

**Taller N°5**

**MÉTODOS ESTADÍSTICOS BIVARIADOS**

**Río Bedó, Mutatá-Antioquia**

Carolina García Cadavid

Edier Aristizabal

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Cartografía Geotécnica

Noviembre 2023

## **Taller N°5**

### *MÉTODOS ESTADÍSTICOS BIVARIADOS*

#### *Río Bedó, Mutatá-Antioquia*

## **1. GENERALIDADES**

La cuenca hidrográfica del Río Bedó, situada en la zona sur del municipio de Mutatá, en el departamento de Antioquia, Colombia. Esta cuenca se integra en la extensa red fluvial del Río Sucio, desempeñando un papel esencial como uno de sus afluentes.

En su cuenca alta y media, presenta grandes zonas muy boscosas. Entre los elementos que enriquecen la cuenca del Río Bedó, se destacan diversos afluentes que contribuyen a su caudal y carácter, entre ellos, se pueden mencionar el Río El Encanto, la Quebrada El Uvino, la Quebrada de Los Micos, la Quebrada La Bonga y la Quebrada Bedocito.

Además de su relevancia ambiental, la cuenca del Río Bedó también tiene importancia para las comunidades locales, que dependen de sus recursos hídricos y de los beneficios que brinda a la agricultura y la vida silvestre. Por tanto, es esencial garantizar su conservación y protección, no sólo como un ecosistema valioso, sino también como un activo fundamental para el bienestar de quienes habitan en su entorno.

- ÁREA → 40.93 km<sup>2</sup>
- PERÍMETRO → 36.77 km
- ALTITUD MÁXIMA → 1350 msnm
- ALTITUD MÍNIMA → 155 msnm
- ALTURA PROMEDIO → 534 msnm
- LONG AXIAL LARGO → 11.5 km
- LONG AXIAL ANCHO → 7.05 km
- PENDIENTE PROMEDIO → 19.5°
- LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL → Aprox. 11.14 km

Cabe aclarar que se hizo una modificación con respecto al taller anterior ya que se eliminó la variable de Flujo Acumulado ya que no era significativa para el modelo según el análisis realizado. por lo que se recalculan los pesos calculados con el AHP.

## 2. Frequency ratio model (Likelihood)

Este método calcula un peso para cada clase en la cual es dividida cada variable. En este caso el peso de la clase n se calcula dividiendo la relación de la ocurrencia de movimientos en masa por la relación del área de la clase. Luego se calcula el Frequency ratio para cada clase a partir de los valores estimados y se reclasifica el mapa, asignándole a cada clase el valor del Frequency ratio calculado.

Para la clasificación de las variables se utilizó la realizada con las gráficas de análisis univariado, calculadas anteriormente.

Para poner como ejemplo la pendiente que a cada uno de las variables se le aplico la misma metodología, se aplico este código que pone en práctica el método:

```
pendiente_serie=pd.Series(pendiente_vector_MenM)
ap=bp=cp=dp=ep=0
for row in pendiente_serie:
    if (row>=0) & (row < 15):
        ap+=1
    elif (15 <= row) & (row < 35):
        bp+=1
    elif (35 <= row) & (row < 50):
        cp+=1
    elif (row>=50):
        dp+=1

totalp=ap+bp+cp+dp
print("total:", totalp,ap,bp,cp,dp)

pendienteconMenM=pendiente_vector_MenM*inventario_vector_MenM
ap1=bp1=cp1=dp1=0
for row in pendienteconMenM:
    if (row>=0) & (row < 15):
        ap1+=1
    elif (15 <= row) & (row < 35):
        bp1+=1
    elif (35 <= row) & (row < 50):
        cp1+=1
    elif (row>=50):
        dp1+=1

total1p=ap1+bp1+cp1+dp1
print("total1:", total1p,ap1,bp1,cp1,dp1)

w_a=(ap1/total1p)/(ap/totalp)
w_b=(bp1/total1p)/(bp/totalp)
w_c=(cp1/total1p)/(cp/totalp)
w_d=(dp1/total1p)/(dp/totalp)
print(w_a,w_b,w_c,w_d)

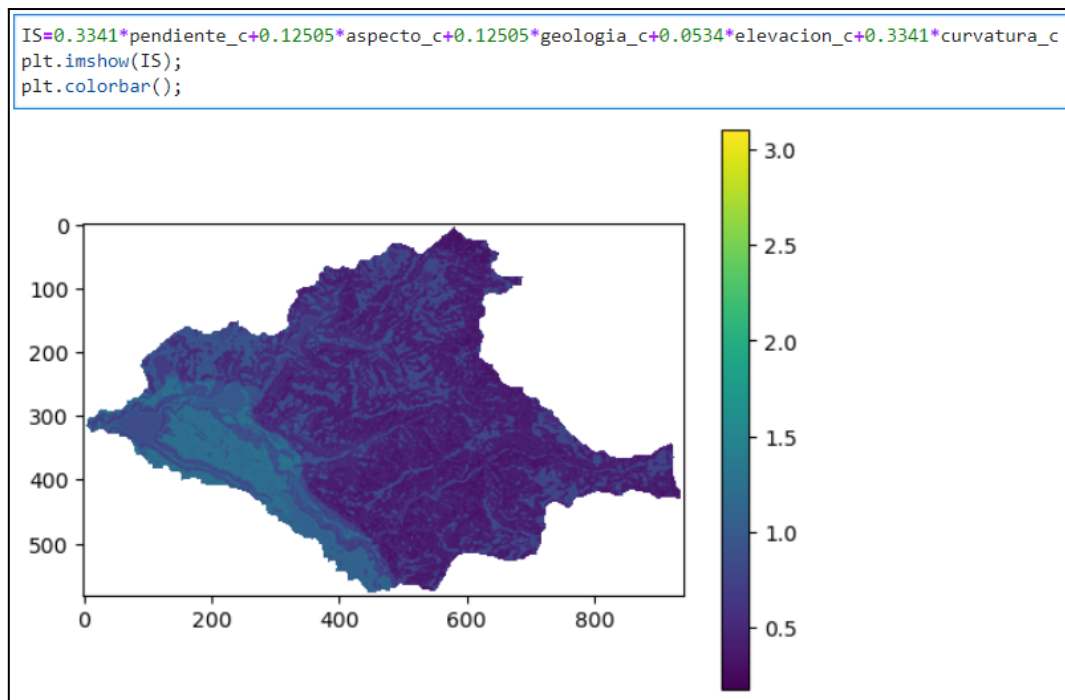
pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente>=0, pendiente<15 )),w_a,pendiente )
pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=15, pendiente_c<35 )),w_b,pendiente_c )
pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=35, pendiente_c<50 )),w_c,pendiente_c )
pendiente_c=np.where ( pendiente_c>=50,w_d,pendiente_c )

plt.imshow(pendiente_c)
plt.colorbar()
print(np.unique(pendiente_c));

total: 259233 91180 146572 20884 597
total1: 7467 4666 2570 231 0
1.7765984589707324 0.6087321561704455 0.3840099079119934 0.0
[0.          0.3840099  0.60873216 1.7765985         nan]
```

El totalp corresponde al número de celdas totales y las calcula también por categoría, además el totalp es el número de celdas con MenM totales y también discrimina esto por cada categoría y allí se ven todos los valores.

Con los mapas de cada variable reclasificados de acuerdo con el valor de Frequency ratio se procede entonces a sumar todas las variables y obtener el mapa de susceptibilidad (IS) de este método con la corrección de aplicando los pesos calculados con el AHP.



### 3. Statistical index model

El método Statistical index model es definido como el logaritmo natural de la densidad de movimientos en masa en una clase dividido la densidad de deslizamientos en toda la zona de estudio, de acuerdo con la ecuación correspondiente, y con estos valores del statistical index se reclasifica el mapa. Esto se aplica a cada variable de la siguiente forma:

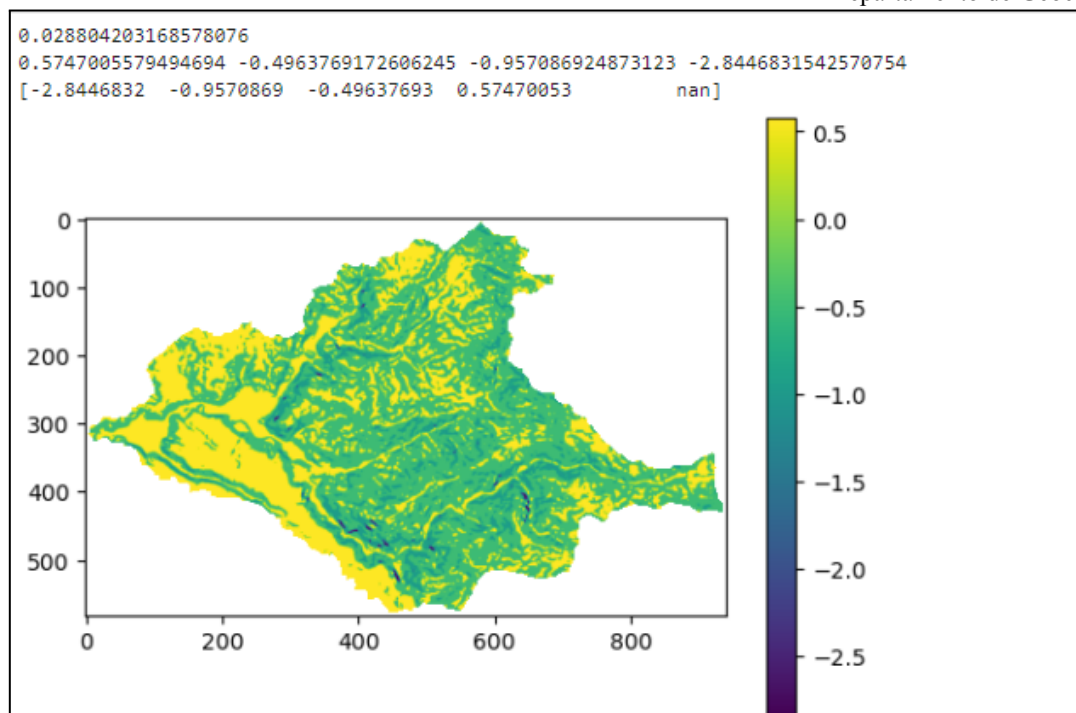
```
#Pendiente
dt=total1p/totalp
print(dt)

dp1=1 #0 movimientos en masa en esa clase

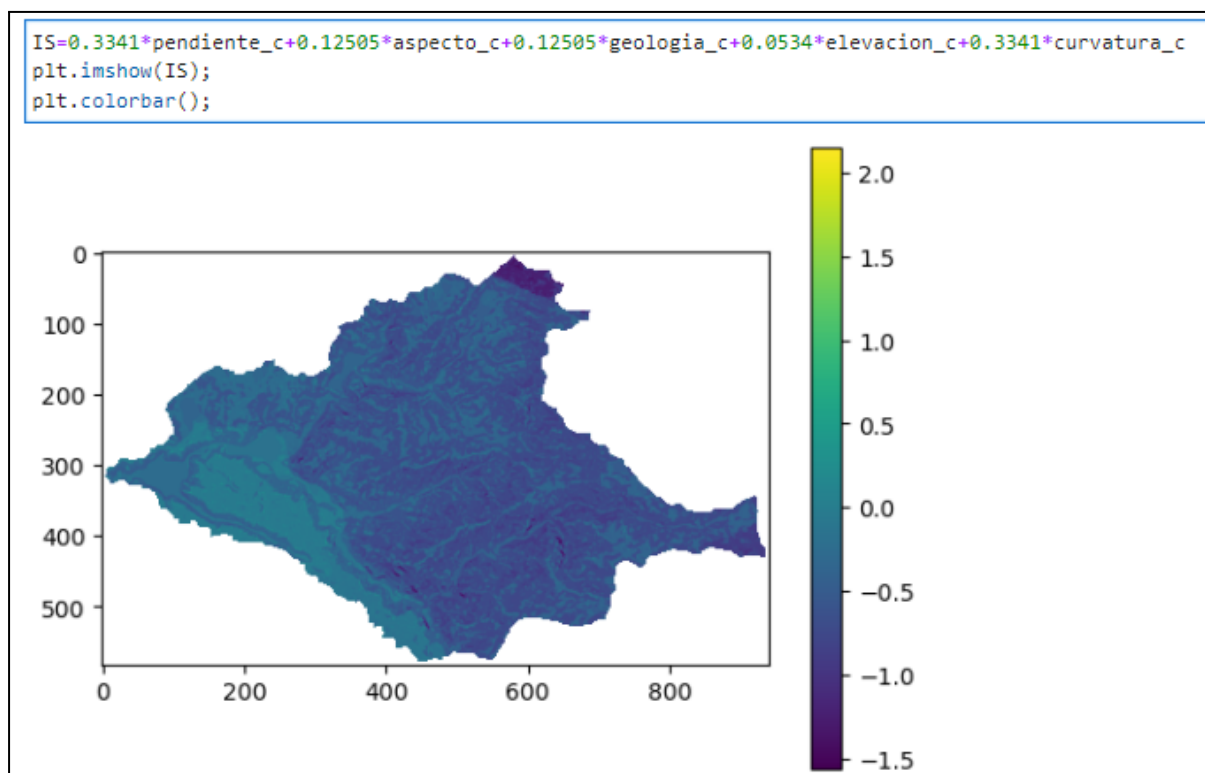
w_a=np.log((ap1/ap)/dt)
w_b=np.log((bp1/bp)/dt)
w_c=np.log((cp1/cp)/dt)
w_d=np.log((dp1/dp)/dt)
print(w_a,w_b,w_c,w_d)

pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente>=0, pendiente<15 )),w_a,pendiente )
pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=15, pendiente_c<35 )),w_b,pendiente_
pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=35, pendiente_c<50 )),w_c,pendiente_
pendiente_c=np.where ( pendiente_c>=50,w_d,pendiente_c )

plt.imshow(pendiente_c)
plt.colorbar()
print(np.unique(pendiente_c));
```



Con los mapas de cada variable reclasificados de acuerdo con el valor de Statistical index se procede entonces a sumar todas las variables y obtener el mapa de susceptibilidad (IS) de este método con la corrección aplicando los pesos calculados con el AHP.



#### 4. Peso de la evidencia (WoE)

El Peso de la Evidencia, basado en la teoría de la probabilidad Bayesiana, analiza la relación entre las áreas afectadas por los movimientos en masa y la distribución espacial de los factores condicionantes del terreno. Este método arroja los pesos de las clases que conforman las variables condicionantes, indicando la presencia e influencia de la clase como parámetro en la ocurrencia del movimiento en masa. Los pesos positivos ( $W^+$ ) indican la presencia de la clase como parámetro que favorece los movimientos en masa y su magnitud indica su correlación. El peso negativo ( $W^-$ ) indica la ausencia de la clase en la ocurrencia de movimiento en masa. Además el contraste C refleja el espacio de asociación respecto a la clase en la predicción del movimiento en masa, la cual es cero cuando la clase no afecta, es positivo cuando existe una correlación directa y negativo cuando existe una correlación inversa con la distribución de movimientos en masa.

```
#Pendiente

#Clase a
x1=ap1
x2=totalip-ap1
x3=ap-ap1
x4=(bp+cp+dp)-(bp1+cp1+dp1)

wp_a=np.log((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))
wn_a=np.log((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4)))
c=np.log(((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))/((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4))))

pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente>=0, pendiente<15 )),c,pendiente );

#Clase b
x1=bp1
x2=totalip-bp1
x3=bp-bp1
x4=(ap+cp+dp)-(ap1+cp1+dp1)

wp_b=np.log((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))
wn_b=np.log((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4)))
cont=np.log(((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))/((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4))))

pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=15, pendiente_c<35 )),cont,pendiente_c )

#Clase c
x1=cp1
x2=totalip-cp1
x3=cp-cp1
x4=(ap+bp+dp)-(ap1+bp1+dp1)

wp_c=np.log((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))
wn_c=np.log((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4)))
cont=np.log(((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))/((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4))))

pendiente_c=np.where ( (np.logical_and (pendiente_c>=35, pendiente_c<50 )),cont,pendiente_c )

dp1=dp1+1 #0 movimientos en masa en esa clase

#Clase d
x1=dp1
x2=totalip-dp1
x3=dp-dp1
x4=(ap+bp+cp)-(ap1+bp1+cp1)

wp_d=np.log((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))
wn_d=np.log((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4)))
cont=np.log(((x1/(x1+x2))/(x3/(x3+x4)))/((x2/(x1+x2))/(x4/(x3+x4))))

pendiente_c=np.where (pendiente_c>=50,cont,pendiente_c )

print(wp_a, wn_a, wp_b, wn_b, wp_c, wn_c, wp_d, wn_d)

plt.imshow(pendiente_c)
plt.colorbar()
print(np.unique(pendiente_c));
```

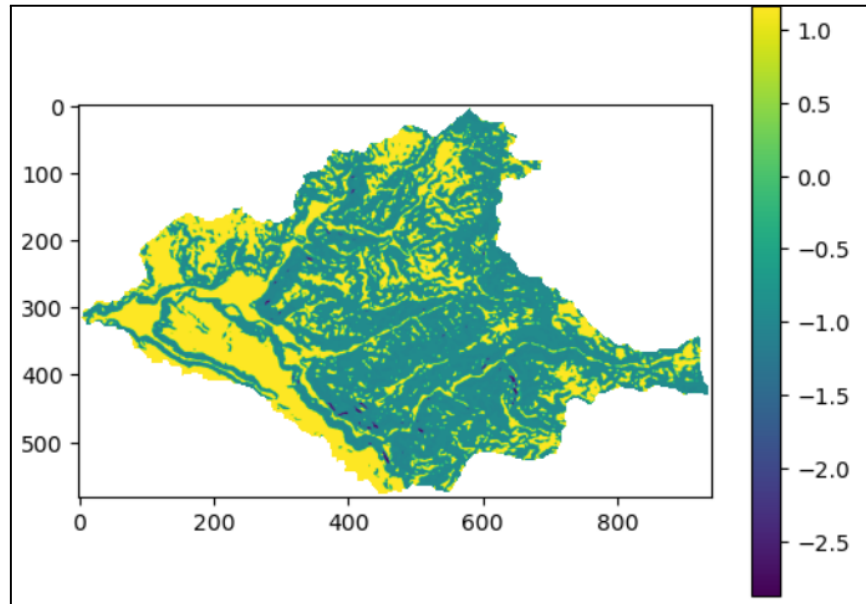
Se procede a imprimir cada uno de los W+ y W- para detectar valores infinitos que se obtienen de logaritmos de 0, es decir que provienen de clases donde algunos de los numeradores (x1, x2, x3, o x4) es 0.

```

0.5980026956864402 -0.5594883126152509 -0.5079145168215445 0.4266858944218812 -0.9751913831260894 0.05416857177014784 -2.8722378663756714 0.0022361618466888895
[-2.874474 -1.0293599 -0.9346004 1.157491 nan]

```

Con resultado de reclasificación de la siguiente forma:



Finalmente después de reclasificar cada variables de la forma anterior vista, se calcula el Índice de Susceptibilidad (IS), el cual corresponde a la suma de los mapas reclasificados con el valor del Contraste de este método con la corrección aplicando los pesos calculados con el AHP, de la siguiente forma.

