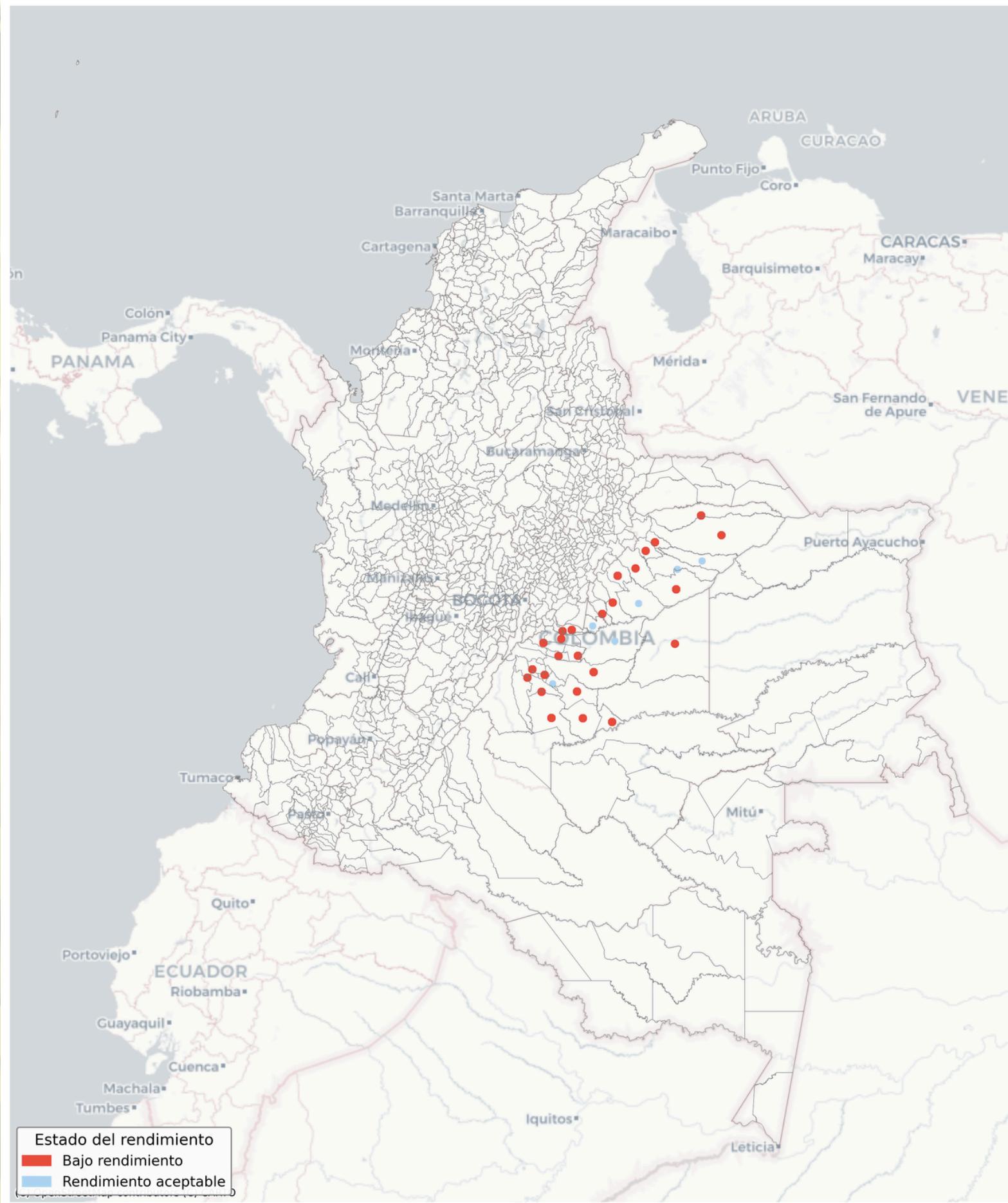


# **ANÁLISIS GEOESPACIAL DE EVENTOS ALEATORIOS NATURALES EN EL CULTIVO DE ARROZ EN LOS DEPARTAMENTOS DE META Y CASANARE, COLOMBIA**

---

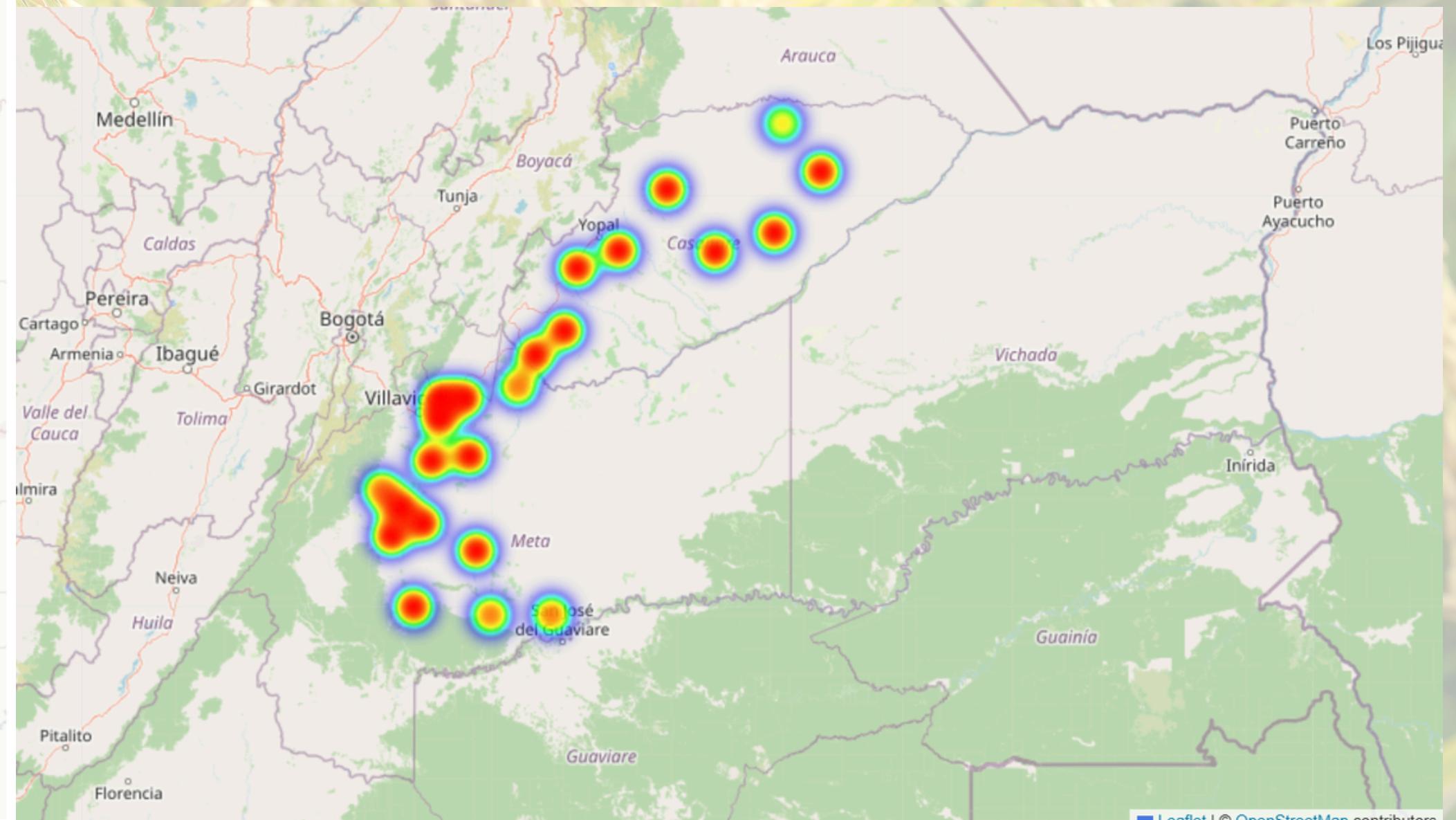
**Análisis Geoespacial  
Por Paola Andrea Ruiz Franco**

Densidad espacial de eventos agrícolas  
según nivel de rendimiento



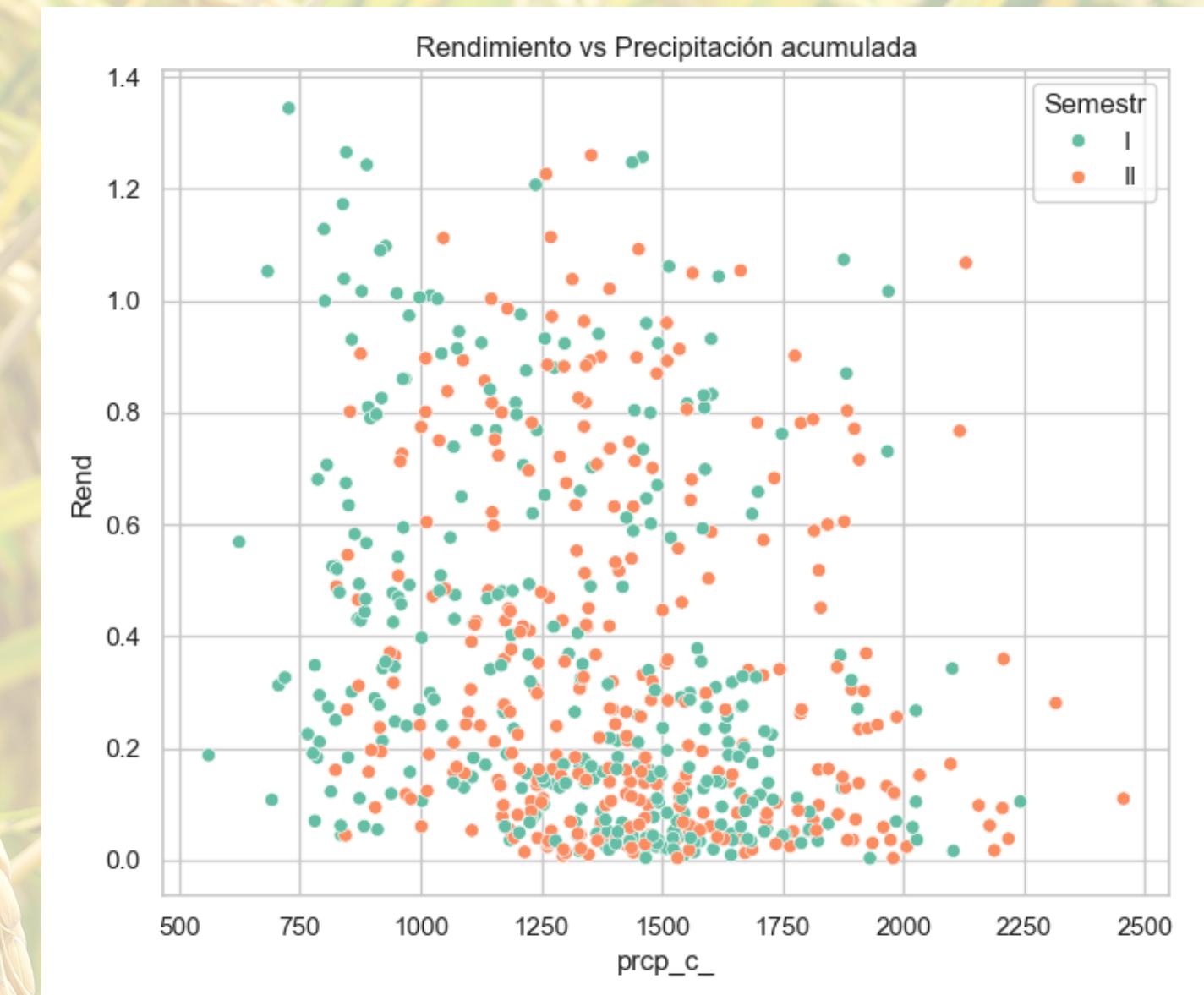
## JUSTIFICACIÓN – CONTEXTO GEOGRÁFICO

MAPA DE CALOR CON KERNEL DENSITY.



# VARIABLES

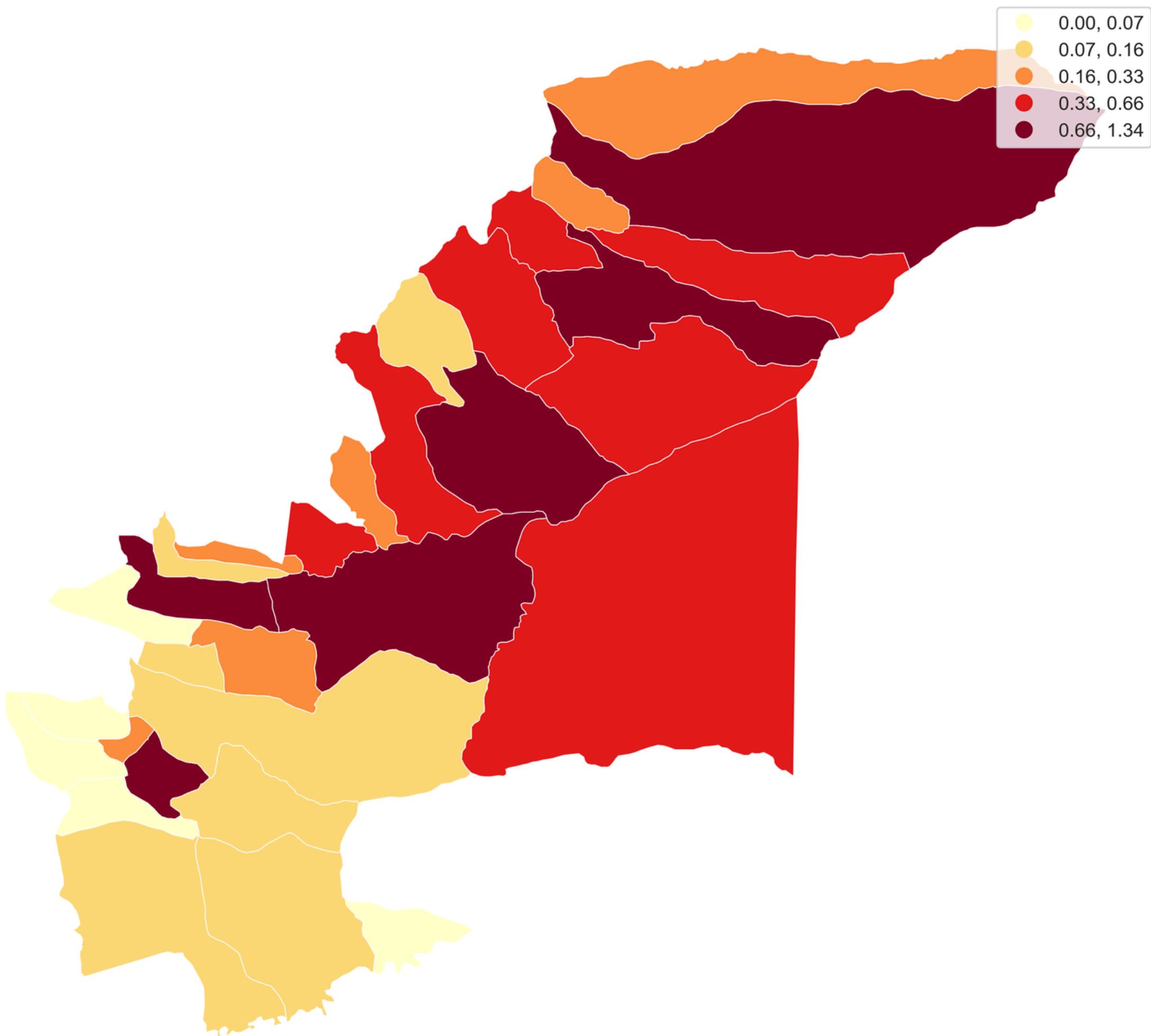
	Variable	Tipo de variable	Descripción
0	Dprtmnt	Categórica nominal	Departamento
1	Area	Numérica continua	Área cultivada (ha)
2	Rend	Numérica continua	Rendimiento del cultivo
3	Año	Numérica discreta	Año de observación
4	Semestr	Categórica ordinal	Semestre (I o II)
5	mncp_nr	Categórica nominal	Municipio
6	Bj_Rndm	Binaria (0/1)	¿Bajo rendimiento?
7	prcp_c_	Numérica continua	Precipitación acumulada (mm)



# DATAFRAME

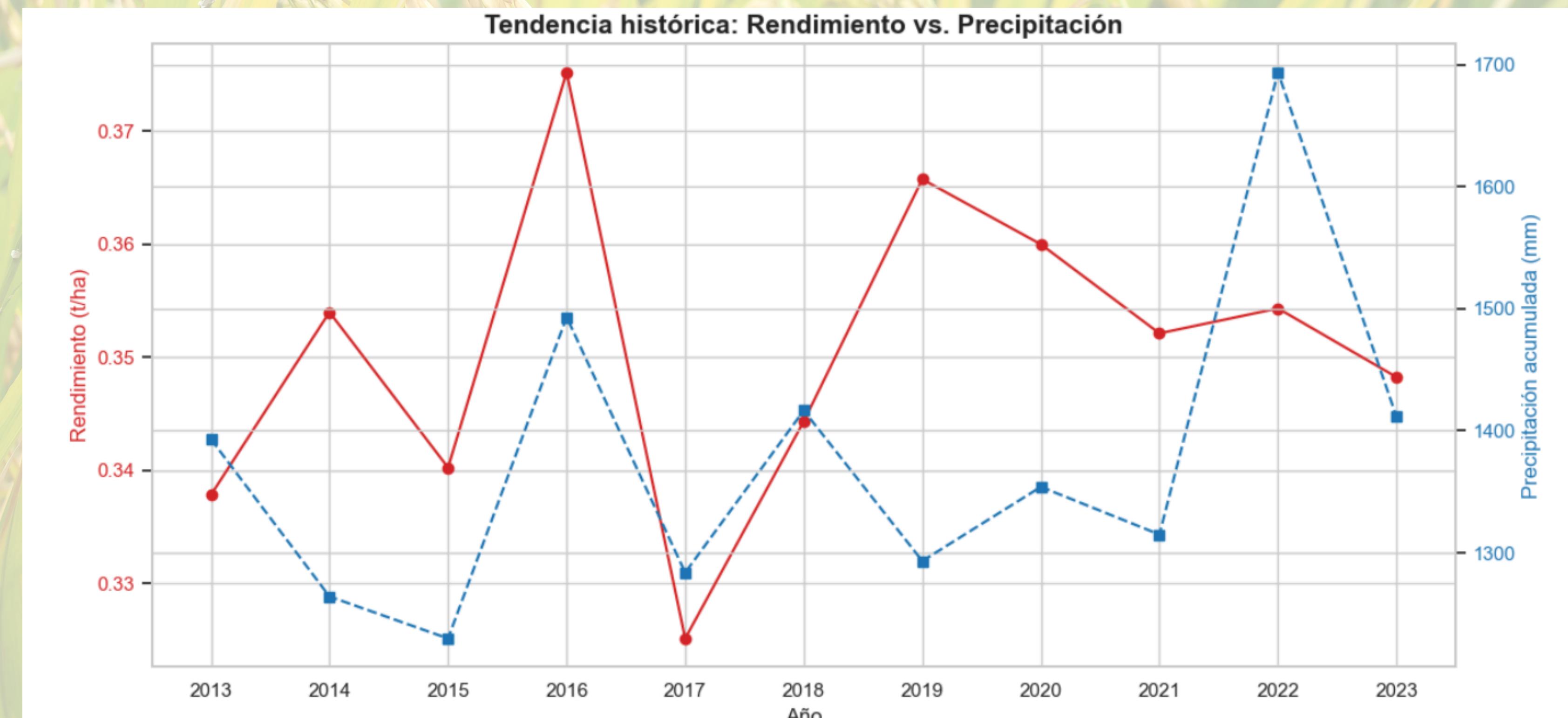
	Departamento	Area	Rend	Año	Semestre	Rend_Cuartil	Bajo_Rendimiento	municipio_norm	semester_GEE	precip_accum_mm	municipio_fao	precipitacion_alta	lat	lon	geometry	
0	Meta	620.0	0.050757	2013	I	Bajo	1	ACACIAS	1-6	1771.063271	Acacias		1	4.009658	-73.723954	MULTIPOLYGON((-73.80923743010935 4.203713199...))
1	Meta	620.0	0.036582	2013	II	Bajo	1	ACACIAS	7-12	1895.331576	Acacias		1	4.009658	-73.723954	MULTIPOLYGON((-73.80923743010935 4.203713199...))
2	Casanare	6358.6	0.343188	2013	I	Bajo	1	AGUAZUL	1-6	921.609069	Aguazul		0	5.126122	-72.548210	MULTIPOLYGON((-72.56682018386576 5.372858796...))
3	Casanare	6358.6	0.307771	2013	II	Bajo	1	AGUAZUL	7-12	1235.895755	Aguazul		0	5.126122	-72.548210	MULTIPOLYGON((-72.56682018386576 5.372858796...))
4	Meta	7572.1	0.619896	2013	I	Medio-Alto	0	CABUYARO	1-6	1231.824421	Cabuyaro		0	4.315245	-72.952691	MULTIPOLYGON((-73.09160659475387 4.475197465...))
5	Meta	7572.1	0.446774	2013	II	Medio-Alto	0	CABUYARO	7-12	1500.886187	Cabuyaro		1	4.315245	-72.952691	MULTIPOLYGON((-73.09160659475387 4.475197465...))
6	Meta	2749.3	0.225074	2013	I	Bajo	1	CASTILLA LA NUEVA	1-6	1727.064321	Castilla La Nueva		1	3.805154	-73.538867	MULTIPOLYGON((-73.72803118331154 3.920546940...))

## Distribución del rendimiento del cultivo



**MAPA DEL ÁREA  
DE ESTUDIO  
(COROPLETA BASE  
CON UBICACIÓN  
DE POLÍGONOS).**

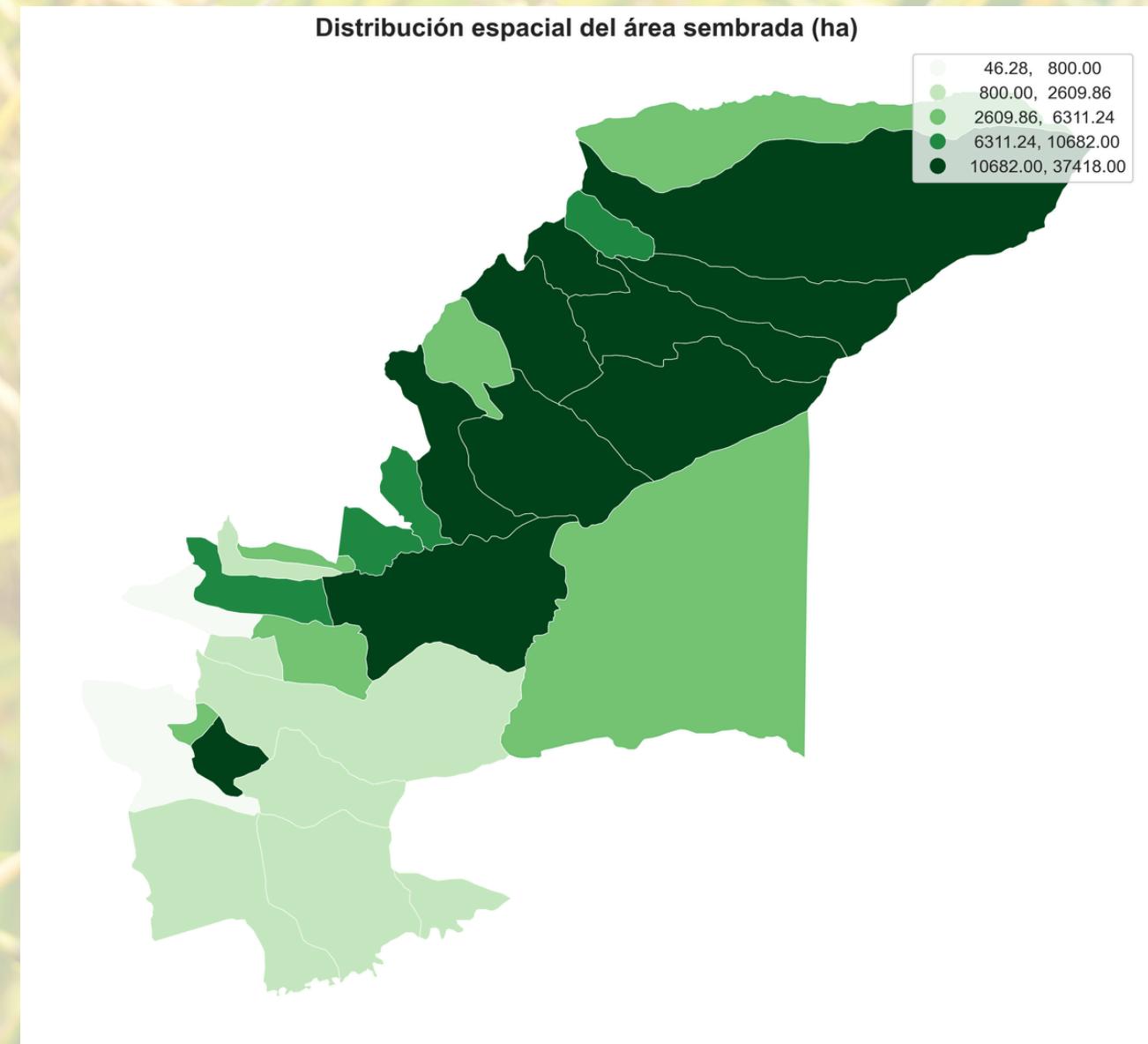
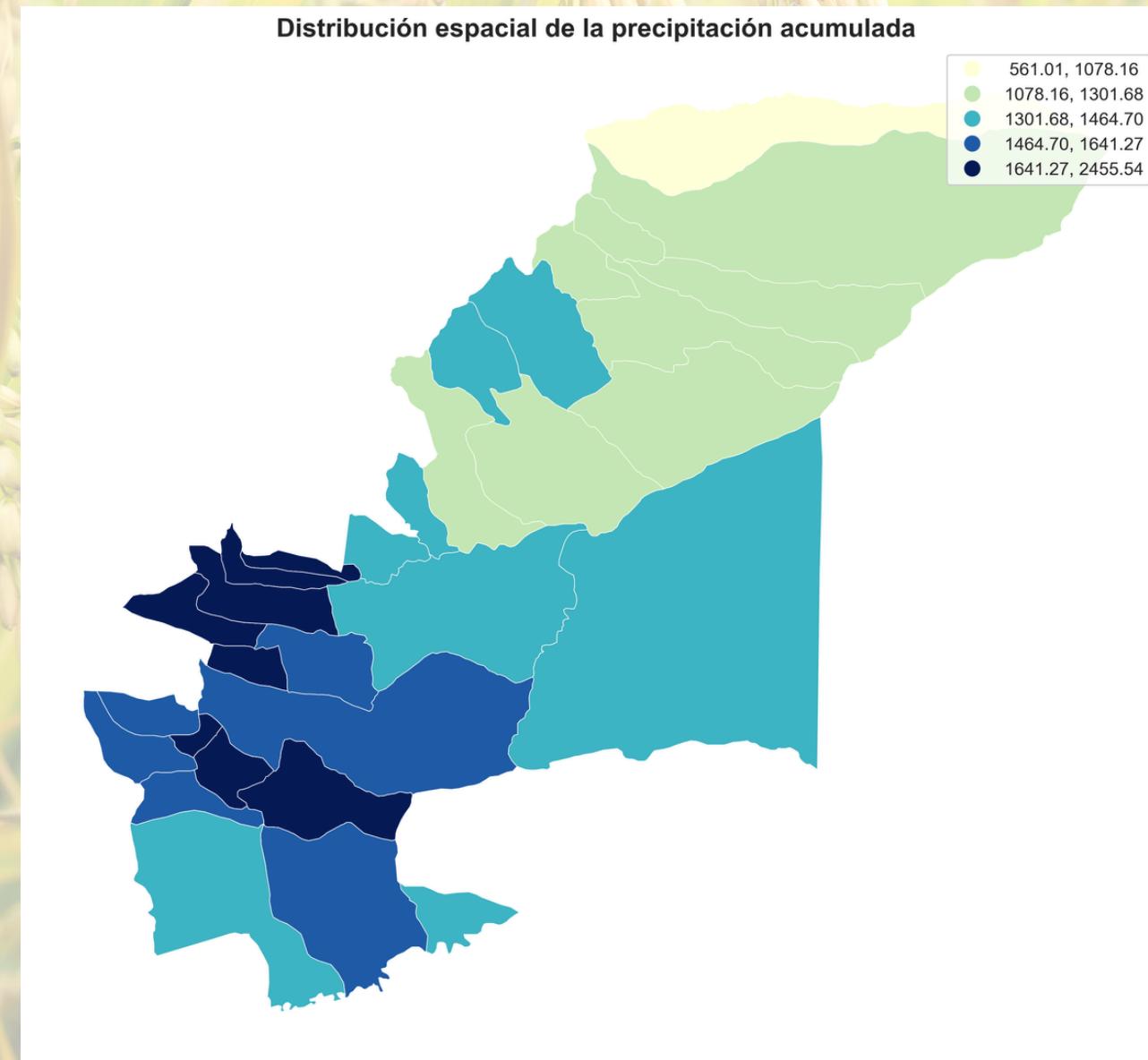
# EXPLORACIÓN DE DATOS ESPACIALES RENDIMIENTO VS PRECIPITACIÓN



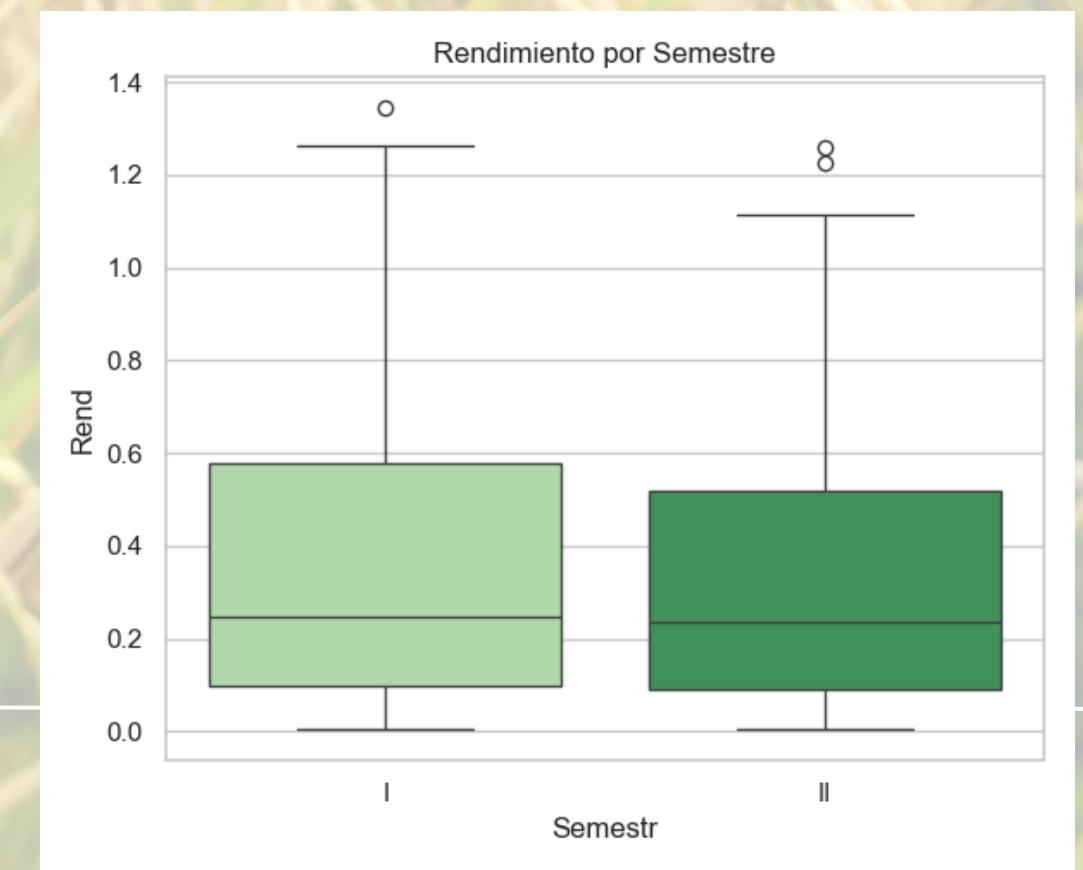
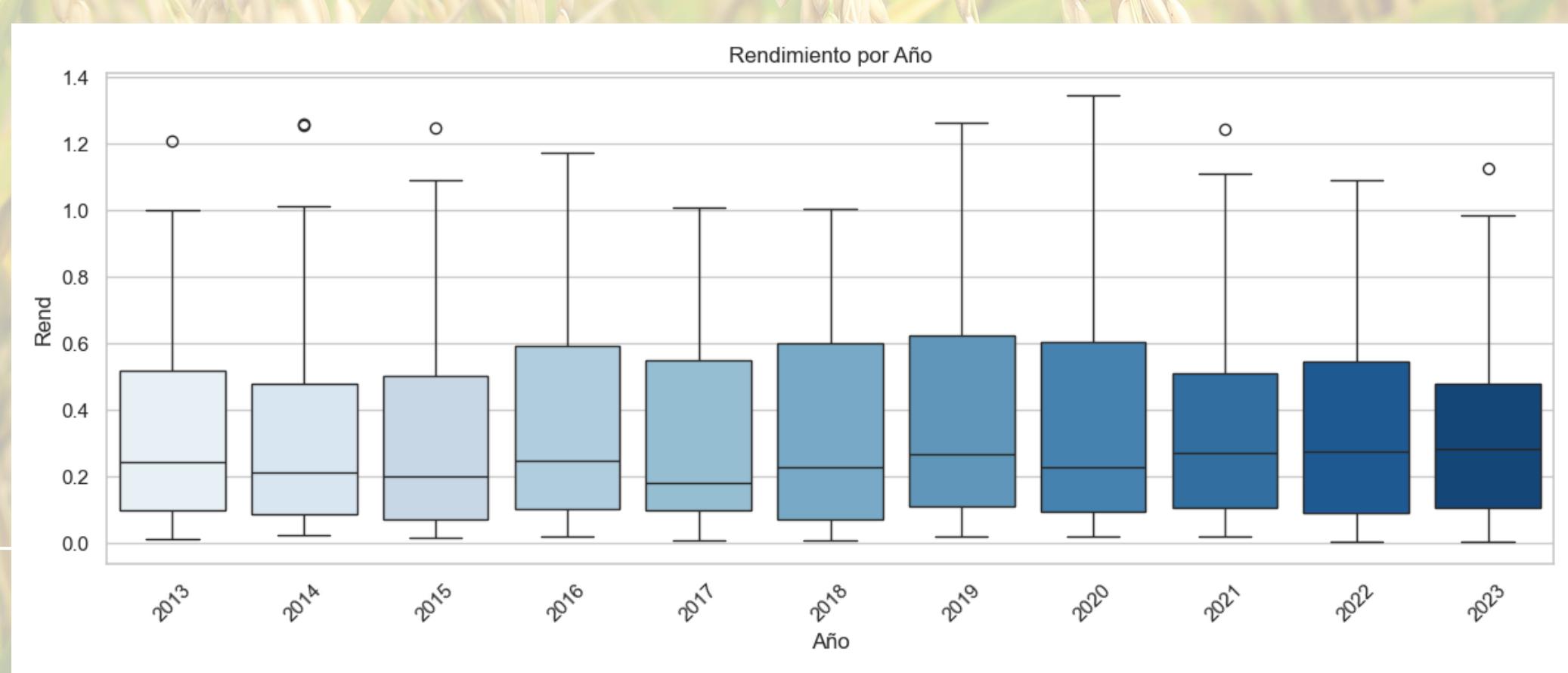
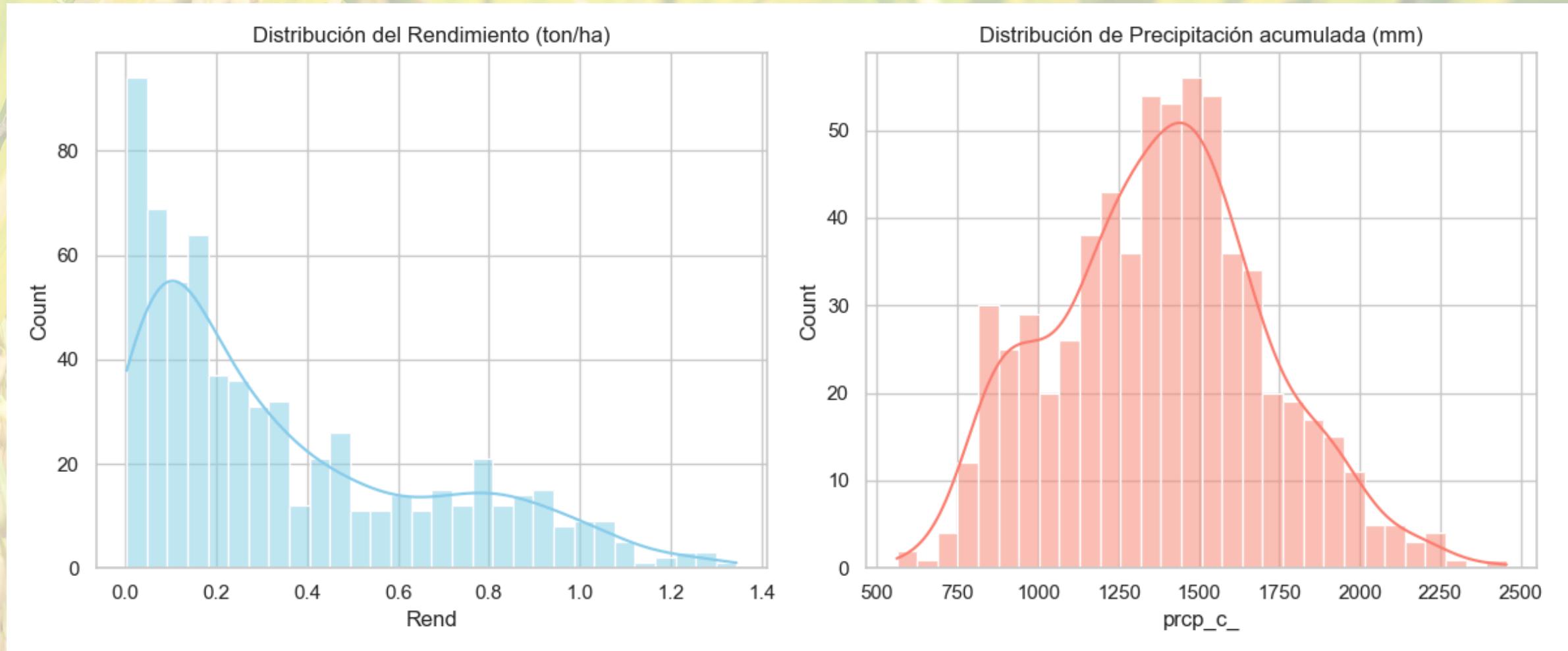
# EXPLORACIÓN DE DATOS ESPACIALES

## MAPAS DE COROPLETAS DE VARIABLES CLAVE:

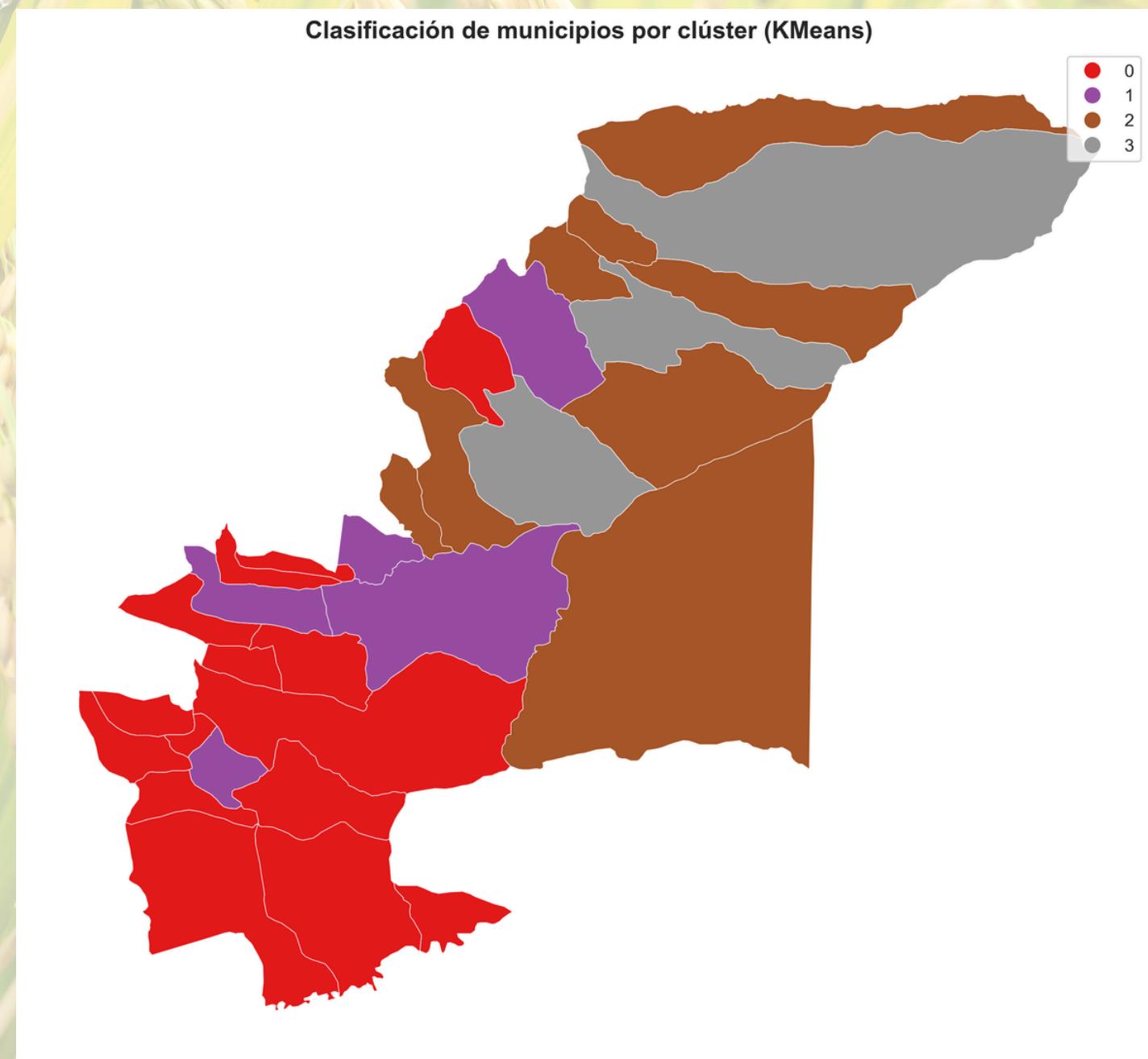
### PRECIPITACIÓN ACUMULADA, ÁREA SEMBRADA



# ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA



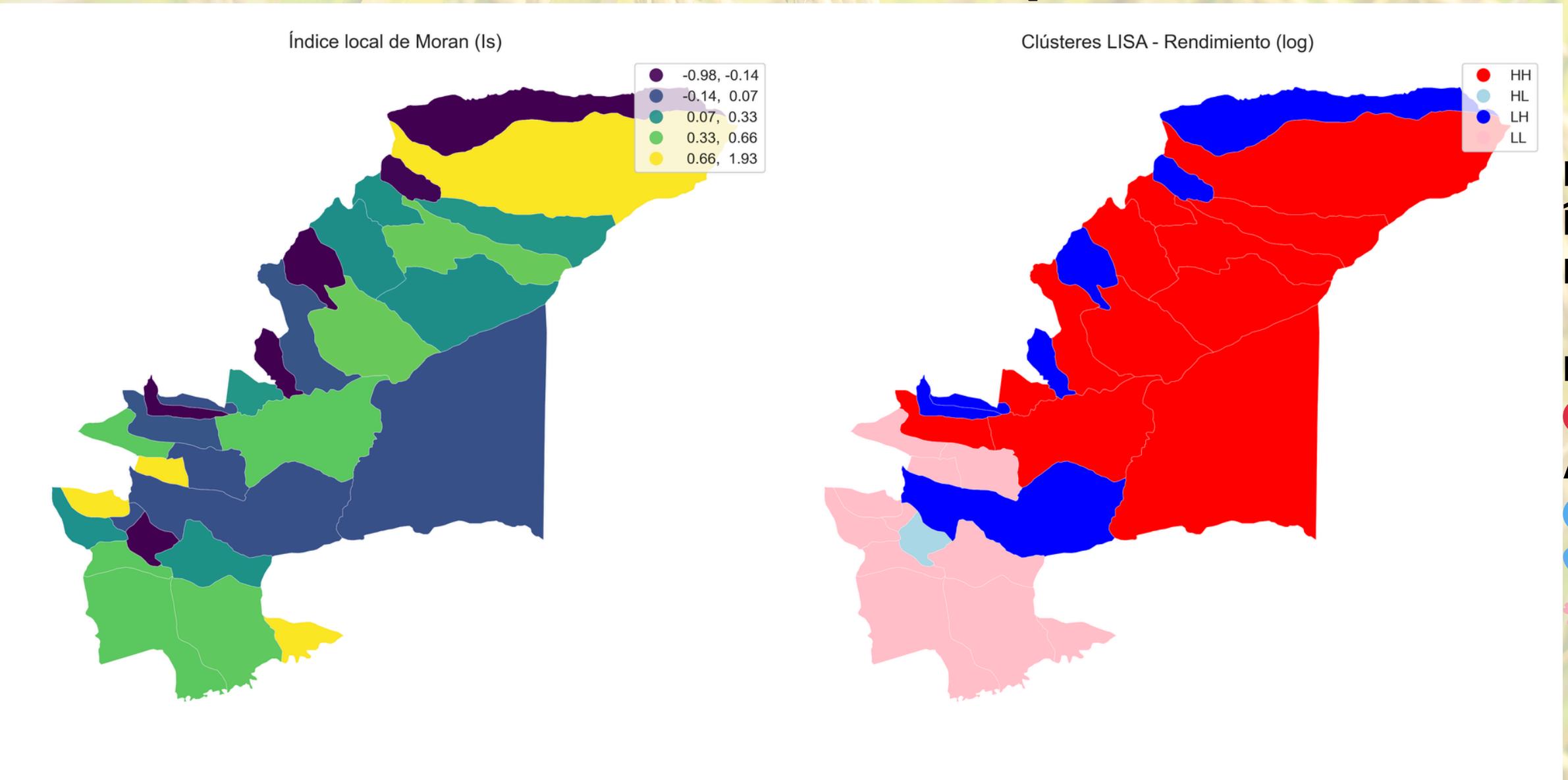
# ANÁLISIS DE CLUSTERS



cluster	Rend	prcp_c_	Area
0	0.12	1572.46	1635.20
1	0.75	1524.28	9651.43
2	0.33	1036.78	7639.20
3	0.92	1054.90	23871.42

# EVALUACIÓN DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL: ÍNDICE DE MORAN

## JUSTIFICACIÓN: VALIDAR PRESENCIA DE DEPENDENCIA ESPACIAL. INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE (POSITIVO O NEGATIVO, VALOR DEL P-VALUE).



**MAPA 1: MUESTRA CON VIRIDIS LOS VALORES DEL ÍNDICE LOCAL (Is).**  
**MÁS INTENSO = MÁS AUTOCORRELACIÓN LOCAL.**

**MAPA 2 MUESTRA:**

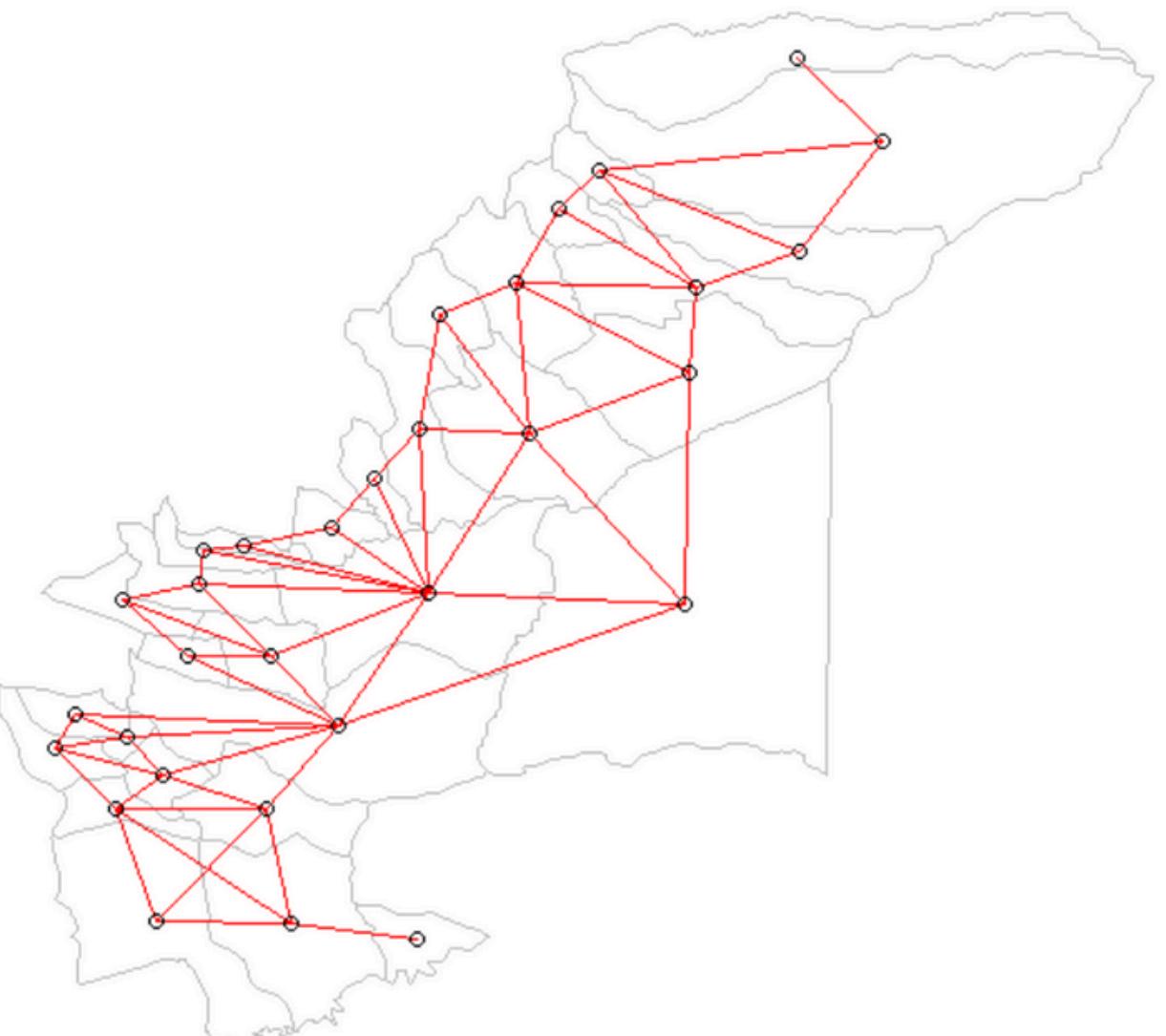
- HH: ZONAS DE ALTO RENDIMIENTO RODEADAS DE ALTOS
- LL: BAJO RENDIMIENTO RODEADO DE BAJOS
- LH: BAJO RODEADO DE ALTOS (OUTLIER)
- HL: ALTO RODEADO DE BAJOS (OTRO OUTLIER)

EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA NO ESTÁ DISTRIBUIDO AL AZAR EN EL TERRITORIO.  
HAY AGRUPAMIENTOS REGIONALES DE ALTO O BAJO RENDIMIENTO: LOS MUNICIPIOS CON BAJO RENDIMIENTO TIENDEN A ESTAR CERCA ENTRE SÍ, LO MISMO CON LOS DE ALTO RENDIMIENTO.  
ESTE RESULTADO JUSTIFICA EL USO DE MODELOS ESPACIALES COMO EL ICAR O EL GWR, PORQUE LA RELACIÓN ENTRE MUNICIPIOS VECINOS INFUYE EN LOS DATOS.

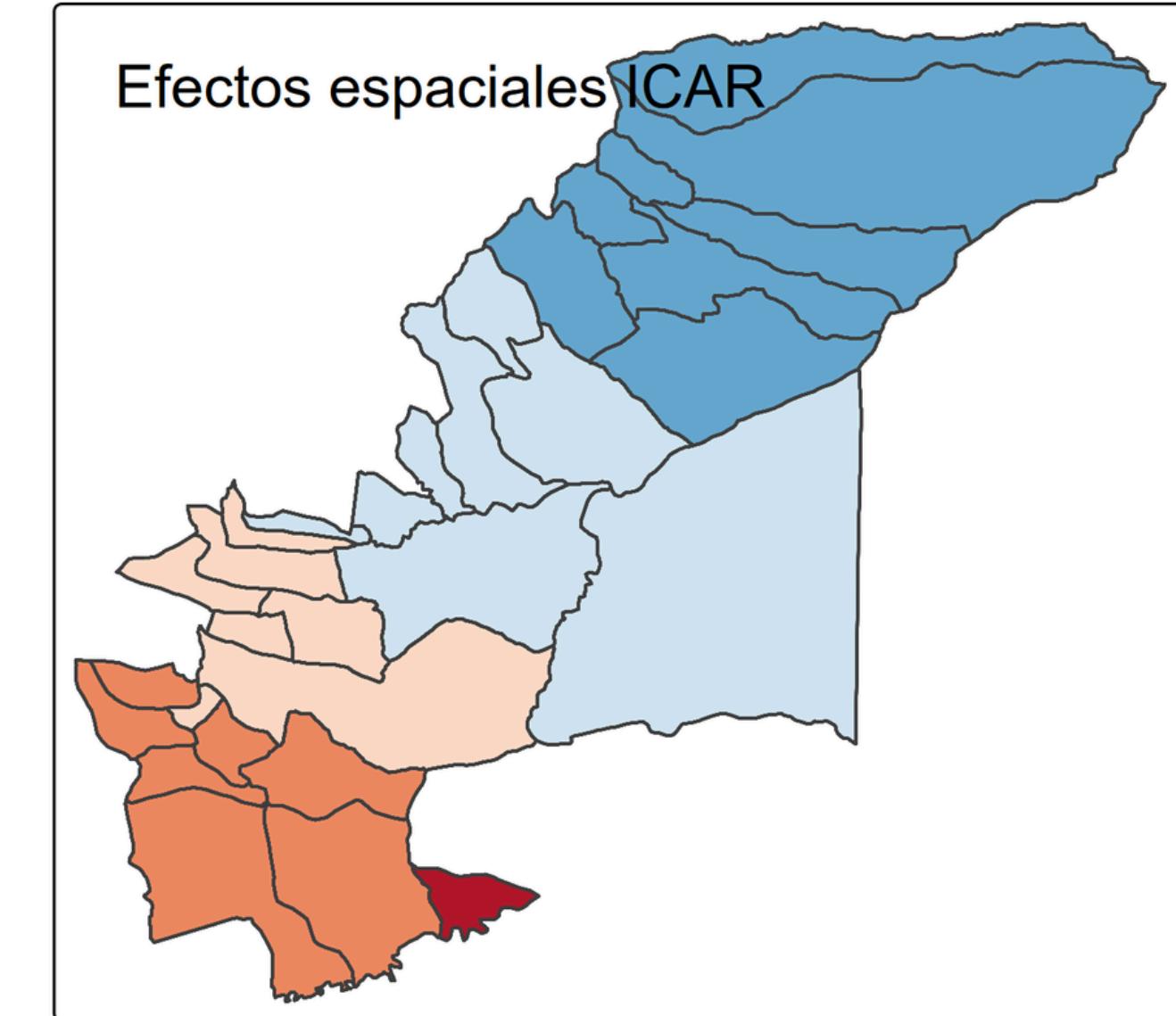
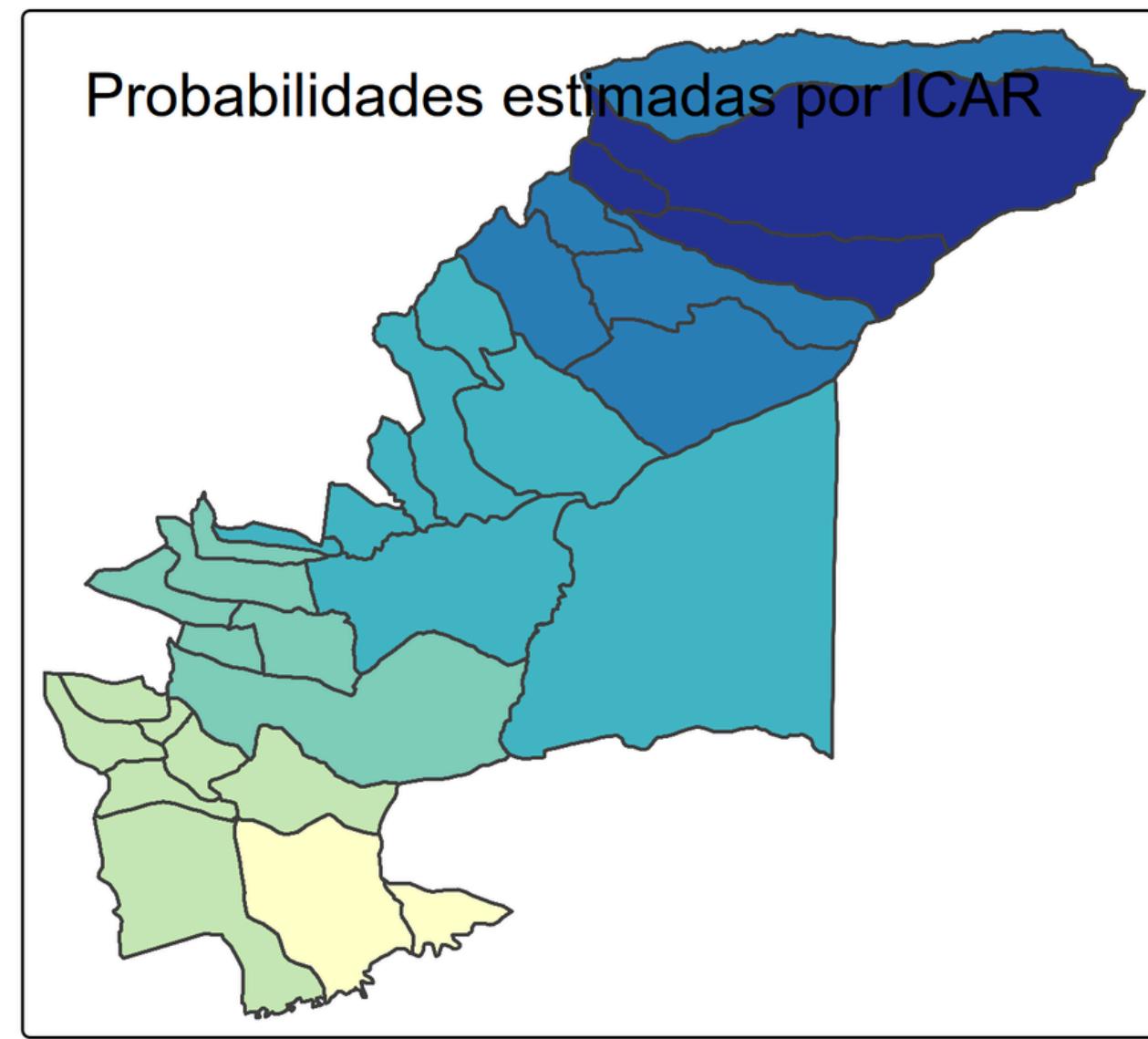
ÍNDICE DE MORAN: 0.1997  
P-VALUE (PSEUDO): 0.001  
Z-SCORE: 37.0168

# MATRIZ ESPACIAL – TIPO QUEEN

Relaciones espaciales tipo Queen entre municipios



# MODELO ICAR BINOMIAL



1. Intercepto del modelo:

Parámetro	Mean	SD	2.5%	50%	97.5%	Mode	KLD
Intercepto	-1.49e-12	0.0782	-0.1534	-1.49e-12	0.1534	-1.49e-12	5.53e-1

2. Parámetro espacial (efecto aleatorio)

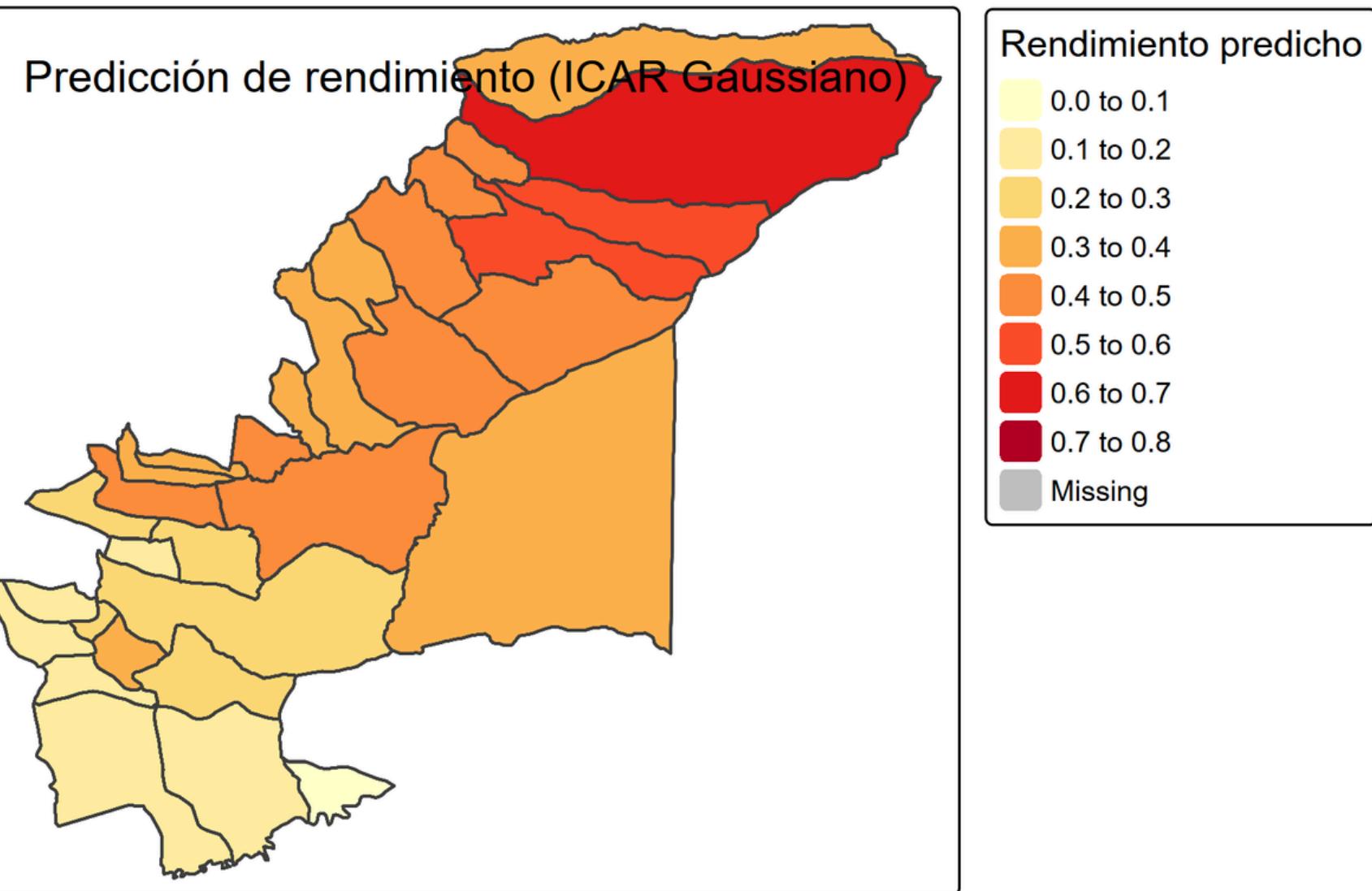
Parámetro	Mean	SD	2.5%	50%	97.5%	Mode
Precision for region	19976.94	19944.8	620.34	13927.37	74010.55	268.53

3. Criterio de información de desviación (DIC)

Métrica	Valor
DIC	908.6284

NO PODEMOS SABER SI ES BUENO SIN COMPARAR CON OTRO MODELO

# MODELO ICAR GAUSSIANO



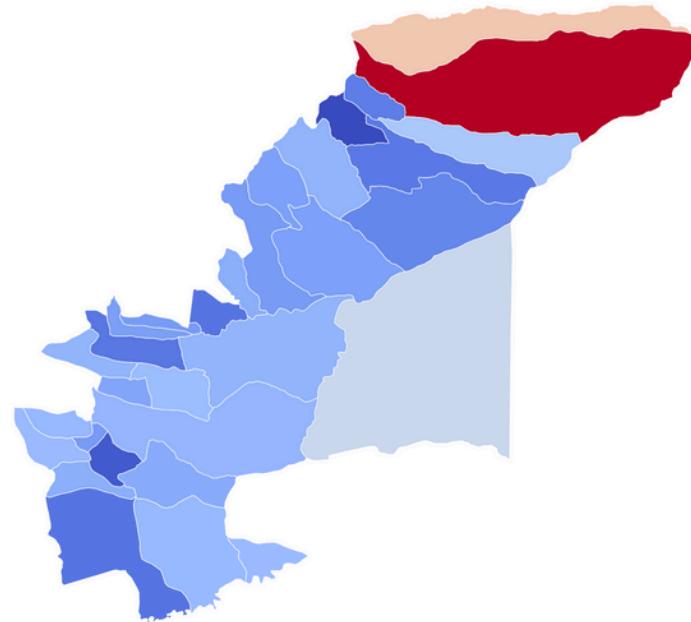
Componente	Valor destacado
Intercepto (media)	0.351
Precisión observacional	15.34 (equivale a varianza $\approx 0.065$ )
Precisión del efecto espacial	0.531 (varianza $\approx 1.88$ )
DIC (Deviance Information Criterion)	229.35

# COMPARACIÓN ENTRE EL ICAR BINOMIAL Y EL ICAR GAUSSIANO

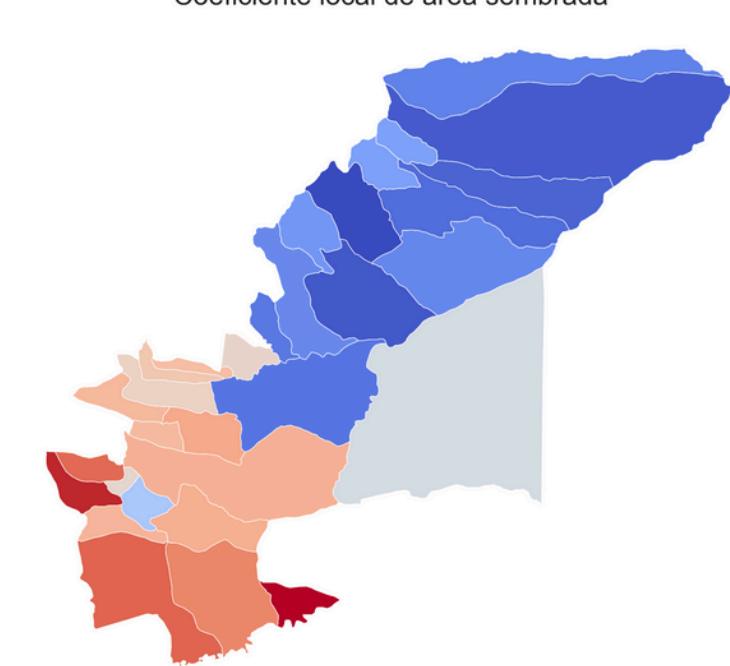
Aspecto	ICAR Binomial	ICAR Gaussiano
Tipo de variable	Binaria (0/1)	Continua ( Rend )
Intercepto	~0 (Prob $\approx$ 50%)	0.351 (media de rendimiento)
Efecto espacial	Muy cercano a 0	Con varianza real (precisión 0.53)
Predicciones	Todas $\approx$ 0.5 (sin variabilidad)	Varían según región
DIC	$\approx$ 908	<b>229.35</b> (mucho mejor)
Utilidad de los mapas	Baja (sin diferencias)	Alta (permite visualizar patrones)
Interpretación	Limitada	Rica y geográficamente diferenciada

# COEFICIENTES DE GWR

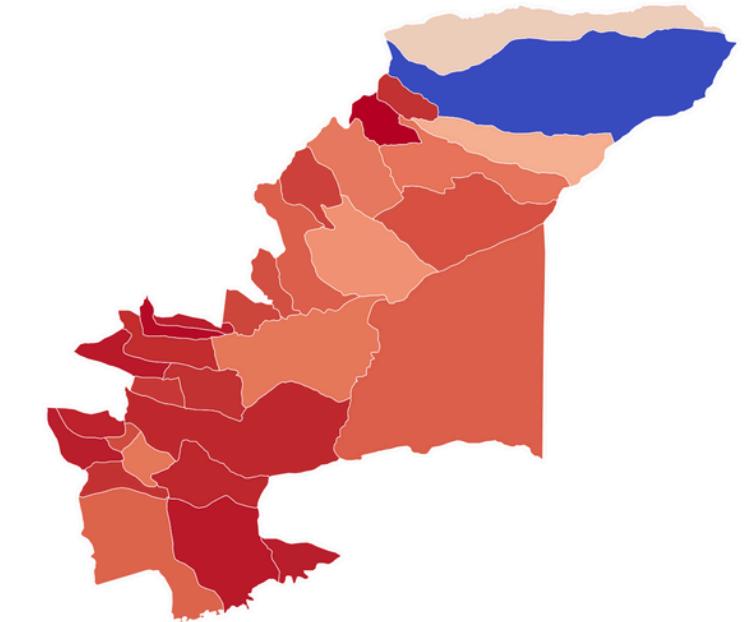
Coefficiente local de precipitación acumulada



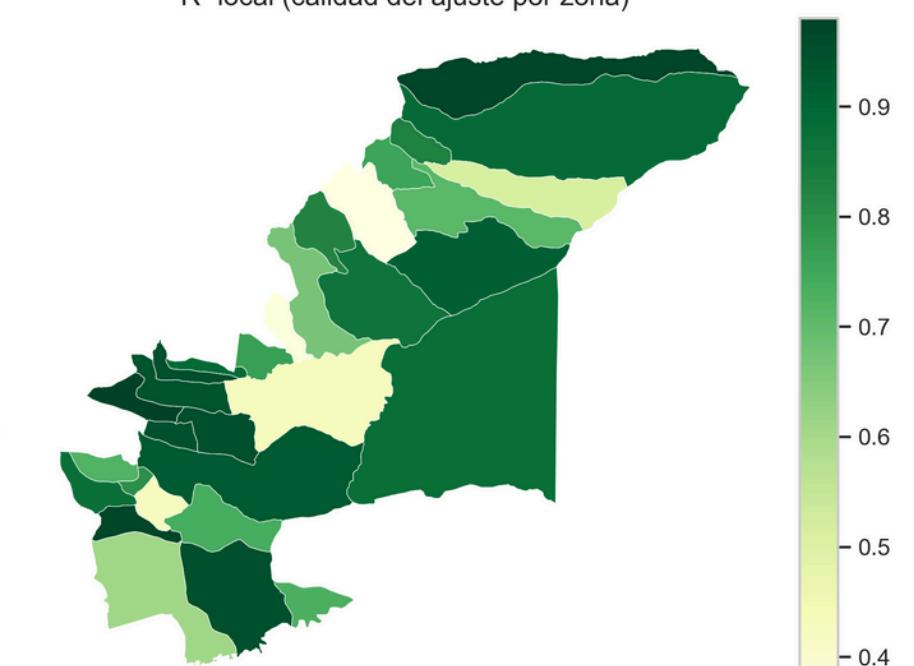
Coefficiente local de área sembrada



Coefficiente local de semestre (II vs I)



$R^2$  local (calidad del ajuste por zona)



Variable	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Mediana	Q1	Q3
Intercepto	0.3935	0.1192	0.1768	0.5738	0.4363	0.2874	0.4684
prcp_c_	-0.0078	0.0277	-0.0463	0.1088	-0.0082	-0.0242	-0.0021
Área sembrada	0.3281	0.1666	0.0927	0.6348	0.3848	0.1639	0.4601
Semestre II	-0.0096	0.0158	-0.0836	0.0014	-0.0049	-0.0128	-0.0015

$R^2$

**PROMEDIO: 0.7761**  
**MÍNIMO: 0.3632**  
**MÁXIMO: 0.9806**  
**MEDIANA: 0.8315**

**BANDWIDTH**

**TAMAÑO DE VECINDARIO ÓPTIMO: 53**

# DISCUSIÓN

Modelo	Tipo de variable	Ajuste (DIC / R <sup>2</sup> )	Captura patrón espacial	Utilidad práctica
ICAR Binomial	Binaria	DIC ≈ 908	No	Limitada
ICAR Gaussiano	Continua	DIC ≈ 229	Sí	Alta
GWR	Continua + Local	R <sup>2</sup> medio ≈ 0.78	Sí (localizado)	Muy alta

# CONCLUSIONES

- **EL MODELO ICAR BINOMIAL NO FUE ADECUADO, YA QUE LA VARIABLE BINARIA PERDIÓ INFORMACIÓN CLAVE Y NO CAPTURÓ VARIACIONES ESPACIALES.**
- **EL MODELO ICAR GAUSSIANO PERMITIÓ IDENTIFICAR ZONAS DE BAJO RENDIMIENTO, PERO NO EXPLICÓ CON PRECISIÓN LA INFLUENCIA DE VARIABLES CLIMÁTICAS.**
- **EL MODELO GWR FUE EL MÁS ÚTIL PARA ANALIZAR CÓMO CAMBIA LOCALMENTE EL EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN, EL ÁREA SEMBRADA Y EL SEMESTRE SOBRE EL RENDIMIENTO.**
- **EL GWR MOSTRÓ QUE LOS MUNICIPIOS DEL SUR SON LOS MÁS VULNERABLES: TIENEN BAJOS RENDIMIENTOS Y MAYOR SENSIBILIDAD A LA LLUVIA.**
- **COMO OPORTUNIDAD DE MEJORAR LOS MODELOS, SE DEBE INCLUIR VARIABLES ADICIONALES (TIPO DE SUELO, TECNOLOGÍA, ASISTENCIA TÉCNICA) Y PROBAR MODELOS ESPACIOTemporales PARA MEJORAR LA CAPACIDAD EXPLICATIVA Y LA TOMA DE DECISIONES.**

# REFERENCIAS

- [https://sipra.upra.gov.co/nacional/identificacion-variables Area y producción sembrada:](https://sipra.upra.gov.co/nacional/identificacion-variables_Area_y_producción_sembrada:)
- <https://fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/area-produccion-y-rendimiento/>
- <https://tysmagazine.com/que-areas-son-mas-sensibles-a-la-variabilidad-climatica-descubrelas-en-este-mapa/>
- [OpenAI - ChatGPT](#)
- <https://fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/area-produccion-y-rendimiento/>
- [Ingrid del M. González P., Andrés F. Rodríguez C. & José Isnardi Sastoque R. \(2016\). La Incidencia de la Precipitación y el Área Sembrada Frente a la Producción de Arroz en el Departamento del Meta EL CONUCO:\(investigación, economía y sociedad\), 3\(1\), pp. 1-15. DOI: https://doi.org/10.22579/2619-614X.532](#)
- [INFORME EVALUACION IMPACTO DE LA SEQUIA EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN LA SUBREGION DE LA MOJANA Disponible en:](#)  
<http://www.fedearroz.com.co/new/doceconomia.php>