

GUSTAVO ADOLFO GARCÍA VÉLEZ   CARLOS ALBERTO DURÁN GIL 

ARTÍCULO ORIGINAL

Determinación de áreas de concentración económica rural (ACER) mediante análisis espacial para la conformación del marco del censo económico colombiano

Recepción: 29 de junio de 2022 ▶ **Evaluación:** 19 de enero de 2023 ▶ **Aprobación:** 1 de febrero de 2023

Resumen. Treinta años han pasado desde la realización del único censo económico en Colombia y para el desarrollo de un nuevo operativo censal se hace necesario contar con un marco estadístico que garantice el cubrimiento de las unidades económicas del país. Teniendo en cuenta que las zonas rurales presentan características particulares respecto a la localización y proximidad de la actividad económica, lo que puede impactar los costos y tiempos del operativo censal, se planteó una metodología de alcance exploratorio y descriptivo, soportada por el uso de fuentes diversas y la aplicación de técnicas de análisis espacial, con el fin de determinar las áreas de concentración económica rural (ACER), fundamentadas en la localización, proximidad y aglomeración de las unidades económicas. De esta manera, se logró la estructuración de 5.537 ACER ubicadas en el 80% de las divisiones de segundo nivel territorial, con tendencia central en su mediana de cinco establecimientos y una superficie de 15,6 hectáreas. Aunque no se tienen referentes similares de este tipo, la determinación de estas áreas se basó en obtener consistencia temática y geográfica a partir de las fuentes empleadas y la configuración de aglomeraciones espaciales. Ahora bien, al ser un método de alcance exploratorio, está abierto a mejoras y retroalimentación continua, buscando ser un referente en la conformación de marcos estadísticos.

Palabras clave: *análisis espacial; análisis multicriterio; asociación espacial; censo económico; marcos estadísticos; geografía.*

-
- 1 Especialista en Geomática, Universidad Militar Nueva Granada. Grupo de Investigación y Desarrollo, Dirección de Geoestadística, DANE, Colombia. Correo: gagarciav@dane.gov.co. Cv-LAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001845782. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7339-6814>
 - 2 Especialista en Análisis Espacial, Universidad Nacional de Colombia. Coordinador del Grupo de Investigación y Desarrollo, Dirección de Geoestadística, DANE, Colombia. Correo: cadurang@dane.gov.co. Cv-LAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000110012. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5928-1113>



Determination of rural economic concentration areas (RECA) through spatial analysis for designing the Colombian economic census framework

Abstract: Thirty years have passed since the only economic census in Colombia. Therefore, it is necessary to have a statistical framework that guarantees the inclusion of the economic units of the country to develop a new census. Considering that the rural areas have specific characteristics regarding localization and proximity of the economic activity, which can affect the costs and time of the census, a methodology with an exploratory and descriptive scope was proposed. It is supported by the use of diverse sources and the application of spatial analysis techniques based on the localization, proximity, and concentration of the economic units with the aim of determining the rural economic concentration areas (RECA). As a result, 5,537 RECA were identified, and they are located in 80% of the second-level territorial divisions, with a central tendency in their median of five establishments and a surface area of 15.6 hectares. Although there are no similar references of this type, the determination of these areas was based on obtaining thematic and geographic consistency from the sources used and the configuration of spatial concentrations. However, being an exploratory method, it is open to continuous improvement and feedback, seeking to be a reference in the conformation of statistical frameworks.

Keywords: *spatial analysis; multi-criteria analysis; spatial association; economic census; statistical framework; geography.*

Determinação de áreas de concentração econômica rural (ACER) mediante análise espacial para a conformação da estrutura do censo econômico colombiano

Resumo: Passaram trinta anos desde que o único censo econômico foi realizado na Colômbia e para o desenvolvimento de uma nova operação de censo é necessário ter uma estrutura estatística que garanta a cobertura das unidades econômicas do país. Tendo em conta que as áreas rurais possuem características particulares com relação à localização e proximidade da atividade econômica, o que pode impactar os custos e o tempo da operação do censo, foi proposta uma metodologia de alcance exploratório e descritivo, apoiada pelo uso de várias fontes e pela aplicação de técnicas de análise espacial, a fim de determinar as áreas de concentração econômica rural (ACER), baseadas na localização, proximidade e aglomeração das unidades econômicas. Desta forma, foram estruturadas 5.537 ACERs, localizadas no 80% das divisões do segundo nível territorial, com tendência central em sua mediana de cinco estabelecimentos e uma área de superfície de 15,6 hectares. Embora não existam referências semelhantes deste tipo, a determinação destas áreas foi baseada na obtenção de consistência temática e geográfica a partir das fontes utilizadas e da configuração das aglomerações espaciais. Entretanto, sendo um método de escopo exploratório, está aberto à melhoria e feedback contínuo, procurando ser uma referência na conformação de estruturas estatísticas.

Palavras-chave: *análise espacial; análise multicritério; associação espacial; censo econômico; estruturas estatísticas; geografia.*

1. Introducción

Un censo económico es una operación estadística que se realiza sobre la totalidad de unidades económicas, en un momento determinado, haciendo énfasis en características definidas (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2010). En Colombia, el primer y único censo económico realizado a nivel nacional data del año 1991, sumado a algunos estudios regionales realizados en años posteriores (Riaño, 2021). Ahora bien, aunque el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) realiza de forma recurrente encuestas económicas enfocadas en sectores específicos como la industria manufacturera, comercio, servicios y turismo, entre otros (DANE, 2021b), el paso de tres décadas ha traído nuevas dinámicas y estructuras económicas que requieren ser capturadas a través de un operativo censal actualizado, cuyo fin es lograr la ubicación e identificación de las unidades económicas, así como la caracterización de los diferentes sectores productivos del país.

La realización de censos económicos conduce a obtener información estadística detallada, cuyo fin es realizar caracterizaciones de la estructura económica nacional, territorial, sectorial y empresarial, así como la conformación y actualización de directorios económicos de empresas y marcos estadísticos de áreas (geográficas) y listas, los cuales son fundamentales para la posterior realización de encuestas enfocadas en los sistemas de cuentas nacionales, el producto interno bruto y los diferentes sectores económicos relevantes de un país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2015). Como todo proyecto censal, es importante determinar la extensión del territorio y las áreas de cobertura con el fin de definir cargas operativas y tiempos estimados para el levantamiento de información (ONU, 2011). Asimismo, el censo económico, al ser una fuente primaria de estadísticas temáticas obtenidas del universo de unidades de interés, permite la realización de análisis para una amplia variedad de agrupaciones geográficas, desde el nivel nacional hasta la escala local (ONU, 2010).

A partir de lo anterior, se destaca que las actividades productivas presentes en las zonas rurales, a diferencia de los centros urbanos, se caracterizan por ser economías de baja densidad, con tres dimensiones particulares: 1) la distancia física a los mercados y el costo asociado en términos de transporte y conectividad; 2) importancia de la competitividad económica en mercados más pequeños; y 3) estructuras económicas específicas, con énfasis en productos determinados y menor capital humano (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2018). Las dimensiones anteriores reflejan un contexto donde se hace más complejo y costoso levantar información ya que las fuentes están generalmente dispersas, lo que aumenta los tiempos de desplazamiento y dificulta el objetivo de cubrimiento, por lo que es necesario establecer metodologías para estas áreas y sus condiciones particulares (Soto, 2016).

Aunque se han hecho intentos por realizar clasificaciones del entorno rural desde diversos enfoques, entre ellos, la distribución de población, cabe destacar la tipología regional definida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), a partir de tres estructuras principales: económica, espacial y de gobernanza (OECD, 2018). Si bien los intentos globales por realizar clasificaciones territoriales estandarizadas son ideales para efectos de realizar comparaciones entre países, es importante señalar que para realizar el levantamiento de información detallada, finalidad de un censo económico, se hace indispensable definir agrupaciones donde se valide la presencia representativa de la actividad económica en los entornos rurales a partir de las características particulares presentes en cada país.

Dado que las actividades económicas tienden a agruparse en las zonas urbanas, es necesario establecer en la metodología y los procesos definidos para el desarrollo del censo aquellas áreas donde hay cobertura del sector económico en las zonas rurales, cuyas unidades podrían ubicarse de forma dispersa o con escasa presencia, lo que repercute en los costos

operativos de transporte y levantamiento de datos. De esta manera, en países con una amplia tradición en la realización de este tipo de censos, generalmente se definen áreas o zonas que garanticen la captura de las unidades de observación, como es el caso de México, en donde se establecieron las áreas geoestadísticas básicas rurales, cuya característica principal es la destinación del uso del suelo a actividades agropecuarias y forestales, y en donde se aplicaron métodos de muestreo para el levantamiento de información, ya que la actividad económica es pequeña en comparación con su amplia extensión superficial (Inegi, 2015). De otro lado, en la India se establecieron bloques de enumeración conformados por rangos de 200 a 300 hogares para el levantamiento de información en las zonas rurales (ONU, 2010), donde la unidad geográfica de enumeración base para el marco rural era la villa (Ministry of Statistics and Programme Implementation, 2019). EN Canadá, para fines estadísticos, se definieron subdivisiones censales consolidadas, que en las zonas rurales abarcan poblaciones de más de 40 personas (Page & Beshiri, 2003).

Ciertamente, las divisiones territoriales para fines estadísticos se sustentan a partir de parámetros demográficos que, en ocasiones, terminan siendo rígidos antes las diversidades geográficas, territoriales, biofísicas y ambientales que presenta el territorio nacional. Actualmente, el contexto económico en el medio rural ya no es exclusivo de la producción agropecuaria porque se presentan nuevas actividades económicas y servicios que han incursionado en el campo (Ávila, 2015). De esta manera, algunos enfoques teóricos buscan determinar, a partir de dimensiones espaciales, aglomeraciones productivas en espacios definidos (Ayala et al., 2020). Esto se sustenta por la evidencia que ha demostrado que la localización de sectores económicos no se da de forma aleatoria, sino que tiende a conformar aglomeraciones (Prat & Cánoves, 2014), donde estos clústeres se fundamentan en la espacialidad de las actividades económicas y su concentración geográfica (Larraide, 2010).

Desde el enfoque teórico, la geografía económica se sustenta en principios y procesos asociados a la localización y, por ende, a la distribución y patrones espaciales de los sectores económicos, en donde se derivan subcampos más específicos, entre ellos, la geografía rural (Pászto, 2020). En la denominada “nueva geografía económica”, se concibe al espacio como elemento influyente en el comportamiento económico a partir de la localización de variables y la presencia de economías de aglomeración, lo que permite determinar y comprender las dinámicas complejas de las zonas rurales (León, s. f.). Por consiguiente, las zonas rurales pueden experimentar economías de aglomeración, ya sea por los beneficios de atenuar los efectos de la distancia a mercados o porque esta se conforma gracias a una intensidad significativa del sector que influye en el desempeño económico local (Artz et al., 2016).

No obstante, es relevante distinguir las dimensiones asociadas al concepto de aglomeración, ya que desde el punto de vista económico hace referencia a las interrelaciones entre sectores y en el contexto geográfico se enfoca en la concentración espacial de determinados sectores (Feser & Isserman, 2005). Asimismo, los conglomerados que se conforman pueden categorizarse en función de su ubicación (locales) o por su alcance económico (negocios, comercialización o competitividad) (Bednarikova et al., 2021).

En consecuencia, se considera que los procesos económicos regionales tienen un contexto espacial, ya que su distribución y comportamiento están influenciados por el desempeño económico de zonas aledañas y configuran la existencia de autocorrelación espacial, de importancia significativa en las disciplinas asociadas al análisis espacial (O’Sullivan & Unwin, 2010), la cual se aborda a través de enfoques metodológicos y pruebas analíticas que permiten determinar aglomeraciones en el espacio geográfico (Rodríguez & Cabrera, 2017). Estas agrupaciones espaciales se basan principalmente en la proximidad geográfica de las áreas, así como en las distancias que las separan

entre sí o respecto a los centros urbanos (Wardhana et al., 2017), y su estudio o determinación contribuye a un mejor entendimiento de los patrones actuales de distribución y desarrollo económico regional (Aguilar & Vlosky, 2006).

Por esta razón, se hace necesario emplear procesos analíticos espaciales como soporte fundamental para la identificación de áreas de interés, donde las variables geográficas, demográficas y socioeconómicas juegan un papel clave para la delimitación y caracterización de agrupaciones (Nieto et al., 2017). De esta manera, el propósito de este artículo es presentar los procesos analíticos espaciales que condujeron a determinar las áreas de concentración económica rural (ACER), como agrupaciones espaciales de establecimientos económicos que se presentan en la zona rural de las divisiones territoriales del país, las cuales se caracterizan por procesos de espacialización de sectores económicos específicos o de diversificación por la presencia de establecimientos pertenecientes a diferentes renglones económicos.

En este sentido, se define formalmente el ACER como un área delimitada en el espacio rural disperso, que contiene establecimientos de uno o diferentes sectores económicos, los cuales están aglomerados o concentrados espacialmente, con un número mínimo de tres establecimientos. La concentración espacial se determina a partir de la utilización de técnicas analíticas espaciales y teniendo en cuenta condiciones inherentes a las fuentes disponibles. Su definición tiene como fin conformar el marco estadístico referencial del próximo censo económico por realizarse en Co-

lombia, con el fin de capturar la información relacionada con el universo de unidades económicas en las zonas rurales del país.

2. Metodología

Desde el punto de vista investigativo, este trabajo tiene dos alcances: exploratorio, ya que el planteamiento de las ACER es una perspectiva novedosa para el levantamiento de información del censo económico, y descriptivo, debido a que la determinación de estas áreas requiere especificar propiedades y características de análisis para su definición (Hernández et al., 2010). Así mismo, desde la investigación geográfica, se hace uso de técnicas espaciales con el fin de analizar y producir información enmarcada en la dimensión espacial (Bozzano et al., 2016), la cual está definida de forma implícita y explícita en las ACER.

2.1. Área de estudio

Colombia es un país ubicado en el extremo noroccidental de América del Sur, cuya superficie continental es de 1.141.748 km² (Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2021). De acuerdo con su división político-administrativa, está dividido, en primera instancia, por 32 departamentos y, a su vez, por 1.102 municipios, 18 áreas no municipalizadas (ANM) y la isla de San Andrés, los cuales conforman un segundo nivel territorial (DANE, 2021a). En la Figura 1 se presenta la ubicación de contexto del país, así como la distribución de las divisiones mencionadas.

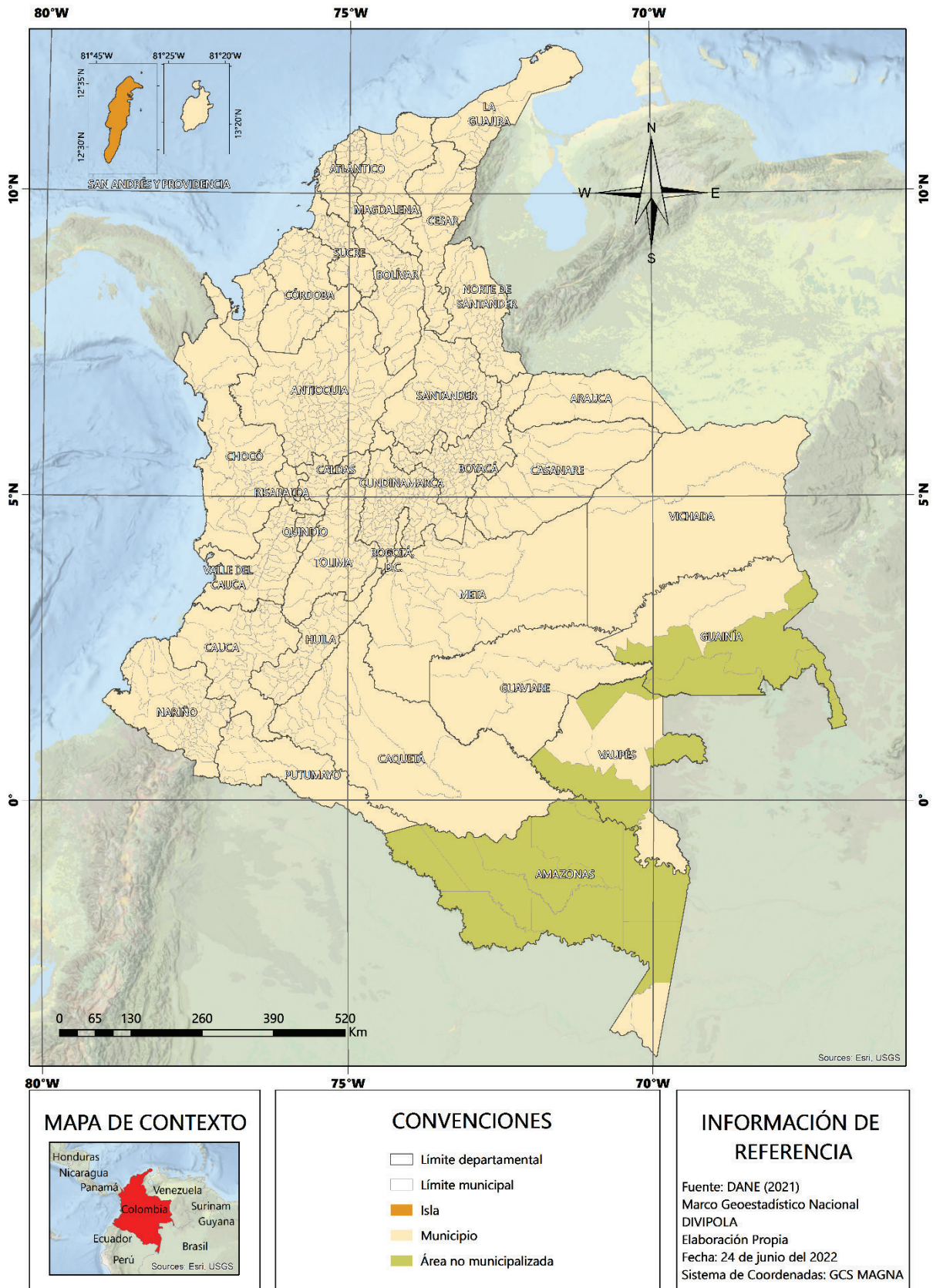


FIGURA 1. Ubicación de Colombia y distribución de las divisiones político-administrativas
 FUENTE: elaboración propia a partir del Marco Geoestadístico Nacional (MGN) y la División Político-Administrativa (Divipola) del DANE.

2.2. Fuentes de datos

Se tienen dos categorías para las fuentes de información:

Oficiales, que incluyen las entidades públicas o privadas de carácter nacional, regional o local, cu-

yos datos están abiertos al público o deben solicitarse mediante convenios interinstitucionales y que además tienen la característica de estar georreferenciados. En la Tabla 1 se presenta el listado de fuentes oficiales.

TABLA 1. Fuentes oficiales de información para la metodología de las ACER			
Dato	Descripción	Vigencia	Fuente
Establecimientos económicos	Las encuestas georreferenciadas del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018 permiten diferenciar usos mixtos y usos no residenciales para determinar la ubicación de establecimientos económicos.	2018	DANE, Censo Nacional de Población y Vivienda 2018.
Establecimientos económicos	El Directorio Económico de Empresas (DEST) es el compendio de varias fuentes oficiales y alternativas en el que figuran las empresas legalmente constituidas en el país.	2020	DANE, Directorio Económico de Empresas.
Establecimientos económicos	Las construcciones tienen una codificación que permite identificar varias de ellas como de interés o importancia económica y complementan la información de las fuentes DANE.	2019	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), cartografía base 1:100.000.
Establecimientos económicos	La publicación Mapas de ruta da información sobre los sitios de interés en 17 rutas terrestres que comunican las principales ciudades de Colombia.	2018	IGAC, Mapas de ruta.
Plantas de beneficio animal y vegetal	Fuente de información sobre actividades económicas del área rural.	2019	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima).
Alojamientos y hoteles	Fuente de información sobre actividades económicas en el sector hotelero.	2019	Registro Nacional de Turismo del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
Peajes viales	Los peajes viales son instalaciones generadoras de actividad económica en sus proximidades.	2020	Instituto Nacional de Vías (Invías).
Instituciones prestadoras de salud (IPS)	Base de datos de las IPS con datos de cada institución, el cual es un sector de interés para el censo económico.	2019	Ministerio de Salud.
Establecimientos educativos	Base de datos que lista los establecimientos educativos, como sector de interés para el censo económico.	2019	Ministerio de Educación.

FUENTE: elaboración propia.

Alternativas, que ofrecen datos complementarios a los oficiales provenientes de páginas determinadas en Internet, fuentes colaborativas y otras

cuyo acceso se realizó a través de algoritmos de *web scraping*. En la Tabla 2 se resumen estas fuentes alternativas.

TABLA 2. Fuentes alternativas de información para la metodología de las ACER

Dato	Descripción	Vigencia	Fuente
Establecimientos económicos	La base de datos de eInforma contiene 258.361 registros, con atributos importantes como el NIT, lo que permite vincularlo con el DEST.	2019	eInforma www.einforma.co
Establecimientos económicos	Open Street Map es un proyecto de cartografía colaborativa generada mediante GPS y edición en línea. Permite encontrar algunos establecimientos económicos no registrados en fuentes oficiales.	2020	Open Street Map www.openstreetmap.org
Establecimientos económicos	Páginas Amarillas es una conocida base de datos que aporta aproximadamente 170.000 registros en Colombia.	2019	Páginas Amarillas www.paginasamarillas.com.co
Alojamientos y hoteles	Booking.com es una plataforma que ofrece información de establecimientos hoteleros a nivel nacional e internacional. En Colombia se encuentran 14.000 registros, extraíbles mediante técnicas de web scraping.	2020	Booking.com www.booking.com

FUENTE: elaboración propia.

Las fuentes de datos anteriores se seleccionaron teniendo en cuenta los siguientes criterios: 1) pertinencia, a partir de su localización en el área rural; 2) disponibilidad para su consulta y utilización en todo momento; 3) vigencia menor a cinco años; 4) coherencia respecto al grado en que están relacionadas con los conceptos utilizados y el alcance definido en el censo económico.

2.3. Descripción de procesos

2.3.1. Identificación de ACER

El proceso inicia con la revisión de registros y se extraen aquellos que están localizados en el área rural de los municipios, acorde a la definición del Marco Geoestadístico Nacional (MGN) del DANE. A continuación, se calculó la métrica de distancia euclidiana entre los establecimientos como medida directa que se da entre dos puntos en el espacio (Kang, 2008) no solo para efectos de procesos posteriores, sino como indicador de caracterización municipal. La importancia de emplear la distancia se sustenta en su importancia geográfica como concepto cuantificable de proximidad (López, 2015), así como su concepto multidimensional, el cual incluye el contexto económico (Buzai & Montes, 2021).

En las áreas rurales, las distancias entre establecimientos más cercanos pueden incluir datos atípicos o extraordinarios debido a la localización de puntos dispersos entre sí por las características propias de estas zonas. De esta manera, se empleó como medida descriptiva la mediana (Me) de las distancias al establecimiento más cercano para cada municipio, ya que es una estadística de tendencia central robusta que reduce el sesgo que implican los posibles valores atípicos. Posteriormente, se procedió a la generación de los polígonos de referencia de las ACER y se generó inicialmente una grilla formada por celdas en forma de hexágono regular cuya altura es igual a la Me; por lo tanto, las dimensiones de la celda de la grilla son únicas para cada municipio, por cuanto la mediana varía de acuerdo con la distribución espacial de sus establecimientos económicos. A partir de lo anterior se realiza un conteo de establecimientos económicos por cada hexágono de la grilla.

La Figura 2 presenta como ejemplo la grilla hexagonal y los establecimientos económicos en la zona rural del municipio de Ubaté, ubicado a 95 kilómetros al nororiente de Bogotá D.C., capital del país, en donde la altura de cada hexágono regular es de 208 metros, correspondiente al valor de la mediana de las distancias de los establecimientos a su vecino más cercano.

Sobre la grilla resultante se calcula el índice local de asociación espacial (LISA, por su sigla en inglés) de Moran, que es el índice principal para medir la autocorrelación espacial (Buzai & Montes, 2021), es decir, la similitud entre valores de una variable a partir de la cercanía entre sus ubicaciones, con el fin de identificar zonas donde se presentan aglomeraciones o dispersiones espaciales de hexágonos con su conteo de estable-

cimientos (Siabato & Guzmán, 2019). Por lo tanto, se seleccionaron aquellos hexágonos que conformaban aglomeraciones alto-alto (celdas con conteos altos de establecimientos rodeadas de otras celdas con conteos altos de establecimientos) y las celdas identificadas como atípico espacial alto-bajo (hexágonos con valores altos de conteo rodeadas de celdas con valores bajos).

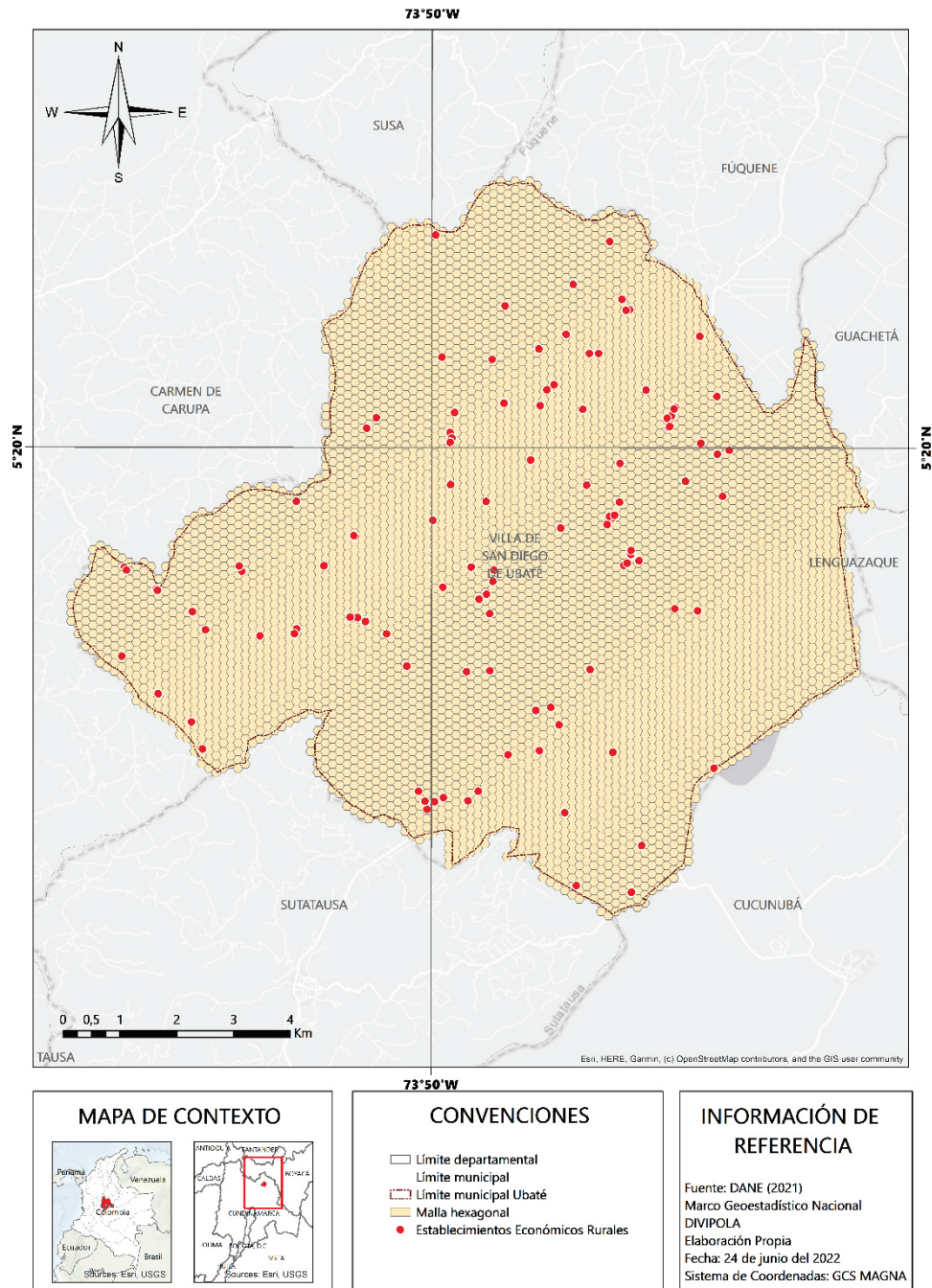


FIGURA 2. Malla hexagonal para el municipio de Ubaté y establecimientos económicos
 FUENTE: elaboración propia.

Seguidamente, se definieron *buffers*, como una función de proximidad (Redecker et al., 2020) para la generación de áreas de influencia alrededor de los establecimientos económicos con un radio igual a la Me. Cabe indicar que un establecimiento económico posee un área de influencia circular y que esta se extiende hasta a una distancia igual o menor a la mediana. Entre más cercanos se encuentren un grupo

de establecimientos, sus áreas de influencia tienden a solaparse y a fusionarse en una sola área que funciona como zona de influencia de todos los establecimientos. Así, una concentración de establecimientos generará un área de influencia común a todos ellos. La Figura 3 muestra las áreas de influencia de los establecimientos económicos del municipio de Ubaté con un radio igual a 208 metros.

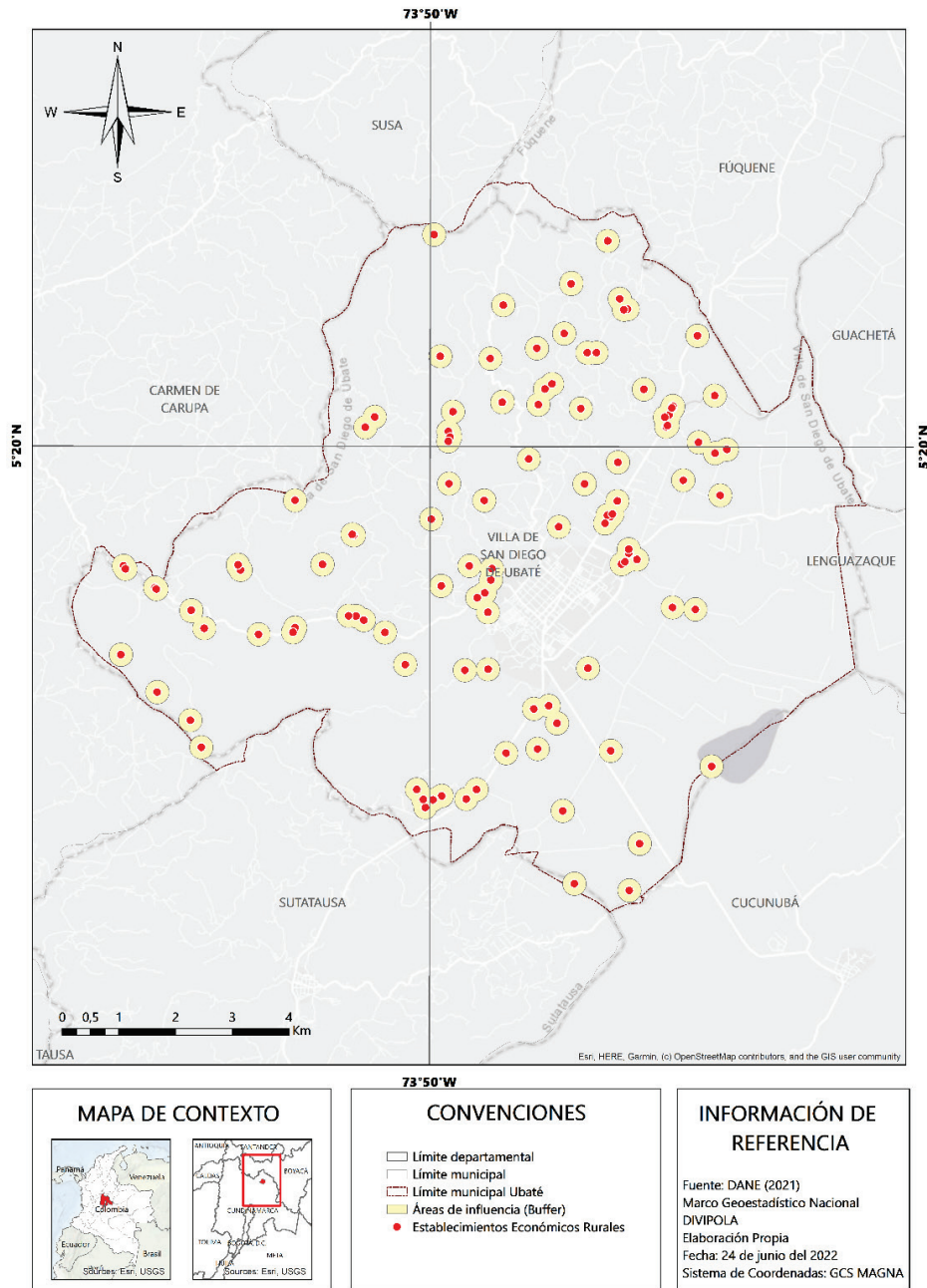


FIGURA 3. Áreas de influencia de los establecimientos económicos en la zona rural del municipio de Ubaté

FUENTE: elaboración propia.

En aras de asegurar la existencia de agrupaciones de actividades económicas en el área rural, se buscó garantizar la simultaneidad espacial (ocurrencia en la misma ubicación) de los resultados LISA y *buffer*. De este modo, los polígonos de referencia de las ACER son el resultado de la superposición de las aglomeraciones espaciales del LISA con las áreas de influencia, en donde se cumpla

la condición de contar con un número mínimo de tres establecimientos económicos, concordante con la definición conceptual de las ACER. La Figura 4 ilustra un ejemplo de este resultado, en el que las intersecciones identificadas como 1 y 2 se descartan (tienen un solo establecimiento cada una), mientras que las intersecciones 3 y 4 se mantienen (presentan más de tres establecimientos).

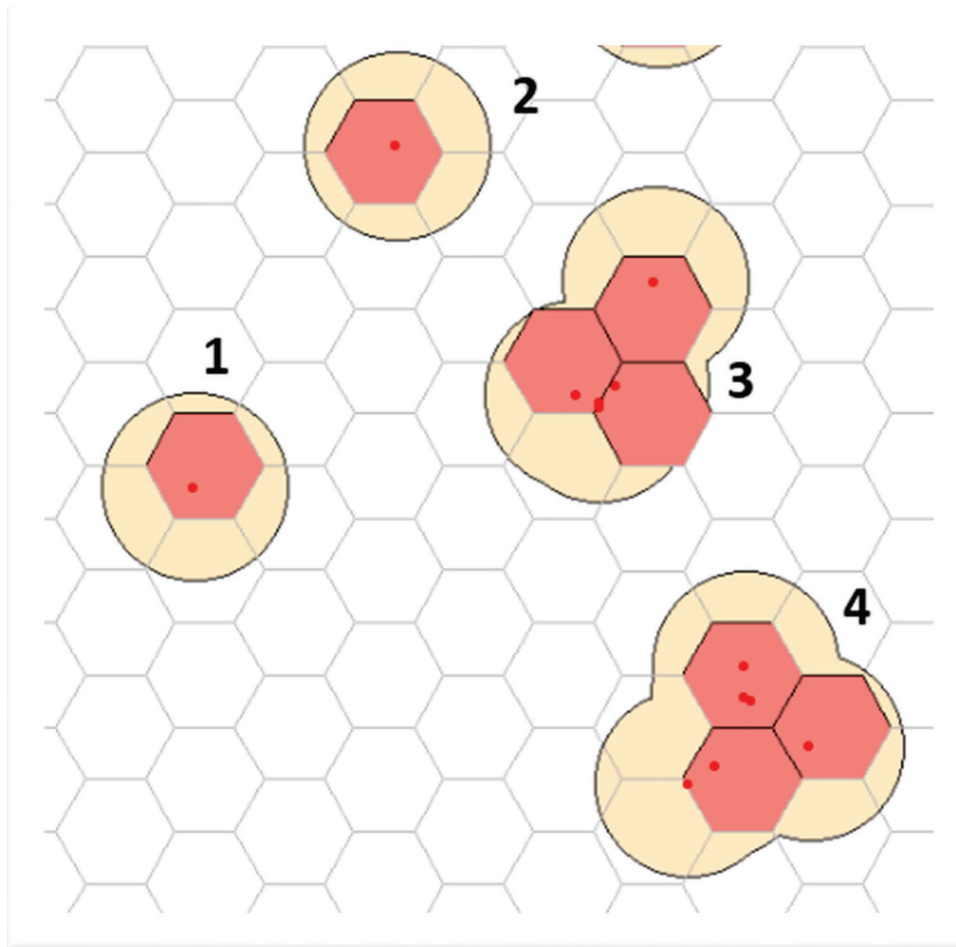


FIGURA 4. Intersección de polígonos *buffer* con agrupaciones LISA para determinar áreas de referencia de las ACER

FUENTE: elaboración propia.

2.3.2. Validación de ACER mediante variables exógenas

La delimitación de los polígonos de referencia de las ACER se basa únicamente en criterios geoespaciales, sin tener en cuenta las variables socioeconómicas de los

establecimientos como ingresos o número de trabajadores, al carecer de esta información en las fuentes empleadas. Por lo anterior, no es posible determinar *per se* si los polígonos de referencia de las ACER calculados son representativos de la actividad económica en el rural disperso de su municipio respectivo. Para rea-

lizar la priorización de las ACER, se construyó un área óptima de actividad económica en el rural disperso de cada municipio empleando variables relacionadas con el territorio y con la dinámica económica.

A las variables empleadas para construir el área óptima se les conoce como exógenas, ya que son externas a la ubicación de los establecimientos económicos. La obtención del área óptima usando estas variables se realizó mediante el análisis jerárquico o multicriterio, método que considera diferentes criterios para la toma de decisiones con enfoque geográfico en análisis de localizaciones (Redecker et al., 2020). Este análisis se soporta en un modelo racional desarrollado en fases donde son relevantes tanto los criterios definidos así como los pesos para su evaluación y que se emplea en situaciones de diferente índole, como la económica (López, 2015). En otras palabras, se busca justificar una decisión subjetiva, donde los juicios sobre las alternativas se transforman en análisis cuantitativos empleando escalas de importancia relativa, lo que permite dar soluciones coherentes y sustentadas.

Para conocer cuáles ACER representan la actividad económica en un municipio determinado, se estableció una solución dada por el cálculo de un área potencial de actividad económica en la zona rural de cada municipio a partir de la suma ponderada de las siguientes variables exógenas: 1) proximidad a las vías terrestres; 2) intensidad de luces nocturnas; 3) pendiente del terreno; 4) densidad de población; y 5) proximidad a cuerpos de agua. La selección de estas variables particulares se justificó por la disponibilidad de información para todo el territorio colombiano y su relación directa con la actividad económica en las zonas rurales de los municipios del país, así como por la independencia de las variables entre sí para su correspondiente valoración (Olaya, 2014). Sobre estas variables se realizaron operaciones matemáticas del álgebra de mapas (Redecker et al., 2020) para obtener el área óptima o

potencial de actividad económica en el rural disperso. Posteriormente, se aplicó el criterio experto, en donde un grupo de 19 expertos temáticos establecieron, por medio de una matriz de comparación, la importancia relativa entre dos pares de variables en una escala de 1 a 9, cuyo resultado se procesó para obtener un vector de pesos que indicó la ponderación de cada variable.

A manera de ejemplo, la Figura 5 muestra las cinco variables exógenas para el municipio de Ubaté, en donde la superficie 1 representa la distancia a las vías terrestres, la superficie 2 muestra la distancia a los cuerpos de agua, la superficie 3 representa la pendiente del terreno, la superficie 4 muestra la intensidad de luces nocturnas y la superficie 5 representa la densidad de población. Adicionalmente, la Figura 6 ilustra el resultado de la ponderación y las áreas óptimas encontradas en el mismo municipio.

2.3.3. Estructuración cartográfica y codificación de las ACER

Los polígonos de referencia de las ACER para cada municipio pasaron por un proceso de validación y estructuración cartográfica respecto a las unidades definidas en el Marco Geoestadístico Nacional. El proceso de codificación se fundamentó en la integración de este nivel dentro del marco censal. Dicha codificación se adoptó asignando una identificación alfanumérica de 20 posiciones: 18 posiciones correspondientes a los niveles geográficos propios del MGN (en la zona rural hasta el nivel sección) más dos posiciones correspondientes a la codificación asignada para las ACER dentro de cada municipio.

La Figura 7 presenta las ACER estructuradas para el municipio de Ubaté (áreas con límites de color rojo), mientras que la Tabla 3 presenta las áreas con su codificación, número de establecimientos y área definida en hectáreas.

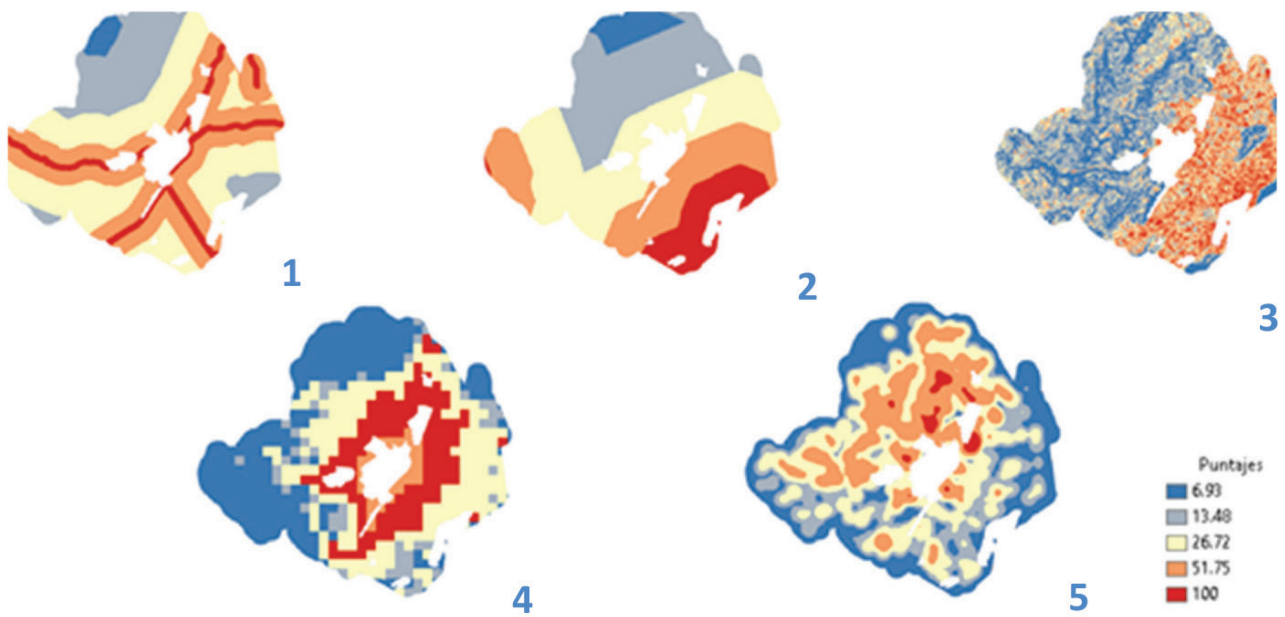


FIGURA 5. Variables exógenas para el municipio de Ubaté
 FUENTE: elaboración propia.

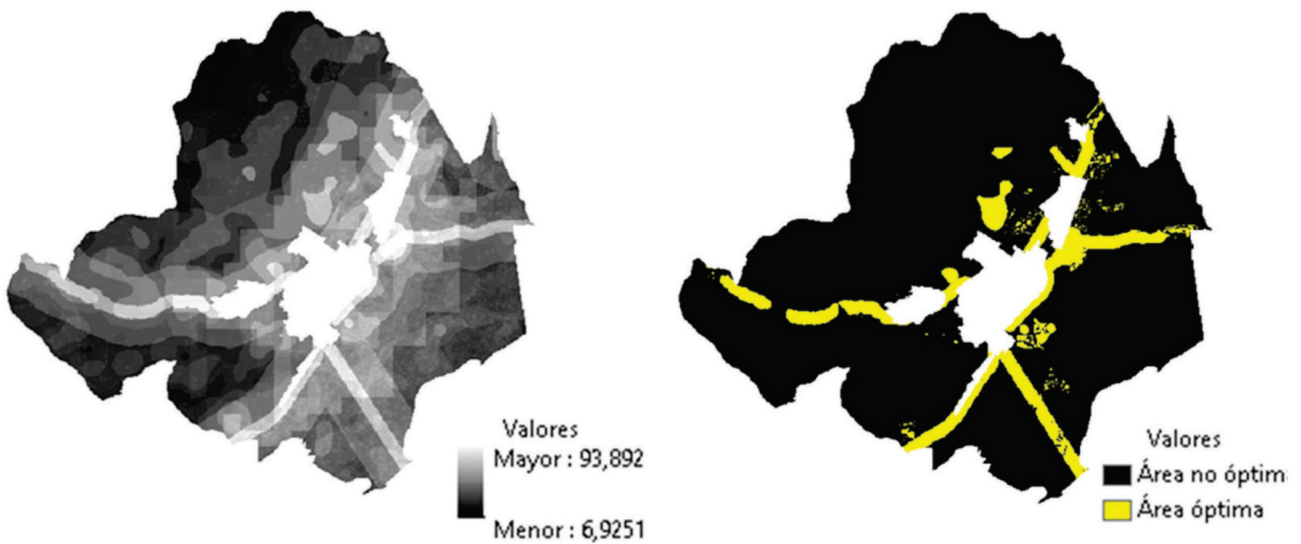


FIGURA 6. Cálculo de variables exógenas para el municipio de Ubaté: resultado de la ponderación (izquierda) y ubicación de áreas óptimas (derecha)
 FUENTE: elaboración propia.

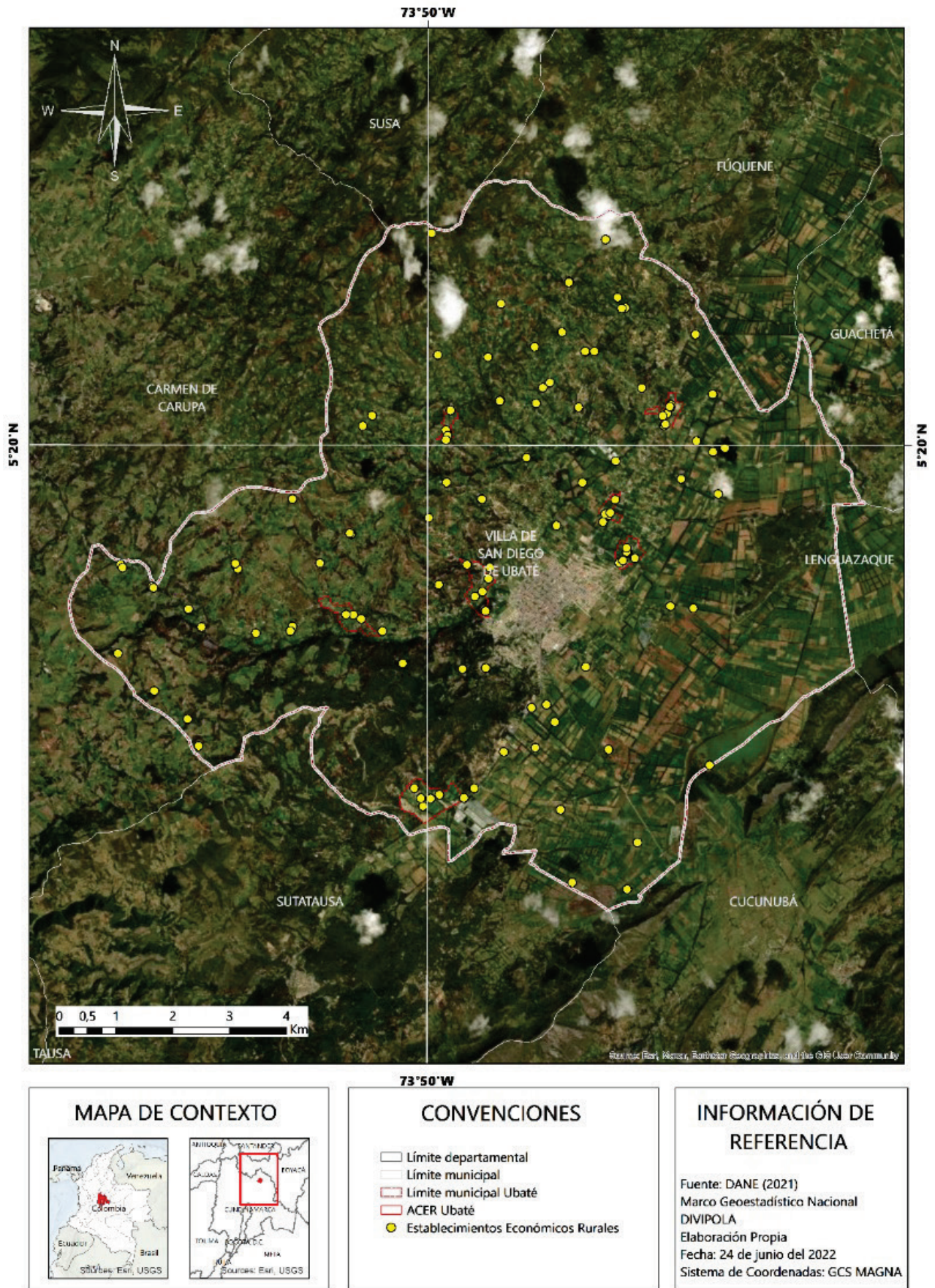


FIGURA 7. Ubicación de las ACER estructuradas para el municipio de Ubaté

FUENTE: elaboración propia.

TABLA 3. Codificación y atributos generales las ACER definidas para el municipio de Ubaté

Código ACER	Número de establecimientos	Área (ha)
2500258433999999999948955501	3	23,83
2500258433999999999948955502	5	25,57
2500258433999999999948955603	5	9,27
2500258433999999999948955704	5	18,52
2500258433999999999948955705	5	14,63
2500258433999999999948955706	7	15,67
2500258433999999999948955807	5	49,78

FUENTE: elaboración propia.

3. Resultados

3.1. Distribución de las ACER a nivel nacional

El total de ACER definidas a nivel nacional fue de 5.537 distribuidas en 904 municipios, un área no municipalizada y la isla de San Andrés. Es decir, hay presencia de estas áreas en cerca del 80,1% de las divisiones de segundo nivel territorial que conforman el país. En 198 municipios y 17 áreas no municipalizadas no se

conformaron ACER, ya sea por no contar con información suficiente o por la no existencia de agrupaciones de establecimientos económicos en sus zonas rurales.

3.1.1. Número de establecimientos en las ACER

Con fines descriptivos, se calcularon las medidas de tendencia central, posición y dispersión sobre el número de establecimientos asociados a la totalidad de las ACER, las cuales se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4. Medidas de tendencia central, posición y dispersión del número de establecimientos en las ACER a nivel nacional

Media	6,499
Mediana	5
Máximo	500
Mínimo	3
Desviación estándar	10,301
Coefficiente de variación	1,585

FUENTE: elaboración propia.

Se presenta una asimetría positiva (media mayor a la mediana), cuyos valores están concentrados en el rango de tres a cinco unidades. La distribución presenta valores atípicos extremos de 292 y 500 establecimientos, ambos en el municipio de Cota, departa-

tamento de Cundinamarca y contiguo a la ciudad de Bogotá, el cual se caracteriza por tener altas concentraciones de unidades industriales. En la Figura 8 se presenta el histograma del número de establecimientos por ACER, en el cual se refleja el sesgo positivo pronunciado.

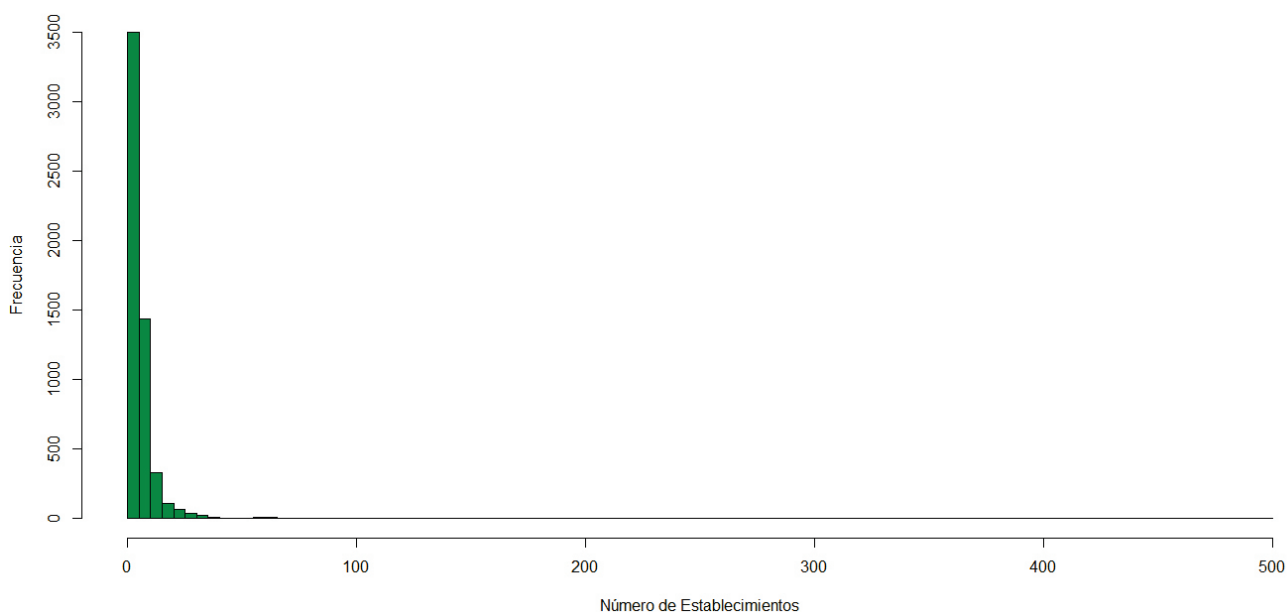


FIGURA 8. Histograma del número de establecimientos en las ACER a nivel nacional

FUENTE: elaboración propia.

3.1.2. Distribución del área de las ACER

El área estructurada para las ACER, medida en hectáreas, presenta como estadísticos descriptivos las medidas de tendencia, posición y dispersión mostradas en la Tabla 5.

TABLA 5. Medidas de tendencia central, posición y dispersión del área de las ACER en hectáreas a nivel nacional

Media	32,478
Mediana	15,670
Máximo	1.069,1
Mínimo	0,138
Desviación estándar	53,480
Coefficiente de variación	1,647

FUENTE: elaboración propia.

El valor máximo de área de las ACER se localiza en el municipio de Puerto Carreño, al oriente del país, con una ACER de 1.069,1 hectáreas, mientras que el mínimo se encuentra en la isla de San Andrés.

Por otra parte, la variabilidad del área a partir de su coeficiente de variación es grande debido a la presencia de valores atípicos. De esta manera, se toma la mediana como tendencia central de la superficie, con valor de 15,6 ha, al ser más robusta ante la presencia de atípicos.

De acuerdo con el histograma de la Figura 9, la mayor frecuencia se presenta para las ACER con superficies entre 5 y 10 hectáreas. La distribución es asimétrica positiva, hecho que es consistente con los valores de la media y de la mediana.

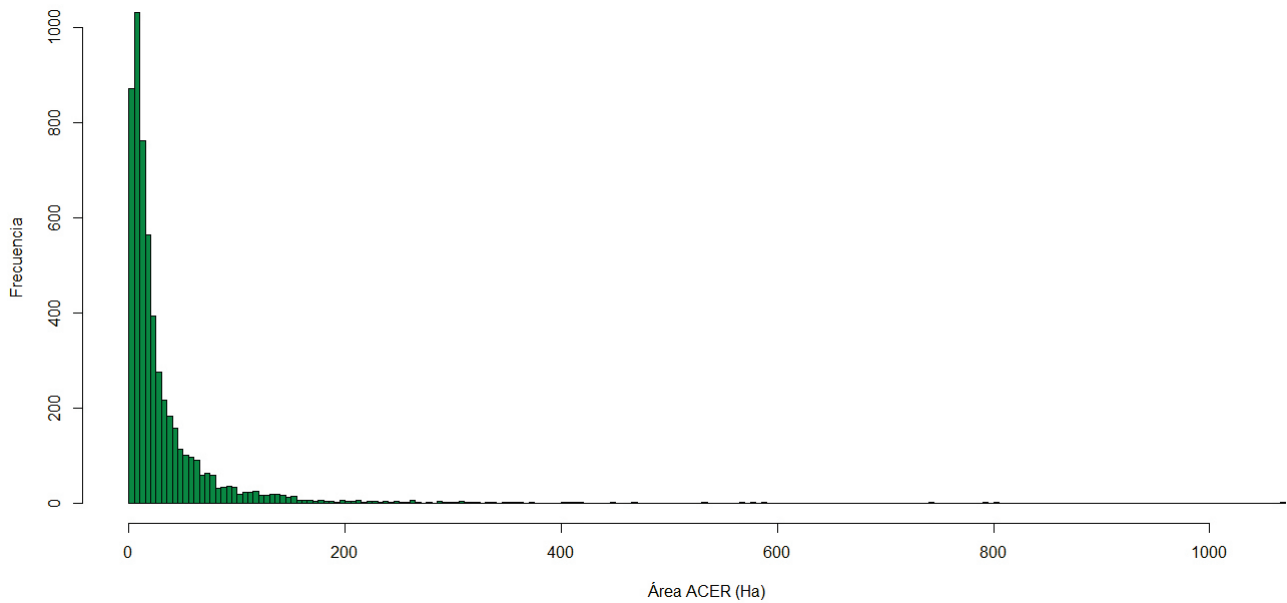


FIGURA 9. Histograma del área de las ACER a nivel nacional

FUENTE: elaboración propia.

3.2. Distribución de las ACER en las divisiones de segundo nivel territorial

3.2.1. Número de ACER en los municipios

En primer lugar, se presentan las medidas estadísticas de tendencia central, posición y dispersión correspondientes al número de ACER por las divisiones de segundo nivel territorial, las cuales se muestran en la Tabla 6.

De forma similar a la interpretación dada en resultados anteriores, el valor de la mediana, igual a cuatro ACER, es la tendencia central de estas áreas en las divisiones mencionadas.

TABLA 6. Medidas de tendencia central, posición y dispersión del número de ACER en las divisiones de segundo nivel territorial

Media	6,107
Mediana	4
Máximo	77
Mínimo	1
Desviación estándar	6,682
Coefficiente de variación	1,094

FUENTE: elaboración propia.

El histograma de la distribución de valores de número de ACER por divisiones del segundo nivel territorial se muestra en la Figura 10, donde es evidente la distribución asimétrica positiva concentrada en el rango [1,5]. Al mismo tiempo, se tiene una alta dispersión de la variable debido a los altos valores extremos.

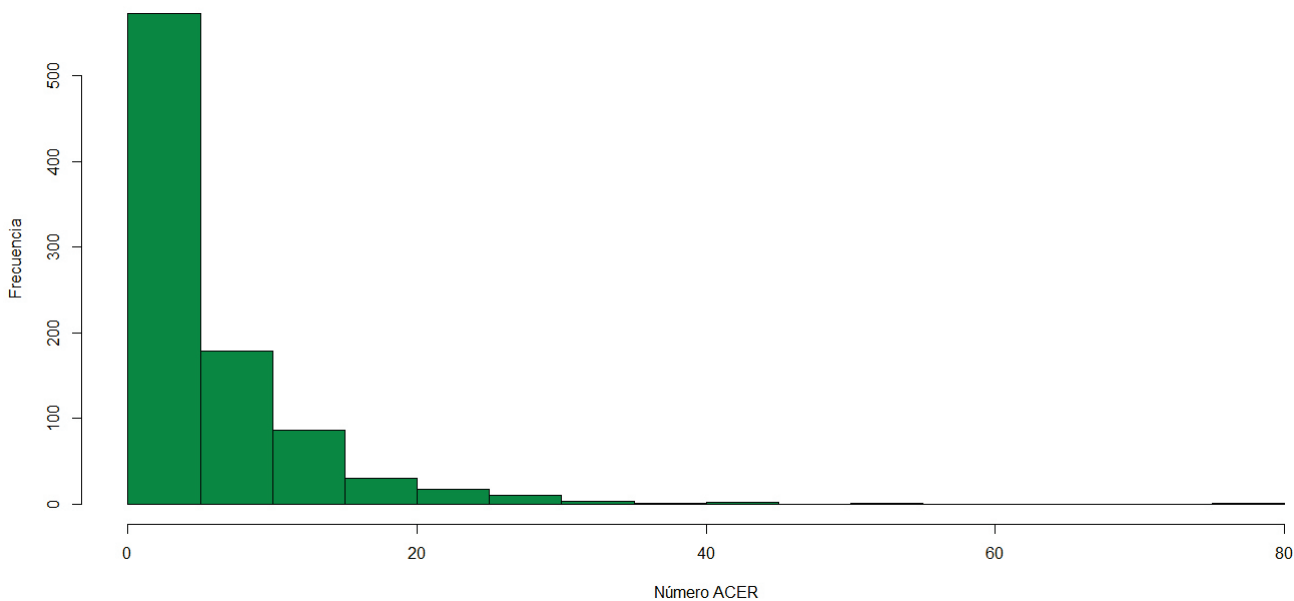


FIGURA 10. Histograma del número de ACER por divisiones del segundo nivel territorial
FUENTE: elaboración propia.

La Tabla 7 lista los 10 municipios con más ACER y su respectiva participación porcentual respecto al total nacional, donde se destaca la presencia de los

municipios de Guarne (Antioquia), Cocorná (Antioquia) y Tierralta (Córdoba), los cuales no tienen la categoría de capitales de departamento.

TABLA 7. Diez primeros municipios de Colombia organizados por número de ACER		
Nombre	Número ACER	Porcentaje
Villavicencio	77	1,391%
Pasto	53	0,957%
Guarne	44	0,795%
Montería	42	0,759%
Santa Marta	38	0,686%
Cocorná	34	0,614%
Pereira	34	0,614%
Tierralta	32	0,578%
Cartagena	31	0,560%
Medellín	29	0,524%

FUENTE: elaboración propia.

La Figura 11 muestra la distribución geográfica del número de ACER en las divisiones de segundo nivel territorial, en donde se destaca la presencia de valores altos en municipios correspondientes a capitales de departamento y sus divisiones contiguas. El número

de ACER va disminuyendo conforme la división tiene una mayor extensión territorial y su vez se encuentran en regiones periféricas del país, como la costa Pacífica al occidente y las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas (oriente y sur del país respectivamente).

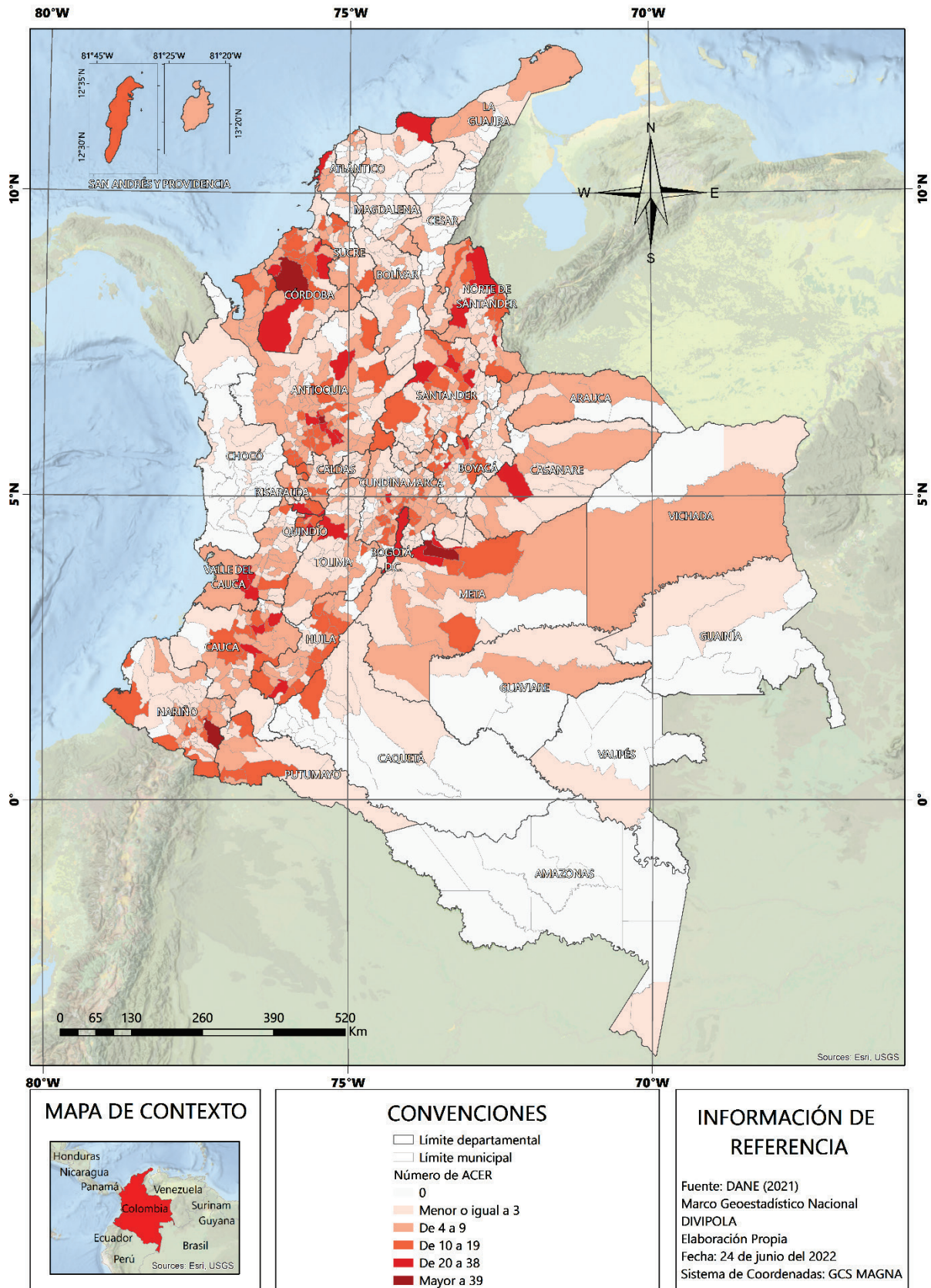


FIGURA 11. Número de ACER en las divisiones de segundo nivel territorial del país

FUENTE: elaboración propia.

3.2.2. Número de establecimientos por ACER en las divisiones de segundo nivel territorial

La Tabla 8 presenta las medidas de tendencia central, posición y dispersión de la variable. Se tiene una distribución asimétrica positiva, con el valor de la media

mayor al de la mediana, y una variabilidad menor en comparación a las variables anteriores.

El histograma de la variable se muestra en la Figura 12, donde se observa que se presenta una alta concentración de valores en el rango [0;10] que es consistente con los valores de media y mediana.

TABLA 8. Medidas de tendencia central, posición y dispersión del número de establecimientos por ACER en las divisiones de segundo nivel territorial	
Media	5,798
Mediana	5
Máximo	64,75
Mínimo	3
Desviación estándar	3,906
Coefficiente de variación	0,674

FUENTE: elaboración propia.

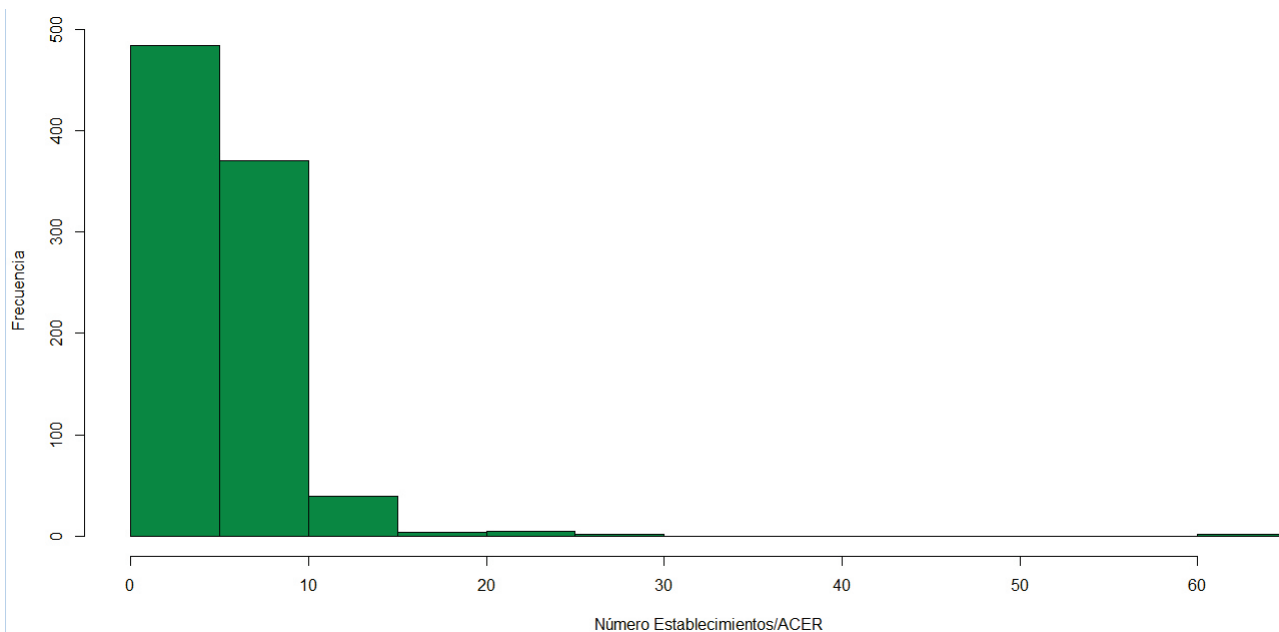


FIGURA 12. Histograma del número de establecimientos por ACER en las divisiones del segundo nivel territorial

FUENTE: elaboración propia.

TABLA 9. Municipios de Colombia organizados por número de establecimientos por ACER

Nombre	Establecimientos/ACER
Dibulla	64,75
Cota	63,15
Candelaria	27,50
Chía	27,20
Palestina	24,33
Los Santos	23,21
La Vega	21,78
Puebloviejo	21,00
Barranco de Loba	20,60
Santa Catalina	20,00

FUENTE: elaboración propia.

4. Discusión de resultados

Las ACER se construyeron a partir de fuentes secundarias de información, las cuales pueden presentar ya sea errores de georreferenciación o bien ausencia total o parcial de registros en algunos municipios. Por esta razón no fue posible la identificación y delimitación de ACER para 198 municipios y 17 áreas no municipalizadas, es decir, el 19,1% del total divisiones correspondientes al segundo nivel territorial del país.

De los 198 municipios, 56 no tienen ningún punto asociado a establecimientos económicos rurales. En los 142 restantes se encuentran establecimientos, aunque la verificación de las ACER mediante imágenes de satélite no permitió su estructuración. Esto se debió principalmente a errores de georreferenciación y, en segunda instancia, a que un grupo de puntos que inicialmente podrían formar una ACER no correspondían a infraestructuras económicas al hacer la verificación con las imágenes. Asimismo, de las 17 ANM, 16 no tenían registros de establecimientos económicos en el área rural. La única excepción es el ANM de Tarapacá, en donde se identificaron 37 establecimientos, los cuales no conforman una o varias ACER por las mismas razones mencionadas anteriormente.

La distribución geográfica de las ACER a nivel nacional indica una alta concentración de estas en la región definida por los tres ramales de la cordillera de

los Andes: Occidental, Central y Oriental, así como el llamado piedemonte de la cordillera Oriental. Es en esta región donde se concentra gran parte de la producción industrial y manufacturera del país, así como establecimientos de comercio, servicios, construcción y transporte. En la costa del mar Caribe también se presentan importantes concentraciones de ACER, en especial en el valle del río Sinú y en los municipios que son capitales departamentales. Se aprecia la falta de ACER en la costa Pacífica y en los municipios pertenecientes a las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, en donde precisamente se localizan la mayoría de los 198 municipios y 17 ANM donde no se encontraron ACER. No obstante, también hay municipios sin ACER distribuidos por todo el resto del país, en especial en el curso inferior del río Magdalena (municipios pertenecientes a los departamentos de Bolívar, Atlántico y Magdalena). En tal sentido, la concentración de las ACER es altamente representativa de la dinámica económica de Colombia, la cual se asienta sustancialmente sobre la región Andina y la costa Caribe.

El análisis de los datos de las 5.537 ACER con respecto al número de establecimientos y su área presenta una tendencia general: una ACER representativa del país tendría aproximadamente cinco establecimientos económicos, con un área de entre 5 y 10 hectáreas. Ahora bien, la variabilidad del número de establecimientos y del área es significativa en ambos casos y

está condicionada por la propia irregularidad de las superficies municipales.

En general, las distribuciones espaciales reflejadas en los mapas temáticos reafirman tendencias de la concentración de las ACER en determinados municipios que actúan como capitales departamentales, así como en aquellos con quienes colindan. Esto es consistente con la distribución de las ACER individuales, más concentradas en las proximidades a grandes áreas urbanas.

Por otro lado, el alto número de establecimientos por ACER en municipios que aparecen en el ranking de la Tabla 9, como Los Santos, Santander (14 ACER), Palestina, Huila (3 ACER), o Pueblviejo, Magdalena (1 ACER), indica una aglomeración de los establecimientos económicos en pocas ACER, es decir, una concentración de la actividad económica rural en espacios pequeños.

5. Conclusiones

La determinación de las áreas de concentración económica y rural (ACER), como parte de la construcción del marco estadístico del próximo censo económico, se ha podido lograr gracias al alcance exploratorio de la metodología, soportada por conceptos asociados a las geografías económica y rural, en donde la aglomeración de la actividad económica en las zonas rurales, a partir de su localización y proximidad, juega un rol clave para la aplicación de técnicas analíticas espaciales que permitan lograr un marco de referencia para la captura y levantamiento de información del universo de unidades económicas del país.

La metodología planteada en este artículo permitió la identificación y delimitación de las ACER, las cuales se pueden considerar representativas de la actividad económica en las zonas rurales de Colombia, ya que tienen en cuenta las particularidades propias de cada división del segundo nivel territorial (municipios, áreas no municipalizadas e isla). Lo anterior se materializa técnicamente al incluir en el proceso,

como medida de proximidad, la mediana de la distancia de los establecimientos a su vecino más cercano, elección que también otorga robustez a los cálculos posteriores.

Cabe destacar que los procesos empleados desde el análisis espacial no se habían implementado previamente ni se tienen referencias externas de este tipo para la construcción de marcos estadísticos de área o para la delimitación de las zonas económicamente significativas requeridas como fuente de información en las operaciones estadísticas. En este sentido, la determinación de ACER es una propuesta novedosa y soportada en técnicas robustas, sumado a la implementación de fases en el proceso para su validación y verificación.

Las áreas obtenidas mediante los algoritmos de área de influencia (*buffer*) e índices locales de asociación espacial (LISA) se validaron mediante la intersección con áreas potenciales de actividad económica generadas a partir de análisis multicriterio, con su posterior delimitación, en el proceso de estructuración, acorde a las divisiones propias del Marco Geoestadístico Nacional y su respectiva codificación. Lo anterior permite establecer un marco censal rural consistente tanto con las fuentes secundarias de información como con el marco maestro de las operaciones estadísticas.

Ahora bien, debe indicarse que las ACER pueden abarcar u omitir los establecimientos rurales de inclusión forzosa en el censo económico, tales como las estaciones de servicio, las zonas francas o los parques industriales. De todas maneras, el trabajo desarrollado para la conformación de las ACER es la base para próximas investigaciones que mejoren la delimitación existente y puedan emplearse en todas las fases del proceso de otras operaciones estadísticas, haciendo énfasis en aquellas regiones o divisiones territoriales donde en su área rural se tiene una participación mayoritaria del total de establecimientos económicos, es decir, donde la actividad económica rural es de mayor importancia o más representativa que la del área urbana.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de profesionales del Grupo de Investigación y Desarrollo de la Dirección de Geoestadística del DANE en procesos específicos para el desarrollo de esta metodología, entre ellos, a Elvira Machado por el seguimiento y gestión con otras áreas técnicas de la entidad, así como a Juan Camilo Aros por la elaboración de los mapas temáticos presentados en este artículo.

Conflicto de interés. Los autores no tienen conflictos de interés en la escritura o publicación de este artículo.

Financiación. Los autores no recibieron financiación para la escritura o publicación de este artículo.

Implicaciones éticas. No hay implicaciones éticas pues la información es pública y de libre acceso.

Contribución. *Gustavo Adolfo García Vélez:* conceptualización, curaduría de datos, análisis formal, adquisición de recursos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, *software*, supervisión, validación, visualización, escritura (borrador original), escritura (revisión del borrador y revisión/corrección). *Carlos Alberto Durán Gil:* conceptualización, curaduría de datos, análisis formal, adquisición de recursos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, *software*, supervisión, validación, visualización, escritura (borrador original), escritura (revisión del borrador y revisión/corrección).

Referencias

- Aguilar, F. & Vlosky, R. (2006). Spatial analysis of forests products manufactured clusters in Louisiana. *Wood and Fiber Science*, 1(38), 121-131.
- Artz, G., Younjun, K., & Orazem, P. (2016). Does agglomeration matter everywhere?: new firm location decisions in rural and urban markets. *Journal of Regional Science*, 56(1), 72-95. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/jors.12202>
- Ávila, H. (2015). Tendencias recientes en los estudios de Geografía rural. Desarrollos teóricos y líneas de investigación en países de América Latina. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 88, 75-90. <https://doi.org/10.14350/rig.44603>
- Ayala, C., Mussi, A., & Dabdab, P. (2020). Aglomeraciones productivas, territorio y abordajes teóricos para los estudios rurales. *Sociedad y Economía*, 39, 34-56. <https://doi.org/10.25100/sye.v0i39.7381>
- Bednarikova, Z., Kumar, I., Gallardo, R., & Beaulieu, B. (2021). *The Role of Rural Areas in Regional Clusters: The Case of the Great Lakes Chicago EDA Region*. Purdue University.
- Bozzano, H., Frediani, J., Cirio, G., & Barrionuevo, C. (2016). *Metodología de la investigación en geografía* (1ª ed.). Editorial de la Universidad de La Plata.
- Buzai, G. & Montes, E. (2021). *Estadística espacial: fundamentos y aplicación con sistemas de información geográfica*. Instituto de Investigaciones Geográficas (Inigeo).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021a). *Divipola - Códigos municipios - Datos Abiertos Colombia*. Divipola. <https://www.datos.gov.co/api/views/gdxc-w37w/rows.pdf?accessType=DOWNLOAD>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021b). *Encuestas mensuales económicas - Resultados de febrero de 2021*. <https://www.dane.gov.co/files/comunicados/presentacion-ext-encuestas-economicas-febrero-2021.pdf>
- Feser, E. & Isserman, A. (2005). *Clusters and rural economies in economic and geographic space*. [Report prepared for the US Department of Agriculture, Washington, DC].
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación*. (J. Mares, ed. 5ª ed.). McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2015). *Metodología de los Censos Económicos 2014*. Inegi.
- Kang, J. (2008). Distance Metrics. In S. Shekar & H. Xiong (Eds.), *Encyclopedia of GIS* (p. 245). Springer.
- Larraide, A. (2010). Aglomeraciones productivas y espacio rural en la ciudad-región del centro de México. *Qui-vera*, 12(2), 70-93. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40115676005>
- León, N. (S. f.). *Una evaluación de las transformaciones rurales en Colombia desde la NGE*. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiarural/11.pdf>
- López, L. (2015). *Diccionario de geografía aplicada y profesional*. (J. Río, S. Eliseu, & D. Trinca, eds.). Universidad de León.

- Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2021). *Ficha País: Colombia*. http://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/colombia_ficha_pais.pdf
- Ministry of Statistics and Programme Implementation. (2019). *Implementation Framework for Seventh Economic Census 2019 through IT Application developed and implemented by CSC e-Governance Services India Limited*. Government of India.
- Nieto, A., Engelman, Á., & Cárdenas, G. (2017). Análisis espacial de la ordenación territorial en áreas rurales de baja densidad demográfica: el caso de Extremadura. *Papeles de Geografía*, 63, 113. <https://doi.org/10.6018/geografia/2017/284161>
- O'Sullivan, D. & Unwin, D. (2010). *Geographic Information Analysis*. (2nd ed.). Wiley & Sons.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica*. <https://github.com/volaya/libro-sig/releases/download/v3.0/Sistemas.de.Informacion.Geografica.pdf>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *Rural 3.0: A framework for rural development*. OECD.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2010). *Economic census: challenges and good practices*. Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011). *Guía para la elaboración de un proyecto censal*. Naciones Unidas.
- Page, M. & Beshiri, R. (2003). Rural economic diversification - A community and regional approach. *Rural and Small Town Canada Analysis Bulletin*, n° 16.
- Pászto, V. (2020). Economic Geography. In Vít Pászto, C. Jürgens, P. Tominc, & J. Burian (Eds.), *Spatonomy: Spatial Exploration of Economic Data Methods of Interdisciplinary Analytics* (pp. 173-192). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26626-4_7
- Prat, J. & Cánoves, G. (2014). Análisis de la evolución de la concentración geográfica de los establecimientos de turismo rural en Cataluña. *Anales de Geografía*, 34(1), 155-177. http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n1.45196
- Redecker, A., Burian, J., Moos, N., & Macku, K. (2020). Spatial Analysis in Geomatics. In Vít Pászto, C. Jürgens, P. Tominc, & J. Burian (Eds.), *Spatonomy: Spatial Exploration of Economic Data Methods of Interdisciplinary Analytics* (pp. 65-92). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26626-4>
- Riaño, N. (2021, enero 18). Tres décadas después, el Dane vuelve a hacer desde hoy un censo económico nacional. *La República*. larepublica.co/economia/tres-decadas-despues-colombia-vuelve-a-hacer-un-censo-economico-nacional-3111572
- Rodríguez, L. & Cabrera, J. (2017). Análisis espacial de las dinámicas de crecimiento económico en México (1999-2009). *Economía, Sociedad y Territorio*, 17(55), 709-741. <http://dx.doi.org/10.22136/est2017913>
- Siabato, W. & Guzmán, J. (2019). Autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Soto, A. (2016). *La deficiencia de información estadística para el sector agrario en Colombia*. Universidad de los Andes.
- Wardhana, D., Ihle, R., & Heijman, W. (2017). Agro-clusters and Rural Poverty: A Spatial Perspective for West Java. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 2(53), 161-186. <https://doi.org/10.1080/00074918.2017.1298722>