

Capítulo 1

MÉTODO CENTROGRÁFICO

1.1 Aplicación a la localización de sitios arqueológicos en la cuenca del río Lujan, Argentina

Sonia L. Lanzelotti

Noelia Principi

SÍNTESIS

En este capítulo se presentan métodos de análisis centrográfico para el estudio de la localización de sitios arqueológicos. Se desarrollan sintéticamente los procedimientos metodológicos para realizar cálculos de centralidad y dispersión y se detallan los pasos para su resolución con Sistemas de Información Geográfica. La aplicación se realiza en la cuenca del río Luján (provincia de Buenos Aires, Argentina).

INTRODUCCIÓN

El objetivo del capítulo es presentar cálculos de tendencia central y dispersión de entidades puntuales que permitan analizar la distribución espacial de las localizaciones de sitios arqueológicos a partir del análisis centrográfico en la cuenca del río Luján (provincia de Buenos Aires, Argentina) con apoyo en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Dentro del análisis espacial cuantitativo el estudio de la distribución espacial de entidades puntuales resulta de interés y es posible realizarlo a través de la adecuación de cálculos aritméticos unidimensionales, hacia el tratamiento geométrico de los datos considerando la bidimensionalidad del espacio geográfico (Buzai y Baxendale, 2012).

Las medidas de centralidad y dispersión que se presentan son de sencilla interpretación y comprensión y se calculan de forma

automatizada en el entorno SIG. Los cálculos se realizan considerando las posiciones de cada punto (hallazgos arqueológicos) en un eje de coordenadas y brindan resultados descriptivos y de síntesis que permiten caracterizar las distribuciones espaciales puntuales, en un momento dado, o sistemáticamente para analizar la tendencia o evolución espacial a lo largo del tiempo.

La base de datos sobre sitios arqueológicos de la cuenca del río Luján que se utiliza en este trabajo fue elaborada en el marco de proyectos de investigación específicos sobre la temática (Lanzelotti et al. 2016). Los resultados obtenidos aquí permiten identificar patrones de centralidad y dispersión de la evidencia arqueológica en general, como así también la tendencia de localización de sitios de mayor antigüedad (evolución temporal) por un lado, y de aquellos sitios con mayor cantidad de materiales recuperados, por otro.

LA TENDENCIA CENTRAL EN DISTRIBUCIONES PUNTUALES: CENTRO MEDIO SIMPLE Y PONDERADO

La medida más sencilla que permite identificar el centro de una distribución espacial puntual es el *centro medio simple*, considerado también *centro medio de gravedad*. Para realizar el cálculo es necesario encontrar algún sistema de cuantificación espacial de los sitios ocupados por los puntos. Puede hacerse calculando las coordenadas de cada punto en un sistema arbitrario a partir de coordenadas geográficas o cartográficas.

Ebdon (1982) plantea que los dos únicos requisitos fundamentales de un sistema de coordenadas a utilizar en los cálculos de estadística espacial son:

- En primer lugar, los ejes coordenados han de ser perpendiculares entre sí; es decir, ortogonales.
- En segundo lugar, las mediciones a lo largo de los dos ejes se deben realizar en las mismas unidades.

De esta forma, el centro medio simple se obtiene calculando la media de las coordenadas en x y en y, como se muestra en las

siguientes fórmulas:

$$[1] \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad , \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

En el cálculo del centro medio simple se considera que cada punto tiene un peso idéntico. Sin embargo, existen situaciones en la que no se le da a cada localización puntual un peso igual, sino que se pondera determinada característica. Para calcular el *centro medio ponderado* se colocan en una tabla no sólo las coordenadas de cada punto (x e y), sino también su importancia a través de un valor cuantitativo que representa lo que se intenta analizar.

Las fórmulas para obtener el centro medio ponderado son las siguientes:

$$[2] \quad \bar{x}_w = \frac{\sum xw}{\sum w} \quad , \quad \bar{y}_w = \frac{\sum yw}{\sum w}$$

Donde x e y son las coordenadas de los puntos; \bar{x}_w e \bar{y}_w son las medias ponderadas de estas coordenadas, y n es el número de puntos.

Resulta interesante realizar estudios evolutivos para observar hacia dónde se van desplazando los centros de gravedad, en función de la característica ponderada.

Tomando lo que plantea Ebdon (198) sea cual fuere la característica representada por los pesos, el centro medio ponderado proporciona el centro de gravedad de la distribución de esta característica. Mientras que el centro medio sólo puede dar el centro de gravedad de la distribución de los puntos en sí.

LA DISPERSIÓN EN DISTRIBUCIONES PUNTUALES: DESVÍO ESTÁNDAR DE LAS DISTANCIAS Y ELIPSE DE DISPERSIÓN

Existen diferentes métodos para medir la dispersión de puntos. Uno de los más sencillos es el *desvío estándar de las distancias* que proporciona una medida resumen que muestra el grado en el que se concentran o dispersan los puntos alrededor del centro medio simple, el resultado de este cálculo es un círculo.

Es el equivalente bidimensional al desvío estándar de las distancias y se calcula a partir de considerar la distancia de cada punto al centro medio, a través de la siguiente fórmula:

$$[3] \quad ds = \sqrt{\frac{\sum(d_{iCM})^2}{n}}$$

Donde ds es la distancia estándar, d_i es la distancia euclidiana entre cada punto i y el centro medio (CM).

Como resultado de este cálculo de dispersión se obtiene un círculo realizado a partir del centro medio. Cuando existen valores extremos se debe tener mayor cuidado ya que el cálculo eleva las distancias al cuadrado y las magnifica sensiblemente (Buzai y Baxendale, 2012).

Pero si lo que queremos observar es la tendencia direccional que tiene el conjunto de puntos podemos hacerlo con el cálculo de la *elipse de dispersión* o *elipse del desvío estándar*, que permite considerar la falta de regularidad de la distribución de los puntos y la posibilidad de que la dispersión sea mayor en determinados sectores.

Según Ned Levine & Associates (2002) citado por Buzai y Baxendale (2012) la elipse de dispersión deriva de la distribución bivariada definida de la siguiente fórmula:

$$[4] \quad db = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}}$$

Los dos desvíos estándar se calculan de forma ortogonal para los ejes rotados $x - y$. El eje que contiene el mayor desvío es coincidente con la línea de regresión lineal de cuadrados mínimos.

La secuencia de cálculos presentada y ejemplificada por Gamir Orueta et al. (1995) establece obtener primero el centro medio de la distribución de puntos [1] y trasladar el origen de los ejes de coordenadas $x - y$ al centro medio formado por los ejes $x' - y'$.

$$x' = x - \bar{x}, \quad y' = y - \bar{y}$$

En una posterior instancia se deben otra los ejes x' - y' calculando el ángulo (θ) desde el eje y' al eje rotado y'' .

$$\tan \theta = \frac{(\sum x'^2 - \sum y'^2 + \sqrt{\sum x'^2 - \sum y'^2 + 4(\sum x'.y')^2})}{2(\sum x'.y')}$$

Finalmente se realiza el cálculo del desvío estándar de las distancias sobre los ejes rotados de acuerdo al valor de θ .

$$\sigma_x'' = \sqrt{\frac{\sum x'^2 \cdot \cos^2 \theta - 2(\sum x'.y') \cdot \text{sen} \theta \cdot \cos \theta + \sum y'^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{n}}$$

$$\sigma_y'' = \sqrt{\frac{\sum x'^2 \cdot \text{sen}^2 \theta - 2(\sum x'.y') \cdot \text{sen} \theta \cdot \cos \theta + \sum y'^2 \cdot \cos^2 \theta}{n}}$$

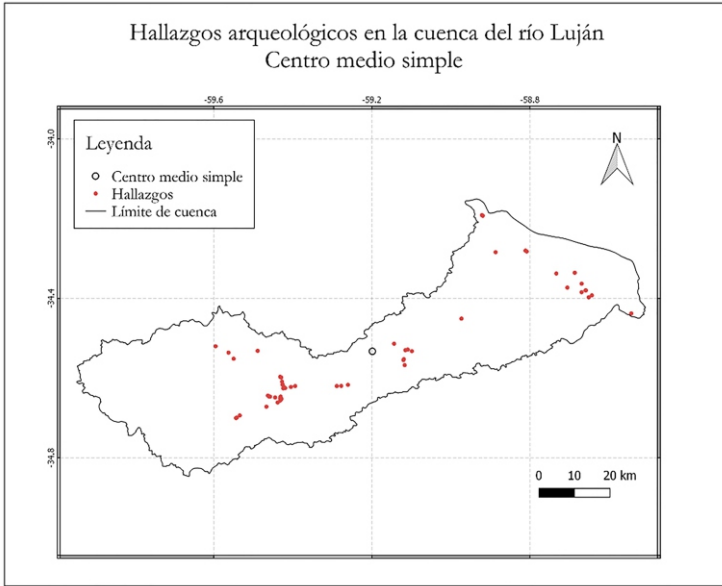
Donde σ_x'' y σ_y'' es el desvío estándar de las distancias respecto de los ejes rotados doble prima, x' e y' son las coordenadas de cada punto, θ es el ángulo de rotación de los ejes y n la cantidad de observaciones.

APLICACIÓN A LOS SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN (PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

El área de aplicación corresponde a la cuenca del río Luján, en tanto que la capa temática de puntos utilizada corresponde a la localización de hallazgos arqueológicos. La aplicación de los métodos centrográficos se realiza en QGIS 2.18.

El primer cálculo que se realiza es el del centro medio simple, utilizando la opción de "*coordenada(s) media*", disponible dentro de las "*herramientas de análisis*" del menú "*vectorial*". Aquí mismo se puede otorgar un *campo de peso (opcional)* que permite cartografiar el centro medio ponderado.

Figura 1. Centro medio simple



Fuente: Elaboración de las autoras

Figura 2. Centro medio ponderado por sitios de mayor antigüedad

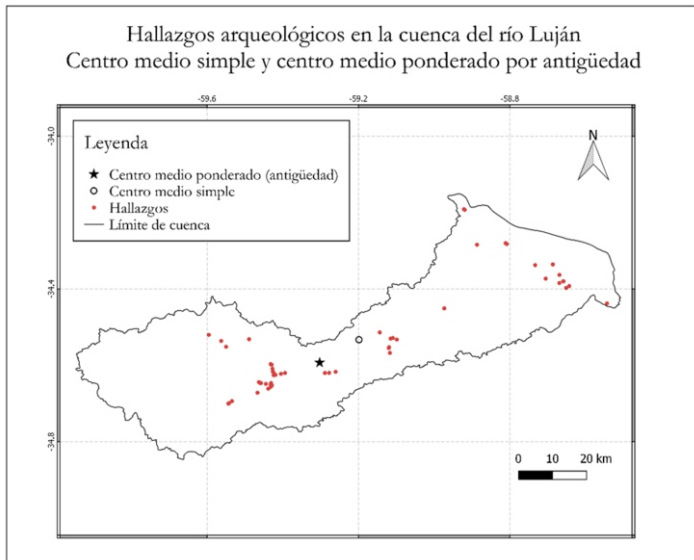
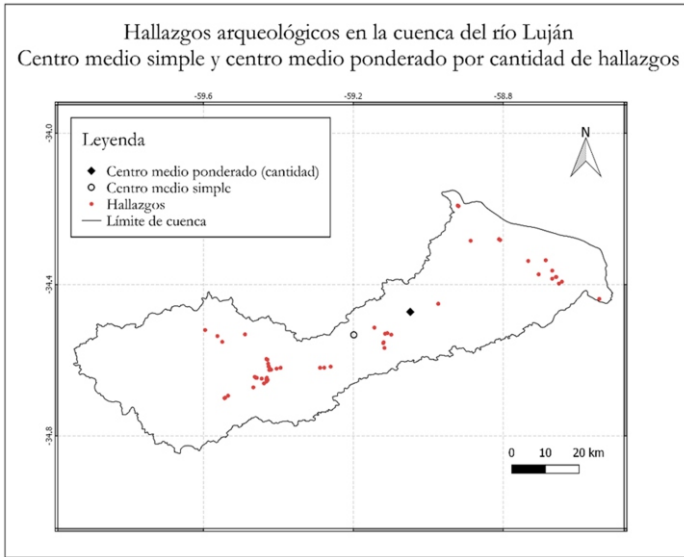


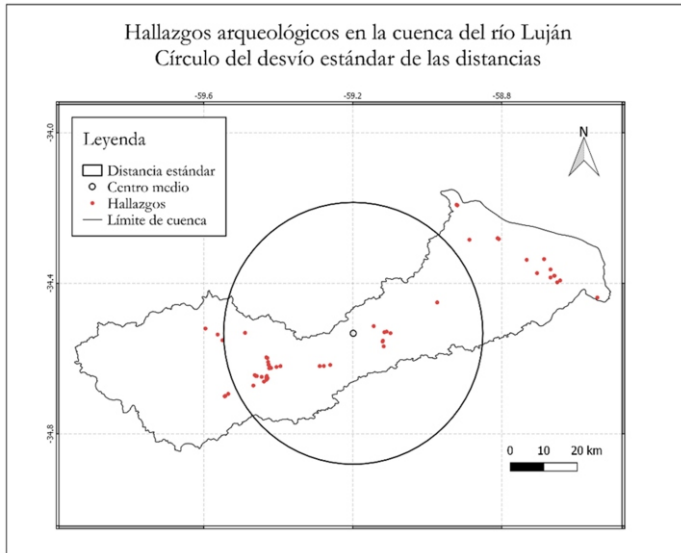
Figura 3. Centro medio ponderado por cantidad de hallazgos



Fuente: Elaboración de las autoras

Para realizar el círculo del desvío estándar de las distancias se debe acceder al menú *Procesos* y allí dentro de las herramientas geoestadísticas (*geostatistic*) de SAGA seleccionar el análisis espaciales de patrones de puntos (*Spatial Point Pattern Analysis*), solamente se debe incorporar la capa temática de puntos y al aplicar la operación el SIG obtiene como resultado una matriz de distancias mínimas con datos de valor máximo, valor mínimo, media y desvío estándar; una capa puntual con el centro medio simple, un rectángulo que delimita el área donde se realiza el análisis de distancias mínimas y el círculo del desvío estándar de las distancias.

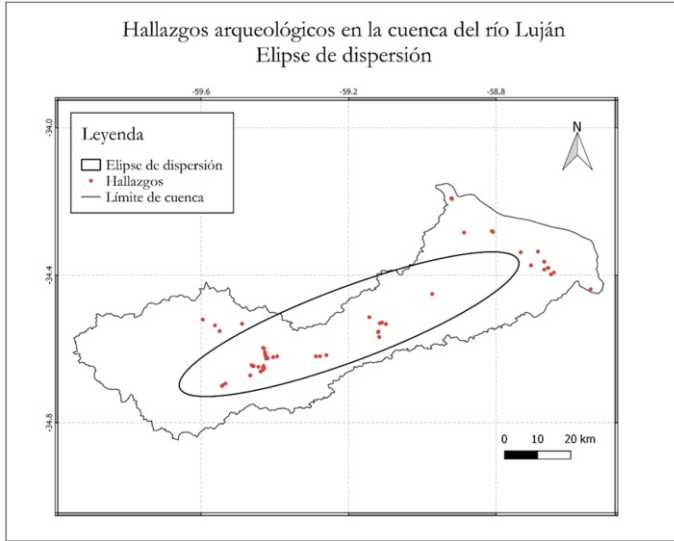
Figura 4. Círculo del desvío estándar de las distancias



Fuente: Elaboración de las autoras

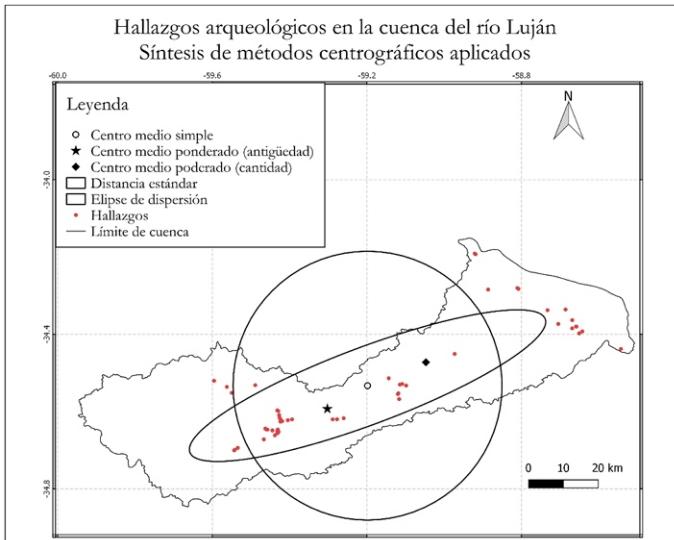
Para elaborar la elipse de dispersión se debe instalar en QGIS el complemento elipse de desviación estándar “*Standard Deviational Ellipse (SDE)*”. A partir de este complemento se puede calcular la elipse simplemente seleccionando la capa de puntos e indicando el método “*CrimeStat*” que utiliza las fórmulas presentadas anteriormente. Como resultado de la aplicación se obtiene la elipse de dispersión.

Figura 5. Elipse de dispersión



Fuente: Elaboración de las autoras

Figura 6. Mapa síntesis con los métodos centrográficos aplicados



Fuente: Elaboración de las autoras

En la Figura 1 se observa el centro medio simple de la dispersión de hallazgos arqueológicos sin ningún tipo de clasificación ni caracterización en particular. Cuando el interés está puesto en focalizar el patrón de dispersión de evidencias arqueológicas de mayor antigüedad, se aplica la ponderación de sitios por esta variable, observándose que los mismos se localizan mayormente hacia la izquierda de la dispersión general (Figura 2). Cuando el interés está colocado en identificar el patrón de dispersión de los sitios con mayor cantidad de hallazgos recuperados, la tendencia se mueve hacia la derecha de la dispersión general (Figura 3). Las Figura 4 y 5 muestran los valores teóricos del desvío estándar de las distancias y la elipse de dispersión general respectivamente, ambas sin ponderaciones. Finalmente, la Figura 6 sintetiza los resultados obtenidos en todos los análisis previos.

CONSIDERACIONES FINALES

Los cálculos de análisis centrográficos tienen un fuerte potencial descriptivo. Es necesario destacar, sin embargo, que el análisis y las interpretaciones que se hagan de estos resultados, dependerán exclusivamente de la calidad de la base de datos empleada, y del conocimiento que los investigadores tengan respecto de la disciplina sobre la cual se aplican. Así por ejemplo, en el caso de los sitios arqueológicos, la tendencia que se observa en la localización de los sitios con mayor antigüedad responde por un lado a la historia de las investigaciones realizadas en la cuenca y por otro, a las unidades geomorfológicas que representan rangos cronológicos más antiguos. Así, por ejemplo, hacia la cuenca baja del río Luján, la historia geológica indica que el sustrato estuvo disponible para su ocupación recién a partir del Holoceno tardío (es decir, en los últimos 2000 años antes del presente) en tanto que en la cuenca superior y media se registran unidades geomorfológicas correspondientes a toda la secuencia del Holoceno (es decir, los últimos 10000 años antes del presente) e incluso desde Pleistoceno (de 2,6 millones a 10.000 años antes del presente). De este modo, la distribución observada no responde a patrones del uso del espacio por parte de las sociedades prehispanicas, sino a factores que indican la disponibilidad de estos espacios para su ocupación. Del mismo modo, la tendencia observada respecto de la localización de sitios con mayor cantidad de hallazgos,

responde simplemente a la estrategia de abordaje de los sitios: en la cuenca baja se trata de sitios con excavaciones sistemáticas, en tanto que para la cuenca superior y media se trata de los primeros resultados de prospecciones y registro de material en superficie.

En síntesis, los análisis centrográficos son una buena medida de resumen para la descripción y posterior análisis de las tendencias de las distribuciones puntuales y su evolución. A partir del desarrollo de los SIG su utilización no reviste complejidad y se amplía su campo de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. 2012. *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Tomo 2: Ordenamiento territorial – Temáticas de base vectorial*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Ebdon, D. 1982. *Estadística para geógrafos*. Oikos-tau. Barcelona.

Gámir Orueta, A.; Ruiz Pérez, M.; Seguí Pons, K. 1995. *Prácticas de análisis espacial*. Oikos-Tau. Barcelona.

Lanzelotti, S.L.; H. Arzani; K. Chichkoyan, N.M. Novo & A. Zurita. 2016. El patrimonio arqueológico y paleontológico de la cuenca superior del río Luján: investigación y gestión. En: *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, pp. 629-633. San Miguel de Tucumán.

Ned Levine & Associates. 2002. CrimeStat © II. *A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations*. The National Institute of Justice. Washington.