

Efectos de la agregación territorial y la escala geográfica en el análisis espacial del delito en Ecuador. Evidencia para el año 2022

Presentado por:

Eva Everlyn Acosta Gilces

Christian Andrés Llive Valencia

Tutor:

Dr. Marcos Gregorio Sánchez Calderón

Contenido



01 Justificación Planteamiento
del problema

02 Revisión de la literatura

03 Objetivo e Hipótesis

04 Metodología

05 Variables y datos

06 Resultados

07 Conclusiones

08 Desafíos y alcance

09 Futura línea del trabajo

Justificación y Planteamiento del problema



Justificación

01 Problema

No hay estudios que evalúen el impacto del cambio de escala territorial en el análisis del delito en Ecuador.

02 Aporte

Análisis multiescalar (nacional, regiones naturales y parroquial) que permite examinar el efecto del **MAUP** (Problema unidad espacial modificable) y mejorar la toma de decisiones territoriales.



Planteamiento del problema

- **Comprender cómo se distribuye el delito en el territorio ecuatoriano:** analizar cómo los distintos tipos de delito se concentran geográficamente y cómo su distribución está influenciada por factores socioeconómicos, institucionales y demográficos
- **Examinar el vínculo entre el delito y sus determinantes territoriales:** analizar qué variables explican las diferencias en niveles delictivos
- **Detectar patrones espaciales y efectos de vecindario:** Identificar si los delitos exhiben un comportamiento agrupado, si existe dependencia espacial entre territorios vecinos y cómo cambia la relación entre las variables cuando se modifica la escala geográfica de análisis



La evidencia preliminar muestra que los delitos no se distribuyen de forma aleatoria, sino que presentan clusters territoriales y posibles interacciones espaciales que requieren un análisis especializado mediante modelos espaciales.

Planteamiento del problema

Abordamos desde:

Identificar los territorios con mayores niveles de delito

Mayor incidencia delictiva, analizando su distribución espacial e identificando la presencia de autocorrelación mediante el índice de Moran.

Estimar la relación entre el delito y los factores socioeconómicos

Se aplican modelos SAR, SEM para determinar cómo variables económicas, sociales e institucionales inciden en los distintos delitos, incorporando la dimensión espacial y evaluando el impacto del MAUP.

¿Cómo se modifica los patrones espaciales de los delitos y su relación con factores socioeconómicos cuando se emplean diferentes formas de agregación territorial y que efectos del MAUP se derivan de estos cambios ?

Revisión de la literatura



Revisión de la literatura

Análisis exploratorio de datos espaciales (EDSA)

- **Anselin (1995):** Formaliza el uso de Moran's I y LISA para identificar autocorrelación y clústeres espaciales del delito.
- **Weisburd (2015):** Demuestra la fuerte concentración del delito en micro-lugares y la estabilidad de los hot spots. .

Análisis econométrico espacial

- **LeSage & Pace (2009):** Sistematizan los modelos econométricos espaciales (SAR, SEM, SDM) y la interpretación de efectos directos e indirectos en presencia de dependencia espacial.
- **Weisburd et al. (2012):** Evidencian la persistencia espacial del delito y justifican el uso de modelos espaciales para analizar concentración territorial

Análisis regional del delito y del efecto de la agregación territorial

- **Krugman (1991):** Explica cómo las fuerzas de aglomeración y dispersión generan patrones territoriales persistentes, útiles para interpretar la concentración regional del delito.
- **Elhorst (2014):** Demuestra que el cambio de escala y de unidades espaciales (MAUP) altera la significancia e interpretación de los modelos espaciales

Objetivo e hipótesis

Objetivos

General

Analizar cómo se modifican los resultados del análisis espacial de los delitos y su relación con factores socioeconómicos al emplear diferentes formas de agregación territorial (país y regiones naturales), con el fin de evaluar la sensibilidad de los resultados e identificar efectos asociados al MAUP.

Específicos:

- ▶ Analizar la distribución espacial de los delitos en los distintos niveles regionales, identificando patrones de concentración y dispersión mediante indicadores de autocorrelación espacial global y local.
- ▶ Estimar modelos econométricos espaciales para cada forma de agregación territorial y comparar la sensibilidad y estabilidad de los parámetros, con el fin de identificar efectos del MAUP sobre la relación entre los delitos y sus determinantes.

Hipótesis

Hipótesis nula

H_0

Los patrones espaciales de los delitos y su relación con los factores socioeconómicos no se modifican al cambiar la forma de agregación territorial (país y regiones naturales); por tanto, los resultados del análisis espacial y los parámetros de los modelos econométricos espaciales son estables y no existen efectos del MAUP.

Metodología

Metodología

Análisis exploratorio espacial

Se aplicaron técnicas para identificar patrones y dependencia espacial:

- Índice de Moran Global (I)
- Mapas LISA (Local Indicators of Spatial Autocorrelation)
- Mapas temáticos y clasificación geográfica

Evaluación del MAUP

El estudio analiza dos dimensiones:

- Efecto de escala: comparación de resultados entre parroquias y regiones.
- Efecto de zonificación: cambios en autocorrelación al modificar la agrupación territorial.

Metodología

Modelos econométricos espaciales

Modelo SAR (Spatial Autoregressive Model)

El SAR incorpora una dependencia espacial en la variable dependiente.

Esto significa que el valor del delito en una parroquia puede estar influenciado por el delito en parroquias vecinas.

Es útil cuando existe difusión espacial del fenómeno (efectos de vecindad).

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon$$

Modelo SEM (Spatial Error Model)

El SEM captura autocorrelación en los errores del modelo.

Indica que existen factores no observados y que siguen un patrón espacial que afectan al delito.

$$y = X\beta + \mu$$
$$\mu = \lambda W\mu + \varepsilon$$

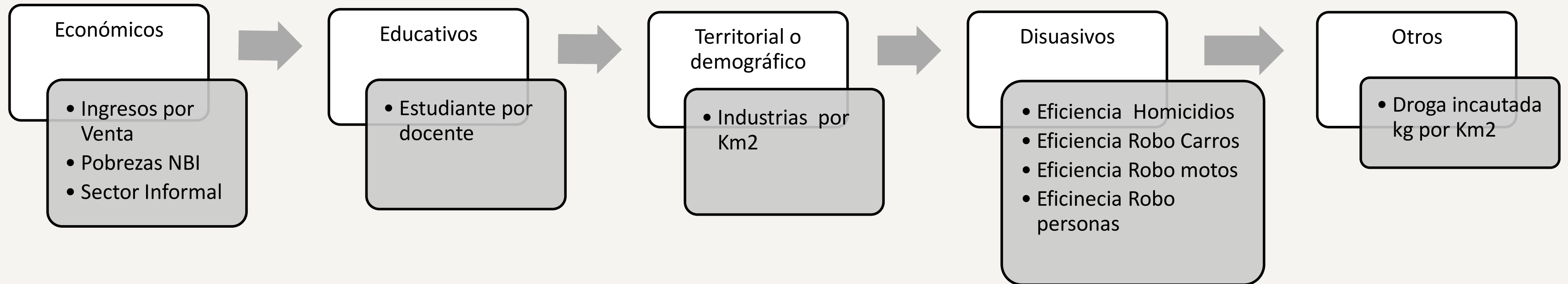
Variables y datos

Variables

Variables dependientes



Variables independientes



Información
recopilada de:



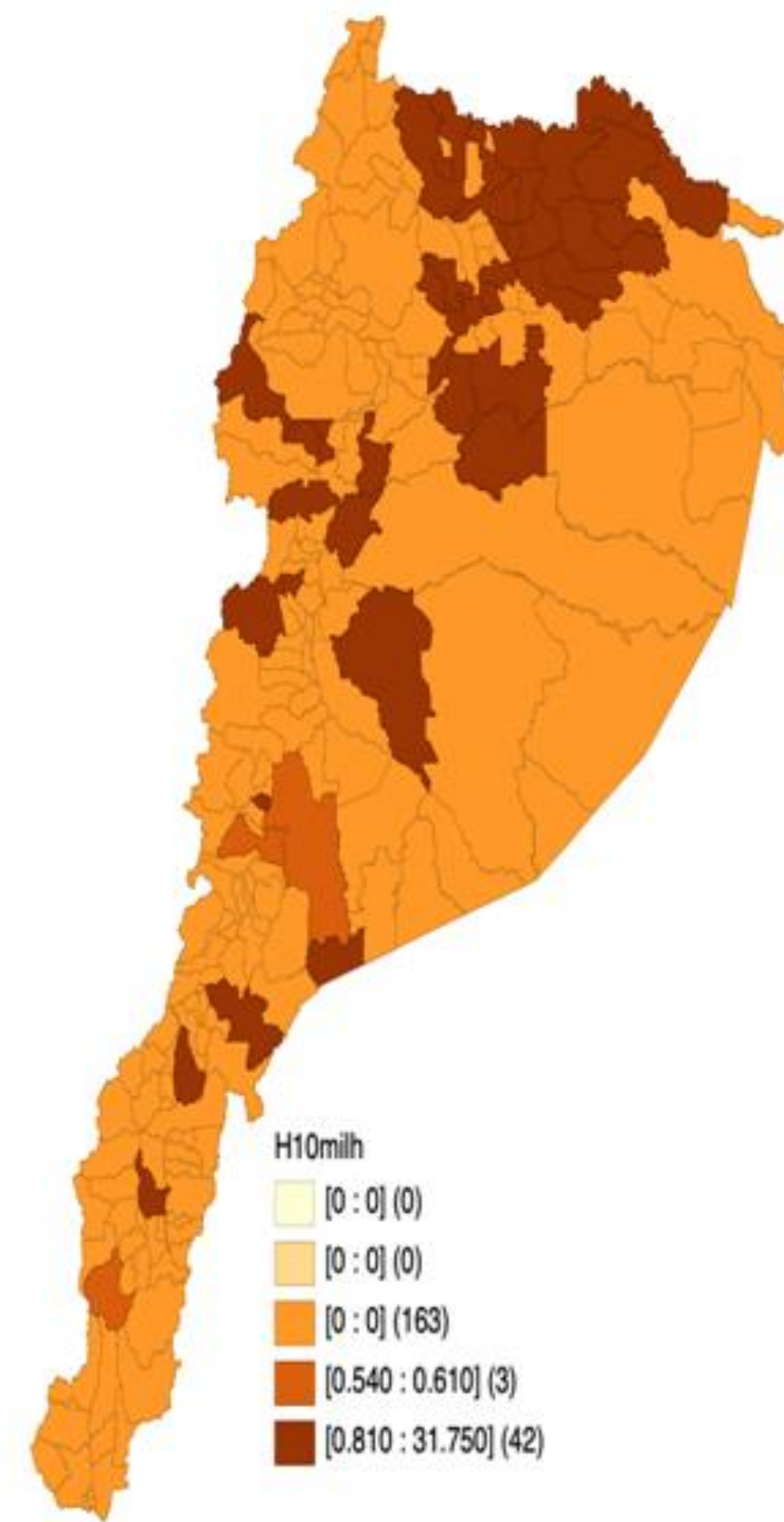
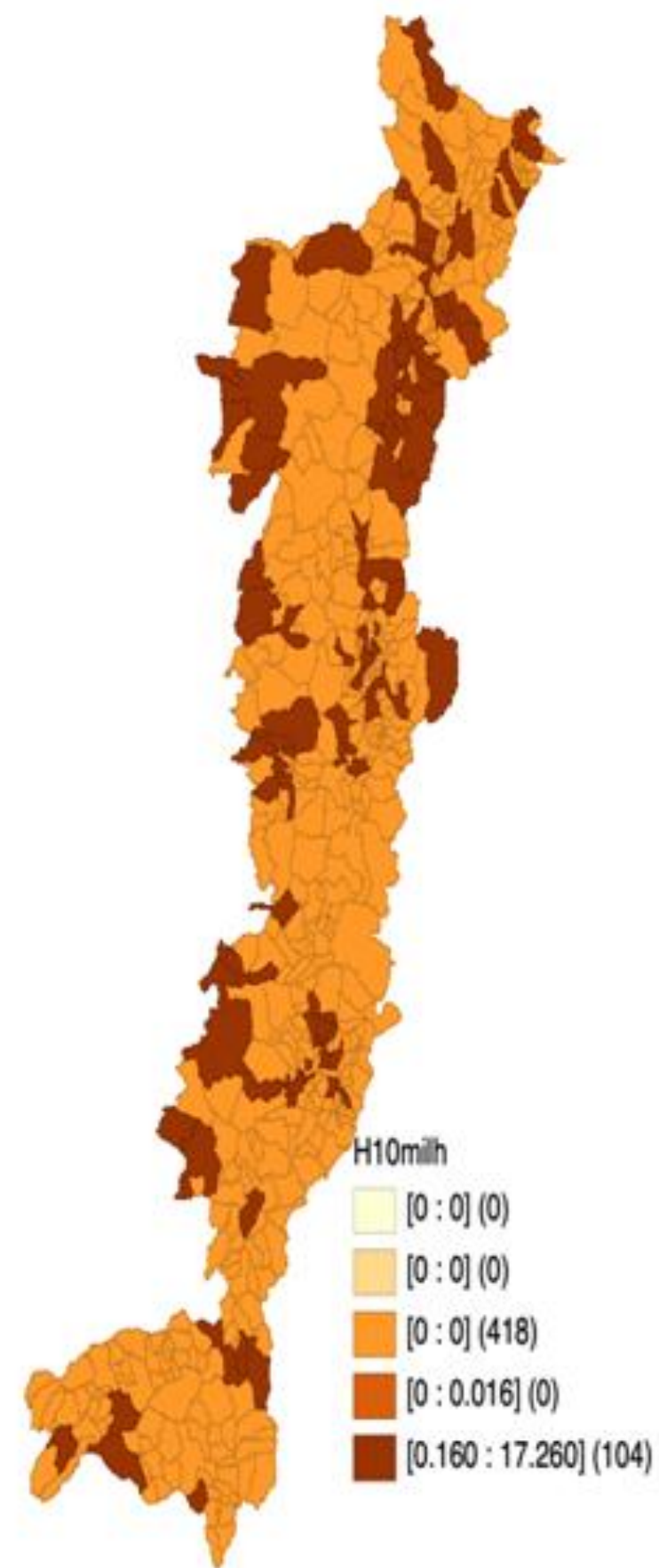
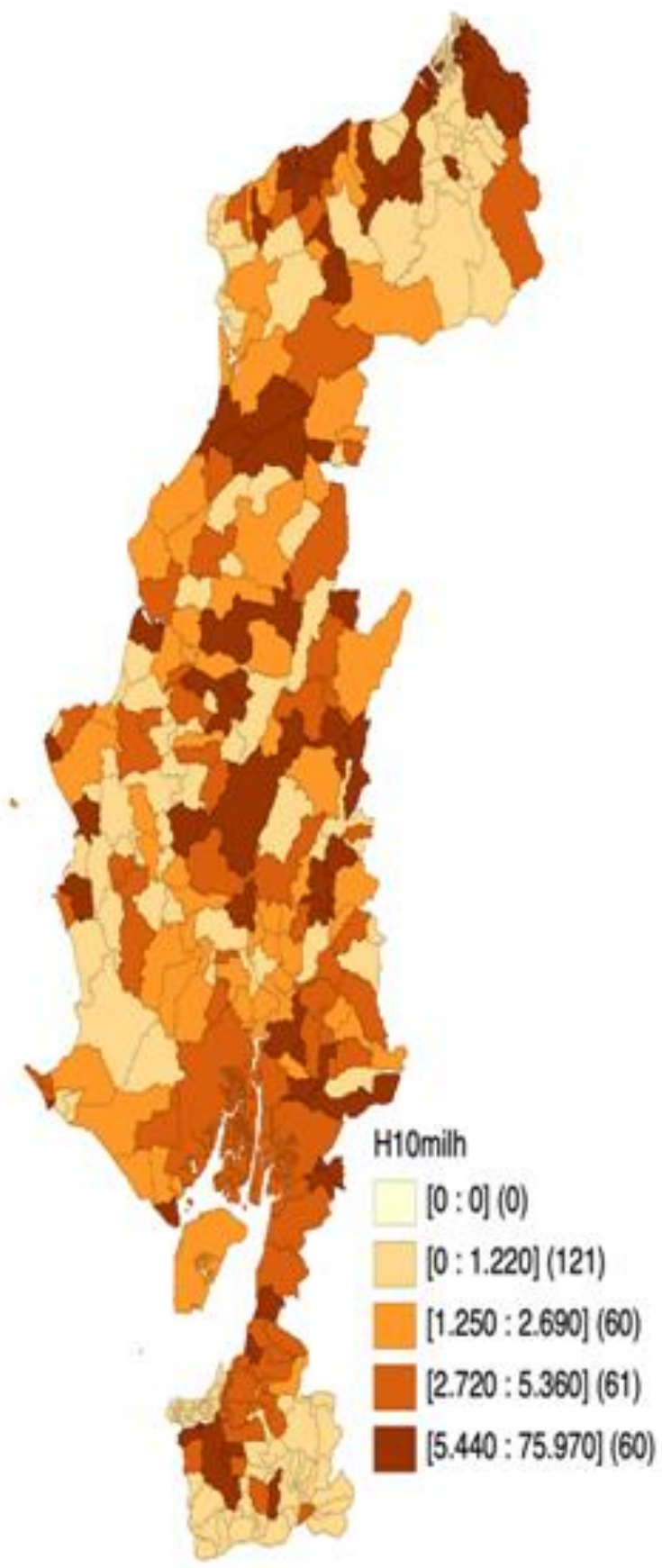
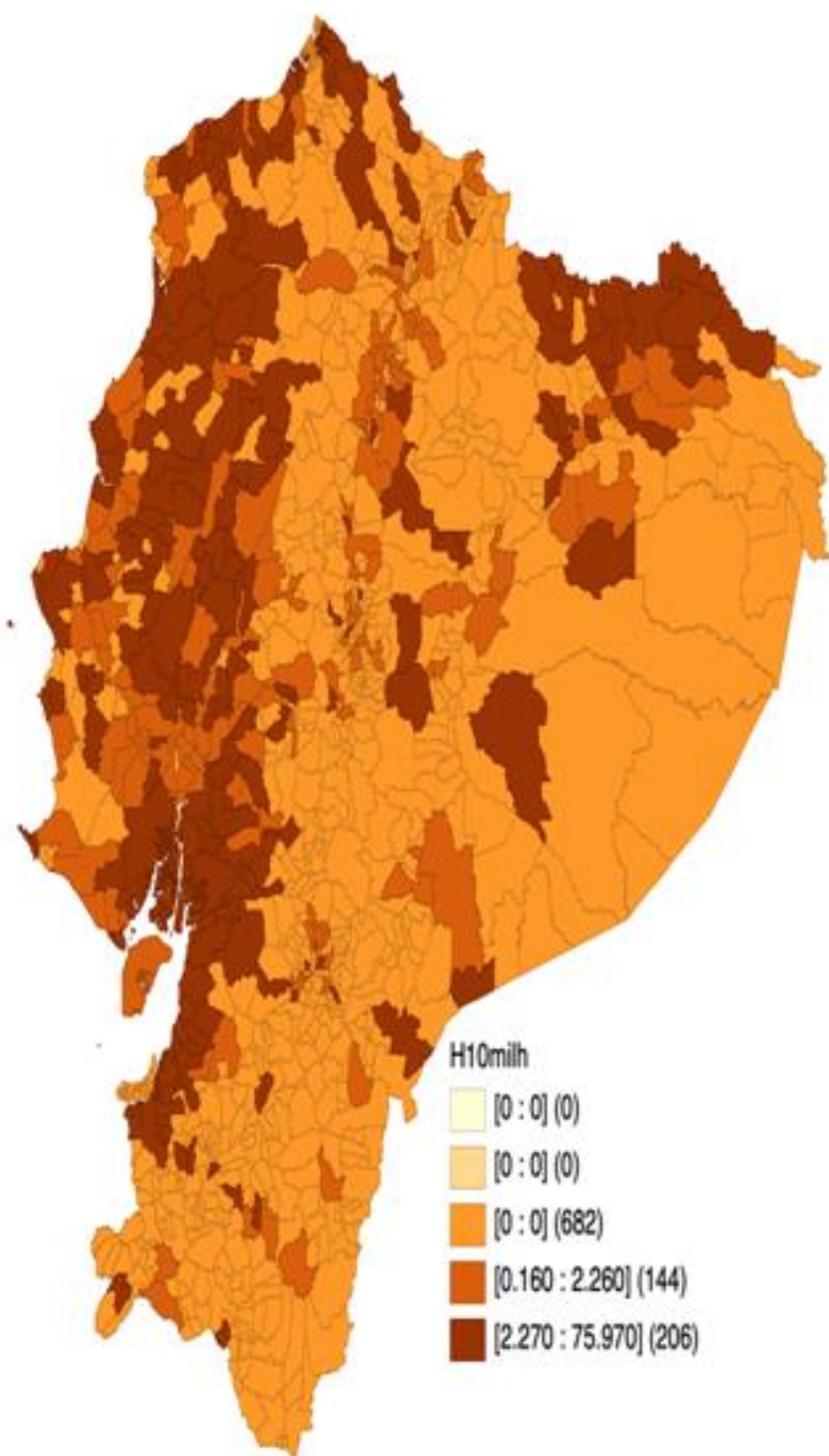
Estadísticos descriptivos

País																
Costa					Sierra					Amazonía						
Denominación	Mínimo	Media	Máximo	Desviación típica	Mínimo	Media	Máximo	Desviación típica	Mínimo	Media	Máximo	Desviación típica	Mínimo	Media	Máximo	Desviación típica
Variables dependientes																
Tasa de homicidios por 10mil habitantes	0,00	3,21	75,97	5,49	0,00	1,47	75,97	4,14	0,00	0,61	60,09	3,24	0,00	0,90	31,75	2,91
Tasa robo de automóviles por mil autos	0,00	44,64	5387,93	385,05	0,00	15,96	5387,93	209,96	0,00	4,26	198,06	13,64	0,00	5,33	498,50	35,96
Tasa robo de motos por mil motos	0,00	19,82	193,46	26,58	0,00	8,54	193,46	17,82	0,00	4,34	108,31	9,74	0,00	3,31	44,32	6,99
Tasa robo a personas por 10mil habitantes	0,00	10,21	728,36	43,34	0,00	4,99	728,36	24,14	0,00	3,14	49,34	5,58	0,00	2,78	28,58	5,36
Variables independientes																
Eficiencia policial homicidios (Índice DEA)	0,00	0,09	1,00	0,14	0,00	0,11	1,00	0,14	0,00	0,12	1,00	0,15	0,01	0,14	0,83	0,14
Eficiencia policial robo de automóviles (Índice DEA)	0,00	0,12	1,00	0,18	0,00	0,15	1,00	0,22	0,00	0,15	1,00	0,21	0,01	0,21	1,00	0,29
Eficiencia policial robo de motocicletas (Índice DEA)	0,00	0,10	1,00	0,15	0,00	0,14	1,00	0,22	0,00	0,13	1,00	0,22	0,01	0,20	1,00	0,27
Eficiencia policial robo a personas	0,00	0,09	1,00	0,14	0,00	0,15	1,00	0,21	0,00	0,15	1,00	0,19	0,01	0,26	1,00	0,28
Numero de industrias por km2	0,00	0,16	9,91	0,70	0,00	0,60	42,88	2,77	0,00	1,31	42,88	3,79	0,00	0,06	3,62	0,29
Ingreso por ventas (millón USD)	0,19	343,31	59402,84	3453,81	0,00	220,62	59402,84	2610,51	0,00	340,20	57416,90	2558,22	0,00	25,15	775,68	87,57
Numero de estudiantes por profesor	0,00	21,37	34,91	5,36	0,00	17,57	34,91	5,67	0,00	15,48	34,00	5,09	0,00	15,96	29,58	4,81
Sector informal (%)	0,39	0,53	0,61	0,07	0,25	0,58	0,82	0,13	0,25	0,55	0,70	0,12	0,65	0,74	0,82	0,07
Pobreza por NBI	117,00	13290,66	740474,0	45567,22	1,00	6466,69	740474,00	26451,93	64,00	4439,29	206515,0	11758,55	1,00	2674,73	27707,00	3605,16
Droga incautada (kg por km2)	0,00	1,91	291,06	17,27	0,00	0,81	291,06	9,67	0,00	0,46	62,81	3,13	0,00	0,26	27,50	1,98

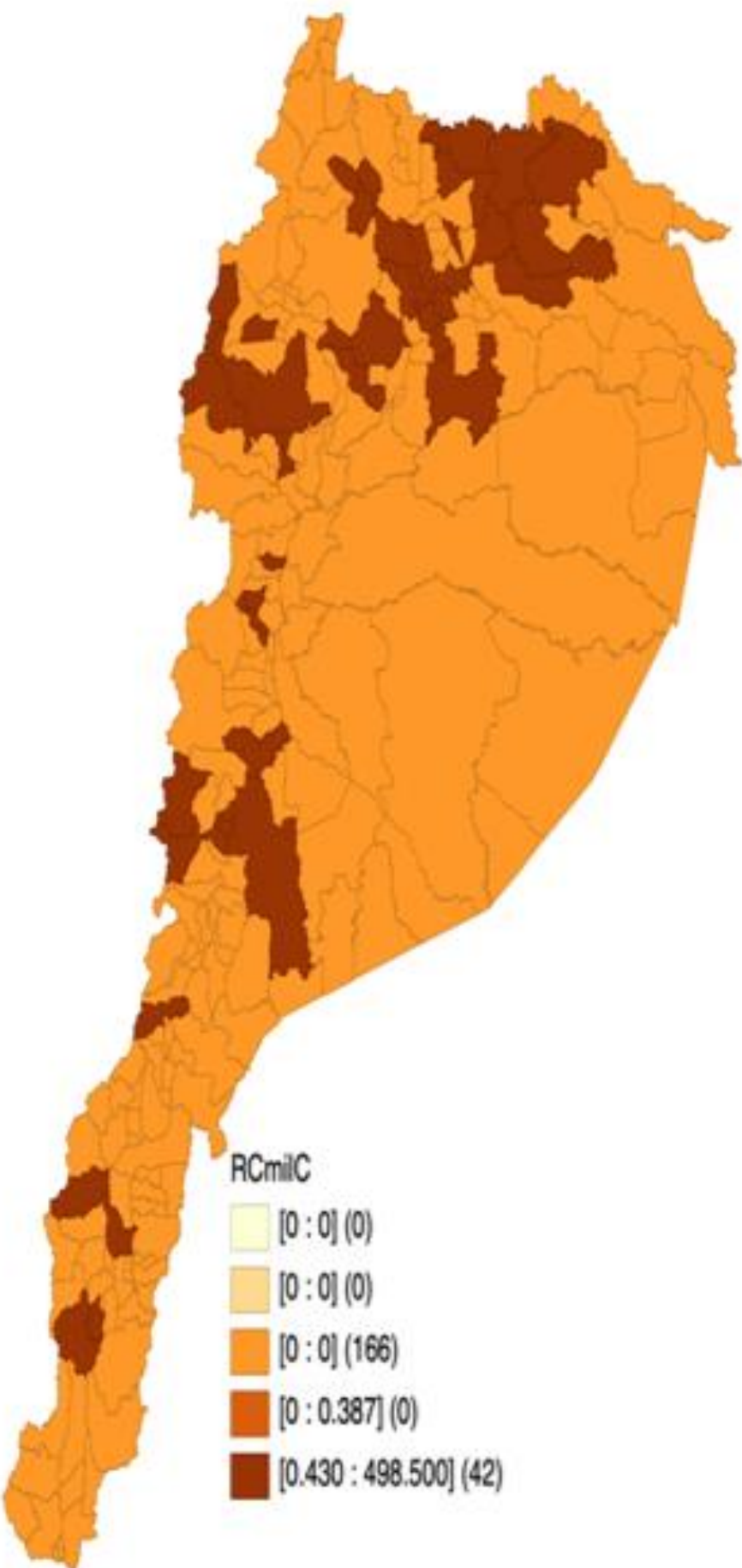
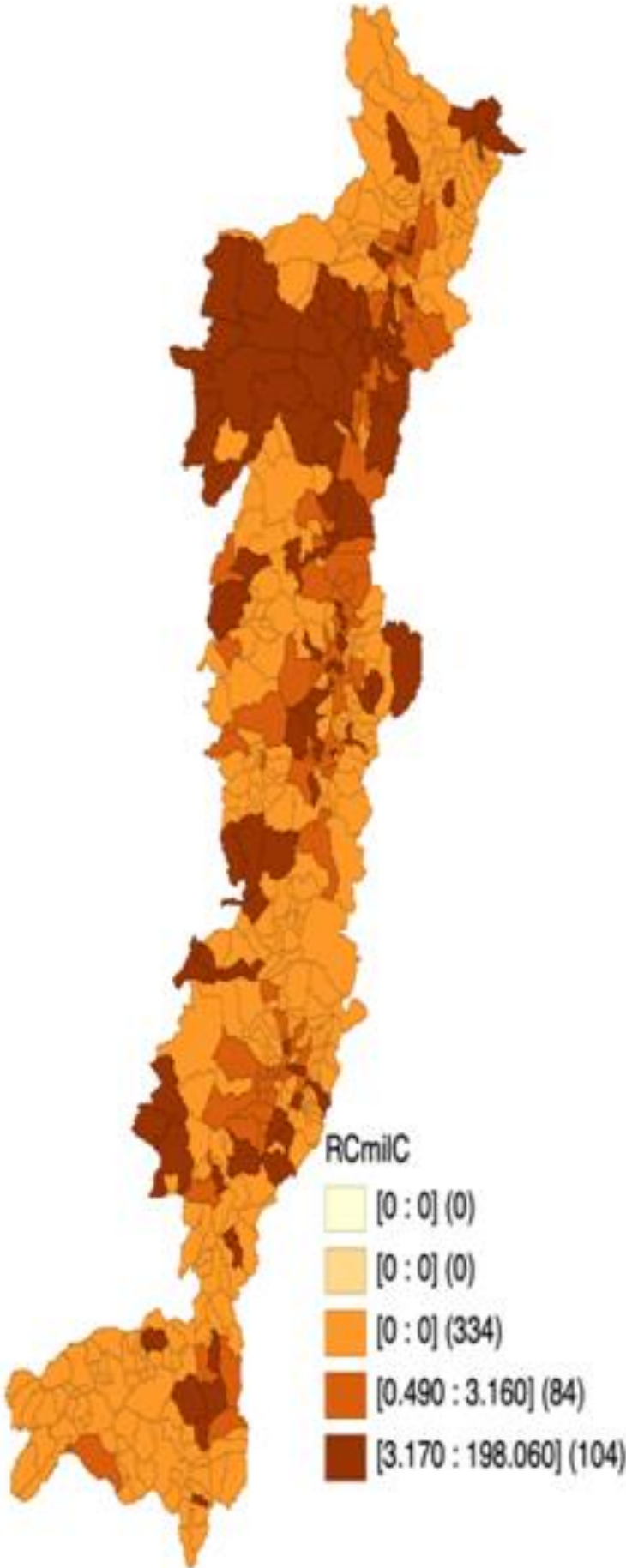
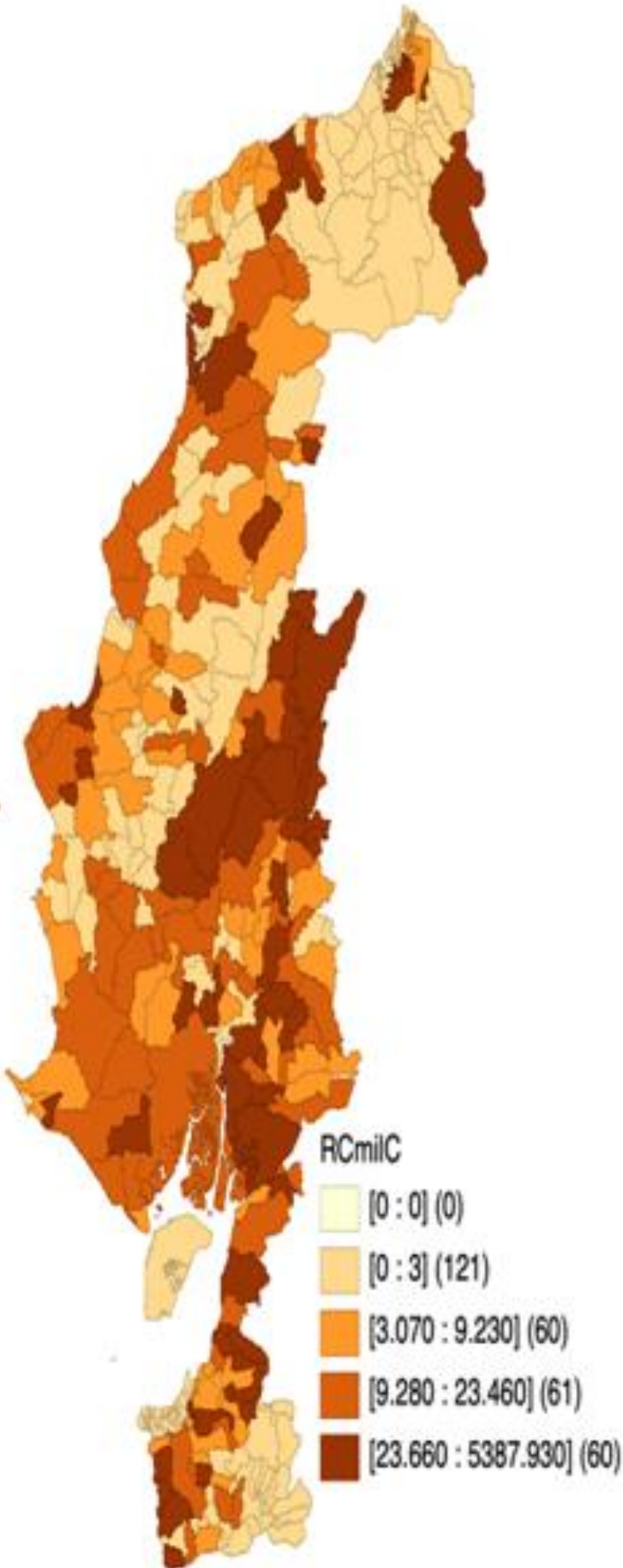
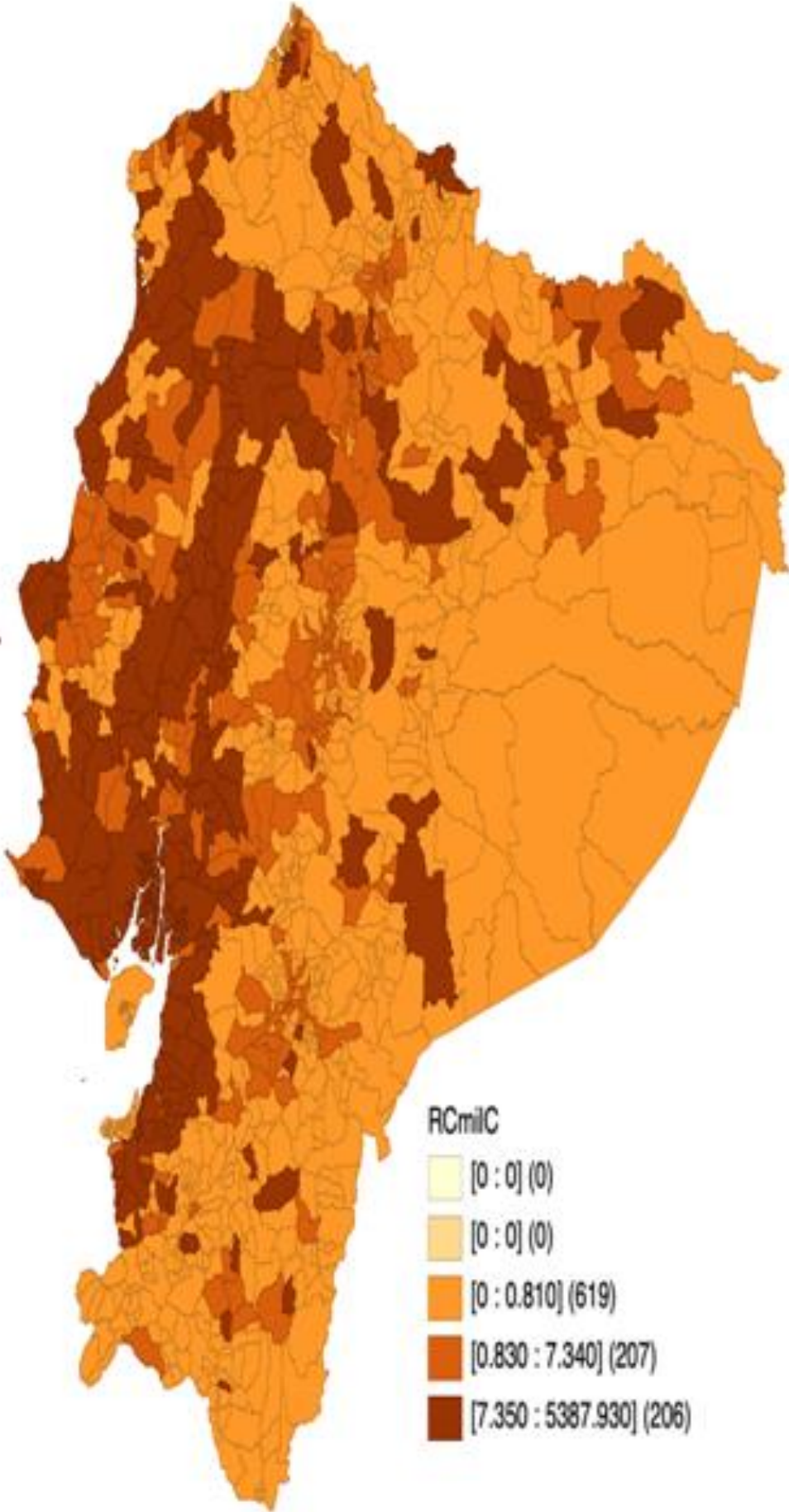
Resultados

Análisis exploratorio

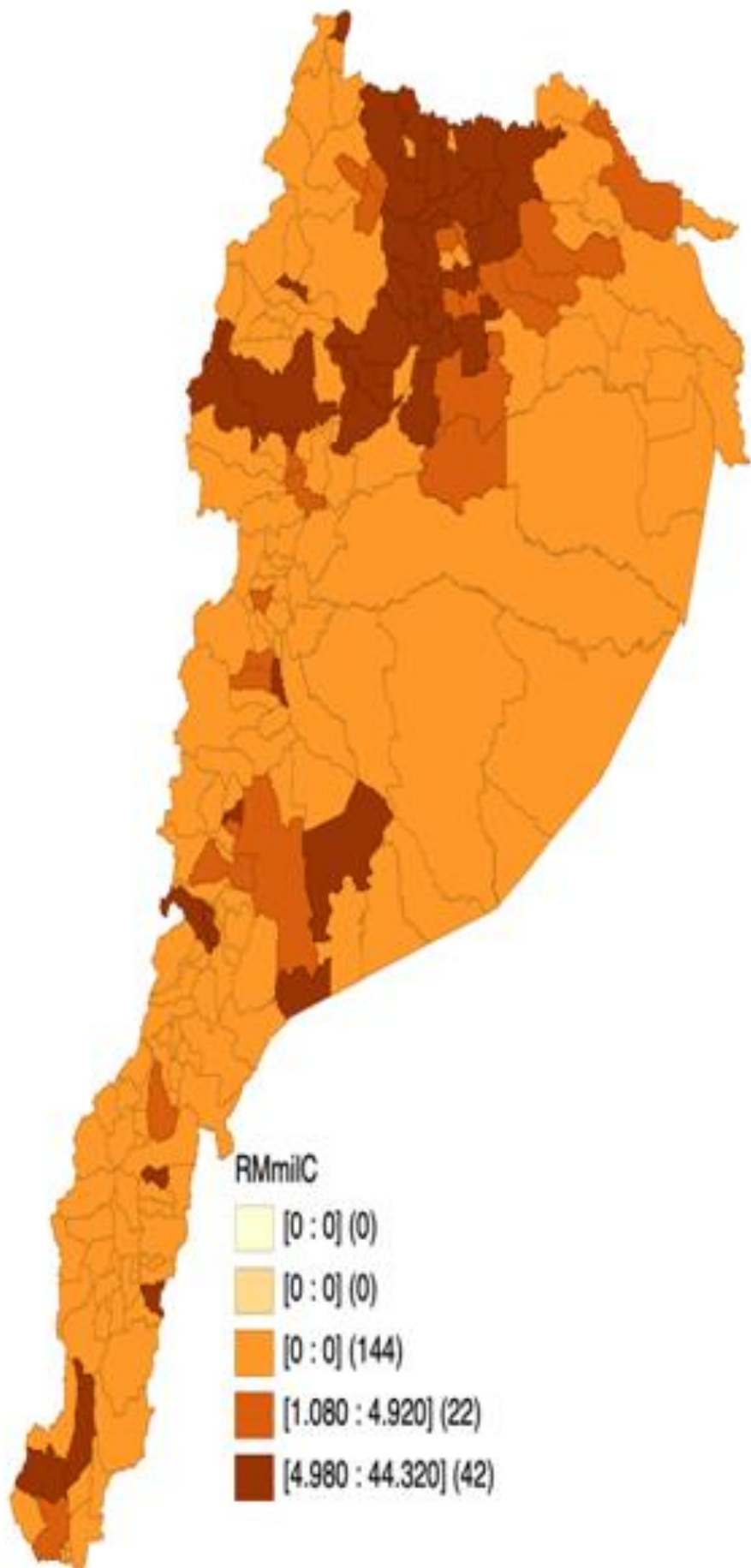
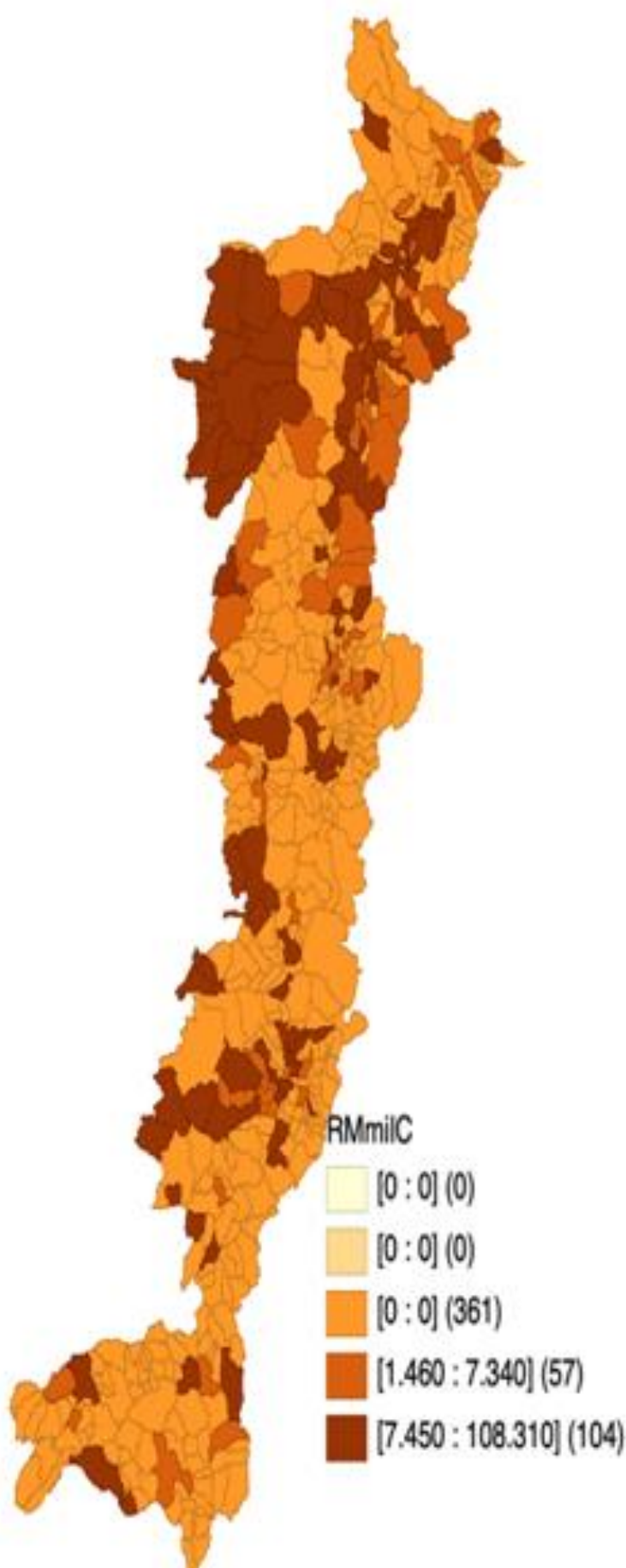
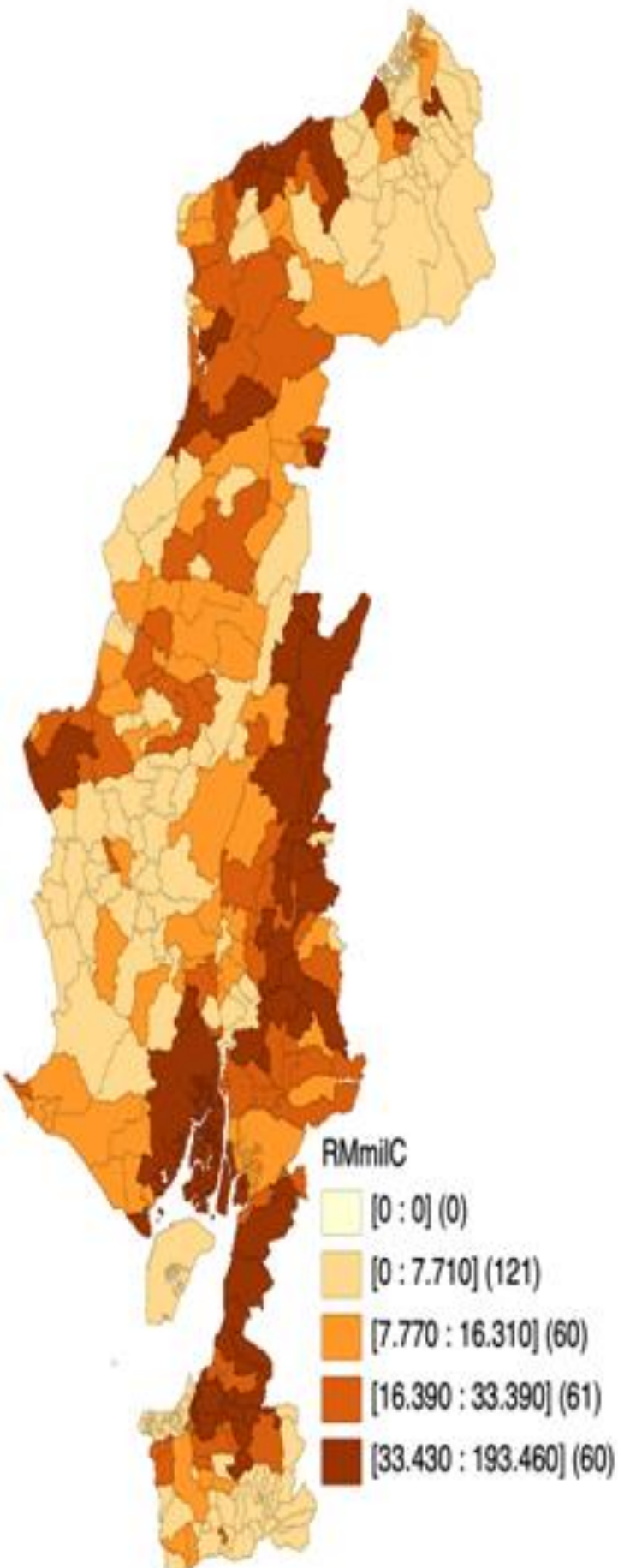
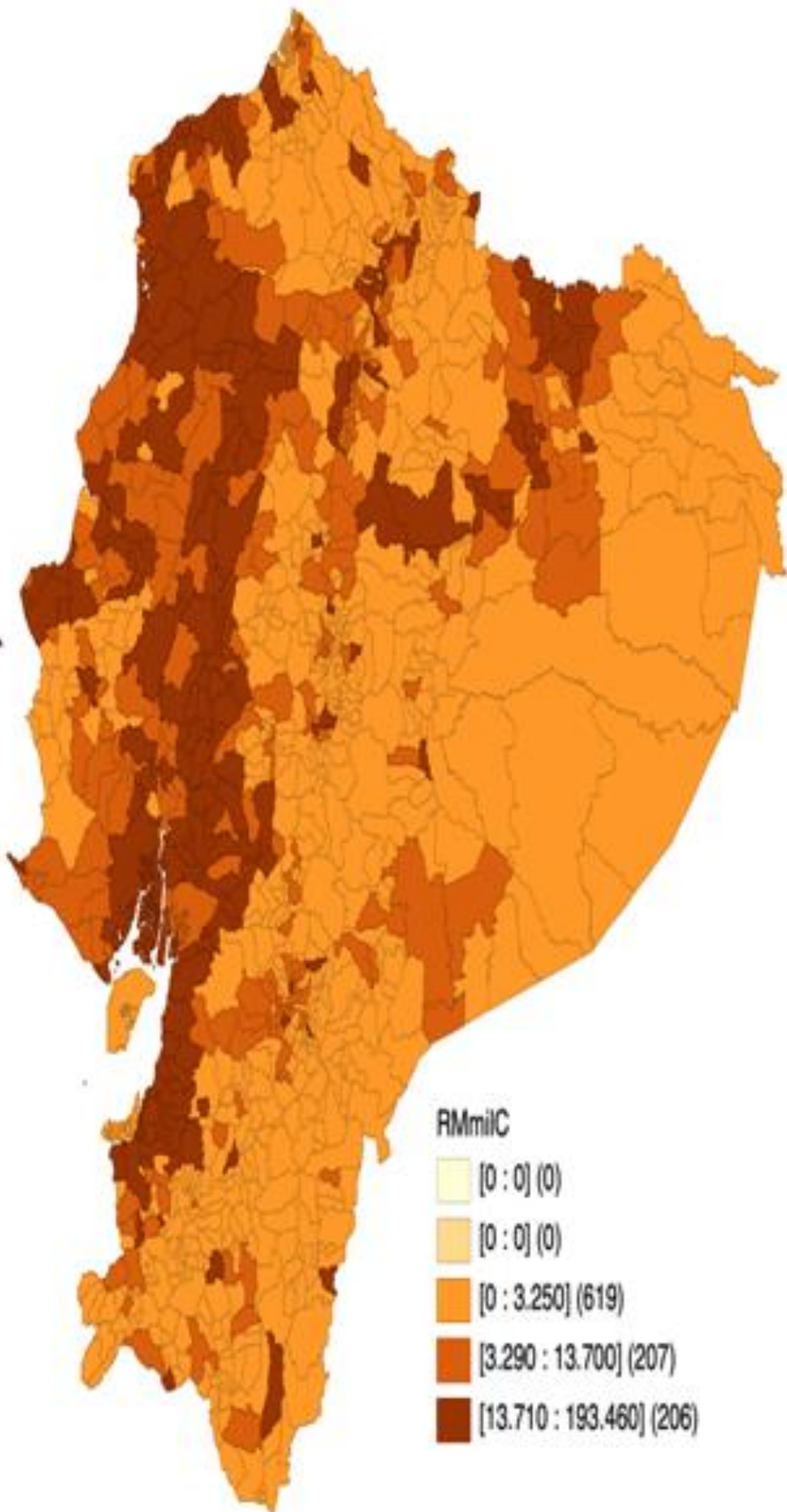
Distribución geográfica de la tasa de homicidios



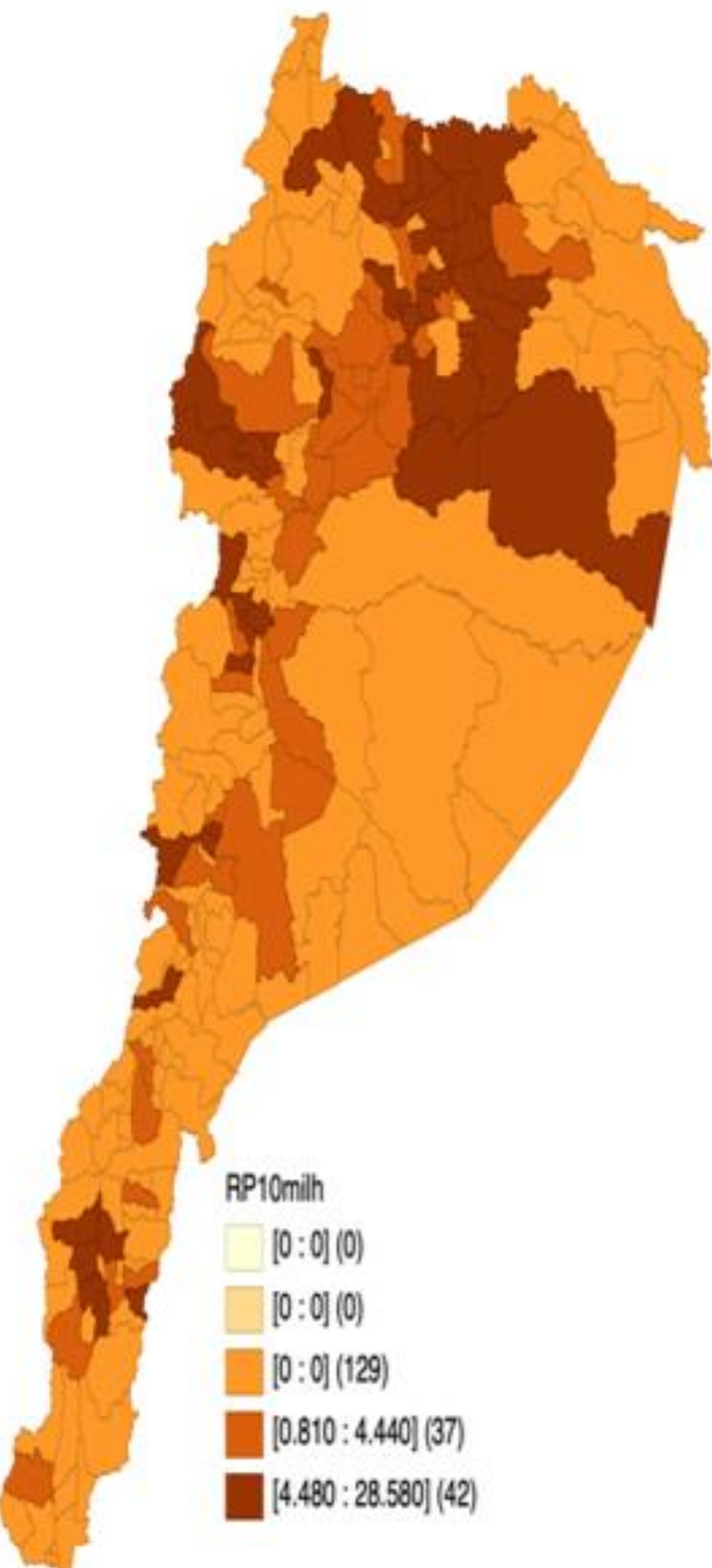
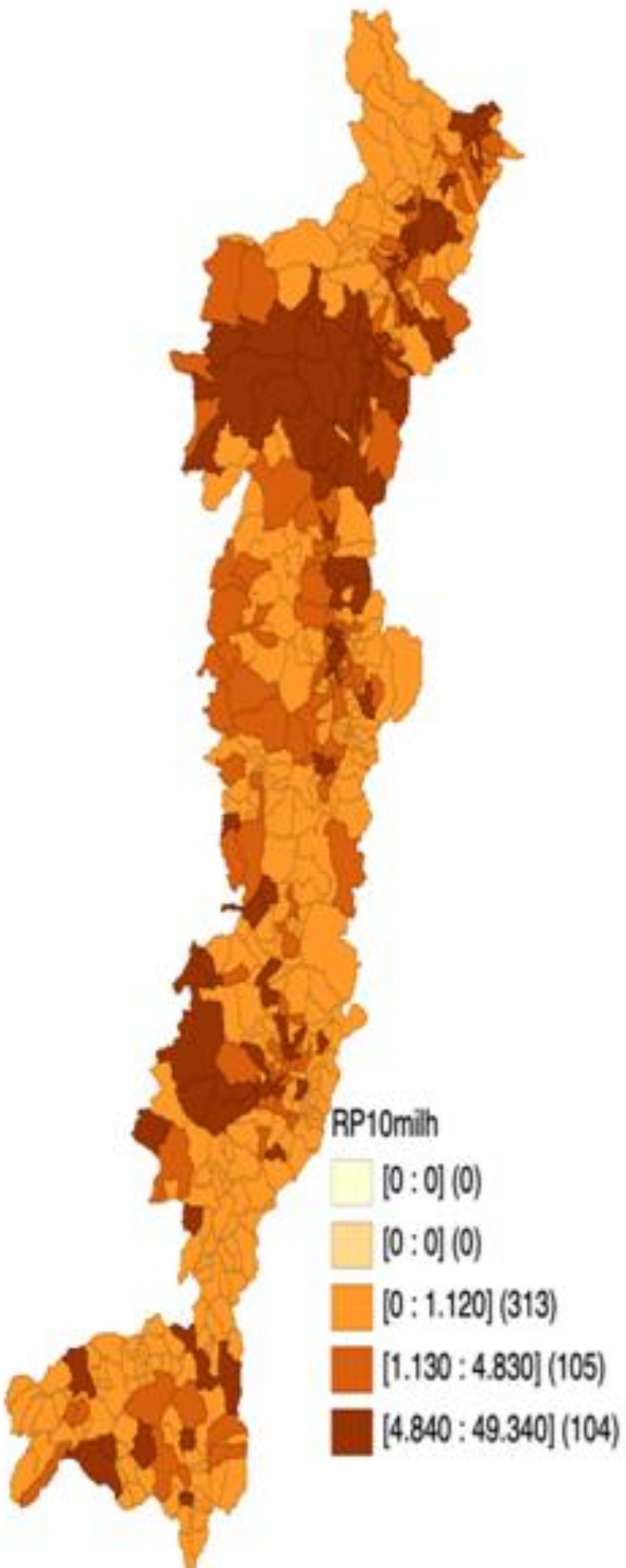
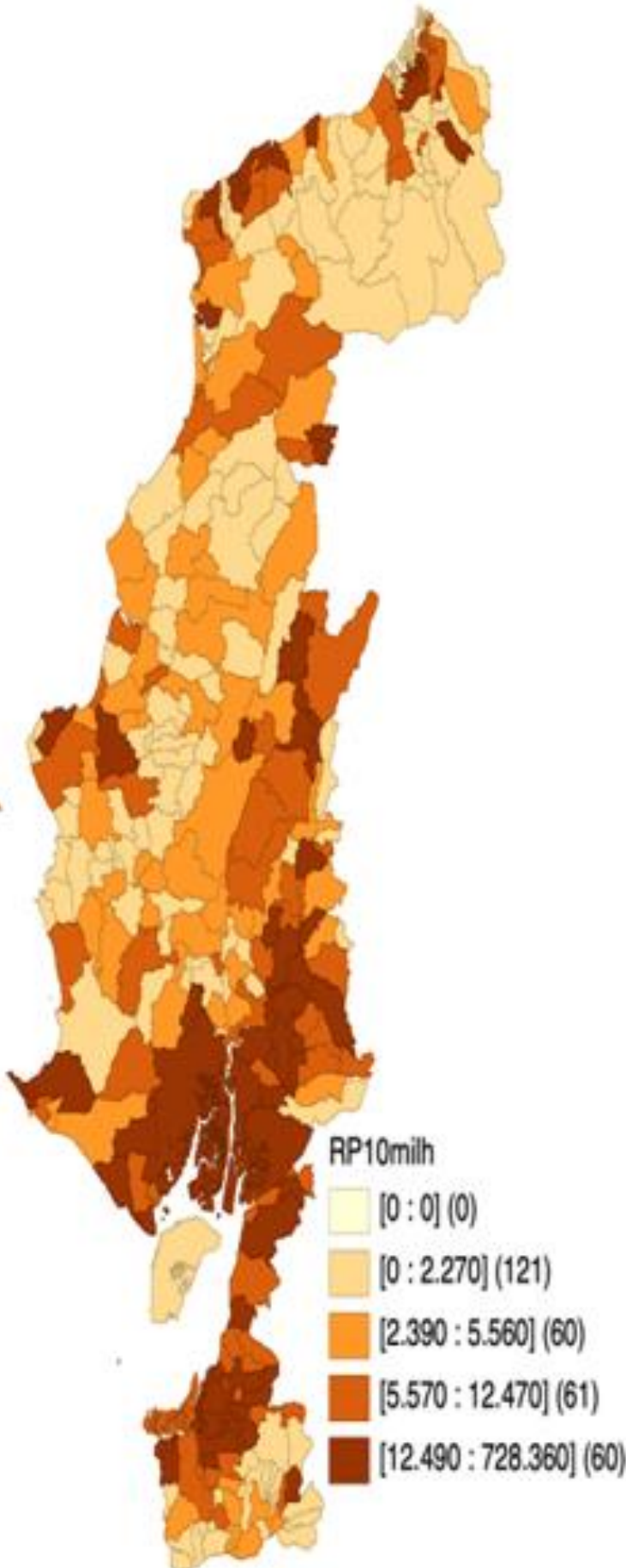
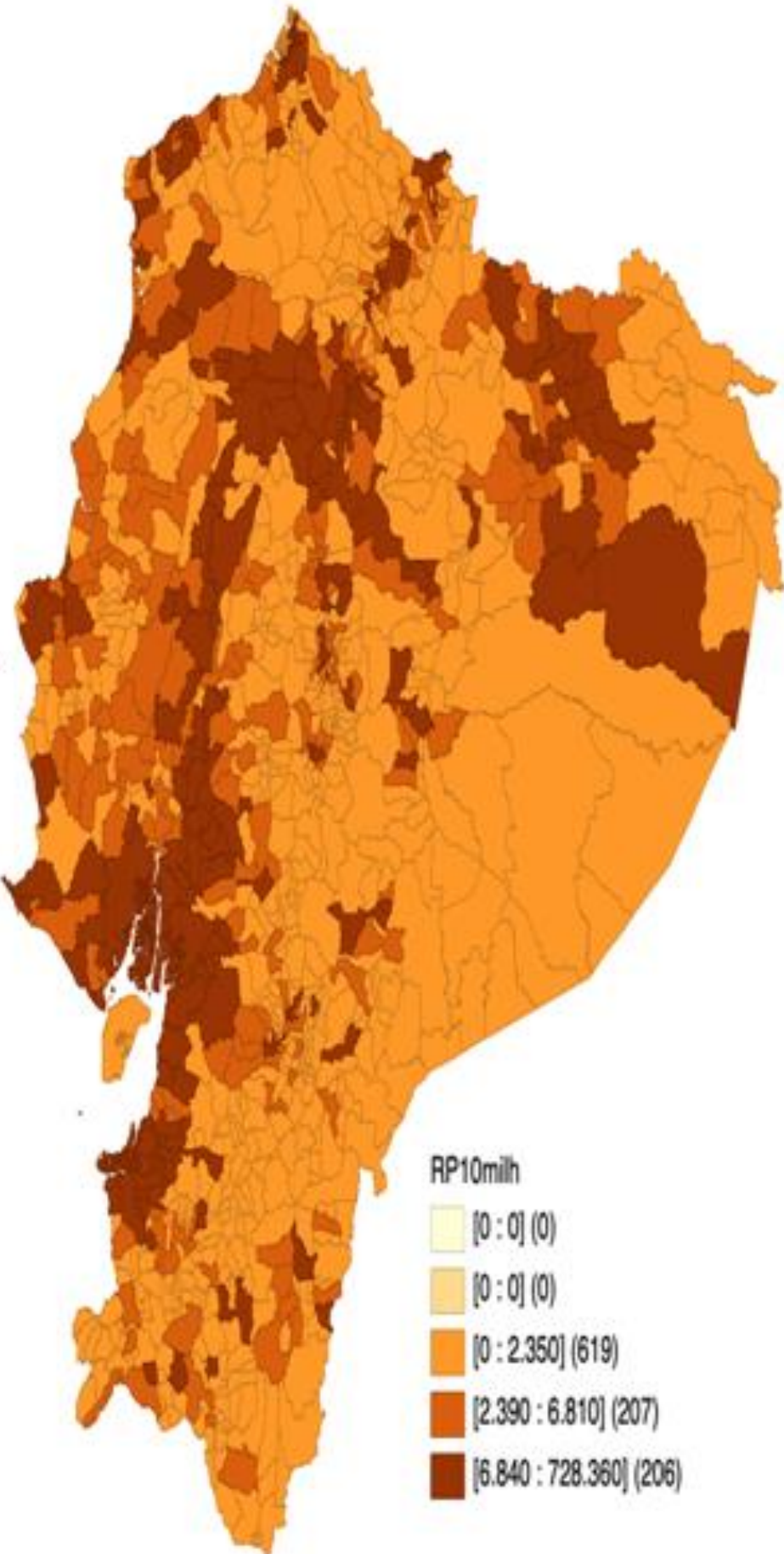
Distribución geográfica de la tasa de robo de automóviles



Distribución geográfica de la tasa de robo de motocicletas



Distribución geográfica de la tasa de robo a personas



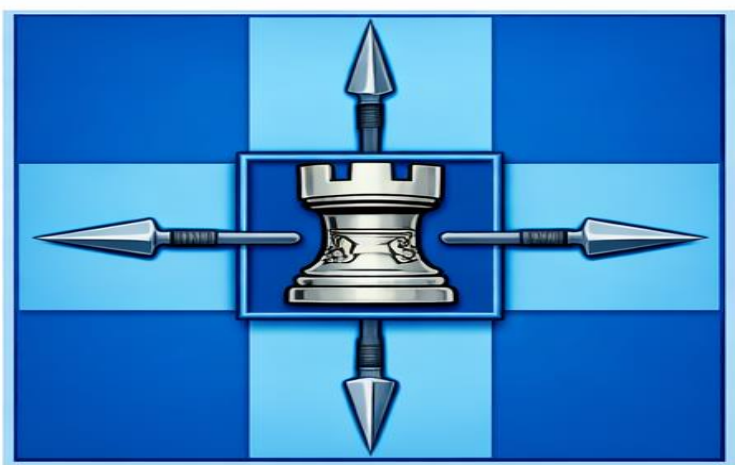
Índice de Moran Global a nivel país y regiones



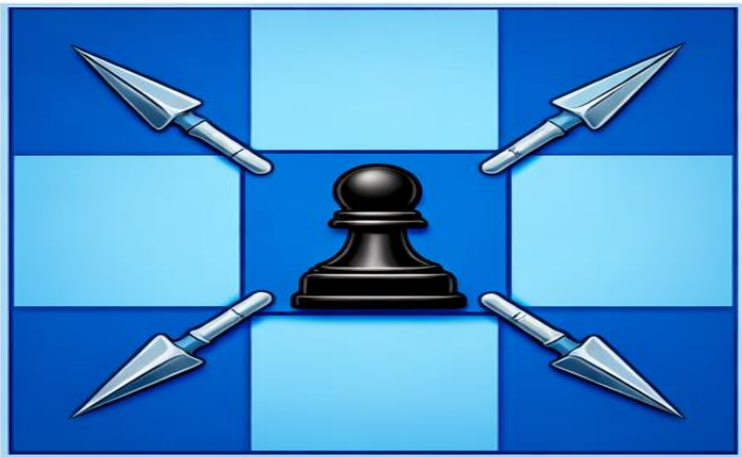
Matriz de Pesos Espaciales

Matrices de Contigüidad

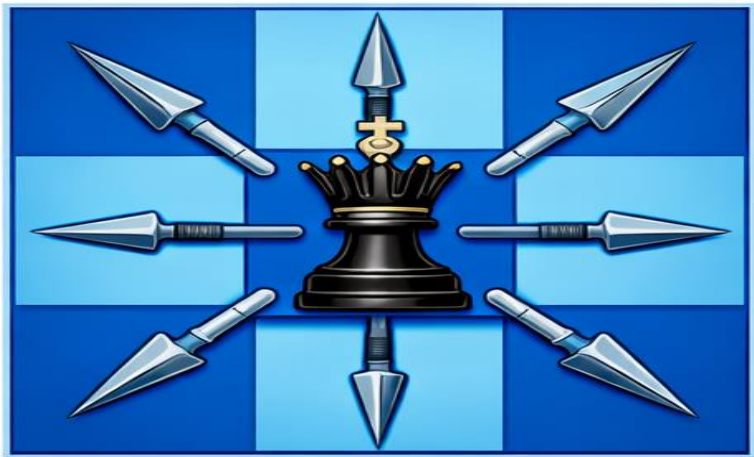
Torre



Alfil



Reina



Orden de Contigüidad

Vecinos cercanos
Orden 1



Vecinos lejanos
Orden 2



Vecinos cercanos y lejanos
Orden 1 + 2

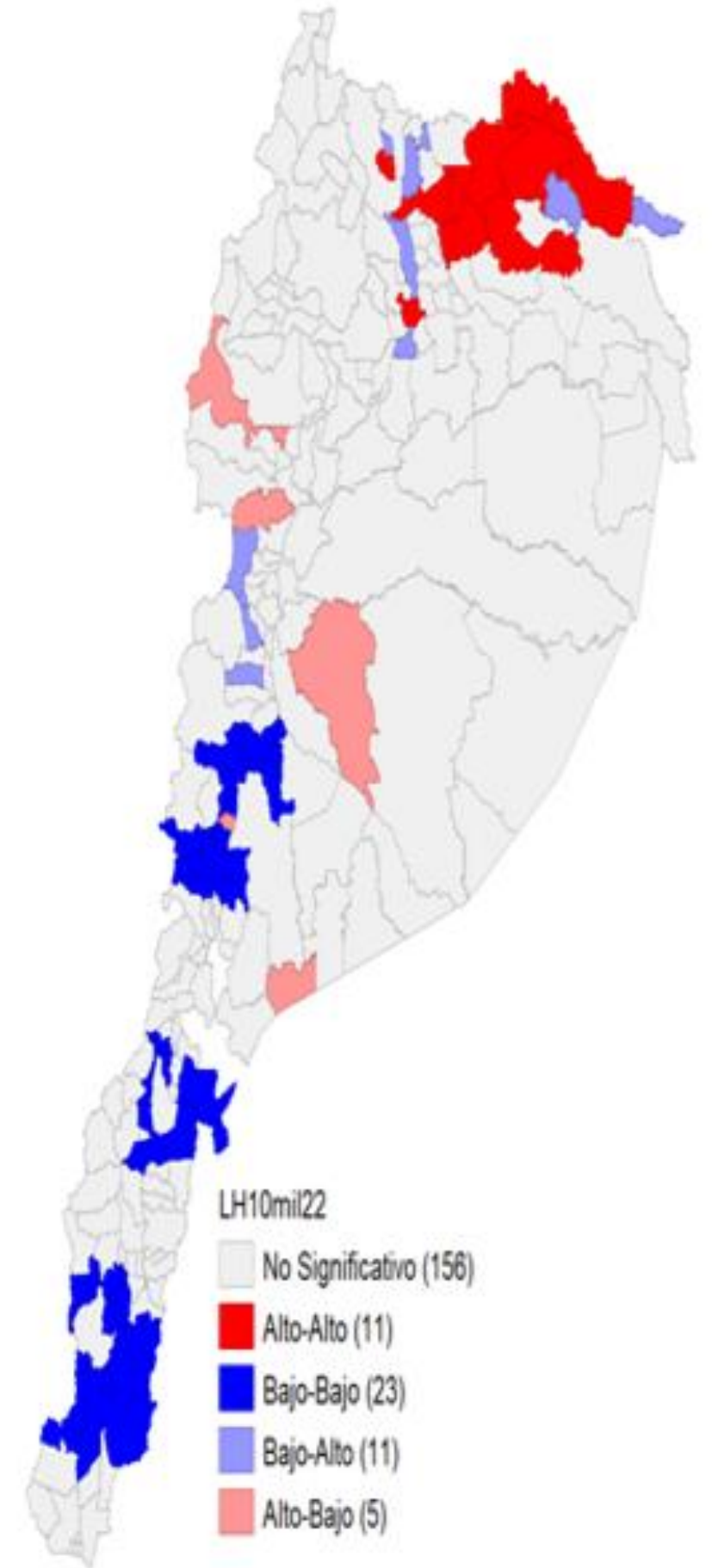
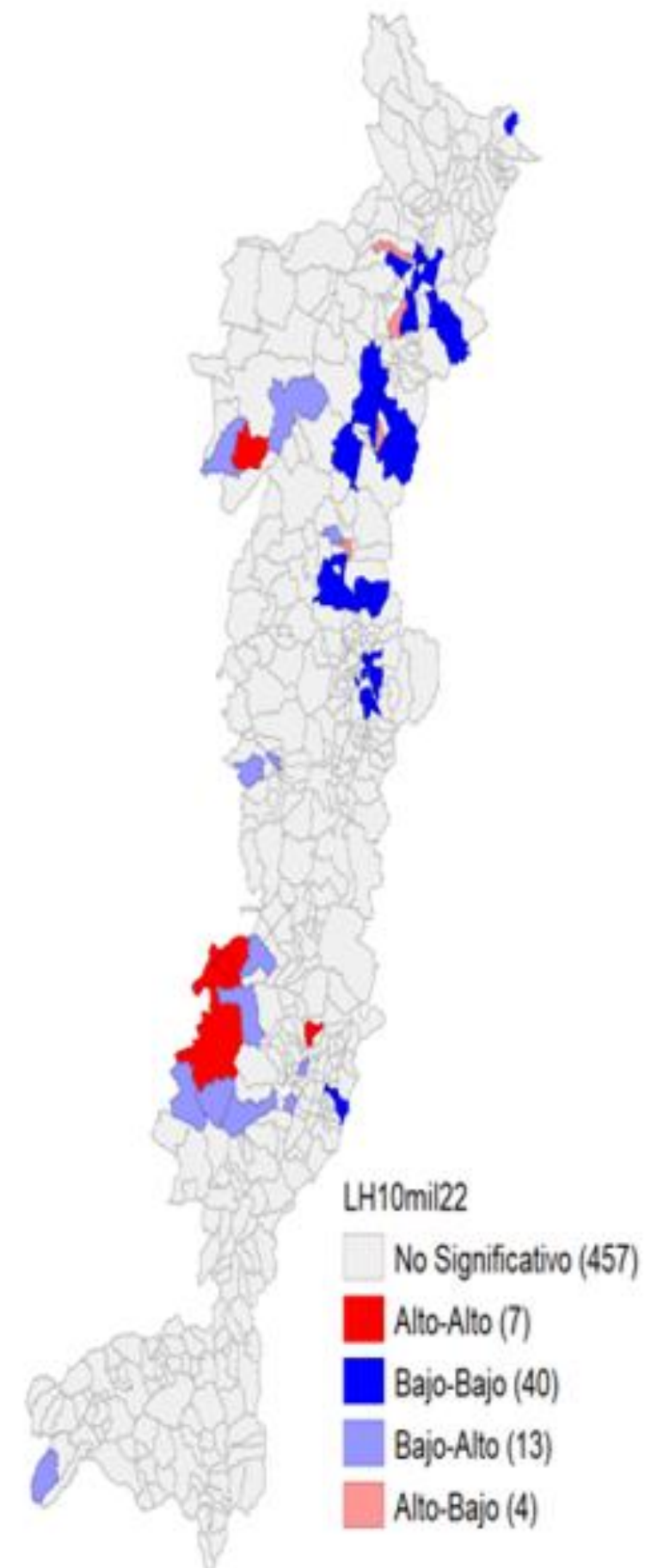
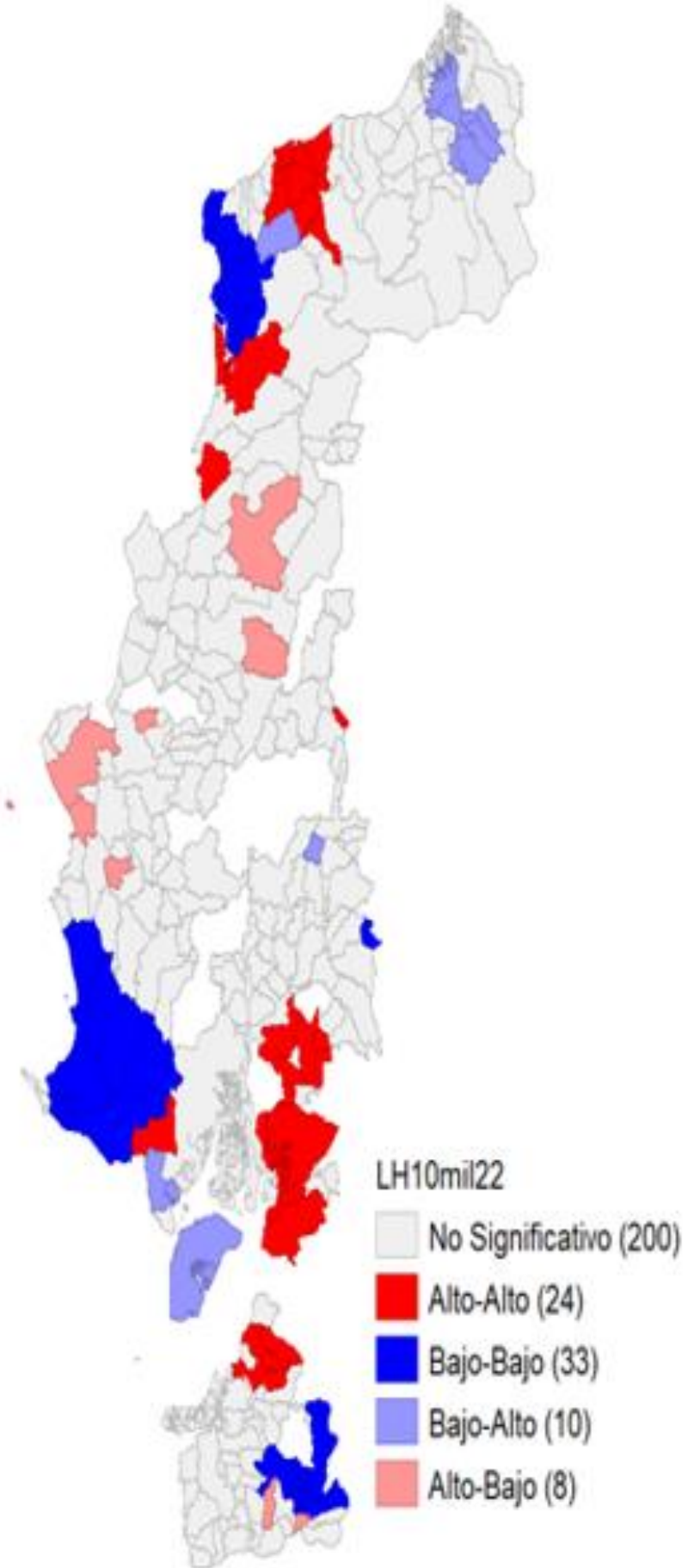
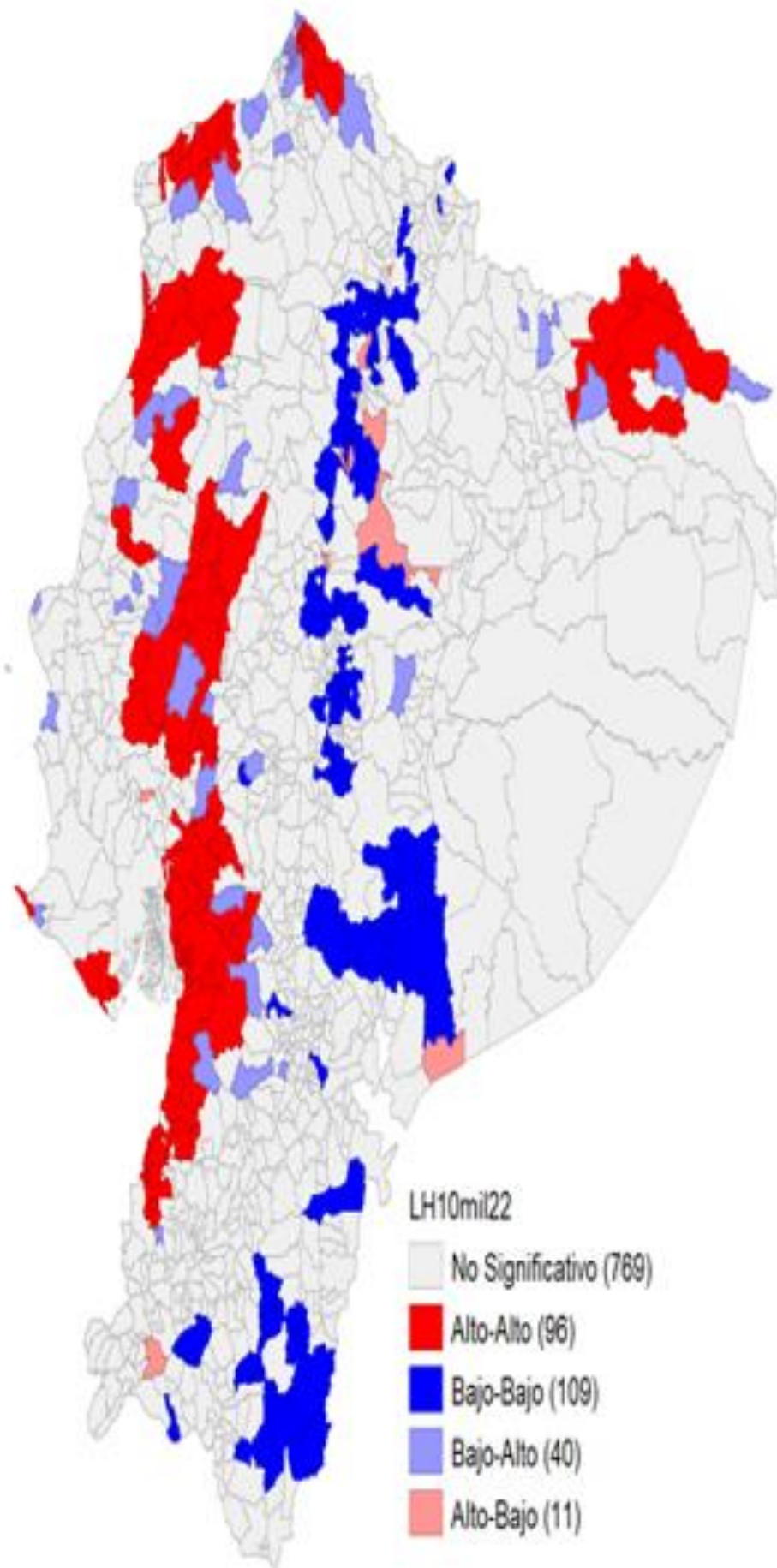


Selección de Matriz de Pesos espaciales por autocorrelación

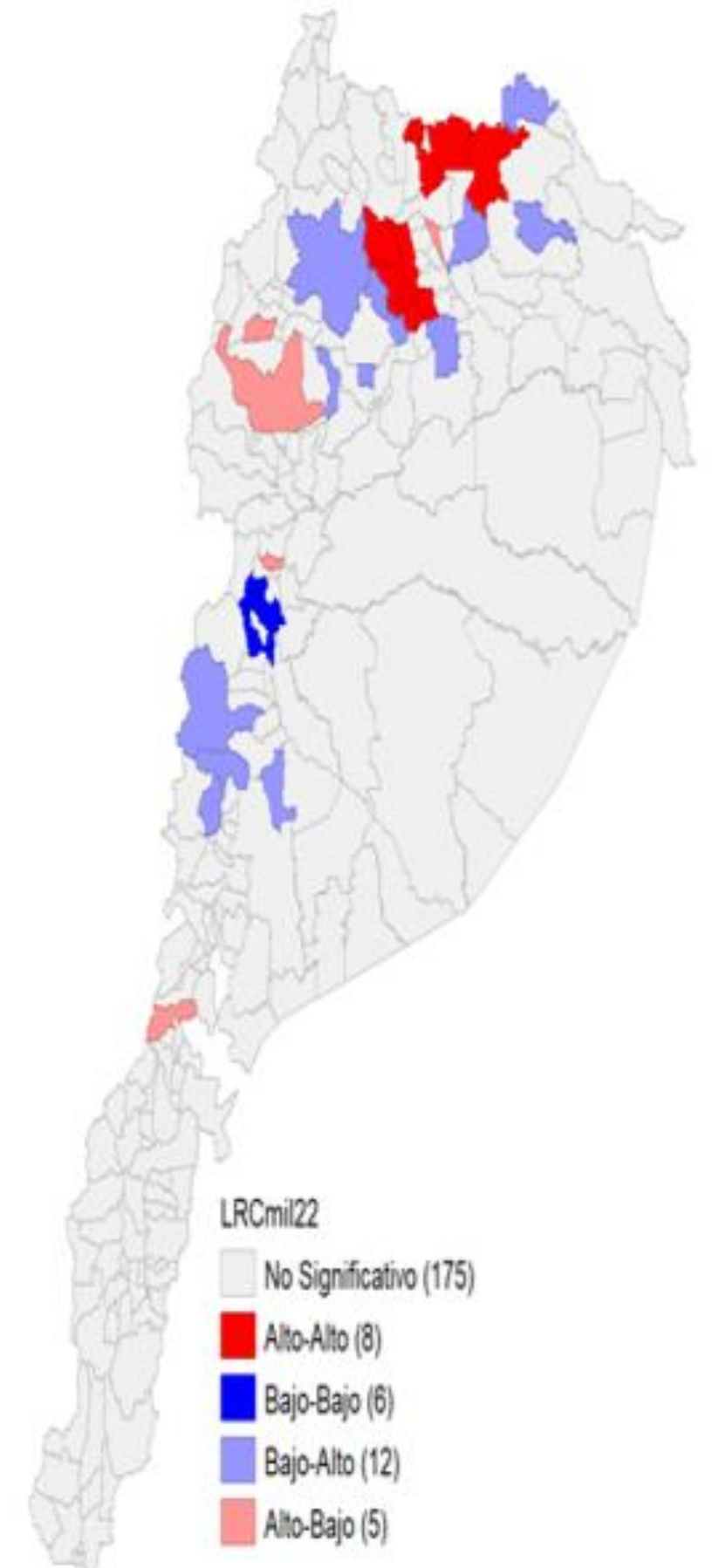
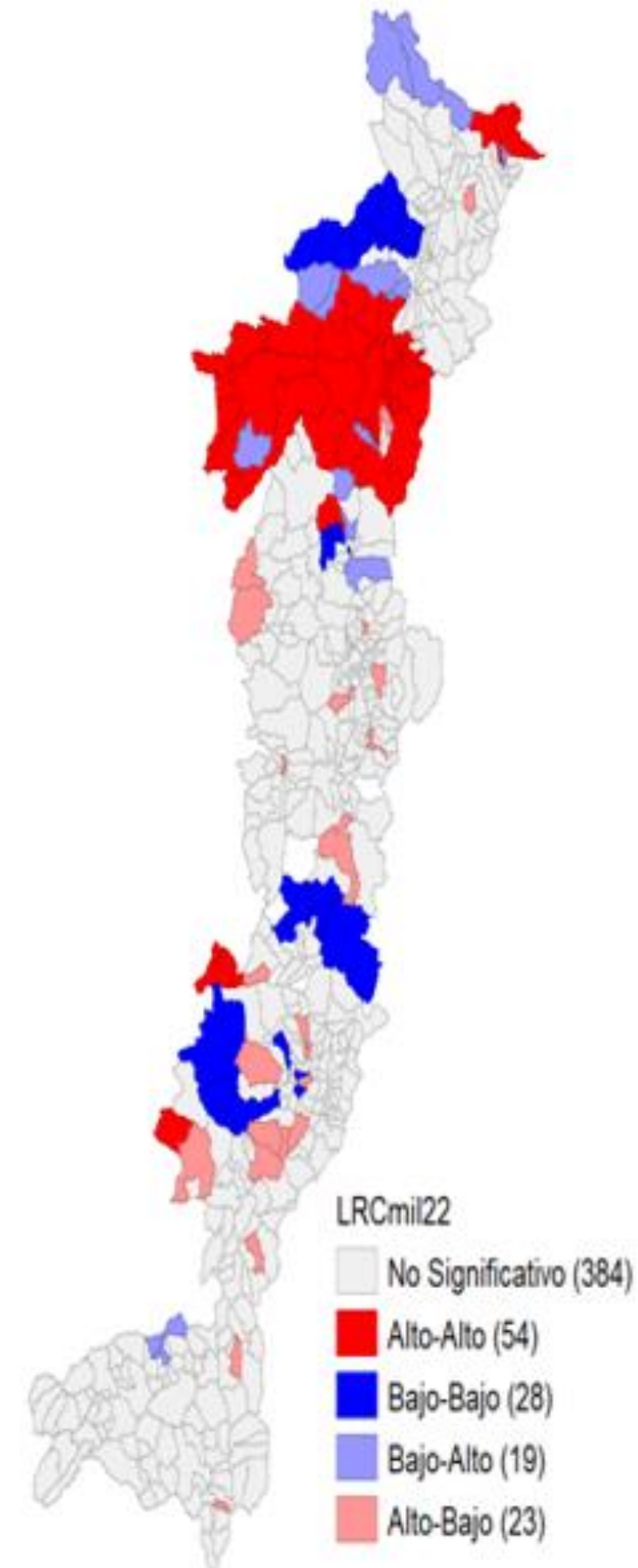
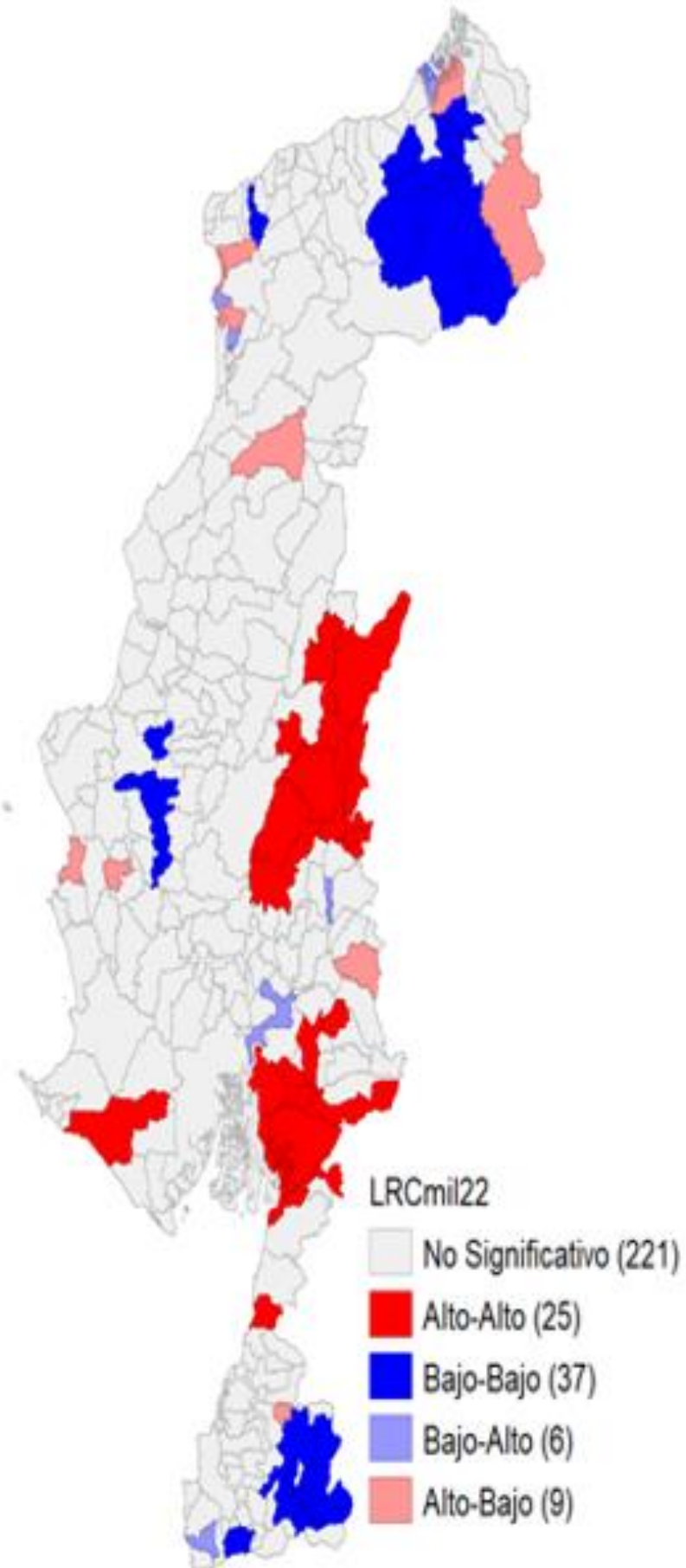
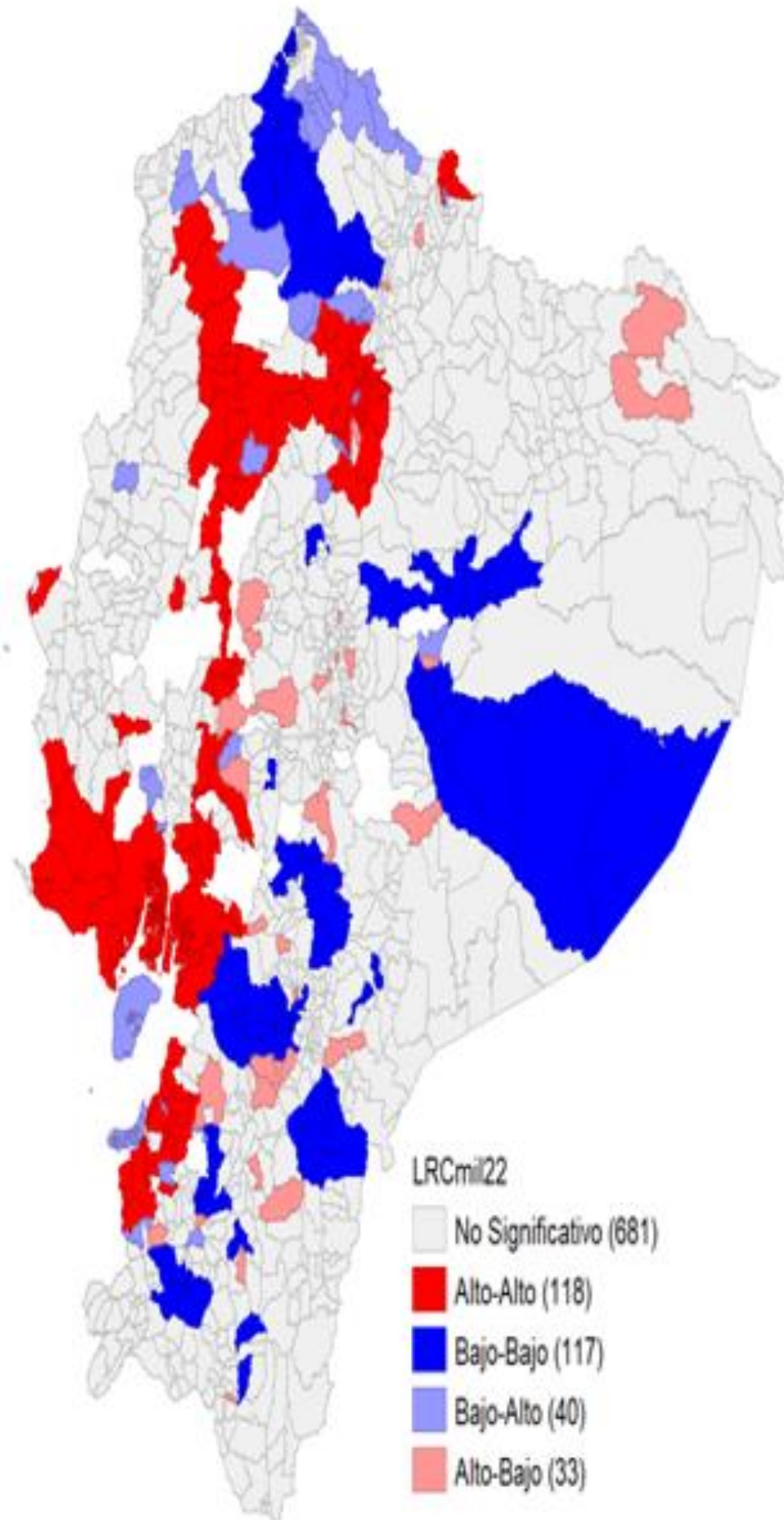
Región / Delito	Nº Homicidio por cada 10 mil habitantes	Significancia p-value	Nº Robo a carros por cada mil carros	Significancia p-value	Nº Robo a motos por cada mil motos	Significancia p-value	No Robo a personas por cada 10 mil habitantes	Significancia p-value
PAÍS								
Reina - orden 1	0,359	***	0,381	***	0,490	***	0,422	***
Peso el bloque	0,352	***	0,385	***	0,500	***	0,376	***
COSTA								
Reina - orden 1	0,248	***	0,309	***	0,486	***	0,388	***
Peso el bloque	0,254	***	0,306	***	0,480	***	0,373	***
SIERRA								
Reina - orden 1	0,139	***	0,293	***	0,228	***	0,375	***
Peso el bloque	0,087	**	0,322	***	0,276	***	0,285	***
AMAZONÍA								
Reina - orden 1	0,302	***	0,101	**	0,279	***	0,319	***
Peso el bloque	0,264	***	0,051	*	0,343	***	0,258	***

Indicador de autocorrelación espacial de Moran Local (LISA)

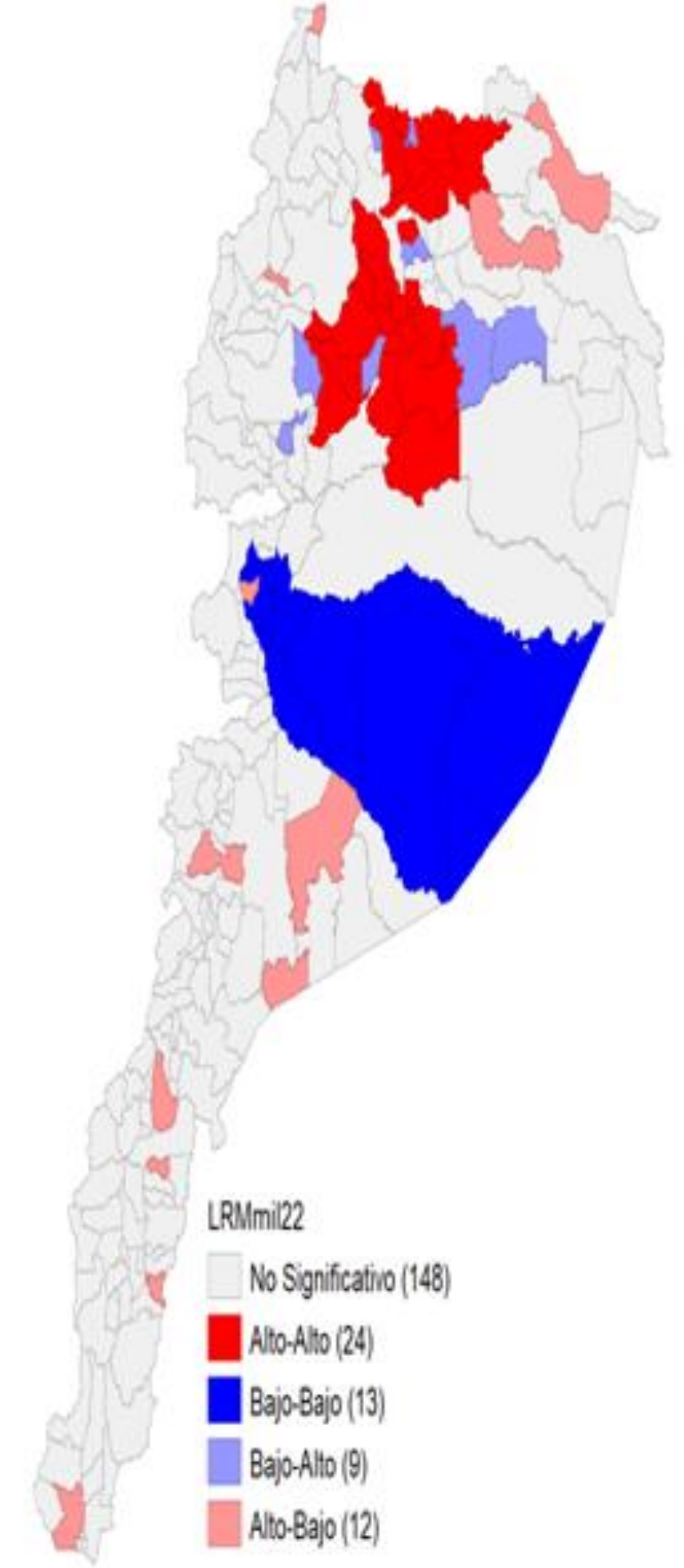
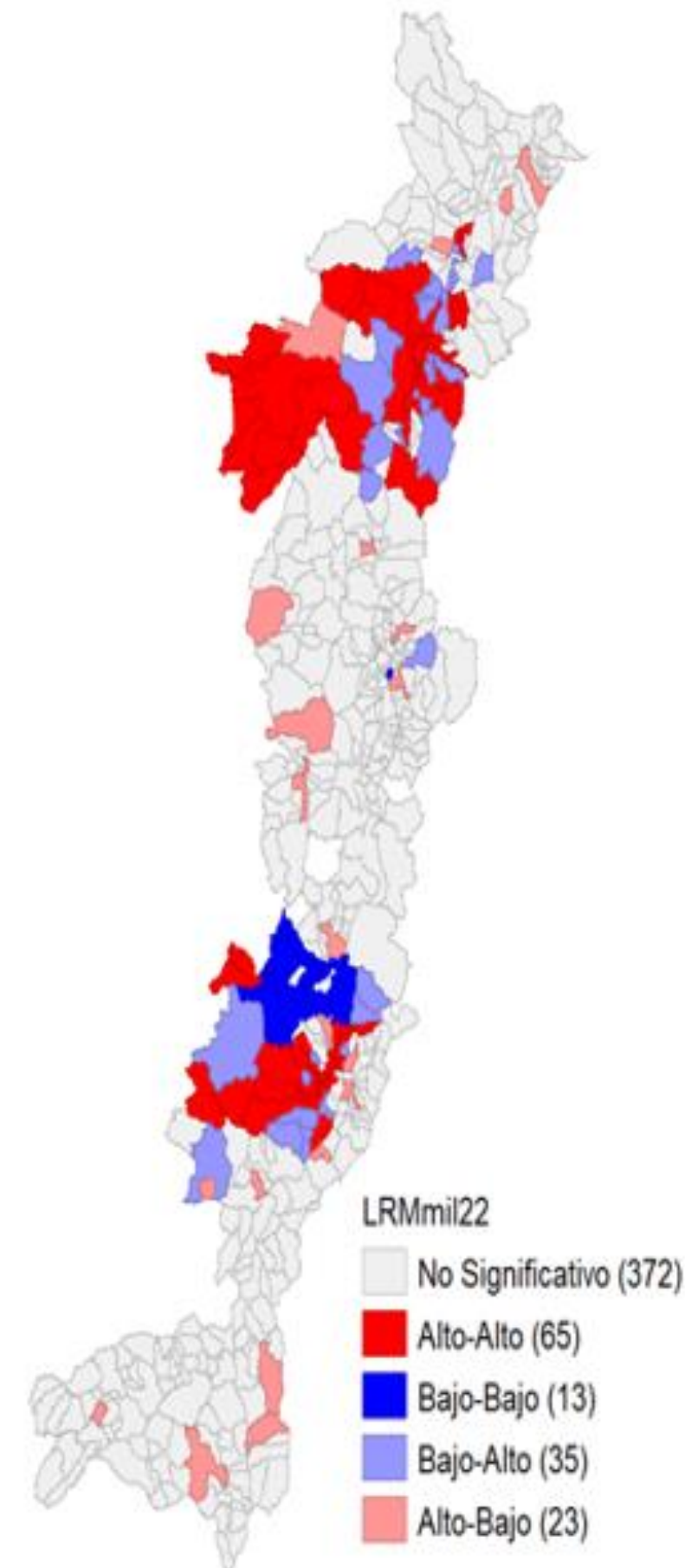
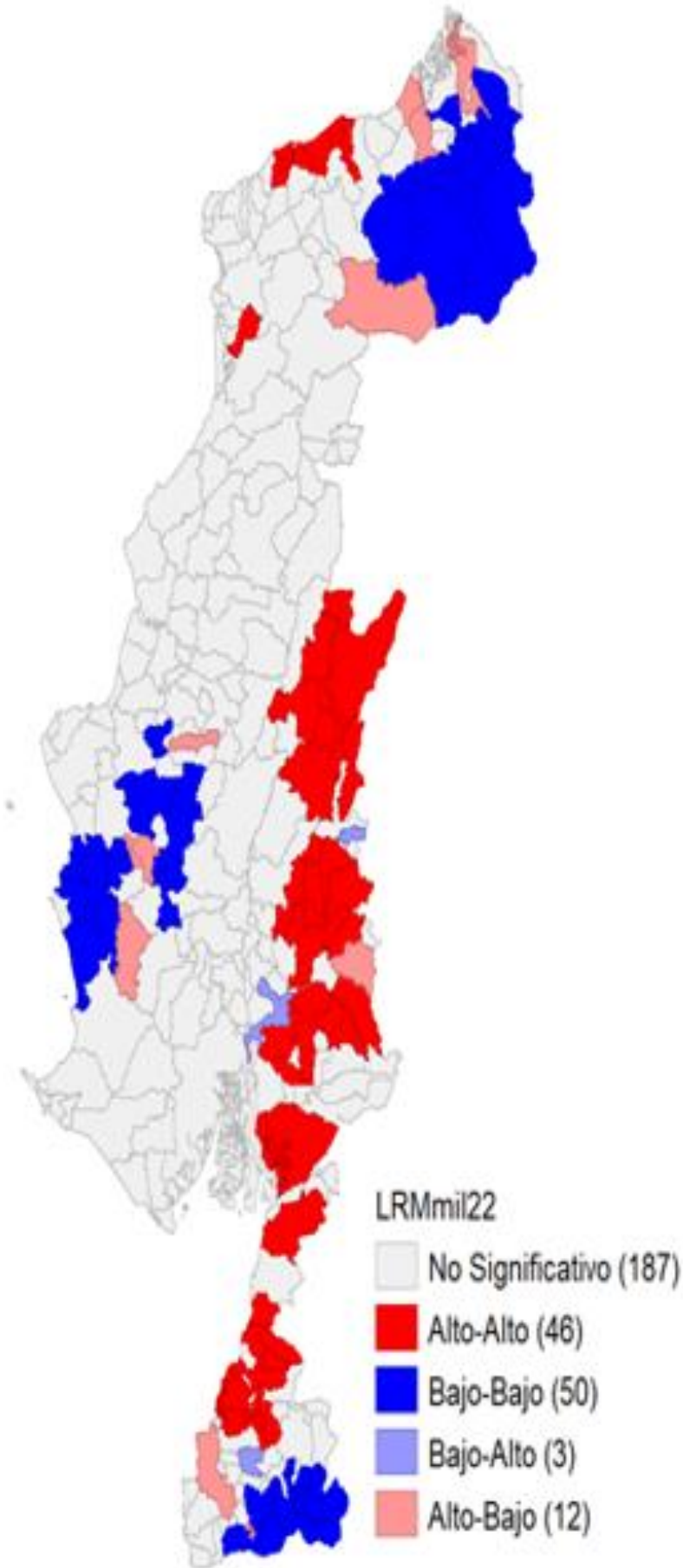
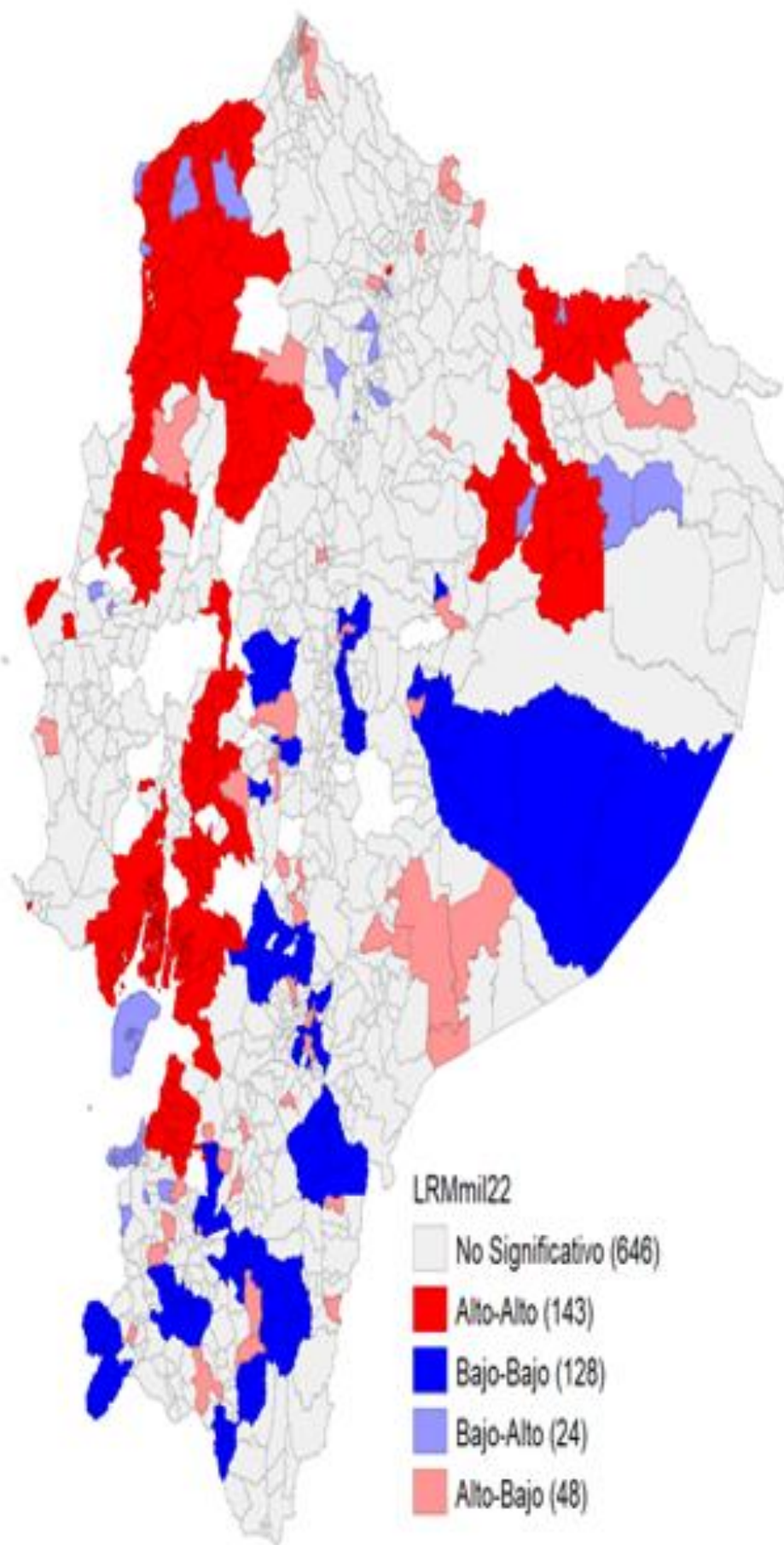
Análisis geoespacial Mapa Lisa de las tasas de homicidio



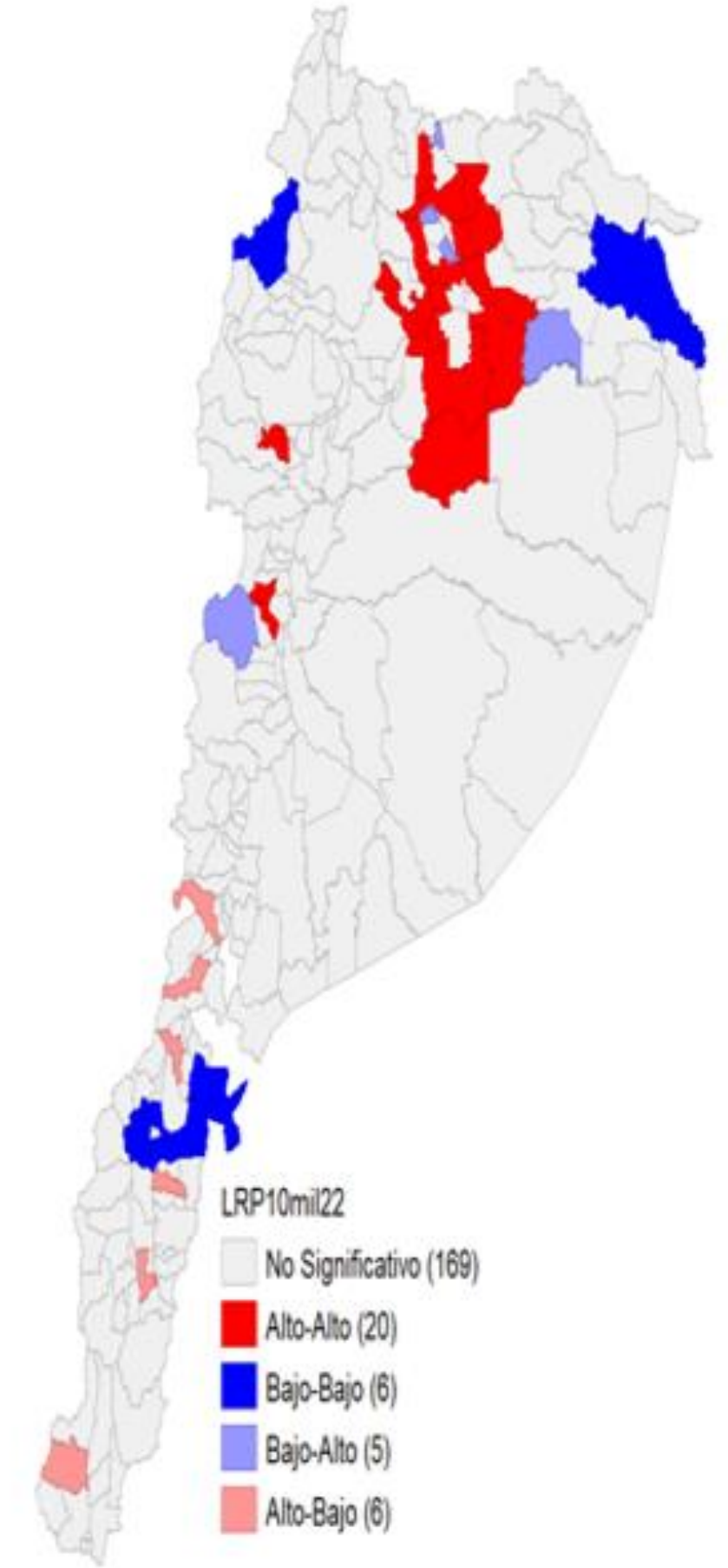
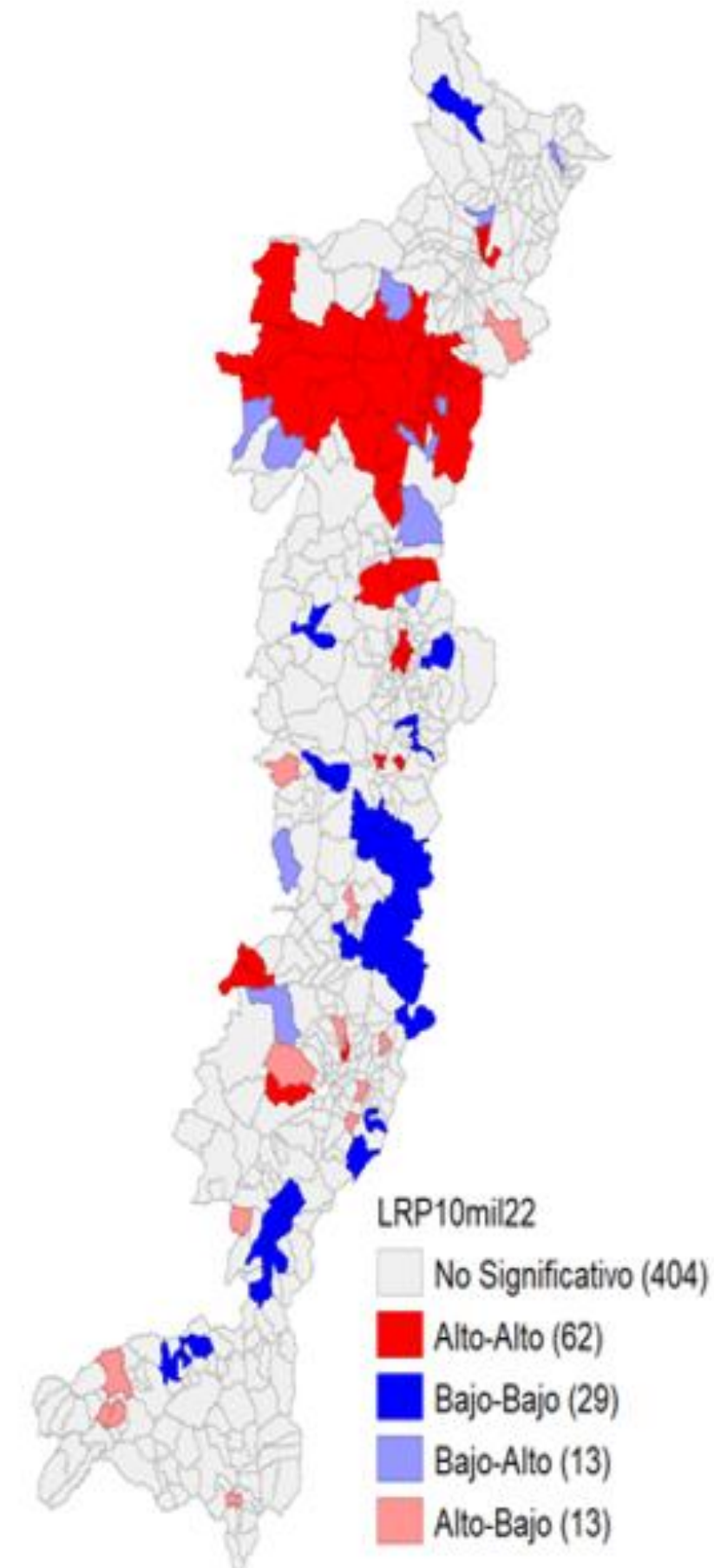
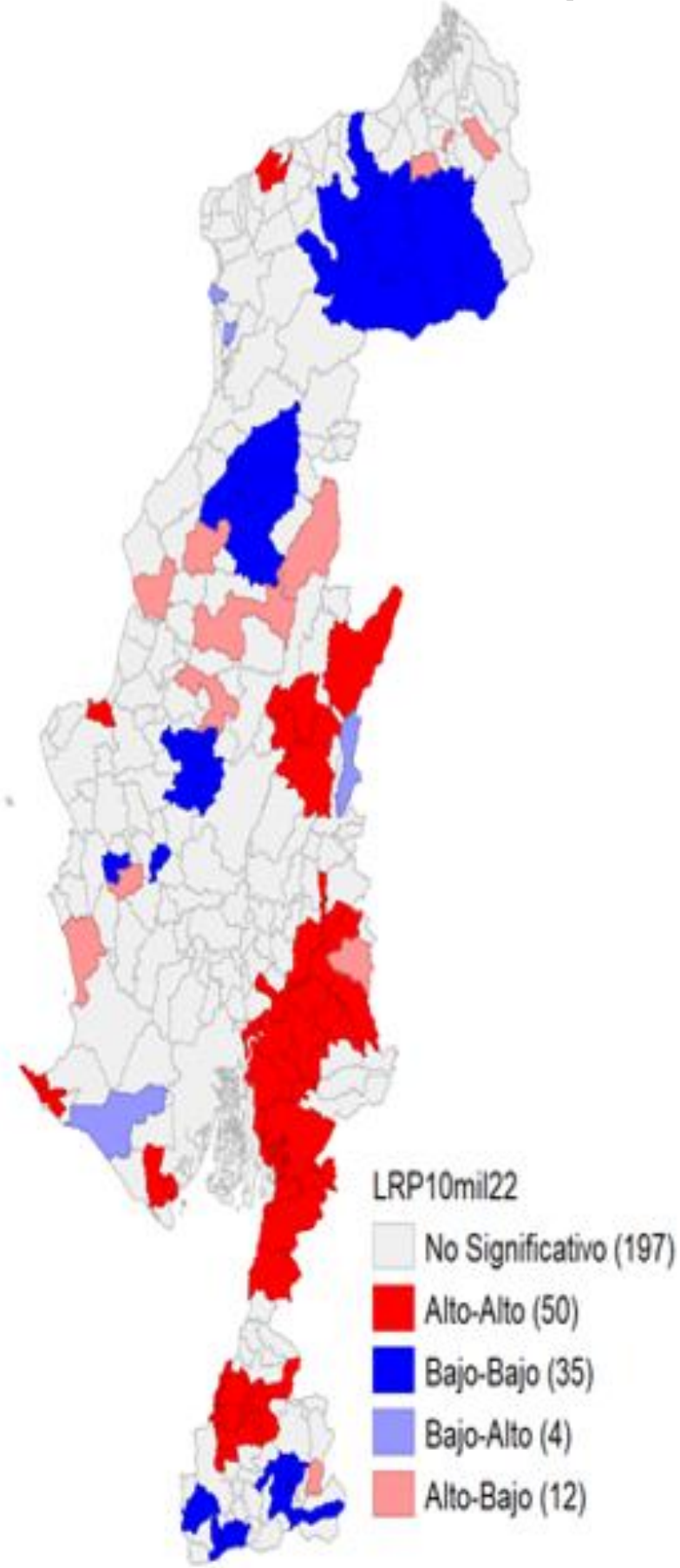
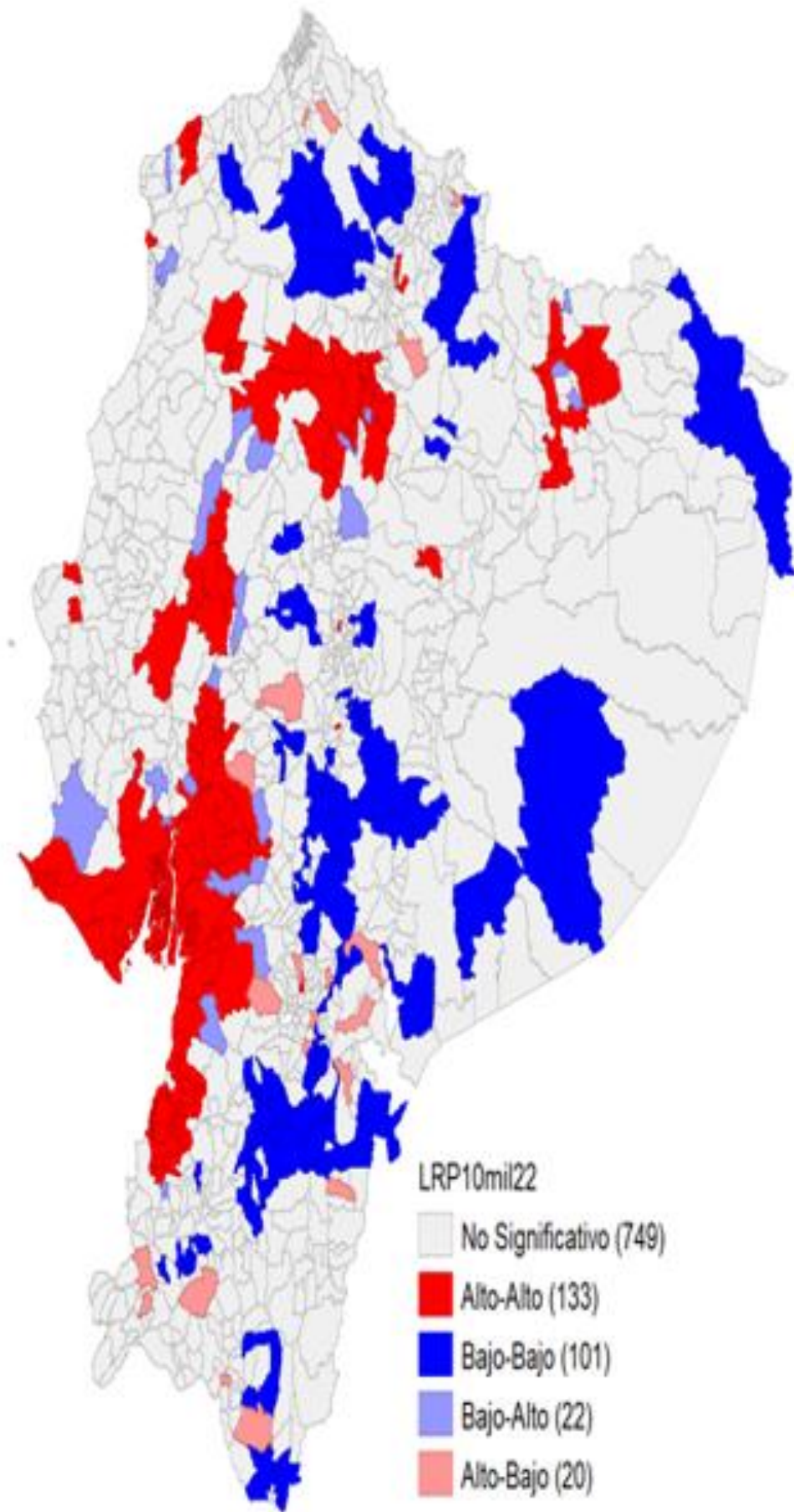
Análisis geoespacial Mapa Lisa de las tasas de robo de automóviles



Análisis geoespacial Mapa Lisa de las tasas de robo de motocicletas



Análisis geoespacial Mapa Lisa de las tasas robo a personas



Resultado de las
estimaciones
econométricas
Modelo espacial SAR

Resultados del
modelo SAR
para la tasa de
homicidios

Variables	País	Costa	Sierra	Amazónica
	W-Reina 1	W-Bloque 1	W-Reina 1	W-Reina 1
	Coef. – p	Coef. – p	Coef. – p	Coef. – p
Droga incautada (kg por km²)	0,003** (0,001)	0,001 (0,001)	-0,003 (0,003)	-0,003 (0,008)
Eficiencia policial (Índice DEA)	-0,177** (0,074)	-0,482** (0,185)	-0,070 (0,087)	0,123 (0,157)
Sector informal	-0,101 (0,075)	-0,053 (0,377)	-0,021 (0,101)	-0,407 (0,259)
Nº estudiantes por profesor	0,007** (0,002)	0,014** (0,004)	0,001 (0,001)	-0,001 (0,003)
Ingresos por ventas (log)	0,013** (0,006)	0,012 (0,013)	0,004 (0,007)	-0,008 (0,014)
Pobreza por NBI (log)	0,086** (0,027)	0,007 (0,077)	-0,010 (0,037)	0,087* (0,045)
Nº industrias por km²	-0,010** (0,003)	-0,008 (0,030)	-0,004 (0,002)	0,016 (0,061)
Lag (W)	0,374** (0,037)	0,215** (0,062)	0,216** (0,059)	0,337** (0,083)
Constante	-0,083 (0,091)	-0,158 (0,237)	0,154 (0,117)	0,100 (0,206)
Estadísticos				
Log likelihood	-150,90	-103,31	23,86	7,46
Akaike info criterion (AIC)	321,81	226,63	-27,73	5,07
Schwarz Bayesian criterion (SBC)	371,20	263,73	14,84	38,44
Índice de Moran (residuo)	0,213	0,155	0,135	0,237

Resultados del
modelo SAR
para la tasa el
robo de
automóviles

cc	País	Costa	Sierra	Amazónica
	W-Bloque 1	W-Reina 1	W-Bloque 1	W-Reina 1
	Coef. - p	Coef. – p	Coef. – p	Coef. – p
Droga incautada (kg por km²)	0,001 (0,002)	-0,002 (0,002)	0,017** (0,005)	0,001 (0,015)
Eficiencia policial (Índice DEA)	0,038 (0,077)	-0,504** (0,240)	0,111 (0,090)	0,167 (0,113)
Sector informal	-0,744** (0,134)	-2,060** (0,644)	-0,551** (0,162)	-0,459 (0,476)
Nº estudiantes por profesor	0,014** (0,004)	0,021** (0,007)	0,002 (0,004)	0,002 (0,007)
Ingresos por ventas (log)	0,021** (0,010)	0,009 (0,022)	0,001 (0,011)	-0,023 (0,024)
Pobreza por NBI (log)	0,205** (0,040)	0,188* (0,107)	0,212** (0,054)	0,119* (0,063)
Nº industrias por km²	-0,017** (0,006)	-0,082 (0,051)	-0,008* (0,005)	-0,094 (0,114)
Lag (W)	0,303** (0,033)	0,292** (0,066)	0,354** (0,048)	0,150 (0,093)
Constante	-0,122 (0,151)	0,588 (0,413)	-0,230 (0,173)	0,043 (0,408)
Estadísticos				
Log likelihood	-721,30	-272,34	-232,29	-123,57
Akaike info criterion (AIC)	1462,59	564,69	484,58	267,14
Schwarz Bayesian criterion (SBC)	1511,98	601,79	527,15	300,52
Índice de Moran (residuo)	0,181	0,111	0,202	0,070

Resultados del
modelo SAR para la
tasa de robo de
motocicletas

Variables	País	Costa	Sierra	Amazónica
	W-Bloque 1	W-Reina 1	W-Bloque 1	W-Bloque 1
	Coef. - p	Coef. – p	Coef. – p	Coef. – p
Droga incautada (kg por km²)	0,002 (0,001)	0,001 (0,001)	0,002 (0,005)	0,045** (0,013)
Eficiencia policial (Índice DEA)	-0,143** (0,070)	-0,248 (0,210)	-0,202** (0,092)	-0,052 (0,106)
Sector informal	-0,354** (0,115)	-1,446** (0,483)	-0,400** (0,167)	-0,916** (0,418)
Nº estudiantes por profesor	0,019** (0,003)	0,017** (0,006)	0,013** (0,004)	0,011* (0,006)
Ingresos por ventas (log)	0,049** (0,008)	0,006 (0,015)	0,052** (0,011)	-0,001** (0,018)
Pobreza por NBI (log)	0,188** (0,035)	0,232** (0,079)	0,179** (0,052)	0,209** (0,055)
Nº industrias por km²	-0,006 (0,005)	0,013 (0,041)	0,001 (0,005)	0,050 (0,096)
Lag (W)	0,393** (0,028)	0,438** (0,054)	0,298** (0,050)	0,338** (0,067)
Constante	-0,657** (0,146)	-0,479 (0,308)	-0,538** (0,215)	0,001 (0,340)
Estadísticos				
Log likelihood	-640,72	-207,72	-278,93	-93,36
Akaike info criterion (AIC)	1301,44	435,45	577,86	206,73
Schwarz Bayesian criterion (SBC)	1350,84	472,56	620,44	240,11
Índice de Moran (residuo)	0,273	0,243	0,162	0,245

Resultados del
modelo SAR
para la tasa de
robo a personas

Variables	País	Costa	Sierra	Amazónica
	W-Reina 1	W-Reina 1	W-Reina 1	W-Reina 1
	Coef. - p	Coef. – p	Coef. – p	Coef. – p
Droga incautada (kg por km²)	0,003** (0,001)	0,001 (0,002)	0,017** (0,004)	-0,003 (0,011)
Eficiencia policial (Índice DEA)	-0,288** (0,065)	-1,046** (0,208)	-0,384** (0,090)	-0,118 (0,095)
Sector informal	-0,262** (0,093)	-1,924** (0,411)	-0,516** (0,127)	-0,738** (0,353)
Nº estudiantes por profesor	0,010** (0,002)	0,018** (0,005)	0,003 (0,003)	-0,001 (0,005)
Ingresos por ventas (log)	0,035** (0,007)	0,025* (0,014)	0,052** (0,009)	0,028* (0,015)
Pobreza por NBI (log)	0,111** (0,029)	0,141** (0,071)	0,102** (0,040)	0,180** (0,048)
Nº industrias por km²	0,011** (0,004)	-0,003 (0,036)	0,012** (0,004)	0,307** (0,082)
Lag (W)	0,412** (0,033)	0,304** (0,060)	0,356** (0,047)	0,357** (0,076)
Constante	-0,211** (0,107)	0,562** (0,273)	0,020 (0,147)	0,121 (0,289)
Estadísticos				
Log likelihood	-418,39	-164,30	-133,70	-60,01
Akaike info criterion (AIC)	854,77	346,09	285,41	138,01
Schwarz Bayesian criterion (SBC)	899,23	379,48	323,73	168,05
Índice de Moran (residuo)	0,264	0,169	0,187	0,206

Conclusiones

Conclusiones

- **La criminalidad en el país no es espacialmente homogénea:** se organiza según lógicas territoriales diferenciadas que dependen del tipo de delito y de la escala de análisis.
- **El MAUP es un factor estructural:** condiciona la identificación de clústeres, la intensidad de la dependencia espacial y la interpretación de los determinantes del delito.
- **Diferenciación por tipología delictiva:**
 - Homicidios y robo de automóviles → patrones suprarregionales, clústeres persistentes que trascienden límites administrativos.
 - Robo a personas y de motocicletas → patrones locales, fragmentados y altamente sensibles a la desagregación espacial.
- **Resultados multiescalares no son extrapolables automáticamente:**
 - Costa → organización continua en torno a ejes económicos y logísticos.
 - Sierra y Amazonía → configuraciones fragmentadas o polarizadas con focos críticos locales.
- **Implicaciones de política pública:** al existir delitos con alcance suprarregionales y otros con alcance locales, las estrategias homogéneas de seguridad resultan ineficientes.

Recomendaciones y aportaciones

Recomendaciones y aportaciones

- 01 Se recomienda la transición hacia un Modelo Durbin Espacial (SDM) que permita capturar no solo los efectos de vecindad de la variable dependiente, sino también los efectos de desbordamiento de las variables independientes.
- 02 Futuras investigaciones podrían incorporar indicadores más detallados sobre capacidades operativas, recursos policiales e infraestructura de seguridad, con el fin de fortalecer el poder explicativo del modelo.
- 01 La investigación permite identificar cómo varían los determinantes del delito según la escala territorial, aportando evidencia empírica para una planificación de seguridad más diferenciada y territorialmente focalizada
- 02 Los resultados evidencian que las políticas públicas no deberían diseñarse únicamente desde un enfoque nacional uniforme, sino considerar las particularidades regionales y parroquiales.

Futura línea del trabajo

Proyección investigativa

01 Enfoque espacio-temporal y análisis longitudinal

Se propone incorporar una dimensión temporal mediante datos panel para varios años, con el fin de analizar la evolución de los clústeres delictivos y estimar modelos espaciales dinámicos. Esto permitiría evaluar la persistencia, movilidad y difusión territorial del delito en el tiempo.

02 Análisis causal y control de endogeneidad

Se propone avanzar hacia un enfoque causal que incorpore técnicas para corregir la endogeneidad, como variables instrumentales o modelos espaciales con instrumentos. Esto permitiría estimar efectos más robustos entre los factores socioeconómicos y la criminalidad, superando las limitaciones del análisis correlacional.

Muchas
gracias

