

## Introducción

Los excesos y deficiencias de agua en el suelo son limitantes para el desarrollo de actividades agropecuarias que afectan diferentes regiones de Colombia. La evaluación espacial y temporal de la ocurrencia de estos fenómenos se realizó mediante el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (Palmer Drought Severity Index, PDSI) que integra las lluvias, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ). Este índice refleja la condición mensual de humedad acumulada en el suelo, por lo que permitió evaluar condiciones locales y regionales de exceso y/o deficiencias hídricas acumuladas en el suelo en las regiones Andinas, Caribe y Pacífica de Colombia, e identificar las áreas más y menos susceptibles a estas condiciones, dada la ocurrencia de los eventos El Niño y La Niña.

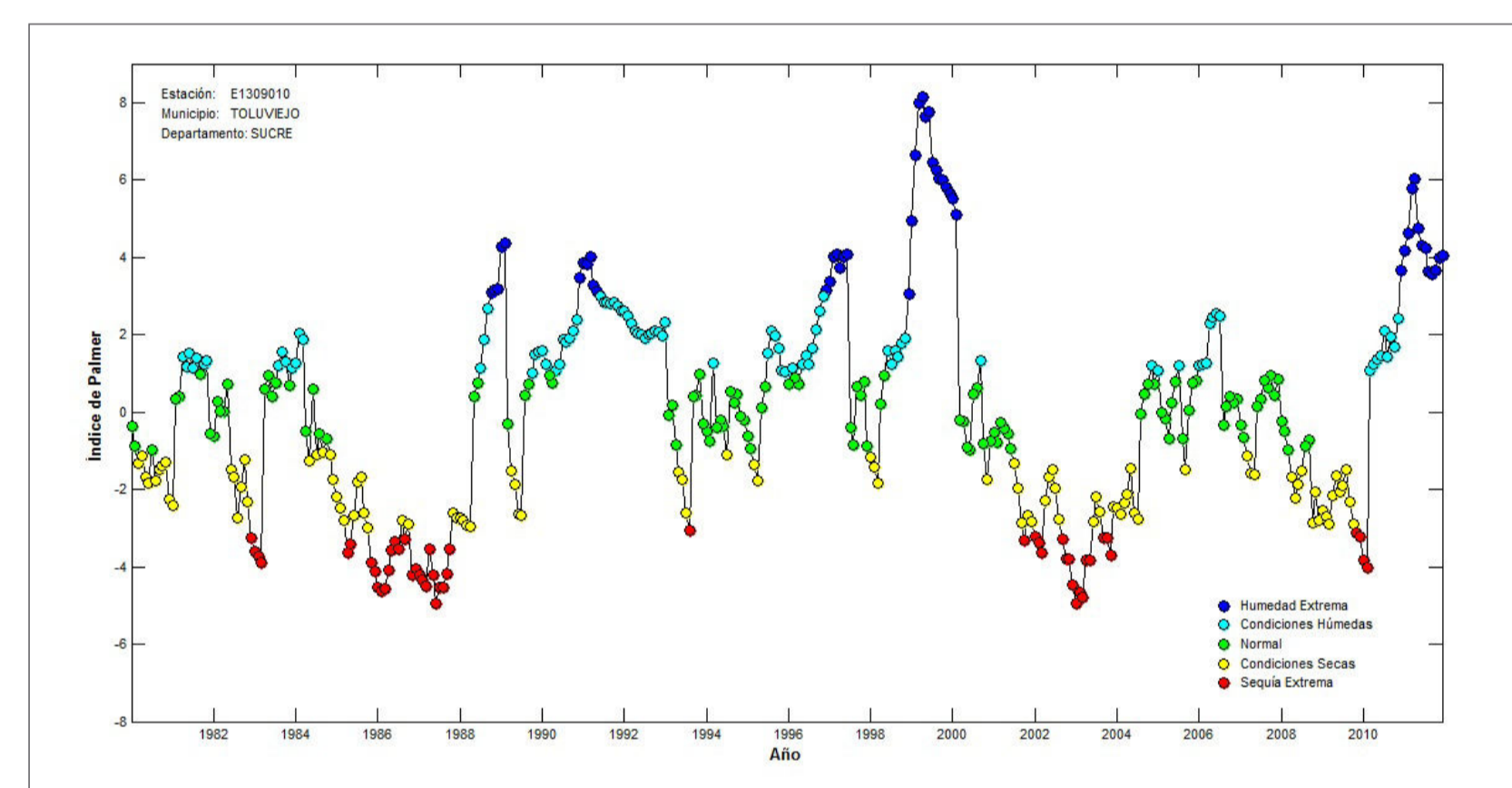
## Metodología

### Área de estudio

Se utilizaron series climáticas mensuales para el periodo de 1980 a 2011 evaluadas en el marco del proyecto MAPA, provenientes de 305 estaciones disponibles en un área de 481.312 km<sup>2</sup> correspondiente a los departamentos de las regiones Andina, Pacífica y Caribe de Colombia (Figura 1).

### Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI)

El cálculo del PDSI (Palmer, 1965) se basó en un modelo mensual de balance hídrico que relaciona la precipitación efectiva, la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) y la capacidad de retención de humedad de los suelos para categorizar la condición mensual de humedad en el suelo (Figura 2).



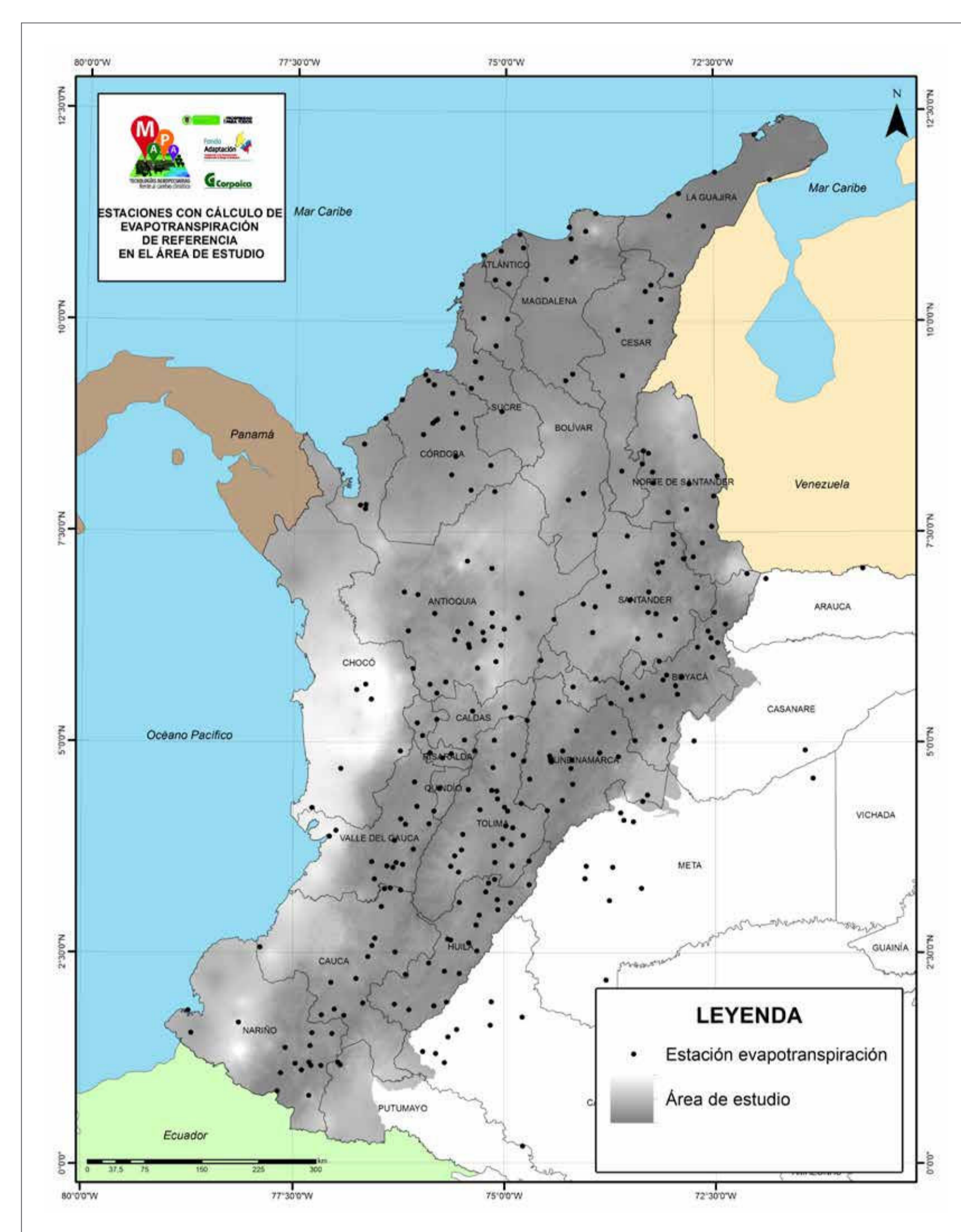
**Figura 2.** Serie mensual del PDSI en estación Toluvejo, municipio de Toluvejo (Sucre)

La precipitación efectiva, entendida como aquella fracción de la precipitación que ingresa al suelo y no aporta a la escorrentía superficial, fue calculada mediante la metodología propuesta por USDA. Los promedios mensuales de  $ET_0$  se calcularon para cada estación mediante la metodología FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998), usando datos mensuales disponibles de temperatura máxima y mínima, brillo solar y humedad relativa. Los promedios de velocidad del viento fueron tomados de los mapas del IDEAM (IDEAM, 2005), debido a la falta de series históricas de esta variable.

La capacidad de retención de humedad del suelo (AW) se calculó mediante una adaptación del método de Saxton y Rawls (2006), usando la textura de la unidad cartográfica donde se ubicó cada estación según el mapa geopedológico nacional (IGAC et al., 2012) (Tabla 1) y utilizando el dato de profundidad reportada para el perfil modal más representativo.

**Tabla 1.** Funciones de pedotransferencia adaptadas para el cálculo de la capacidad de retención de humedad

No.	Textura	Símbolo	C.C. (% Vol.)	P.M.P. (% Vol.)	SAT (% Vol.)	AW (mm/m)
1	Arcillosa	Ar	42,0	29,9	48,8	121
2	Franco arcillosa	FAr	35,0	21,3	47,2	138
3	Franca	F	26,7	12,6	45,8	141
4	Areno francosa	AF	12,1	5,7	45,7	64
5	Arenosa	A	9,4	5,0	46,3	44
6	Arcillo arenosa	ArA	37,1	26,0	44,0	110
7	Franco arcillo arenosa	FArA	28,3	18,3	43,2	101
8	Franco arenosa	FA	17,9	8,1	45,0	98
9	Limosa	L	31,6	6,3	48,2	253
10	Arcillo limosa	ArL	41,6	27,8	53,2	138
11	Franco arcilla limosa	FArL	37,9	21,0	51,0	169
12	Franco limosa	FL	32,1	13,7	48,2	184



**Figura 1.** Estaciones con cálculo de evapotranspiración de referencia en área de estudio

### Susceptibilidad a excesos y deficiencias hídricas en el suelo

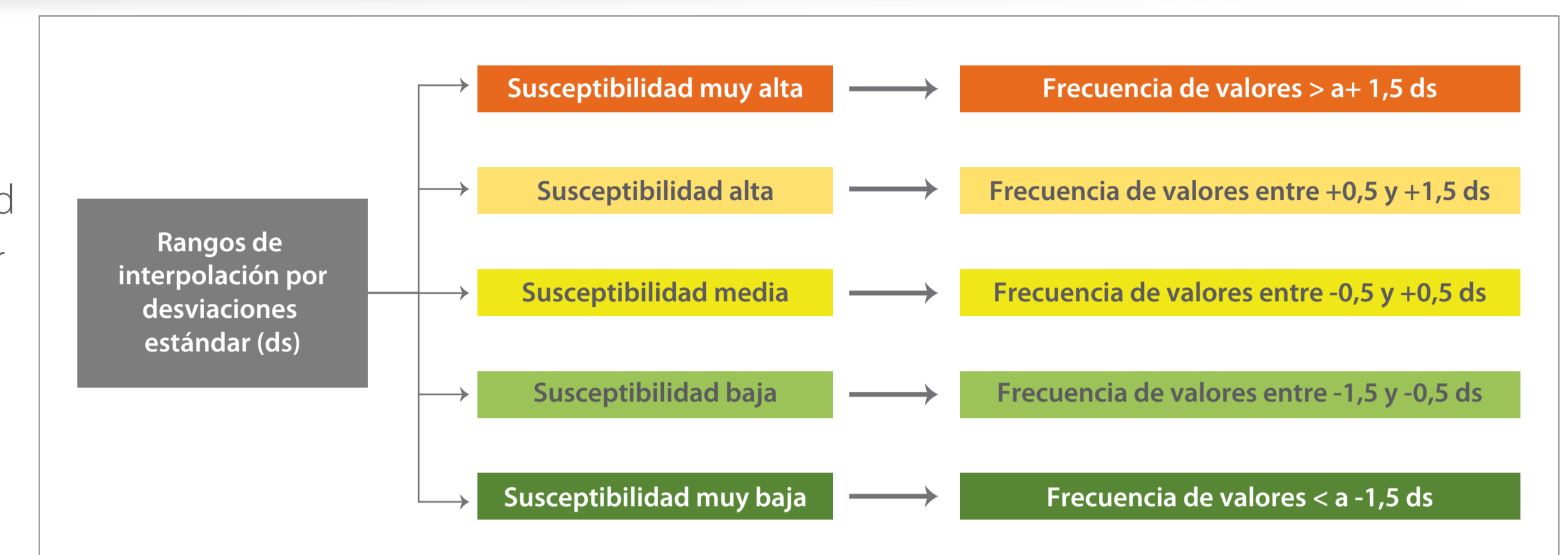
Las 11 categorías originales del PDSI fueron categorizadas en condiciones de exceso, normales y de deficiencias de humedad en el suelo (Tabla 2). Posteriormente, se calculó la frecuencia mensual correspondiente a cada categoría durante el periodo de estudio.

**Tabla 2.** Categorías originales y reagrupadas del PDSI para análisis de disponibilidad hídrica

PDSI	Categoría original	Categoría agrupada	Condición de disponibilidad hídrica
$\geq 4,00$	Extremadamente húmedo	Humedad extrema	Eventos húmedos
[3,00 - 4,00]	Muy húmedo		
[2,00 - 3,00]	Moderadamente húmedo	Condiciones húmedas	
[1,00 - 2,00]	Ligeramente húmedo		Normal
[0,50 - 1,00]	Húmedo incipiente		
[-0,50 - 0,50]	Normal	Normal	
[-1,00 - -0,50]	Sequía incipiente		Eventos secos
[-2,00 - -1,00]	Sequía reducida	Condiciones secas	
[-3,00 - -2,00]	Sequía moderada		
[-4,00 - -3,00]	Sequía severa	Sequía extrema	
$< -4,00$	Sequía extrema		

Con el fin de identificar las zonas con diferentes niveles de susceptibilidad histórica a que se presenten condiciones de excesos o deficiencias de humedad en el suelo durante los 32 años analizados, con las frecuencias obtenidas, se establecieron rangos de interpolación según su agrupamiento mediante desviaciones estándar, estableciendo los rangos de susceptibilidad de cada estación (Figura 3).

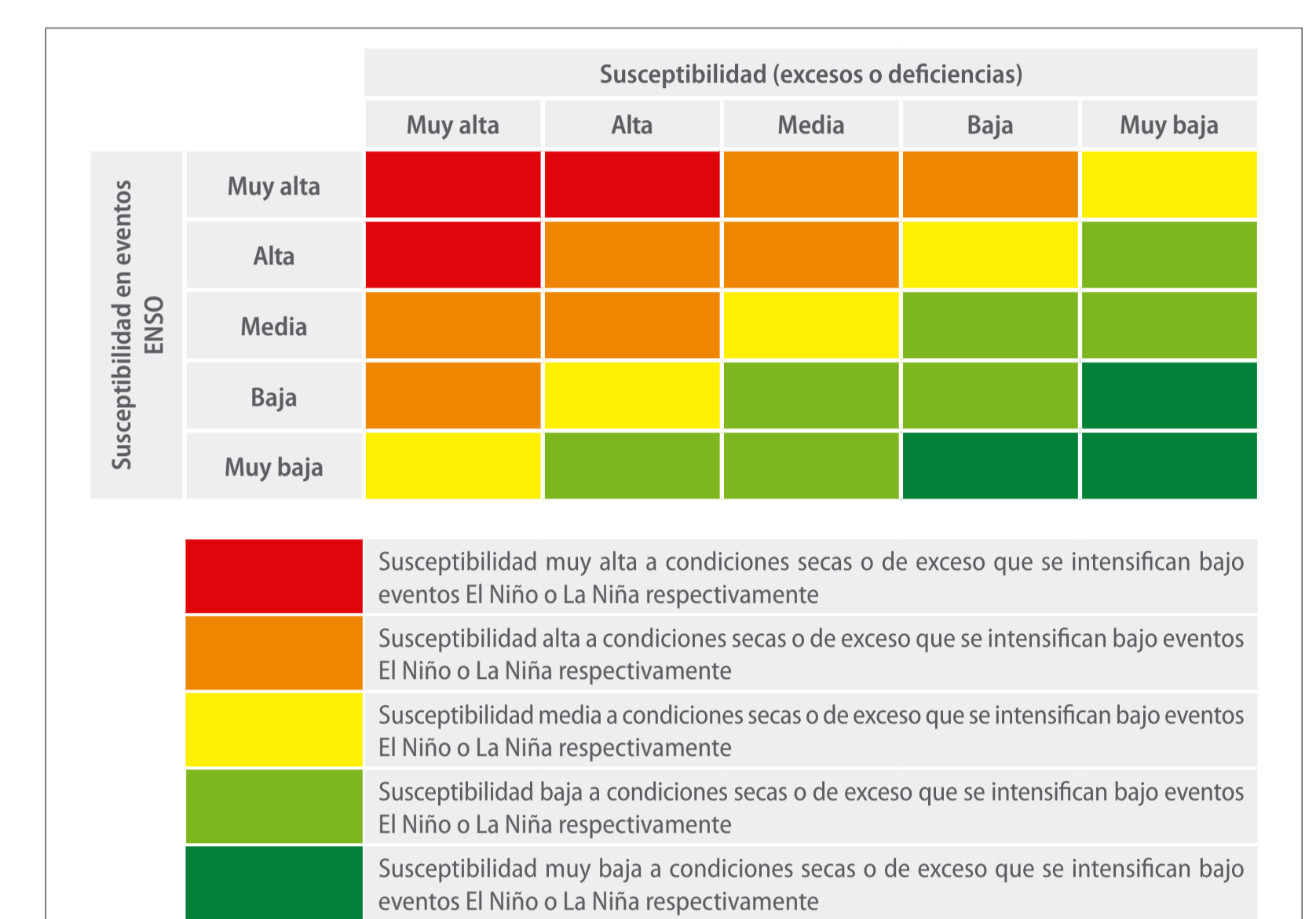
**Figura 3.** Categorías de susceptibilidad a excesos o deficiencias hídricas a partir de frecuencias de valores



### Susceptibilidad a excesos y deficiencias hídricas en el suelo durante eventos ENSO

Dada la ocurrencia mensual de eventos El Niño o La Niña según el índice ONI, se calcularon las frecuencias de ocurrencia de condiciones secas y húmedas durante eventos El Niño y La Niña respectivamente.

Las categorías encontradas durante eventos ENSO para cada estación climática, se cruzaron con las categorías de susceptibilidad de acuerdo a una matriz de decisión (Figura 4) para identificar las zonas donde se presenta alta frecuencia de ocurrencia de condiciones secas que pueden intensificarse bajo El Niño y zonas con alta frecuencia de condiciones húmedas que se intensifican bajo La Niña.

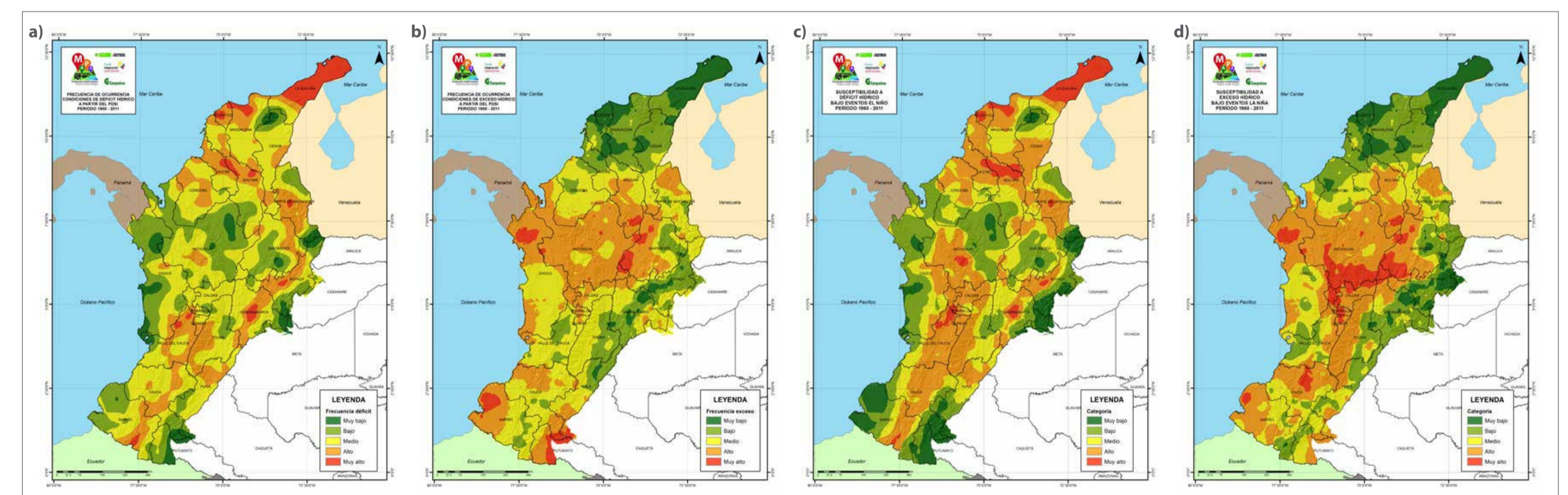


**Figura 4.** Matriz de decisión y categorización de la susceptibilidad a excesos y deficiencias hídricas durante eventos ENSO

## Resultados

El 44 % del área de estudio presentó frecuencia media a condiciones de déficit hídrico, 27 % frecuencia en categorías alta y muy alta, mientras que el 29 % frecuencia baja y muy baja. Las áreas de alta frecuencia fueron los altiplanos (Cundiboyacense y Nariñense), la depresión Momposina, el Macizo de Santurbán, el departamento del Atlántico, norte de Magdalena y la península de La Guajira. Durante El Niño, el área con categorías alta y muy alta aumentó al 40 %, la baja y muy baja aumentaron al 36 %, mientras la media disminuyó al 24 %. Estas áreas de alta frecuencia a condiciones de deficiencia durante El Niño, correspondieron a la depresión Momposina, el valle del río Cauca, el Altiplano Cundiboyacense, los departamentos de Atlántico y norte de Magdalena y la península de La Guajira (Figuras 5a y 5c).

Condiciones de exceso hídrico con frecuencias alta y muy alta se presentaron en el 35 % del área de estudio, en el 37 % frecuencia media y en el 28 % baja y muy bajas. Las categorías altas correspondieron al departamento de Antioquia, el Magdalena Medio y la zona litoral Pacífica, en especial Chocó y Nariño. Durante el evento de La Niña las frecuencias aumentaron en el departamento de Antioquia, sur de Bolívar, Santander, el centro del Cauca, la costa Pacífica nariñense y el norte del Chocó. Las categorías altas aumentaron al 43 % del área de estudio, la categoría media se redujo al 21 % y las bajas aumentaron al 36 % (Figura 5b y 5d).



**Figura 5.** Frecuencia de ocurrencia de: a) condiciones de déficit hídrico; b) condiciones de exceso hídrico; c) condiciones de déficit hídrico bajo El Niño; d) condiciones de exceso hídrico bajo La Niña

## Conclusiones

- El análisis de frecuencias del PDSI permitió cuantificar la desviación mensual de la humedad del suelo y representar espacialmente la susceptibilidad regional a diferentes condiciones de humedad en el suelo considerando elementos fundamentales para la productividad agropecuaria como la precipitación efectiva, la  $ET_0$  y la capacidad de retención de humedad del suelo.
- La implementación del PDSI permitió identificar a escala regional la influencia de eventos como El Niño y La Niña sobre la disponibilidad de agua en el suelo.

## Referencias Bibliográficas

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization. Roma.
- IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá, D.C.
- IGAC et al. (2012). Conflictos de Uso del Territorio Colombiano. Escala 1:100.000. Convenio marco de cooperación especial. Bogotá, D.C. 212 p.
- Palmer, W. C., (1965). Meteorological Drought. Res. Paper No.45, 58pp., Dept. of Commerce, Washington, D.C.
- Saxton, K. E., and Rawls, W. J. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. Soil Science Society of America Journal, 70(5), 1569-1578. doi:10.2136/sssaj.2005.0117
- Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 23th ACM national conference (págs. 517-524). New York: ACM.