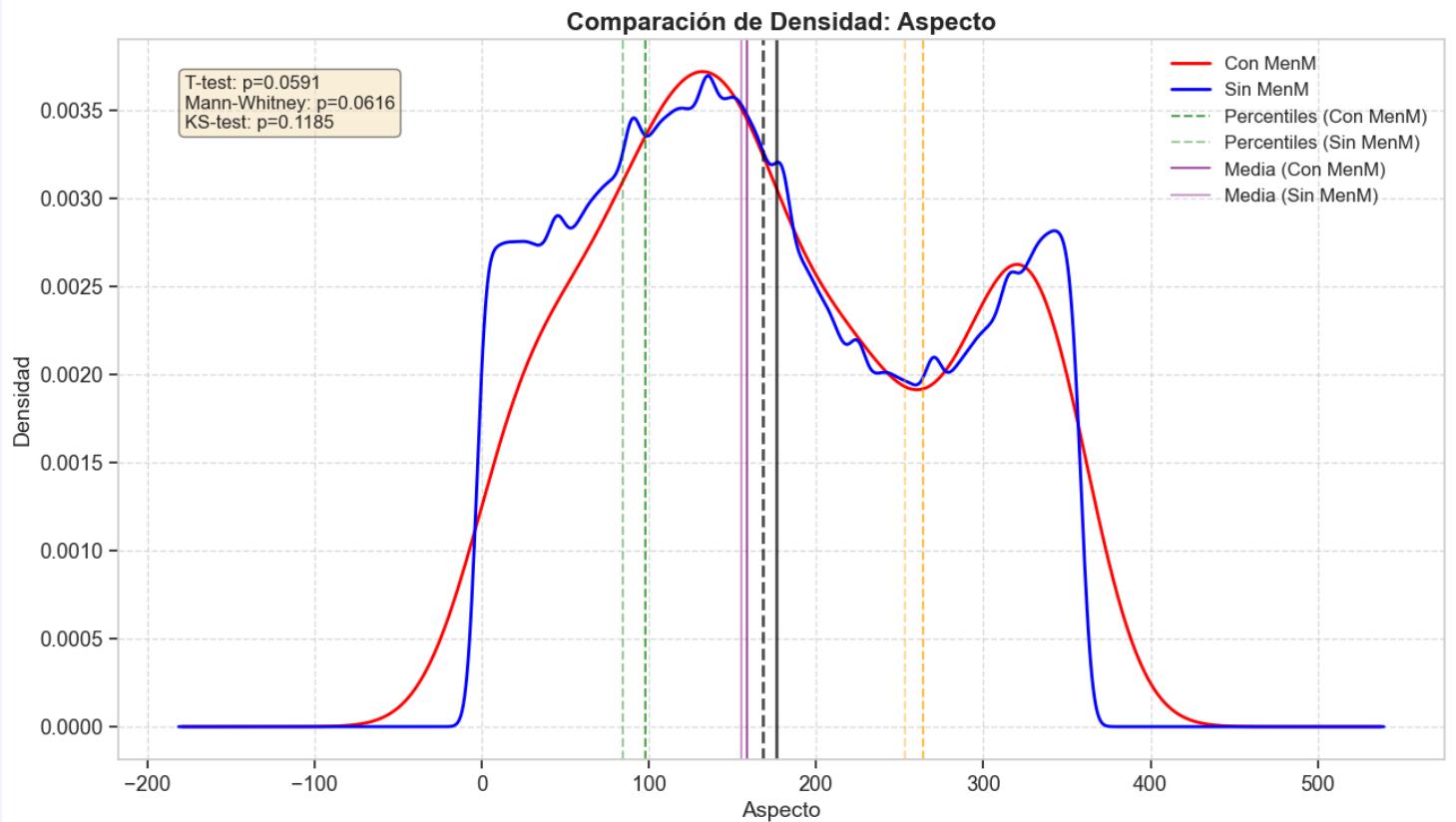
# Flujo Acum

Análisis Comparativo: Flujo\_acum en Zonas con/sin Movimientos en Masa



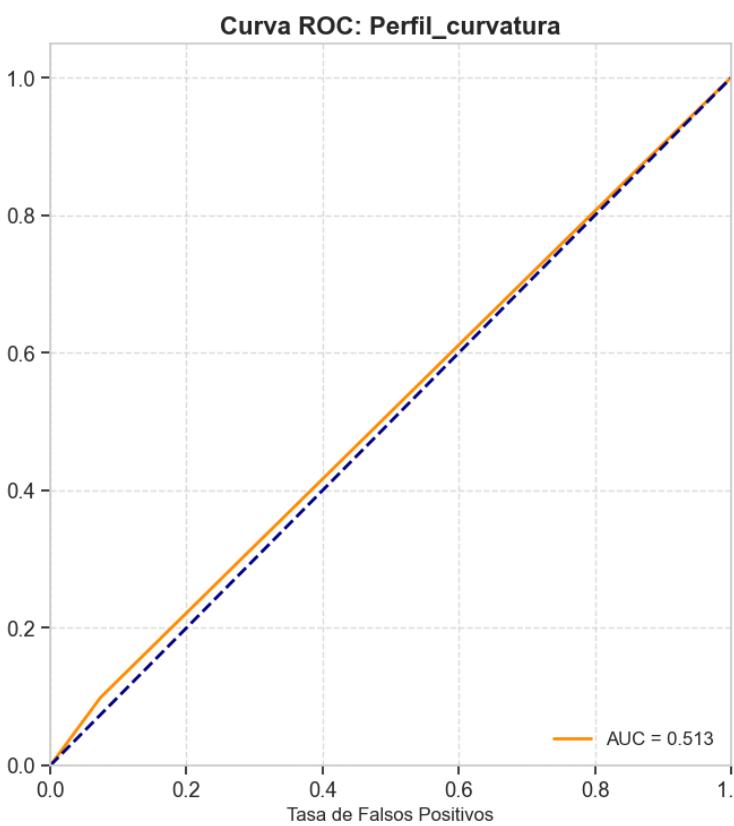
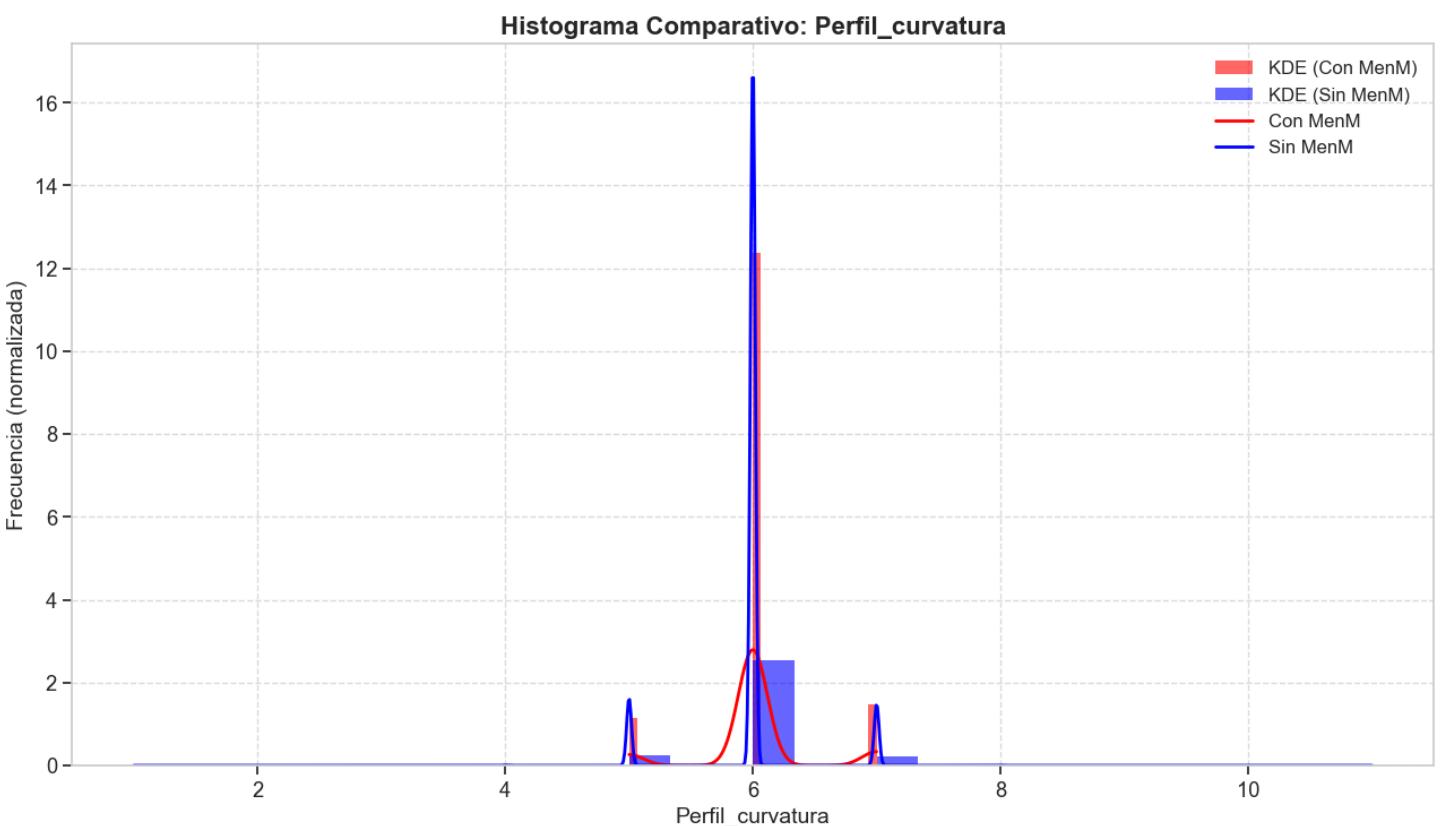
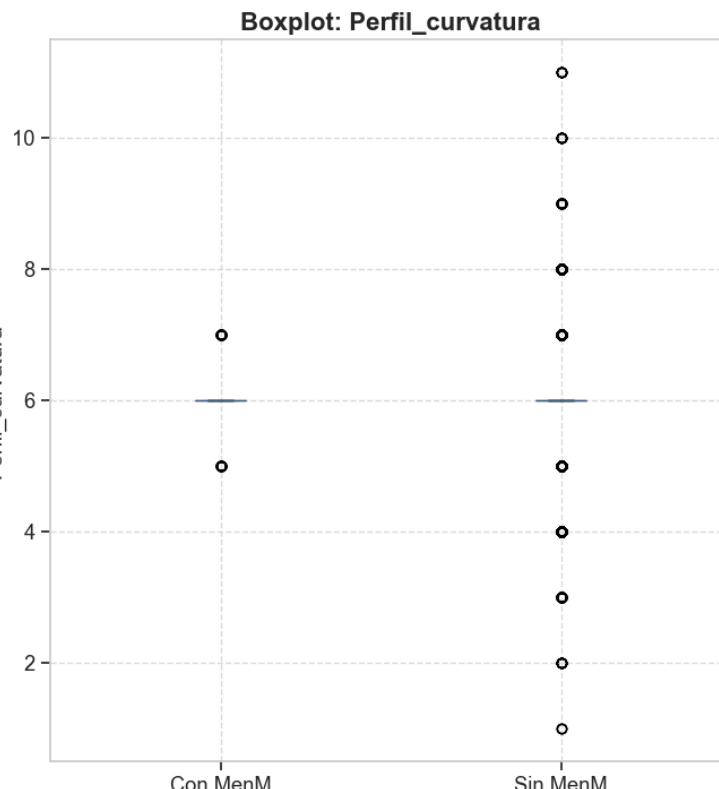
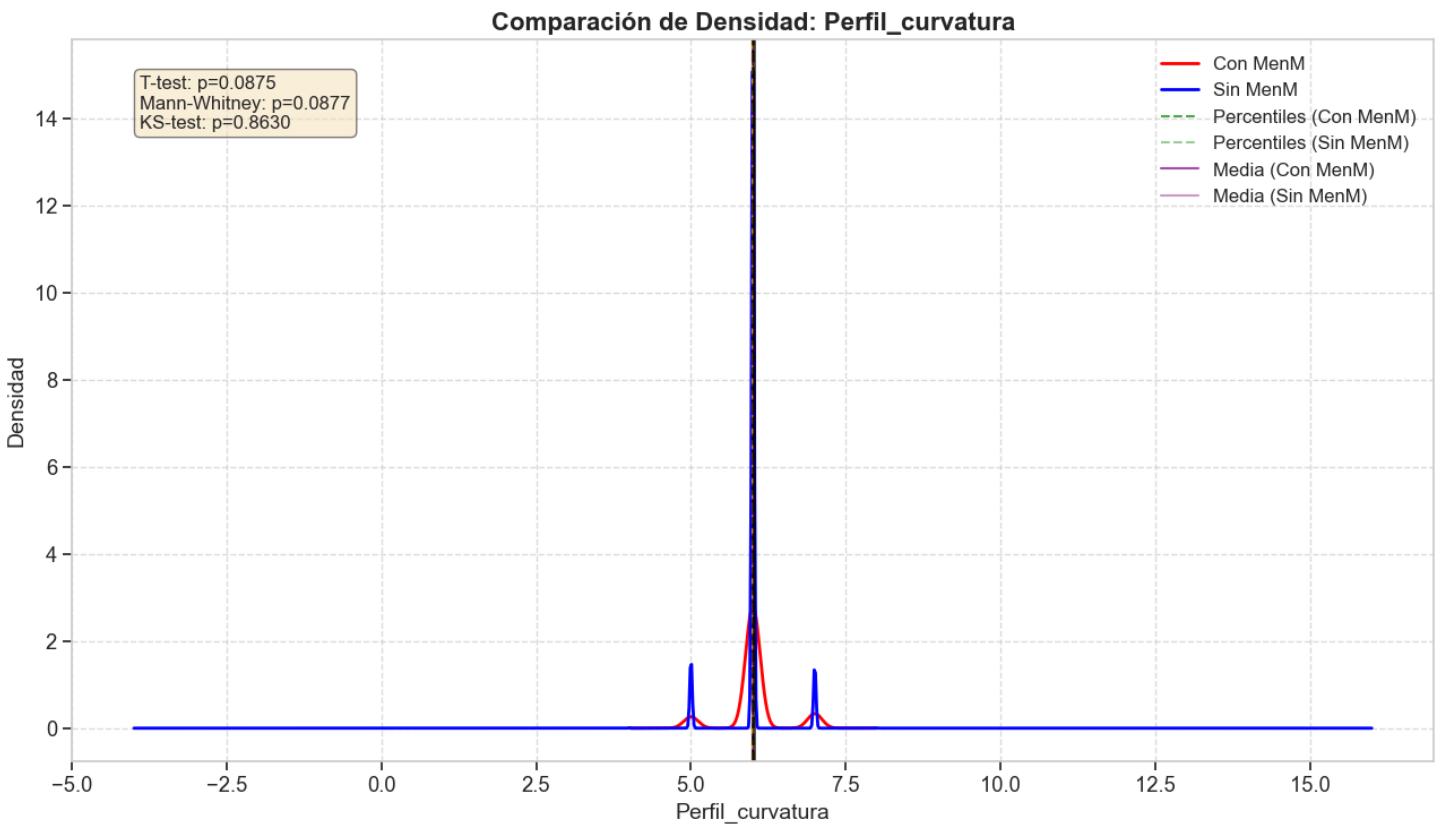
# Aspecto

Análisis Comparativo: Aspecto en Zonas con/sin Movimientos en Masa



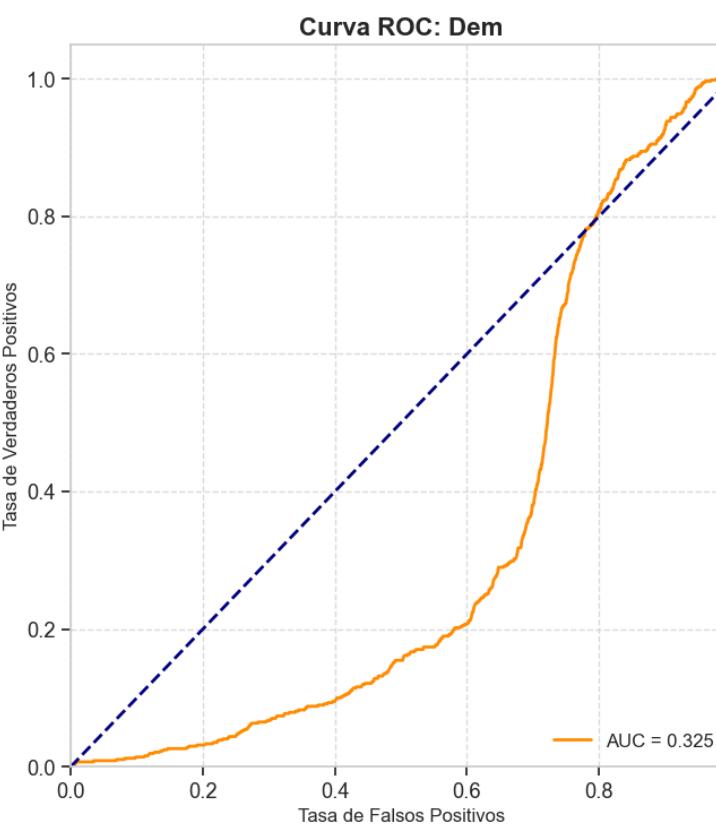
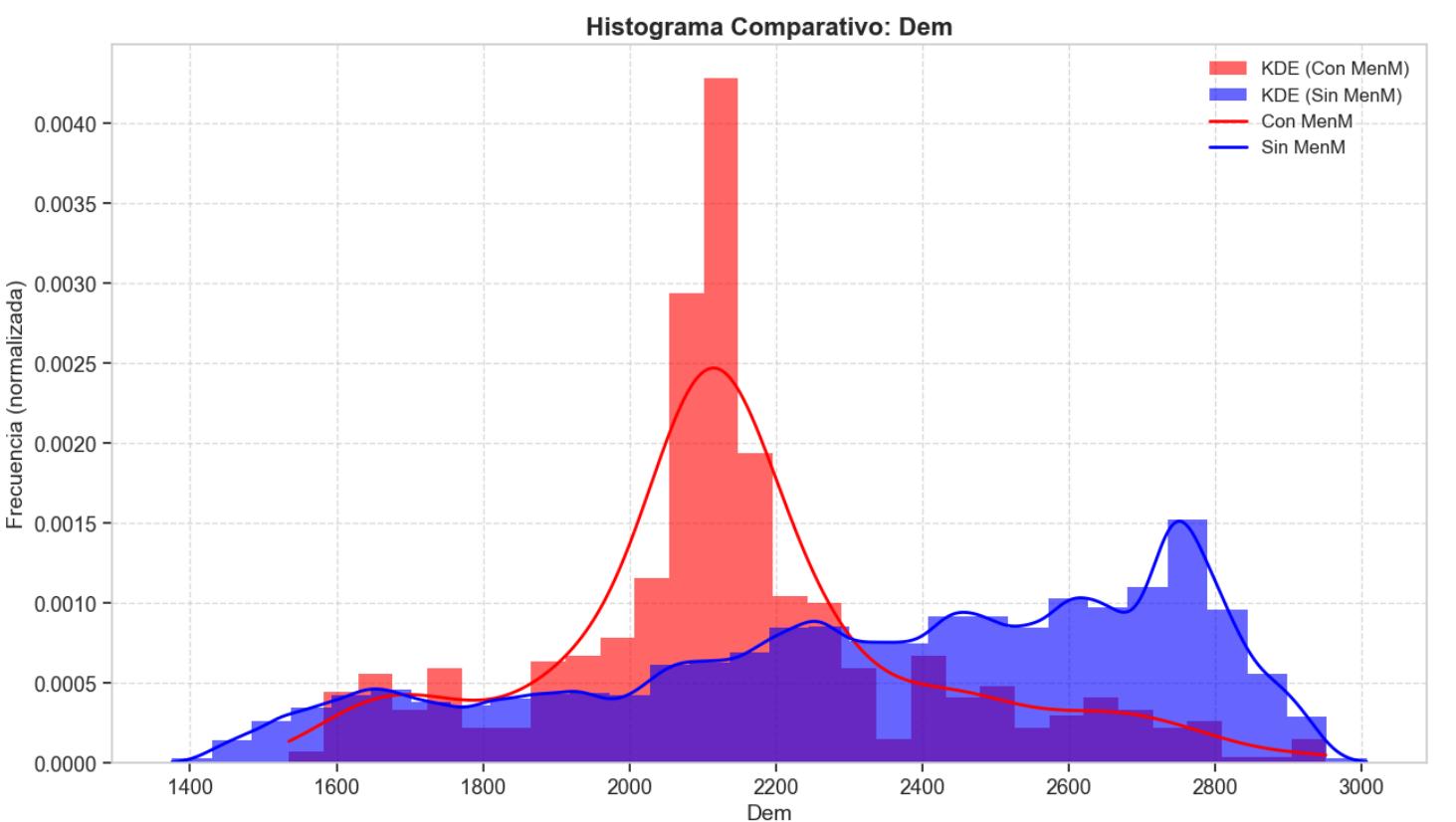
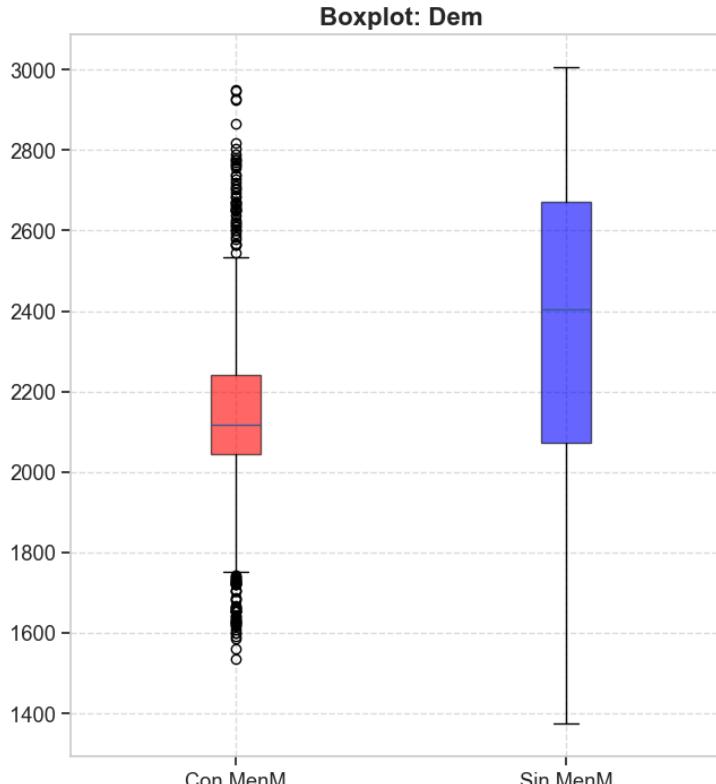
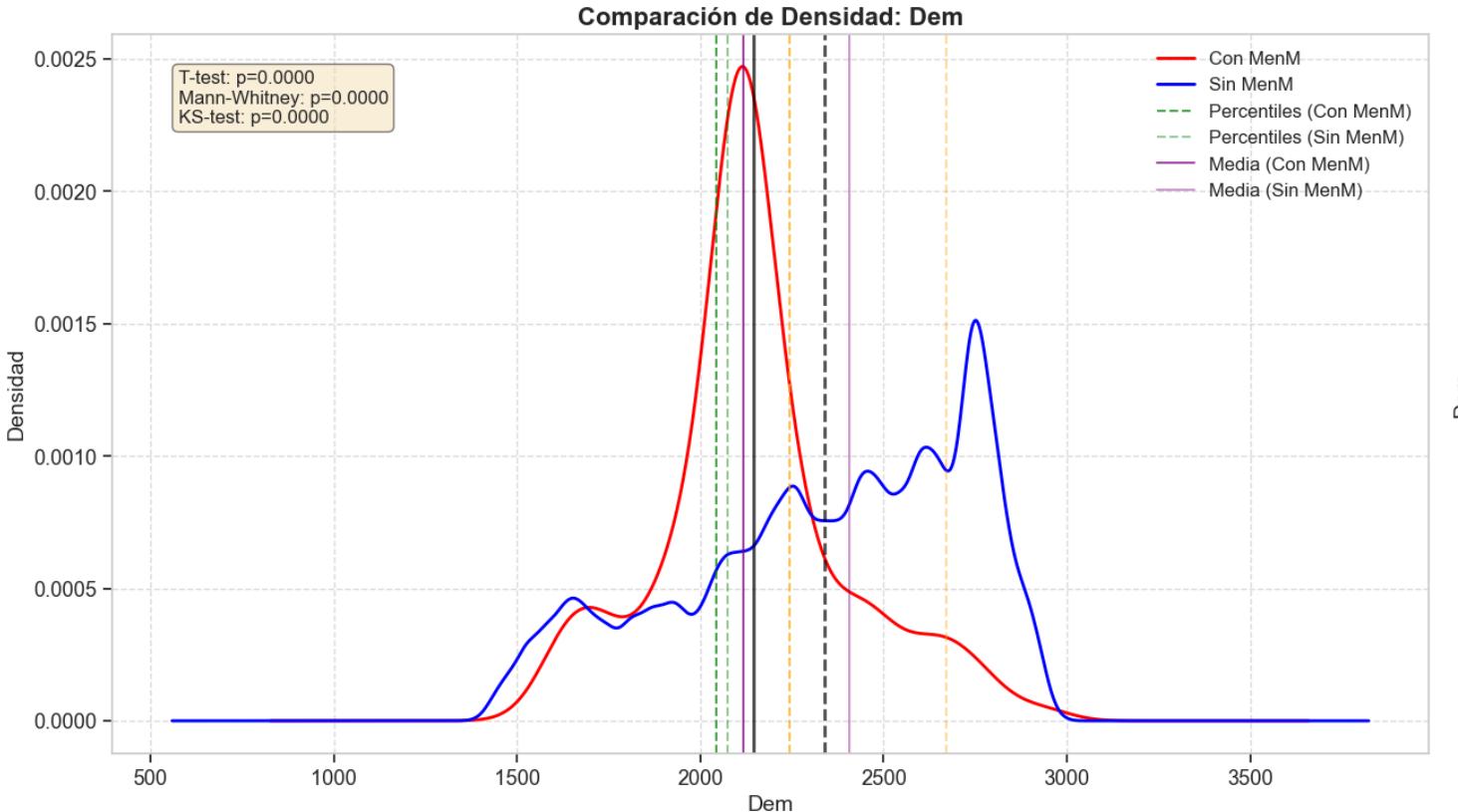
# Perfil Curvaturas

Análisis Comparativo: Perfil\_curvatura en Zonas con/sin Movimientos en Masa



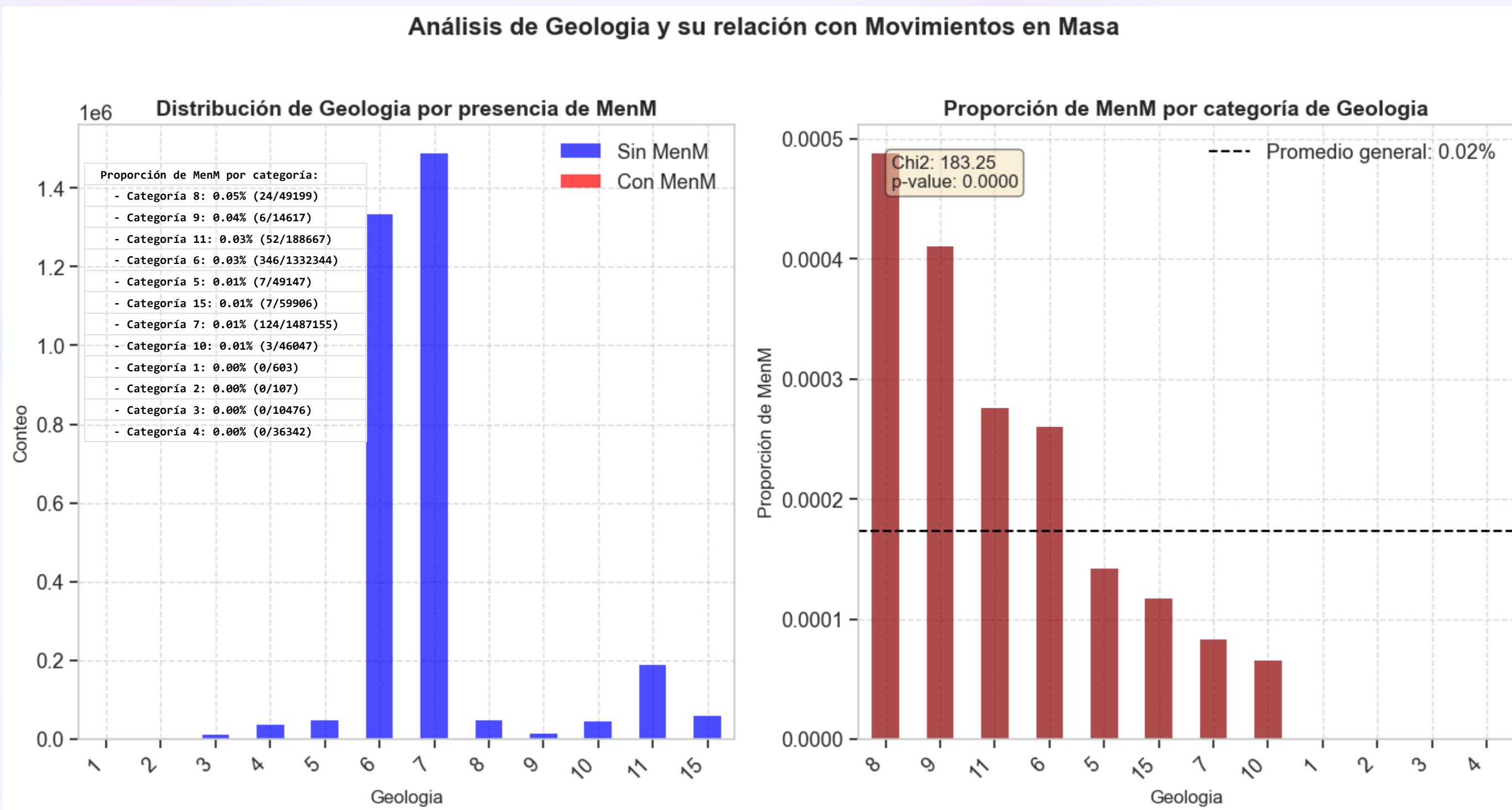
## Análisis Comparativo: Dem en Zonas con/sin Movimientos en Masa

Elevacion



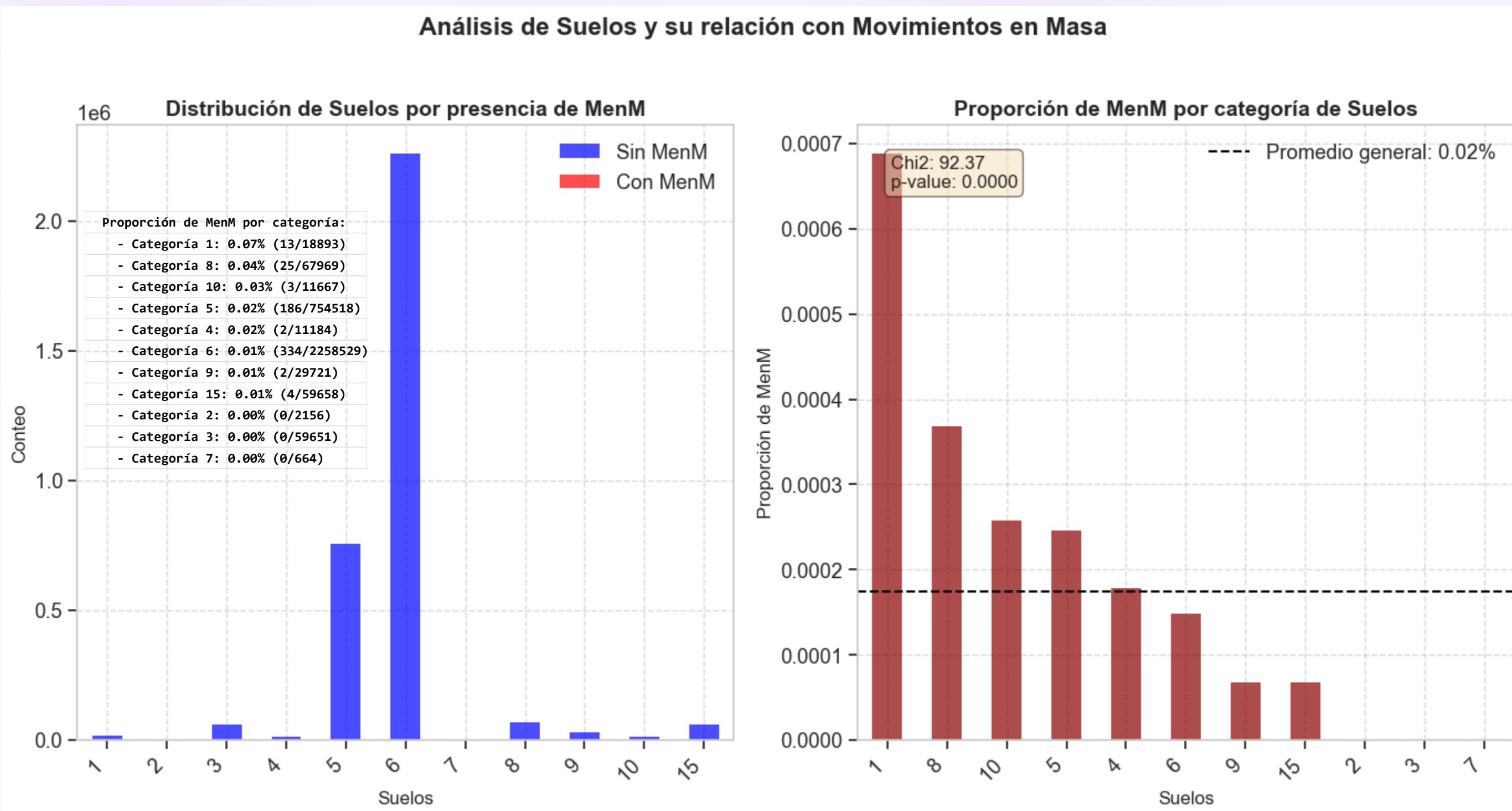
# Geología

## Análisis de Geología y su relación con Movimientos en Masa



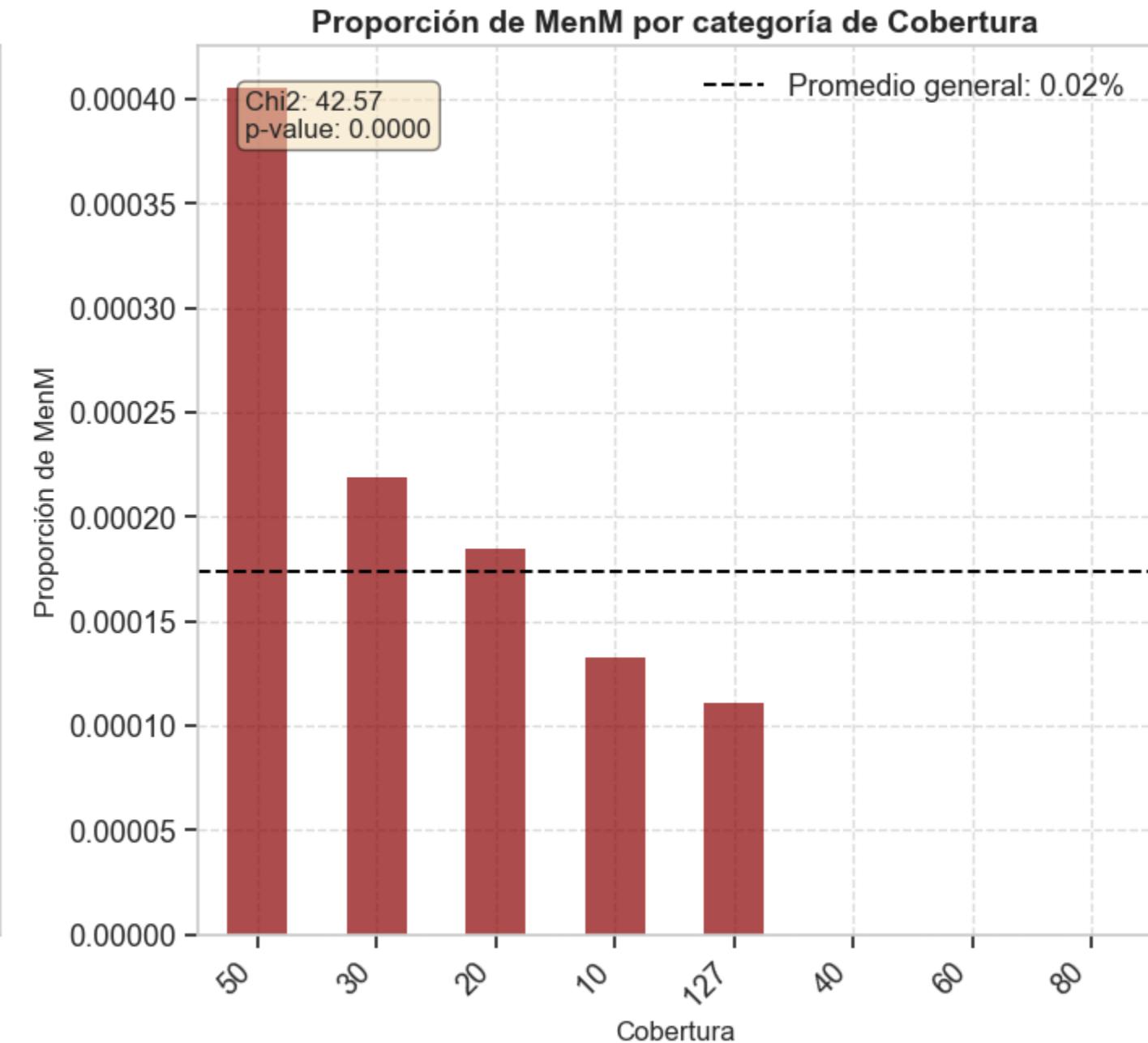
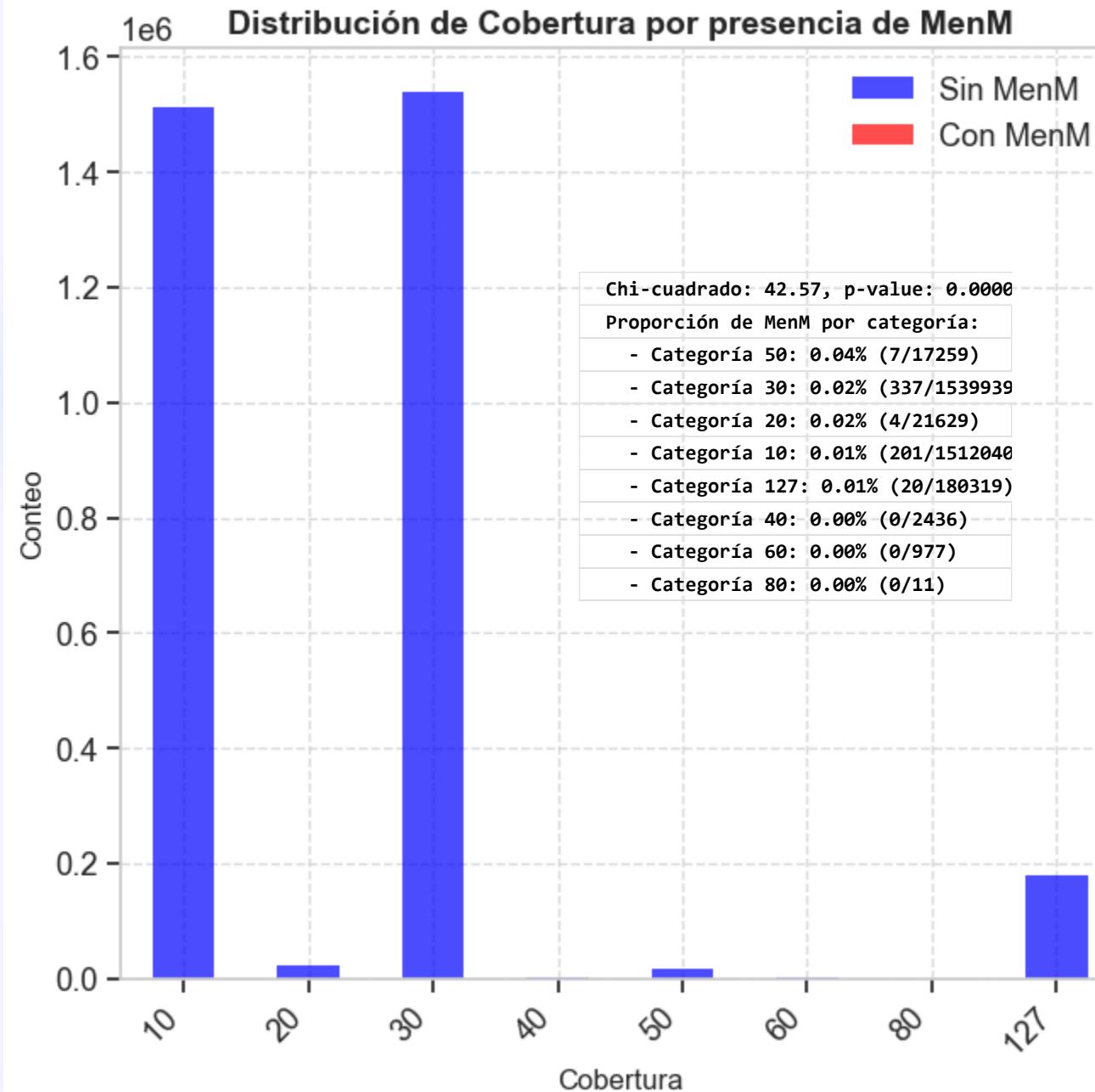
# Suelos

## Análisis de Suelos y su relación con Movimientos en Masa



# Coberturas

## Análisis de Cobertura y su relación con Movimientos en Masa



## **DEM (Elevación) - IMPORTANCIA MUY ALTA**

- Mayor F-Score (143.25) con una diferencia enorme respecto a las demás
- Mayor diferencia entre medias (-194.12 metros)
- Muy buena separación entre poblaciones (KS-test = 0.39)
- Dirección clara: las elevaciones más bajas tienen mayor riesgo de MM

## **FLUJO\_ACUM (Acumulación de flujo) - IMPORTANCIA ALTA**

- Máxima Información Mutua (0.1614) - muy superior a las demás
- Segundo mayor F-Score (9.51)
- Diferencia significativa entre medias (164.19)
- Valores más altos indican mayor riesgo

## **PENDIENTE - IMPORTANCIA MEDIA-ALTA**

- Estadísticamente significativa en todas las pruebas ( $p < 0.01$ )
- Tercer mejor F-Score (7.07)
- Valores más altos indican mayor riesgo de MM
- Diferencia moderada entre medias ( $0.77^\circ$ )

# Matriz de comparación

$\lambda_{\max} = 8.3211$

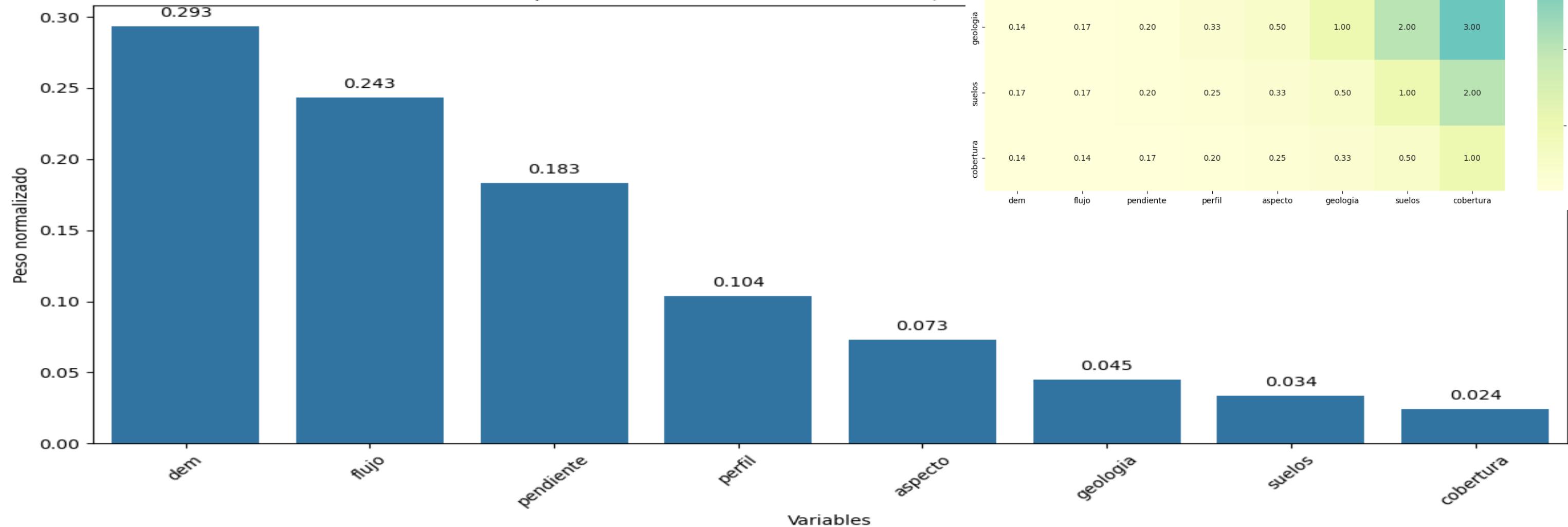
Índice de Consistencia (CI) = 0.0459

Índice Aleatorio (RI) para n=8 = 1.41

Radio de Consistencia (CR = CI/RI) = 0.0325

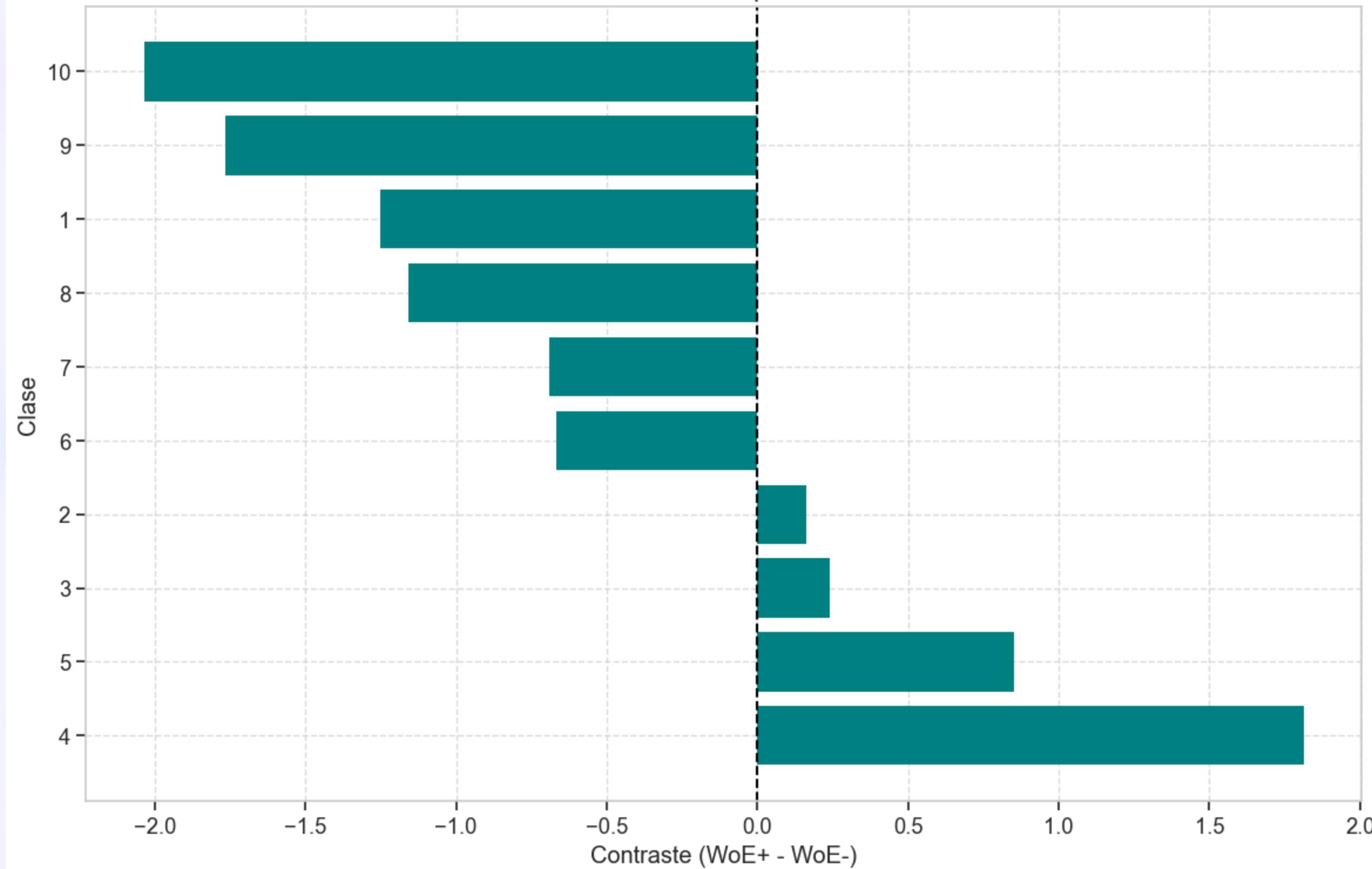
Matriz consistente (CR < 0.10)

Importancia relativa de cada variable (ordenadas)

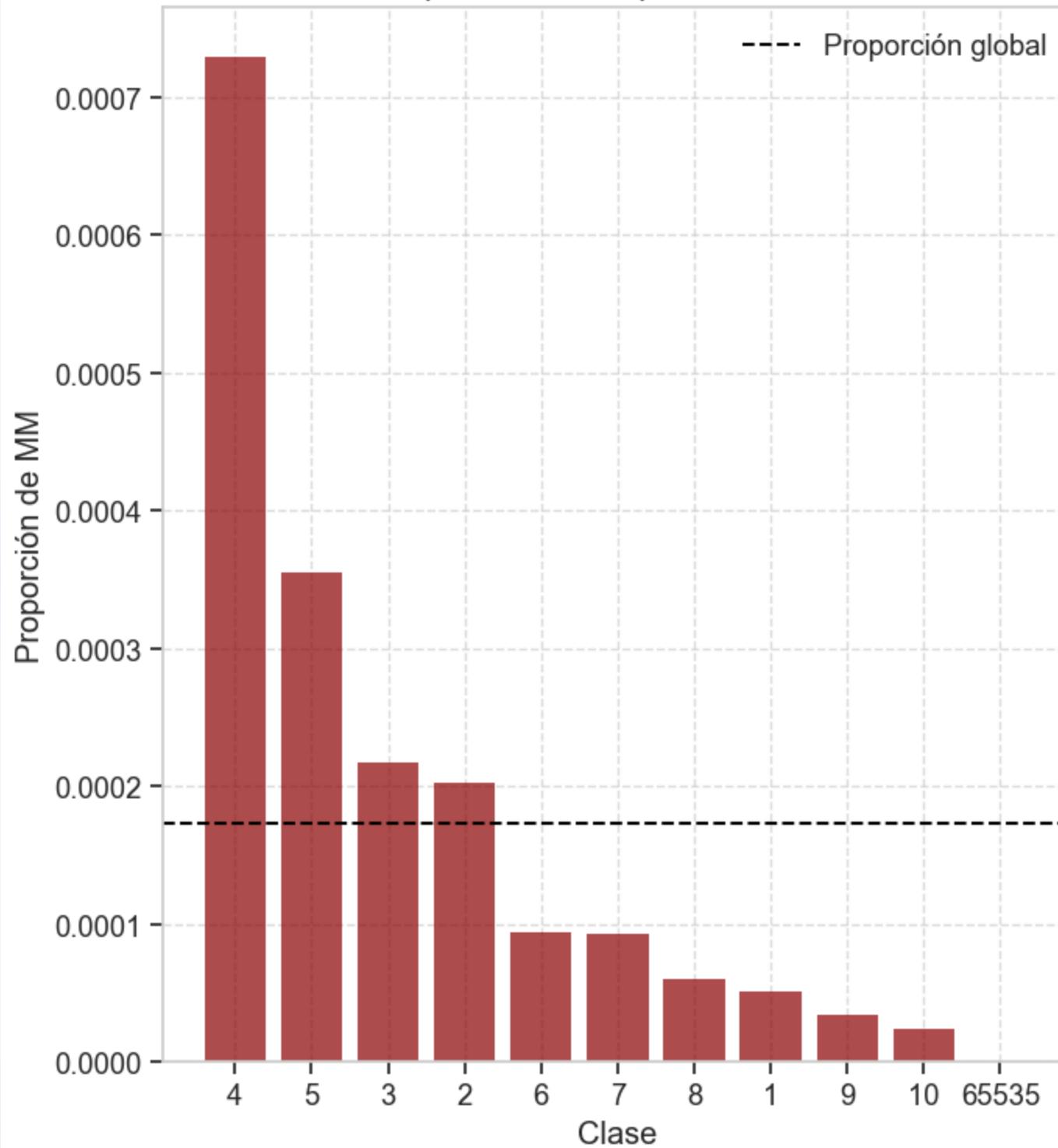


Matriz de comparación por pares								
dem	flujo	pendiente	perfil	aspecto	geología	suelos	cobertura	
1.00	2.00	2.00	3.00	4.00	7.00	6.00	7.00	
0.50	1.00	2.00	4.00	4.00	6.00	5.00	5.00	
0.50	0.50	1.00	3.00	3.00	5.00	5.00	6.00	
0.33	0.25	0.33	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0.25	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	
0.14	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	
0.17	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	
0.14	0.14	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	

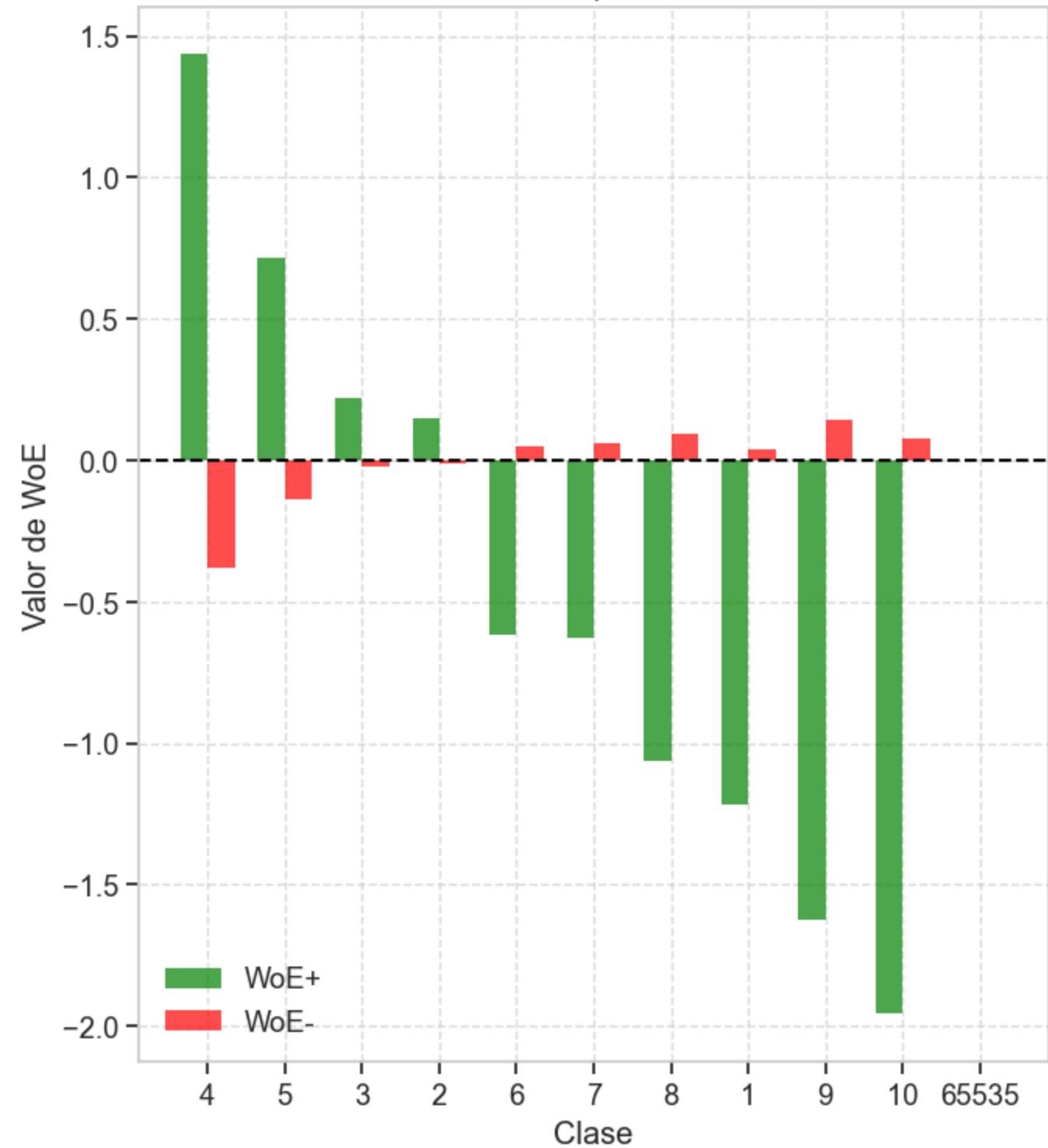
Peso de la Evidencia por Clase: DEM



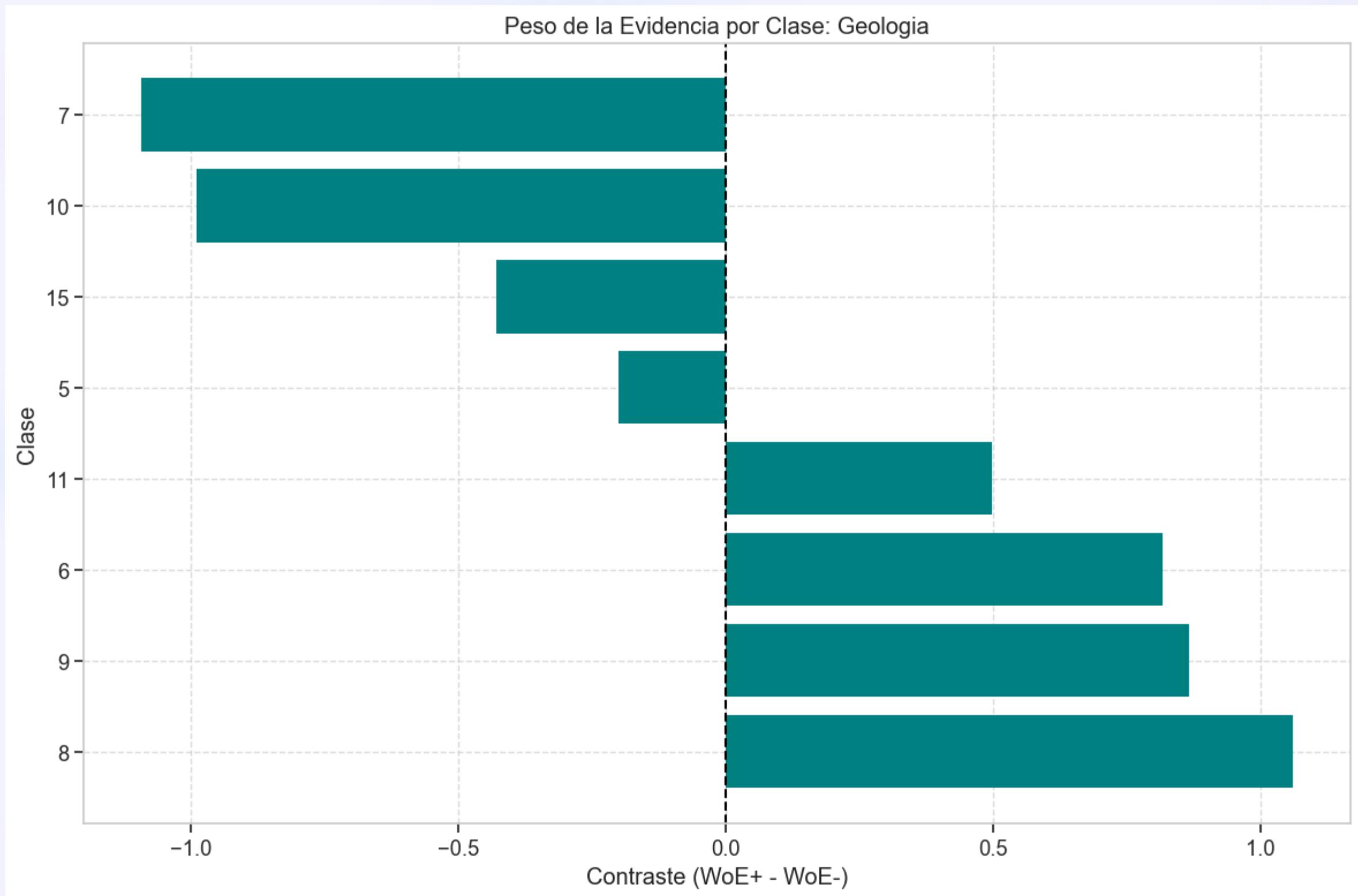
Proporción de MM por Clase: DEM

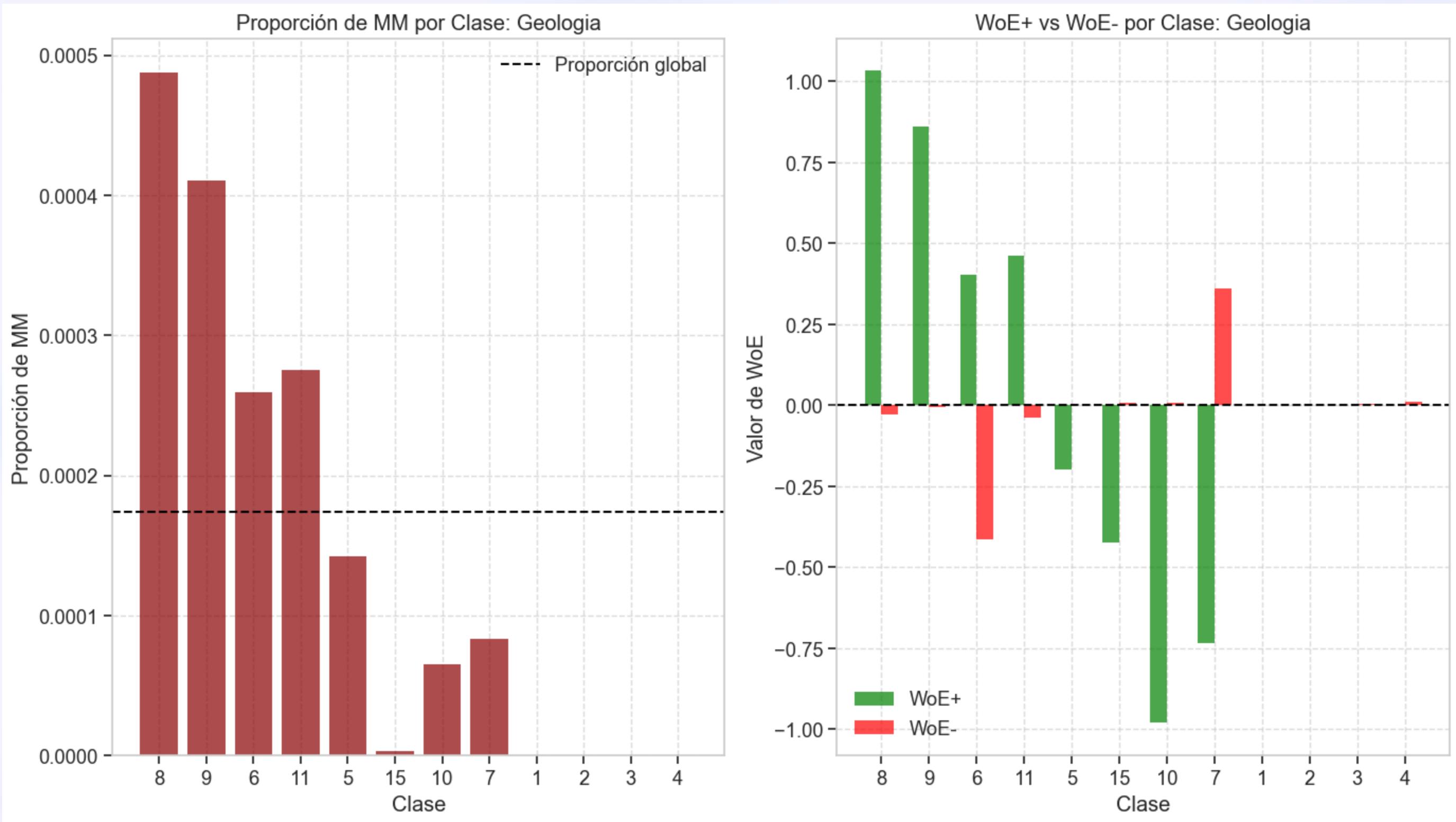


WoE+ vs WoE- por Clase: DEM

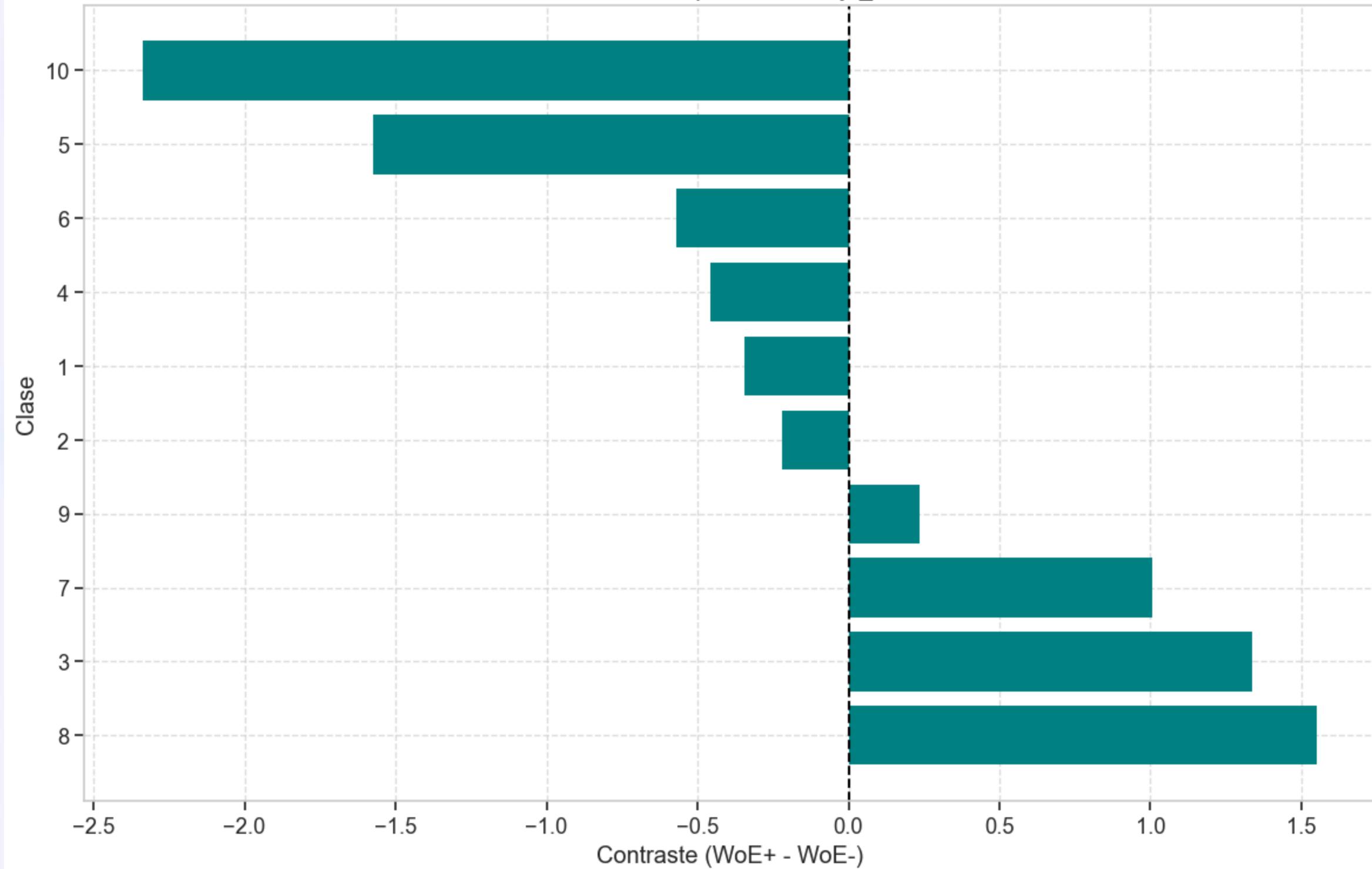


Peso de la Evidencia por Clase: Geología

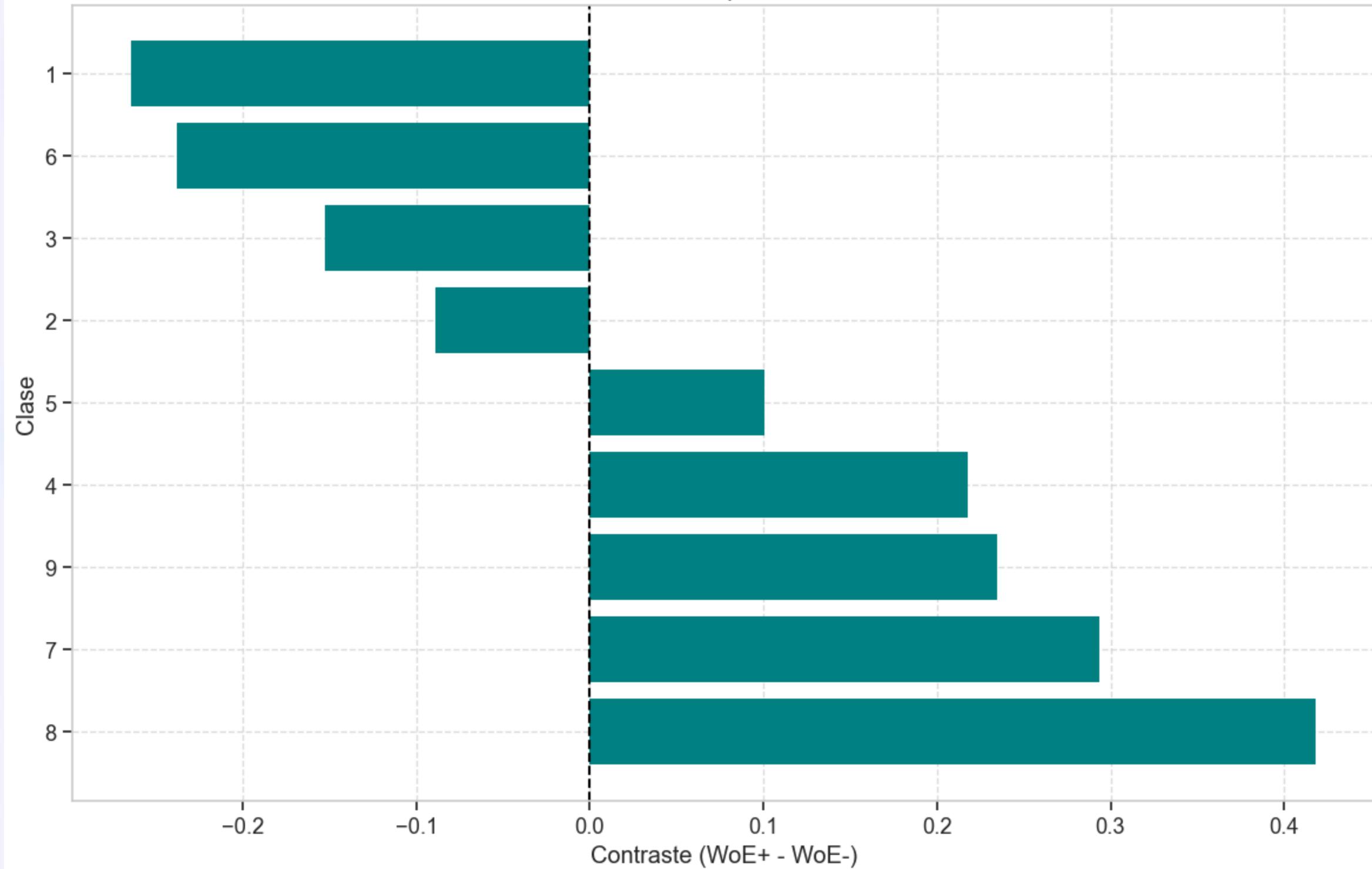




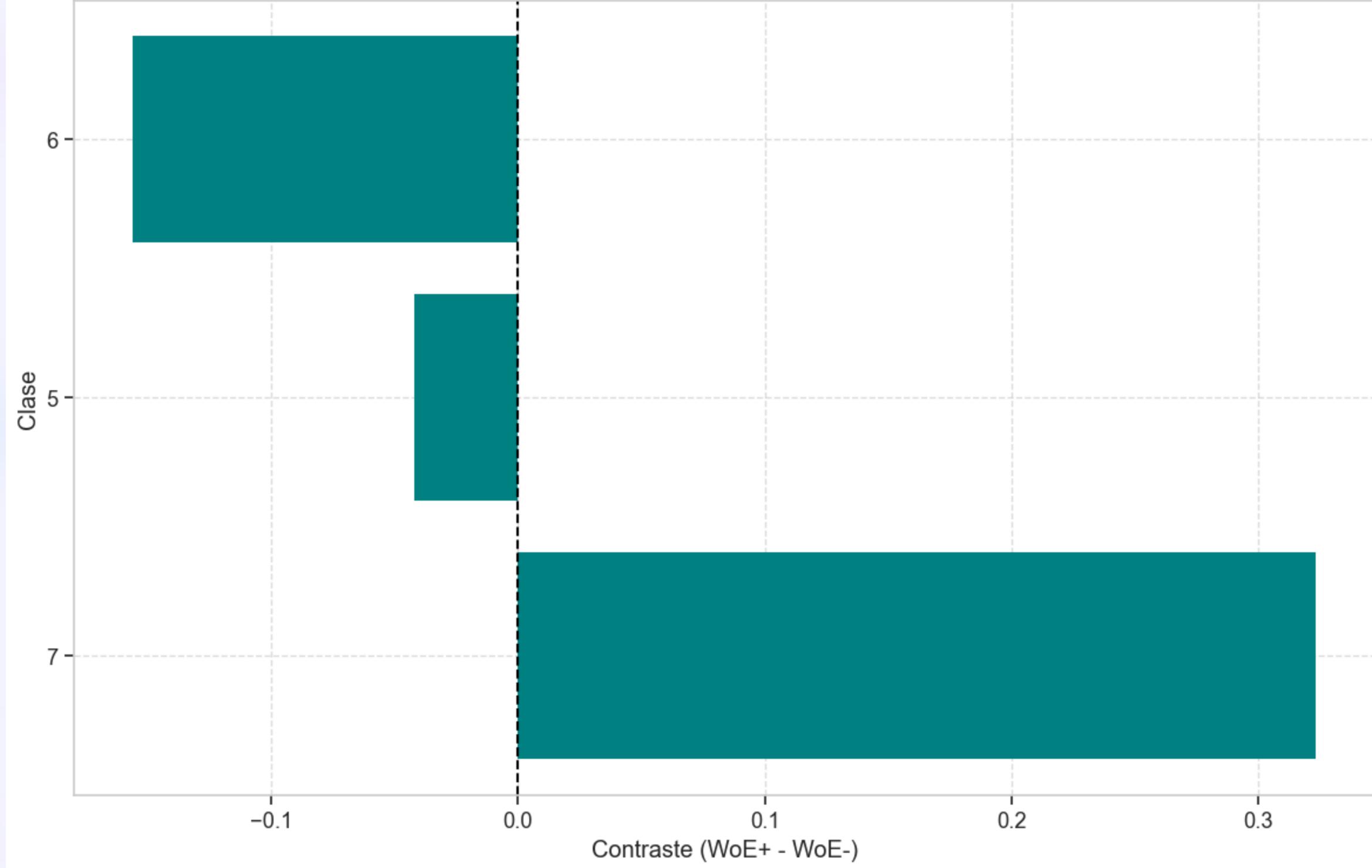
Peso de la Evidencia por Clase: Flujo\_Acumulado



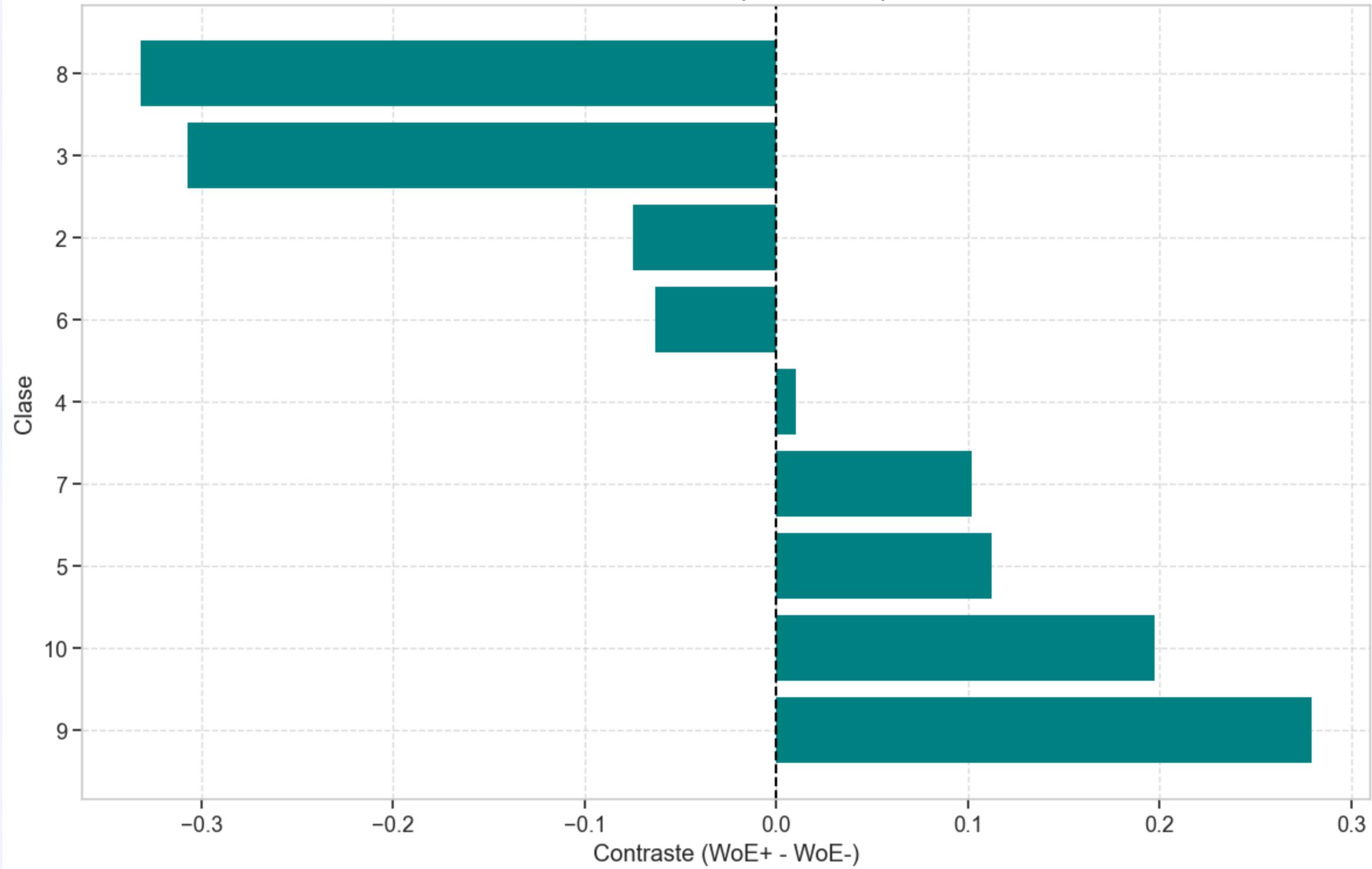
Peso de la Evidencia por Clase: Pendiente



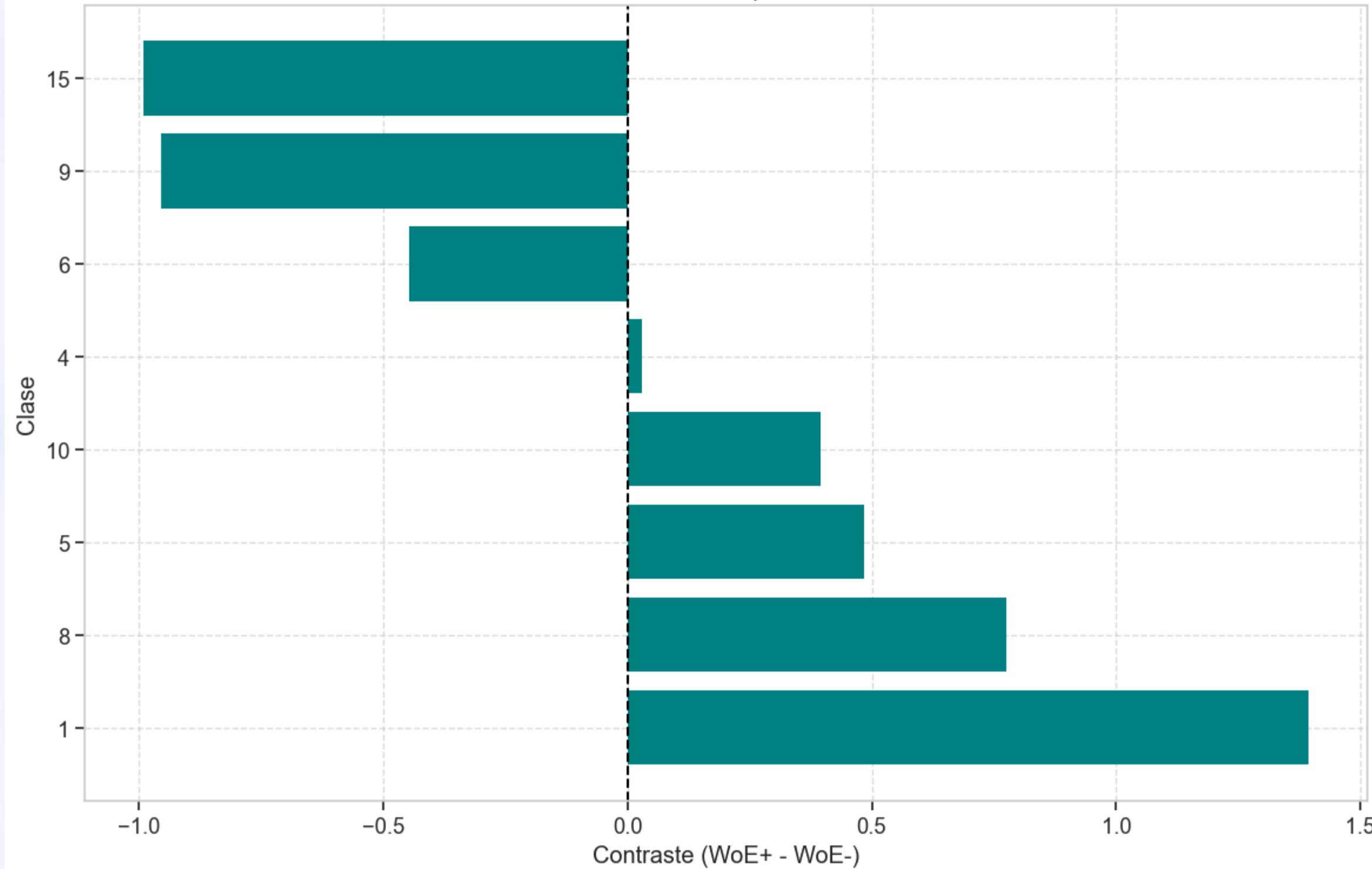
Peso de la Evidencia por Clase: Perfil\_Curvatura



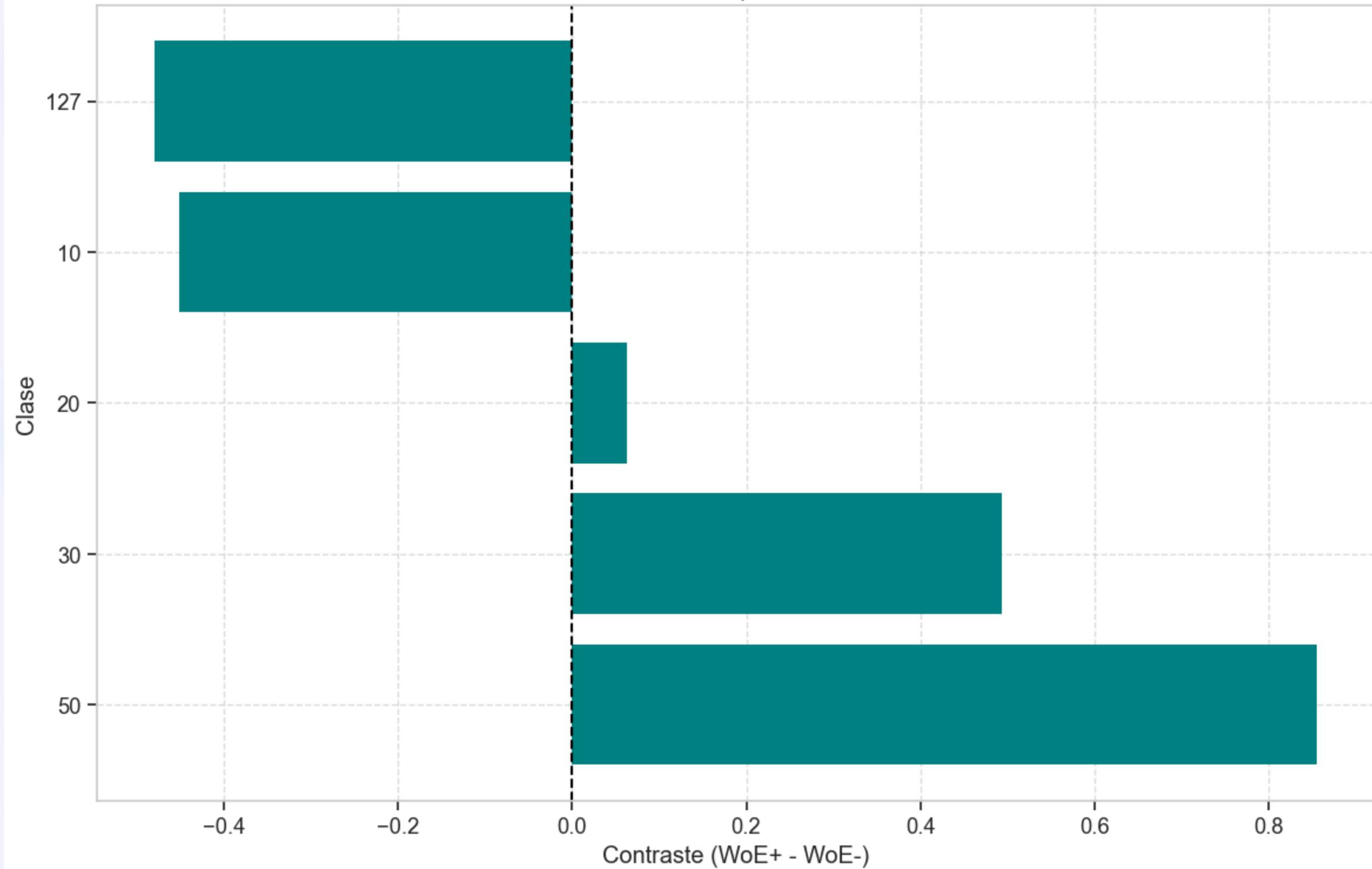
Peso de la Evidencia por Clase: Aspecto



Peso de la Evidencia por Clase: Suelo

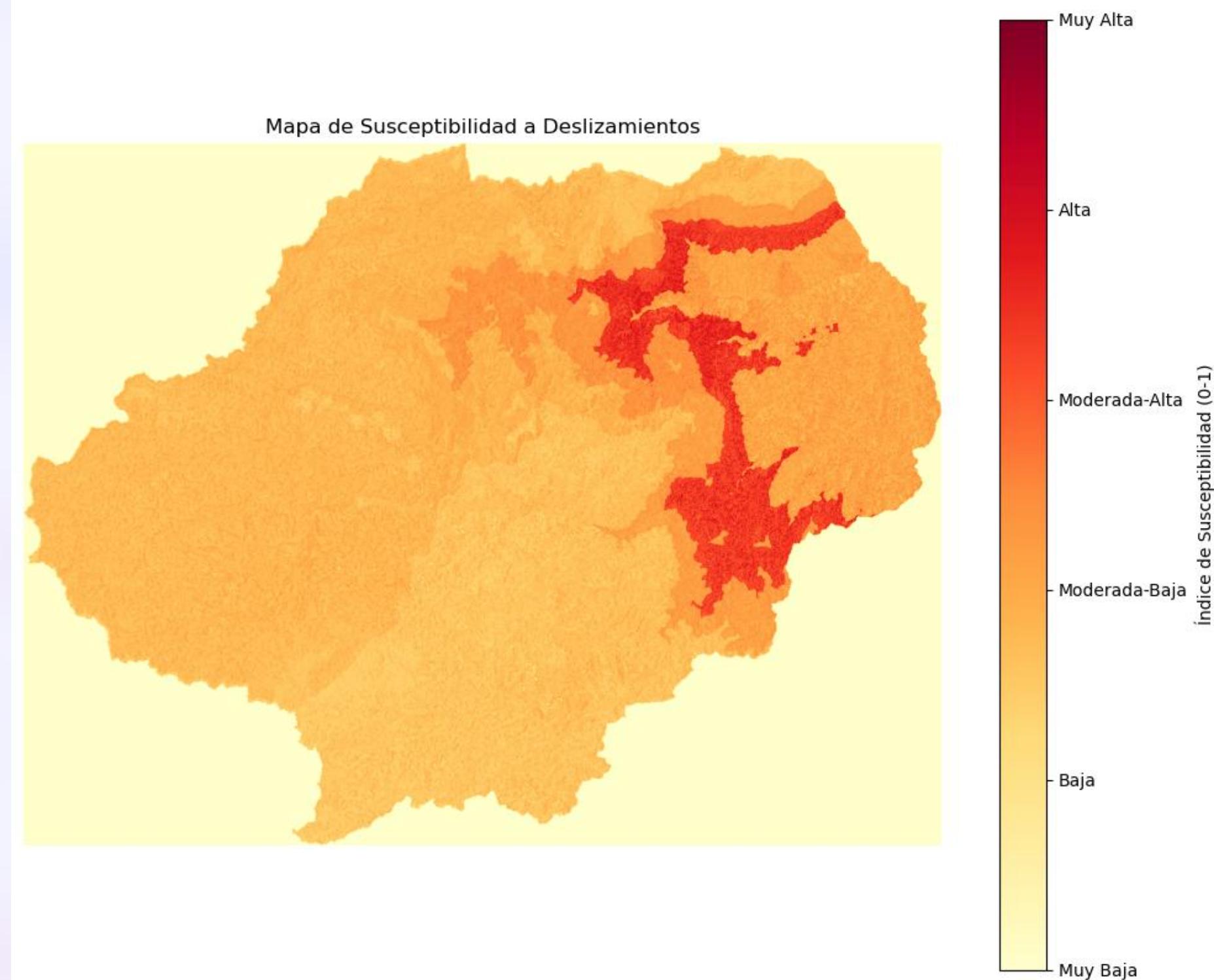


Peso de la Evidencia por Clase: Cobertura



# Modelo v1

```
pesos_variables = {  
    'DEM': 0.293224,  
    'Flujo': 0.243454,  
    'Pendiente': 0.183061,  
    'Perfil': 0.103639,  
    'Aspecto': 0.073249,  
    'Geología': 0.045202,  
    'Suelos': 0.033829,  
    'Cobertura': 0.024341  
}
```



# Modelo v2

```
pesos_variables = {  
    'DEM': 0.203224,  
    'Flujo': 0.203454,  
    'Pendiente': 0.223061,  
    'Perfil': 0.103639,  
    'Aspecto': 0.173249,  
    'Geología': 0.145202,  
    'Suelos': 0.133829,  
    'Cobertura': 0.024341  
}
```

