

Análisis espacial de la mortalidad por causas en la ciudad de Tandil utilizando sig's¹

Adela Tisnés².

Luisa María Salazar Acosta³.

Se propone un abordaje espacial cuantitativo de la distribución de la mortalidad según causas en la ciudad de Tandil, con información obtenida a partir de la sistematización de los certificados de defunción de los registros civiles.

Para cumplir con este objetivo, se incluyen los certificados y las bases de datos en un Sistema de Información Geográfica. Con las tablas de defunciones, que contienen las coordenadas de los domicilios de residencia, se generaron los puntos correspondientes.

Este informe resulta ser la primera parte de un estudio más completo que se está llevando a cabo. El objetivo inicial, y que se presenta en este caso, es el de detectar agrupaciones espaciales que luego se delimitarán y conformarán zonas, surgidas a partir de la distribución de los casos de mortalidad según causas. Luego, como segundo paso, analizar qué asociaciones existen entre estas regiones y las características sociales, económicas y demográficas de los lugares puntuales donde se presentan.

Se trabajará tratando a las defunciones como un fenómeno puntual, debido a que se colocaron los casos de muerte en un mapa de la ciudad de Tandil según las direcciones de cada uno. La ubicación de los domicilios de residencia de los casos está estrechamente relacionada con la distribución de la población en el área de estudio. La distribución de los casos reflejará, además de la heterogeneidad espacial, la agregación (si existe). Se trata pues de analizar cómo se distribuye la variable en el espacio.

Para la primera parte del trabajo, en lo que concierne a la detección de agregaciones espaciales se utilizó la aproximación basada en el estudio de la función vecino más próximo, con la utilización de la herramienta de densidad Kernel y con un análisis multivariado Isoclusters, para identificar las zonas vulnerables, que serán, junto con los

1 “Trabajo presentado en el V Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, Montevideo, Uruguay, del 23 al 26 de octubre de 2012”

² CIG- FCH- UNICEN

³ GREDES- UNSA

factores de riesgo asociados, los objetos de estudio del trabajo que se desarrollará una vez finalizado este.

DESARROLLO

El análisis de los patrones espaciales de puntos proviene de la geografía de finales de los años 1950 y principios de 1960, cuando el paradigma del análisis espacial comenzó a tomar importancia dentro de la disciplina. Los investigadores tomaron prestado libremente de la literatura de ecología de plantas, adoptando las técnicas que habían sido usadas allí para la descripción de modelos espaciales y la aplicación de ellos en otros contextos: por ejemplo en los estudios de la distribución de establecimientos (Dacey 1962; King 1962), la distribución espacial de tiendas dentro de áreas urbanas, (Rogers 1965) y la distribución de drumlins en las áreas de glaciares (Trenhaile 1971). Los métodos que eran utilizados podrían haber sido clasificados dentro de dos grandes tipos (Hagget et al. 1977). La primera fue la técnica basada en la distancia, utilizando información sobre la distribución espacial de los puntos para caracterizar el modelo (básicamente la significatividad del vecino más cercano). Otras técnicas eran las basadas en el área, relacionadas con varias características, como la frecuencia de la distribución del número observado de puntos en la regularidad definiendo sub- regiones de las áreas de estudio.

El paso del tiempo y el avance y desarrollo de los sistemas de información geográficos, han favorecido el interés por analizar las características de las poblaciones teniendo en cuenta el lugar donde viven. Los datos espaciales consisten en mediciones u observaciones realizadas en localizaciones o en áreas específicas. Además del valor de la medición u observación, los datos espaciales incluyen la localización/posición de los valores observados. Las localizaciones pueden ser referidas a puntos o áreas. Por ejemplo, datos referidos a un punto es una medición de un contaminante en suelo en un lugar con determinada latitud y longitud. Otro ejemplo serían las coordenadas (x,y) en metros del domicilio de un sujeto fallecido por una causa de mortalidad determinada. Los datos referidos a un área son los que se utilizan con más frecuencia en epidemiología y para la geografía de la salud, pues se tratan de observaciones realizadas en una región (municipio, sección censal, provincia). En ambas situaciones, la localización espacial puede ser regular o irregular, aunque lo habitual es que sea irregular ya que raramente se trabaja con rejillas de áreas regulares o mediciones ambientales adquiridas uniformemente de forma equidistante unas de otras.

Los procesos puntuales, entonces refieren a la localización de eventos. Un sencillo ejemplo de proceso puntual serían las coordenadas de los domicilios de los casos de una enfermedad. En este tipo de datos se trataría de observar y valorar si existe una tendencia

de los eventos a exhibir un patrón sistemático. Especialmente alguna forma de regularidad o de agregación. Se trataría de conocer si la intensidad de los eventos varía sobre la región de estudio y posiblemente buscar elementos que nos ayuden a explicar o comprender el fenómeno (Molina, 2008).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas para la recopilación, almacenamiento, integración, análisis y presentación de datos referenciados en el espacio. A esto último se le denomina georreferenciación. Los SIG permiten la rápida representación gráfica de mapas de patologías y de las exposiciones ambientales. Por sí solos los SIG pueden ser considerados como un potente sistema de gestión de bases de datos. La facilidad de su manejo permite generar colecciones de mapas que pueden sugerir nuevas líneas de trabajo. Sin embargo, hay que estar preparados para recibir críticamente las sugerencias que proporciona la observación de los mapas. Lo que Jacquez denomina efecto 'geewhiz' (algo así como 'eureka, lo tengo!') ha de ir seguido de una evaluación sistemática de hipótesis de investigación. Las personas somos muy propensas a ver agregaciones de datos o simplemente patrones geográficos donde no los hay y los mapas son muy propensos a mostrarlos. Los mapas han de ser sometidos sistemáticamente a pruebas estadísticas que traten de transformar la percepción visual en algo objetivo. Los SIG por sí solos son un instrumento francamente útil, pero es cuando los unimos a las técnicas de análisis espacial, cuando muestran todas sus posibilidades. O quizás mejor, las técnicas de análisis espacial tienen un complemento extraordinario cuando se apoyan en un SIG, dado que en la actualidad, la capacidad de análisis espacial de los SIG son muy limitadas, al menos, en el ámbito de la epidemiología.

Si se quiere analizar o reflejar la estructura espacial de una población, comunidad, o cualquier fenómeno de naturaleza discreta, la representación cartográfica de todos los elementos del mismo en una región geográfica concreta es la forma más fiel de reflejar la estructura espacial de la población. En muchas ocasiones, dependiendo de la escala de estudio, tales elementos pueden describirse aceptablemente mediante sus coordenadas geográficas (x,y), generándose así un conjunto de datos que recibe el nombre de patrón espacial de puntos (Diggle, 2003). La metodología habitual en el estudio de estas estructuras asume que el patrón espacial de puntos de una comunidad, población, etc., es una realización concreta de un proceso espacial de puntos subyacente, que hay que describir, y cuyas propiedades son una buena descripción del patrón concreto.

El análisis de un patrón puntual, que refiere al estudio de la disposición de un conjunto de eventos sobre una región del plano, se enmarca en una de las tres grandes ramas de la estadística espacial: aquella que estudia los procesos puntuales (Giraldo Henao, 2011). Específicamente intenta determinar si dichos eventos presentan un patrón de agregación (es decir, si existen eventos que se producen cerca de otros eventos) o de desagregación (los eventos ahora aparecen diseminados en el espacio), o aleatoriedad completa (los eventos se

producen con igual probabilidad en cualquier punto del espacio, con independencia de dónde se hallen los otros eventos) (de la Cruz Rot, 2006; Lopez Abente Ortega; Ibañez Martí, 2001). También es posible que podamos comparar los patrones de dos conjuntos de eventos y, si el patrón es de agregación o desagregación, puede considerarse su modelización como proceso puntual, lo que permite también realizar análisis estadísticos ricos.

Una de las características que es posible analizar es la salud de la población, asociada directamente a la gran variedad de factores de riesgos característicos de cada lugar: medioambientales, demográficos, económicos, etc. La distribución espacial de la mortalidad, depende, en cierta manera, de los patrones geográficos que siguen los factores de riesgo.

Siguiendo este enfoque geográfico, y basada en la tecnología de uso cada vez más frecuente de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el trabajo se orienta a la generación de una base de datos espacial que permita almacenar de manera organizada, en un mismo lugar, datos tabulares y cartográficos de fuentes diversas para la ciudad de Tandil, aprovechando los avances en las tecnologías de información. La aplicación desarrollada inicialmente recopila los datos considerados fundamentales para obtener una mirada general pero actualizada de las defunciones, obtenidas de los registros de defunciones de los registros civiles de la ciudad, incluyendo edad, sexo, causa de muerte, ocupación, etc. Luego, se obtuvieron datos generales de las condiciones sociales del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2001 y del medio físico, que se cargaron en el SIG.

Se determinará en primer lugar si las entidades (que corresponden a las defunciones por cada una de las causas), exhiben clustering, es decir una dispersión estadísticamente significativa en un rango de distancias, a partir de un análisis llamado ‘promedio de vecino más cercano’.

Luego, se realizará un análisis de densidad, que permitirá determinar cuáles son las áreas donde se concentra más o menos el conjunto de puntos representado por los casos de defunciones por causa. Puede calcularse de dos maneras: densidad simple (que considera la ubicación espacial, por ejemplo la ubicación de ciudades de un departamento) y densidad por grupos (kernel, que considera además de la densidad simple, el peso de alguna variable asociada, por ejemplo la edad promedio de la población, ya que la edad y la mortalidad están directamente relacionadas).

Por último, se creará una clasificación de la superficie de la ciudad a partir de los mapas de densidad de defunciones por causa, aplicando una metodología de clasificación multivariada, cuyo objetivo es asignarle una clase o categoría a cada celda de un área de estudio. De esta manera, se podrán observar en el espacio las áreas donde mayor densidad

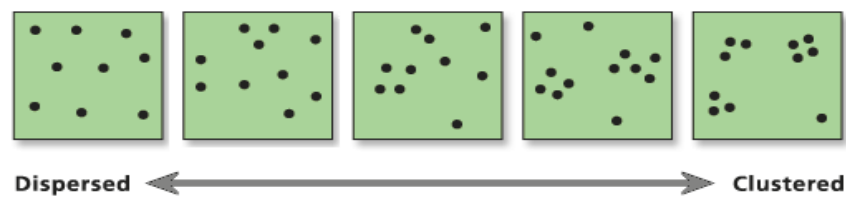
conjunta de defunciones existe, y que se podrían identificar como las áreas con mayor riesgo de muerte. El análisis siguiente deberá identificar cuáles son los determinantes de la salud y cuáles son los factores de riesgo que se están conjugando para favorecer esta situación.

METODOLOGÍA

Análisis promedio de vecino más cercano.

Este análisis calcula un índice en base a la distancia promedio desde cada entidad hasta la entidad vecina más cercana.

Ilustración

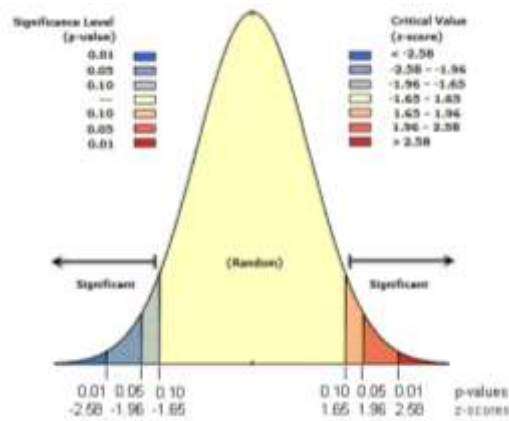


Este índice, se expresa como la relación entre la distancia media observada y la distancia media esperada. La distancia esperada es la distancia promedio que hay entre vecinos en una distribución hipotética aleatoria.

El valor del índice que se obtiene mediante la aplicación de esta herramienta es el resultado de la medición de la distancia entre cada centroide de entidad (punto correspondiente a un fallecimiento) respecto de la ubicación del centroide de su vecino más cercano. Una vez calculado ese valor, lo que se hace es calcular el promedio de todas las distancias de vecinos más próximos. Si esa distancia promedio es más pequeña que el valor promedio de una distribución hipotética aleatoria, entonces, podremos decir que las entidades que se están analizando, se encuentran dispersas. Esta relación de vecino más cercano promedio, se obtiene calculando la distancia promedio observada por la distancia promedio esperada. Así, si el índice que se obtiene es menor que 1, puede decirse que la distribución posee algún grado de clustering. Si en cambio, es mayor que 1, la distribución se encuentra dispersa. Las puntuaciones (z y p), que además devuelve la herramienta, indican si se puede rechazar la hipótesis nula⁴ (que para el caso de las herramientas de análisis de patrón, es la aleatoriedad espacial completa, ya sea de las entidades o de los valores asociados a esas entidades). Se espera en este caso, rechazar la hipótesis nula, ya que nos estaría indicando un patrón aleatorio. Si rechazamos esa hipótesis, podemos decir que la distribución exhibe

⁴ Los primeros estadísticos (Geary 1954; Krishna Iyer 1949; Moran 1948, 1950) probaron la hipótesis nula de no existencia de autocorrelación espacial (esto es de no estructura espacial) frente a hipótesis alternativas no específicas.

clustering estadísticamente significativo. El valor p asociado, corresponde a una probabilidad. En estas herramientas, existe la probabilidad de que el patrón espacial observado se haya creado mediante un proceso aleatorio. Cuando ese valor es muy pequeño, indica que es poco probable (la probabilidad es pequeña) que el patrón observado sea el resultado de procesos aleatorio, por lo tanto podemos rechazar tranquilamente la hipótesis nula. Es interesante analizar cuán pequeño es suficientemente pequeño. Las puntuaciones z son desvíos estándar. Si la aplicación del procedimiento devuelve una puntuación z de +2,5, podría decirse que el resultado son desviaciones estándar de 2,5. Las puntuaciones z como los valores p se corresponden con la siguiente distribución normal estándar (Ebdon, 1985; Mitchell, 2005; Goodchild, 1986):



Las puntuaciones z muy altas o muy bajas (negativas) asociadas con valores p muy pequeños, se encuentran en las colas de la distribución normal. Esto está indicando que es poco probable que el patrón espacial observado refleje el patrón aleatorio teórico representado por su hipótesis nula (CSR).

Al momento de rechazar la hipótesis nula, debe formar una opinión subjetiva respecto del grado de riesgo que se quiere aceptar por estar equivocado (por rechazar la hipótesis nula cuando en realidad no se debía rechazar). Esa decisión, es decir, la elección del nivel de confianza, debe tomarse previa a la ejecución. En este caso se eligió un nivel de confianza del 95%, que representa una desviación estándar de -1,96 y +1,96 y un valor p de 0,05. Si la puntuación z que obtuviéramos se encontrara entre -1,96 y +1,96 y su valor p fuera mayor que 0,05, no puede rechazarse la hipótesis nula; el patrón exhibido posiblemente fuera el resultado de procesos espaciales aleatorios. Si la puntuación z obtenida cayera fuera de ese rango (por ejemplo -3,2 o +4,1), probablemente sería casi imposible que el patrón espacial observado fuera el resultado de la opción aleatoria, y el valor p será pequeño, reflejando eso. Se podrá rechazar la hipótesis nula, para seguir analizando qué puede estar causando ese proceso de clusterización espacial estadísticamente significativa en los datos.

Debido a que el método de vecino más cercano promedio es sensible al valor del área (es decir, pequeños cambios en el valor del parámetro del área pueden ocasionar cambios considerables en los resultados), la herramienta es efectiva cuando se comparan entidades diferentes (en este caso, las diferentes distribuciones de defunciones por causa específica), en un área de estudio fija. Es por eso que para este estudio, se utilizó el área determinada por la suma total de las superficies de cada uno de los 107 radios censales del área urbana de la ciudad.

Densidad Kernel.

La densidad Kernel calcula la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida. Conceptualmente, se ajusta a una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza valor cero en la distancia máxima especificada (llamado Radio de búsqueda), establecido desde el punto. Sólo es posible calcular un vecindario circular. Para calcular la densidad de cada celda raster de salida, se agregan los valores de todas las superficies de kernel en donde se superponen con el centro de la celda ráster. La función kernel se basa en la función kernel cuadrática que describió en Silverman (1986, p.76 ecuación 4.5)

Básicamente, el análisis de densidad toma cantidades conocidas de un fenómeno (en este caso los puntos que representan fallecidos por causas en la ciudad de Tandil) y las expande a través del paisaje basándose en la cantidad que se mide en cada ubicación y la relación espacial de las ubicaciones de las cantidades medidas (Moreno Jimenez, 1991).

Las superficies de densidad muestran donde se concentran las entidades de punto. En este caso, como se mencionaba, se puede tener un valor de punto para cada persona fallecida por alguna causa, pero se desea conocer más sobre la expansión de la población en la región. Si se quiere observar cómo es la distribución espacial de las defunciones por causa, se crea una superficie a partir de esos puntos. La herramienta densidad considerará dónde se encuentra cada punto en relación al resto de los puntos. Luego, las celdas más cercanas a los puntos, reciben proporciones más altas de la cantidad medida que aquellas que se encuentran más alejadas.

Análisis multivariado.

Una vez que se analizó la distribución desigual en el espacio de las defunciones según causa, lo que sigue es utilizar los mapas de densidad para crear un mapa que identifique las zonas donde existe alta densidad para todas las causas simultáneamente, y, por el contrario, aquellas zonas de la ciudad, donde existe baja densidad de fallecimientos para todas las causas.

Esto se lleva a cabo a partir de un análisis multivariado de clasificación, cuyo objetivo es asignarle una clase o categoría a cada celda de un área de estudio. En primer lugar, se utiliza un algoritmo clustering de datos ISO para determinar las características de los grupos naturales de celdas en un espacio de atributos multidimensional y se almacenaron los resultados en un archivo de firma ASCII de salida.

Este procedimiento utiliza un proceso de clustering de optimización iterativo modificado (conocido como la técnica de valor medio). El algoritmo separa todas las celdas del número de grupos unimodales distintos especificado por el usuario en el espacio multidimensional de las bandas de entrada. Se utiliza generalmente como preparación para la clasificación no supervisada. El algoritmo de Cluster ISO es un proceso iterativo para calcular la distancia euclidiana mínima cuando se asigna cada celda candidata a un cluster. El proceso comienza con la asignación de valores medios arbitrarios por parte del soft, para cada cluster (en este caso se designaron 5). Cada celda se asigna lo más cercana a los valores medios. Los nuevos valores medios se vuelven a calcular para cada cluster en base a las distancias de los atributos de las celdas que pertenecen al cluster después de la primera iteración. Luego, el proceso se repite: cada celda se asigna al valor medio más cercano en el espacio de atributos multidimensional, y los nuevos valores medios se vuelven a calcular para cada cluster en base a la pertenencia de las celdas de la iteración. Puede especificar la cantidad de iteraciones del proceso mediante el número de iteraciones. Este valor debe ser lo suficientemente grande como para garantizar que, después de ejecutar el número de iteraciones especificado, la migración de celdas de un cluster a otro sea mínima. De esta manera, los clusters se volverán estables. Si se aumentara la cantidad de clusters, deberían aumentarse también la cantidad de iteraciones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se mencionó anteriormente, en nuestro estudio tratamos las defunciones como proceso puntual. La ubicación de los domicilios de residencia de los casos está estrechamente relacionada con la distribución de la población en el área de estudio.

Es importante identificar los patrones geográficos para describir y comprender cómo se comportan los fenómenos geográficos.

Si bien se puede tener una idea del patrón general de las entidades y sus valores asociados al realizar una representación cartográfica de ellos, el cálculo de la estadística cuantifica el patrón. Esto facilita la comparación de patrones para distintas distribuciones o para distintos períodos de tiempo. Generalmente, las herramientas del conjunto de herramientas Análisis de patrones son un punto de inicio para realizar análisis más profundos. Por ejemplo, el uso de la herramienta ‘promedio del vecino más cercano’ para determinar si las

distribuciones analizadas promueven el clustering espacial o se encuentran aleatoriamente distribuidos.

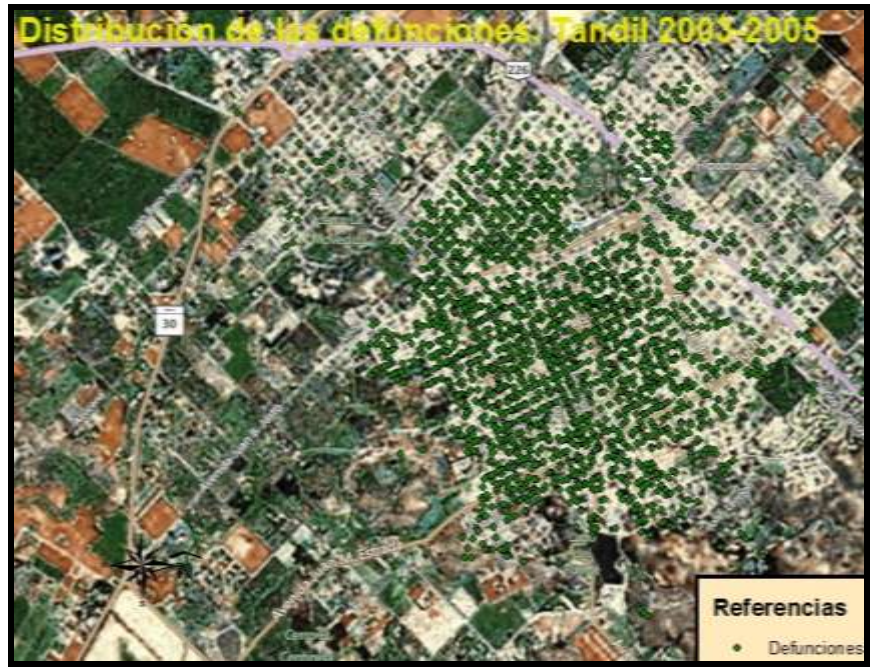
ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MORTALIDAD.

En cada sociedad existen grupos de individuos, familias o individuos que presentan más posibilidades que otros, de sufrir enfermedades, accidentes, muertes prematuras. Podríamos decir que son individuos o colectivos vulnerables, en espacios geográficos determinados. A medida que se incrementan los conocimientos sobre los diferentes procesos, la evidencia científica demuestra en cada uno de ellos que las enfermedades no se presentan aleatoriamente y que esa "vulnerabilidad" tiene sus razones. La vulnerabilidad se debe a la presencia de cierto número de características de tipo genético, ambiental, biológicas, demográficas, sociales que actuando individualmente o de manera conjunta entre sí desencadenan la presencia de un proceso.

Si se detecta que en una zona determinada de la ciudad una persona o grupo de personas que se sabe asociada con un aumento en la probabilidad de padecer, desarrollar o estar especialmente expuesto a un proceso mórbido (en este caso de padecer), podemos pensar que existen factores (biológicos, ambientales, de comportamiento, socio-culturales, económicos) que, sumándose unos a otros y aumentando el efecto aislado de cada uno de ellos produciendo un fenómeno de interacción, están provocando que en esa zona determinada se observe una cantidad mayor de muertes que en otras zonas. Puede pensarse que la combinación de factores que deberán determinarse (no sólo cuáles son, sino además, en qué medida están contribuyendo al fenómeno) están contribuyendo a que existan zonas con diferencias en la mortalidad.

Se construyeron mapas donde se puede observar cómo se distribuye y cómo varían espacialmente los fenómenos bajo estudio. En primer lugar, se presenta un mapa (Mapa 1) de distribución de las defunciones totales para los años 2003-2005 para todas las causas de muerte.

Mapa 1



Elaboración propia.

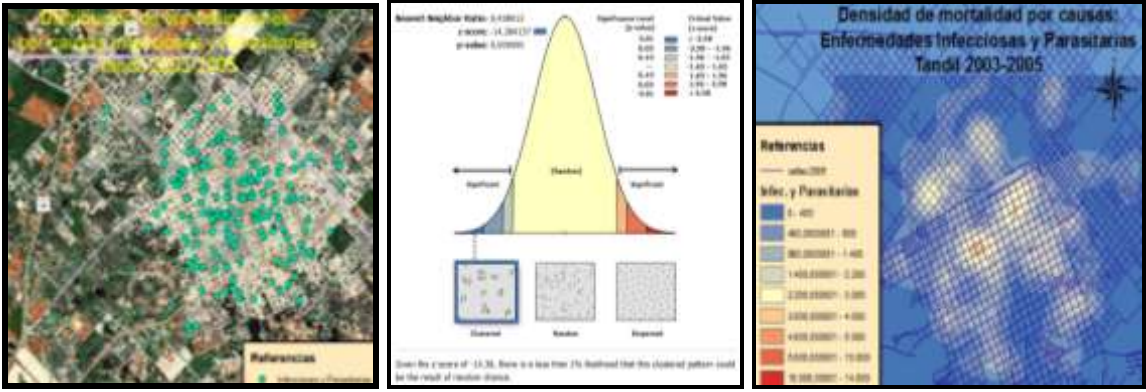
En segundo lugar, se crearon mapas de distribución de puntos para las defunciones ocurridas en los años seleccionados, por causa de muerte. Para corroborar lo que a simple vista podría deducirse, se aplicó el método del vecino más cercano, como se mencionó anteriormente. El gráfico 1 muestra los resultados de esa aplicación.

Mapa 2

Gráfico 1

Mapa

3



Elaboración propia.

El mapa 2 presenta la distribución de defunciones por causas infecciosas y parasitarias en la ciudad. El gráfico 1, corresponde al análisis del vecino más próximo, aplicado sobre la distribución de las defunciones mencionadas. El análisis del gráfico, indica que la distribución posee algún tipo de clustering. Para las enfermedades Infecciosas y

Parasitarias, el valor del índice es de 0,438. Nos está indicando entonces que definitivamente existe clustering en la distribución. Ahora, si analizamos la validez estadística de esta afirmación, y observamos el valor de z, es -14,38 (es menor que -1,96) y el p- valor p que es 0,000 podemos rechazar la hipótesis nula con un 95% de seguridad.

En el mapa 3 se observan las zonas de la ciudad con más alta densidad de defunciones. Estas están representadas con colores más rojizos. A medida que descenden las densidades, los colores se tornan amarillos, mientras que las zonas con densidades menores se encuentran representadas con colores celestes y azules.

En el centro oeste de la ciudad, se observa el área con mayor densidad, rodeada de un anillo con un valor de densidad menor. Algo más al norte de la ciudad, dentro de las cuatro avenidas principales, se encuentra una zona de menor tamaño, pero con una densidad también alta. Debe decirse, de todas maneras, que las densidades encontradas en la distribución de esta causa de muerte, son relativamente menores que las halladas para otras causas. También hay que decir, que las superficies que abarcan las áreas con densidades más elevadas, son muy pequeñas en comparación al resto de las causas analizadas.

Mapa 4

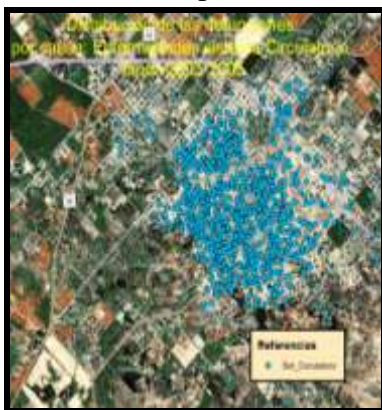
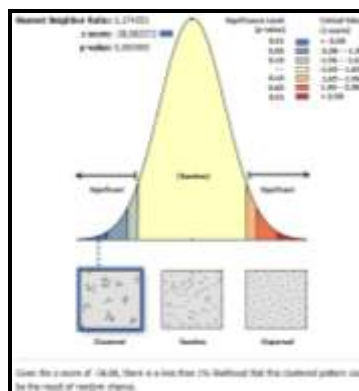
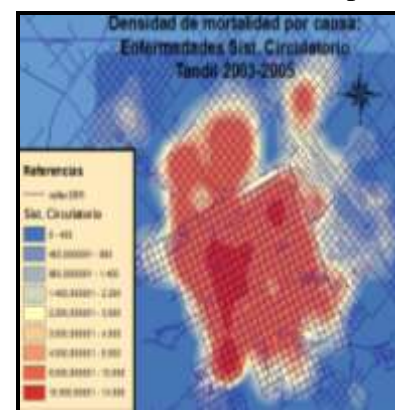


Gráfico 2



Mapa 5



Elaboración propia.

El mapa 4, presenta la distribución de las defunciones por enfermedades del Sistema Circulatorio. El gráfico 2, por su parte, vuelve a mostrar los resultados obtenidos luego de la aplicación de la herramienta ‘promedio de vecino más cercano’. En este caso, el valor del índice es de 0,3745, mientras que el valor z es -38,88, con lo cual estamos seguros de no caer en el intervalo comprendido por los valores -1,96 y +1,96. Luego, el p valor es 0,00, lo que nos indica con un 95% de certeza, que podemos rechazar la hipótesis nula.

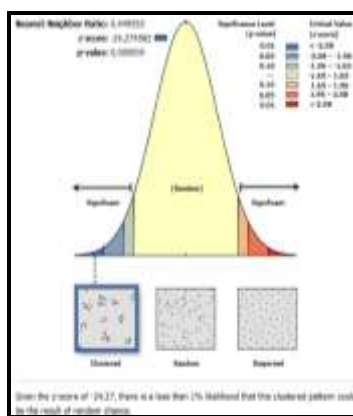
En el mapa 5 se puede observar que la distribución de las defunciones por enfermedades del Sistema Circulatorio es mucho más homogénea y sensiblemente elevada sobre todo el espacio con tres zonas con densidades más elevadas respecto del resto. Estas zonas se

encuentran ubicadas sobre el centro oeste de la ciudad, y desplazándose hacia el sur, aunque también se observa una densidad más elevada dispuesta en el norte del rectángulo central de la ciudad.

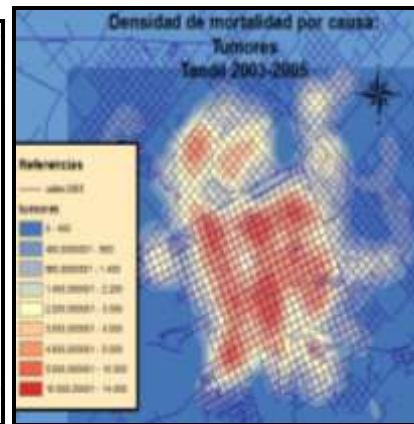
Mapa 6



Gráfico 3



Mapa 7

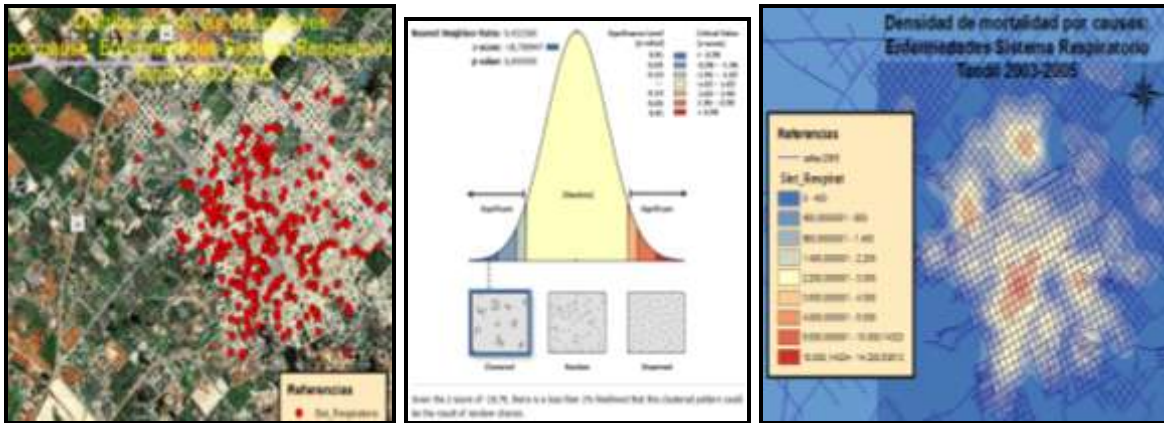


Elaboración propia.

Mapa 8

Gráfico 4

Mapa 9

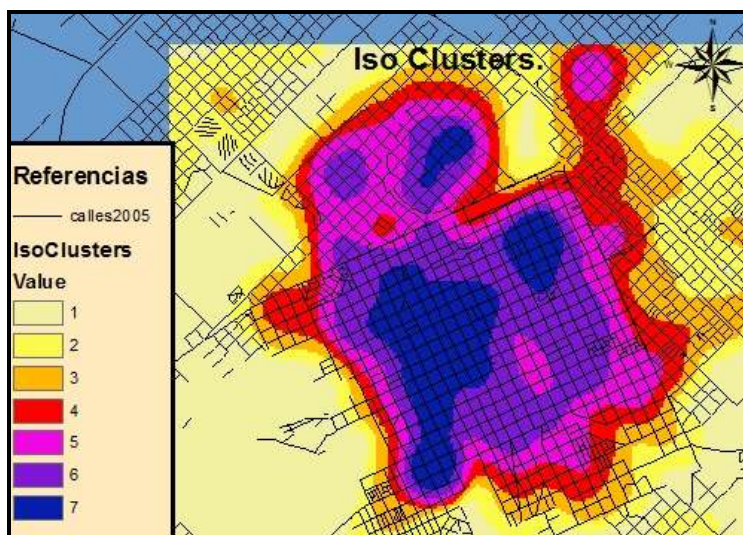


Elaboración propia.

Los mapas 6 y 8 muestran la distribución de las defunciones por Tumores y Enfermedades del Sistema Respiratorio respectivamente. Luego, los gráficos 3 y 4 presentan los valores del índice de vecino más cercano para el primer caso de 0,42 y 0,44, lo que nos estaría indicando que existe clustering en la distribución. Esto se corrobora con valores z de -34,32 y -18,78, y con un valor p de 0,00 para ambos casos, con lo cual podríamos rechazar la hipótesis nula sin temor a equivocarnos.

Una vez corroborada la existencia de una distribución desigual de las enfermedades en el espacio, se buscará delimitar mediante la ejecución de la herramienta IsoCluster, aquellas zonas de la ciudad que presenten densidades semejantes. Es decir, creará zonas homogéneas respecto de esa variable. De esta manera, quedarán, por ejemplo detectadas, aquellas áreas donde existe mayor densidad de defunciones en todas las causas de muerte. Como se indicaba anteriormente, esas áreas de la ciudad, serán en las que vivan grupos de individuos, familias o individuos que presentan más posibilidades que otros, de sufrir enfermedades, accidentes, muertes prematuras, con algún grado de vulnerabilidad y que esa "vulnerabilidad", no está siendo una resultante aleatoria, sino que tiene sus razones. Y esas razones, tienen que ver con factores ambientales, biológicos, demográficos, sociales que actuando individualmente o de manera conjunta entre sí desencadenan la presencia de ese proceso de diferenciación espacial. En este sentido, las áreas aquí encontradas con altos niveles de densidad.

Mapa 10. Análisis espacial de densidad de enfermedades: IsoCluster



Elaboración propia.

El mapa que resultó de la aplicación de la herramienta IsoCluster, muestra en color azul las áreas con mayores niveles promedio de densidad de defunciones en todas las causas de muerte. Están dispuestas sobre el centro oeste de la ciudad, y el norte del recuadro central. También sobre el ángulo superior al norte de ese recuadro. Por último, una zona de menor tamaño, sobre el norte de la ciudad. Las áreas con densidades levemente menores se ubican rodeando las zonas mencionadas y abarcando una gran parte de la superficie del recuadro principal de la ciudad. El siguiente nivel de densidad, rodea al anterior, comenzando a formar algo parecido a anillos concéntricos, a medida que descienden los niveles de densidad de defunciones, y alejándose del centro de la ciudad.

Sin embargo, antes de continuar, se debe solucionar el siguiente problema. Claramente las zonas del mapa con alta densidad de mortalidad, coinciden con las zonas de la ciudad donde el promedio de edad de las personas es el más elevado. Esto se debe a que no se tuvo en cuenta hasta ahora la estructura etaria de la población. Por lo tanto, se debe neutralizar el efecto de la estructura etaria para el análisis adecuado.

El procedimiento que se utilizó para esto, fue la ponderación inversa de las zonas con alta mortalidad a partir del mapa de densidad de promedios de edad de la población. De esta manera, se ajusta el efecto de la mortalidad en aquellas zonas en las que se ve inicialmente sobreestimada por la estructura etaria.

Luego, para completar el análisis propuesto y analizar qué asociaciones existen entre estas regiones y las características sociales, económicas y demográficas de los lugares puntuales donde se presentan, se ha realizado un análisis de correlación entre el mapa de isoclusters de distribución de densidad de mortalidad, con mapas de densidad de indicadores

socioeconómicos, contruidos de la misma manera en que se construyeron los mapas de densidad de cada una de las causas de muerte.

Las variables seleccionadas (obtenidas del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2001) y los indicadores obtenidos⁵, se presentan a continuación:

- Educación:** Población con máximo nivel de instrucción: Terciario completo (CP4_6T); Universitario incompleto (CP4_7T); Universitario completo (CP4_8T).
- **Cobertura Salud:** Población que posee obra social (CP1_1T).
- **Bienes:** Hogares en vivienda que poseen freezer (H24A_1T); Hogares en vivienda que tienen Lavarropas automático (H24C_1T); Hogares en vivienda que tienen celular (H24F_1T); Hogares en vivienda que tiene microondas (H24I_1T); Hogares en vivienda que tienen computadora con conexión a internet (H24K_1T); Hogares en vivienda que tienen Tv por cable (H24H_1T).
- **Situación Laboral:** Población de 14 años y más Ocupada (CP61_1T); Población de 14 años y más que es Patrón (CP7_3T)
- **Características de la Vivienda:** Hogares en viviendas con material de los pisos: cerámica, baldosa, mosaico, mármol, madera o alfombrado (H5_1T); Hogares en vivienda con material de las paredes: de ladrillo, piedra, bloque (H6_1T); Hogares en vivienda con

⁵ Para obtener los indicadores compuestos, partiendo de las variables seleccionadas, se trabajó de diferente manera en cada uno de las dimensiones.

Para la **dimensión educación**, se sumaron los valores correspondientes a cada una de las categorías mencionadas. Luego se calculó la proporción sobre el total de personas mayores de tres años para cada uno de los radios. De esta manera, los radios que poseen más cantidad de personas con terciario completo, universitario completo e incompleto, en relación a la población total del radio, serán los radios que en mejor situación respecto de esta variable se encuentren.

La dimensión **cobertura de salud**, se calculó como la proporción de personas que tenían obra social, sobre el total de personas en cada radio.

Para obtener la **dimensión bienes**, se aplicó en primer lugar un análisis de regresión lineal múltiple⁵, con las variables mencionadas anteriormente (Hogares en vivienda que poseen freezer; Hogares en vivienda que tienen Lavarropas automático; Hogares en vivienda que tienen celular; Hogares en vivienda que tiene microondas; Hogares en vivienda que tienen computadora con conexión a internet; Hogares en vivienda que tienen Tv por cable) como variables independientes en el modelo, y la variable 'IPMH Sin privación (CH33_1T)⁵, como variable dependiente⁵. Con los coeficientes de regresión obtenidos, correspondientes a cada una de las variables, se las ponderó para luego calcular la proporción sobre el total de hogares particulares ocupados.

La dimensión **situación laboral** se compuso a partir de la suma de las variables y el cálculo de la proporción sobre el total de población mayor de 14 años.

La **dimensión características de la vivienda**, se trabajó de manera similar a la dimensión bienes. Se aplicó un análisis de regresión múltiple, con las variables: 'Material de los pisos: cerámica' (H5_1T); 'Material de las paredes: pared de ladrillo' (H6_1T); 'Revoque-Revestimiento: Sí' (H7_1T); 'Cielorraso: Sí' (H9_1T) como independientes en el modelo, y la variable 'IPMH Sin Privación' (CH33_1T) de variable independiente. Los valores para el R², que tiene un valor de 0.954 y para R² corregida, que posee un valor sensiblemente menor, de 0.952. El valor de Durbin- Watson, es de 1,686, también cercano a 2, por lo tanto, los residuos están incorrelacionados.

paredes exteriores de ladrillo, piedra o adoba con Revoque-Revestimiento (H7_1T); Hogares en viviendas con cielorraso (H9_1T).

De la aplicación del análisis de correlación, resultó la siguiente matriz de correlación:

CORRELATION MATRIX

Layer	IsoClus	2	3	4	5	6
IsoClus	1,00000	-0,64923	-0,72976	0,45200	0,50302	0,54201
2	-0,64923	1,00000	0,98349	0,98741	0,99053	0,92775
3	-0,72976	0,98349	1,00000	0,95297	0,99672	0,97344
4	0,45200	0,98741	0,95297	1,00000	0,96668	0,87201
5	0,50302	0,99053	0,99672	0,96668	1,00000	0,95878
6	0,54201	0,92775	0,97344	0,87201	0,95878	1,00000

1. IsoClus
2. Dimensión Educación.
3. Cobertura de salud
4. Dimensión bienes
5. Situación laboral
6. Características de la vivienda

La interpretación de la matriz de correlación, muestra que existe una relación relativamente alta y negativa, entre la densidad de mortalidad y la densidad representada por la dimensión educación y la dimensión cobertura de salud. Esto quiere decir que, existe alguna relación entre la mortalidad por causas y la dimensión educación. El hecho de que sea una relación negativa, está indicando que, a menor nivel educativo, es más elevada la densidad de mortalidad. La misma interpretación debería hacerse respecto de la relación existente entre la dimensión cobertura de salud y la densidad de mortalidad por causas: la población con escaso acceso a la cobertura de salud, tiene asociada una densidad de mortalidad elevada.

Si bien no podemos decir que estas variables, determinan directamente el aumento de densidad de mortalidad, seguramente, el hecho que la población posea deficiencias respecto de estas variables, tendrá cierto tipo de impacto negativo (que se ve reflejado en los valores de correlación obtenidos).

Como fenómeno multicausal, la mortalidad está asociada a una multiplicidad de factores que, de manera compleja y diferente según la zona en la que se analice, se conjugan para definir situaciones diversas en el espacio.

CONCLUSIONES.

El planteo de una zonificación partiendo de estas variables relativas a las defunciones por causa, es fundamental para la planificación del territorio. La definición de estas áreas geográficas, son de utilidad a la hora de delinear políticas públicas sanitarias, es decir, planificar. La planificación, pretende actuar a priori sobre un proceso que es dinámico, que ocurre de manera constante y cuyo comportamiento y, por lo tanto, el resultado, es impredecible o de difícil predicción. El hecho de planificar, creando zonas en este caso, definiendo y explicando los comportamientos que las hacen homogéneas a su interior. La planificación debe llevarse a cabo con el objetivo de ejercer una controlabilidad y una disponibilidad de información específica sobre el espacio que permita particularizar decisiones y acciones orientadas a mitigar problemáticas asociadas a cada una. Una zonificación permite entonces, reconocer diferencias y actuar en el espacio en función de esas cualidades distintas.

La identificación y acción en relación con ciertos determinantes de la salud implica resolver la manera de abordar tanto el estudio del impacto de esos factores sobre la sociedad, pero también la forma de prevenir o mitigar la acción nociva que representan.

Es necesario desarrollar los instrumentos que permitan efectivamente establecer y medir las diferencias existentes y relacionarlas con los factores que las originan, y luego analizar la interacción de los factores entre sí y con las variables de la dinámica de las poblaciones que al conocimiento de la acción específica de cada factor aisladamente. Es decir, metodológicamente, más que universos separados de acciones individuales, se marca la relevancia de la acción intersectorial para el abordaje de la multicausalidad social.

La presente zonificación, puede ser el punto de partida para el desarrollo de políticas que atiendan estas diferencias entre sectores más desprotegidos o más amenazados respecto de las variables seleccionadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Baranger, D. **Construcción y análisis de datos**. Posadas, UNAM, 1992.
- Berenson, M; Levine, David. **Estadística Básica en administración. Conceptos y aplicaciones**. Department of Statistics and computer Informations Systems, Baruch Collage, University of New York, 944 Pags 1996.
- Bosque, J. **Sistemas de información Geográfica**. Madrid, RIALP, 1992.
- Buzai, G. **La exploración geodigital**. Buenos Aires, Lugar Editorial, 2000.
- Buzai G. **Mapas Sociales Urbanos**. Buenos Aires, Lugar Editorial, 2003.

- Buzai, G. y Baxendale, C. **Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica**. Lugar Editorial. Buenos Aires, 2006.
- Dacey, M. Analysis of Map Distributions by Nearest Neighbor Methods, Department of Geography, University of Washintong (1958) unpublished discussion paper No 1; B,J,L Berry, statistical Test of value in Grouping Geographic Phenomenon, Annual Meeting of the Association of American Geographers, Pittsburg 1959; P,W Porter, Farnest and rhe Orephagains- a Fable for the Instruction of Young Geographers, Annals of the Association Of American Geographers vol. 5 (1960) p. 297-299; L.J King, A quantitative expression of the Pattern of Urban Settlements in Selected Areas Of the United States, Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografe vol 53 (1962), p.1-7.
- Ebdon, D.: **Estadística para geógrafos**. Oikos- Tau, s.a Ediciones. Madrid, España. 1982.
- Estebanez, J: Bradshaw, R. **Técnicas de cuantificación en Geografía**. Madrid, Tebar, 1978.
- García Ramon, M.D. **Teoría y Método en la Geografía Humana Anglosajona**. Ariel Geografía, Barcelona, 1985
- Diggle, P. J. **Statistical Analysis of Spatial Point Patterns**. London: Arnold. Segunda edición. (2003).
- de la Cruz Rot, M. **Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas** Asociación Española de Ecología Terrestre, Ecosistemas 15 (3): 19-39 <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=448>, 2006.
- Giraldo Henao, Ramón **Estadística Espacial**. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Diciembre 2001.
- Goodchild, M.F., **Autocorrelación espacial**. Catmog 47, Geo Books, 1986
- Goodchild, Michael; Haining, Robert **Sig y análisis especial de datos: perspectivas convergentes**. Investigaciones Regionales, primavera, número 006. Asociación Española de Ciencia Regional. Alcalá de Henares, España, 2005.
- Grupo Chadule. **Iniciación a los Métodos Estadísticos en Geografía**. Ed. Ariel. Colección Elcano. España. 1980.
- Harvey, D. **Teorías, leyes y modelos en Geografía**, Alianza Editorial, 1969.
- Hagget, P; Cliff A.D. Ord, J.K **Spatial Aspects of Influenza Epidemics**. Pion Limited, 207 Brondesbury Park, London NW2 5JN, 1986.

- Lopez Abente Ortega, Gonzalo, Ibañez Martí, **Aplicación de técnicas de análisis espacial a la mortalidad por cáncer en Madrid** Documentos Técnicos de Salud Pública, http://bvs.isciii.es/mono/pdf/CNE_03.pdf, 2001
- Mitchell, Andy. La *Guía de Esri para el análisis SIG*, Volumen 2. Esri Press, 2005.
- Molina, Adriana **Sistemas de información geográfica para el análisis de la distribución espacial de la malaria en Colombia** Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 9, p. 91-111. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia) Julio 2008
- Moreno Jiménez, A. **Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de autoaprendizaje con AcrGIS**. Ra-Ma. Madrid. 895 págs. 2005.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (1991): «Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel», *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 30, p. 155-170.
- Peña, D. Romo, J. **Introducción a la Estadística para las Ciencias Sociales**. España, McGraw-Hill, 1998.
- Silverman, B.W. (1986): **Density estimation for statistics and data analysis**, Londres, Chapman and Hall.
- Trenhaile, A. **Drumlins: their distribution, orientation, and morphology** Canadian Geographer / Le Géographe canadien Volume 15, Issue 2, pages 113–126, June 197