

SELECCIÓN DE PARADIGMAS PARA EL PROCESAMIENTO Y CARTOGRAFÍA DE ATRIBUTOS SOCIO-SANITARIOS EN LA REGIÓN CENTRAL DE CUBA*

I. Padilla Rodríguez¹ y E. M. Pascholati²

¹ Instituto de Geología e Paleontología/ Grupo Empresarial Geominsal E-mail:ingrid@igp.gms.minbas.cu

² Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas, E-mail:paschol@ige.unicamp.br

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la incidencia de las características socio-económicas en la selección de paradigmas para el procesamiento y distribución espacial de atributos socio - sanitarios. La división político administrativa de la región central de Cuba, sirve de escenario para probar diferentes variantes de representación cartográfica, y de ellas, proponer el "Modelo de Objetos", como el más apropiado para evaluar las posibles correlaciones entre factores naturales o antrópicos discretos que ocurren en el medio ambiente regional y local, tomando en cuenta las ventajas de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Palabras clave: modelaje cartográfico, medio ambiente, Sistema de Información Geográfica.

Abstract: This paper has as an objective to show the incidence of socio - economic characteristics in the selection of paradigms for the processing and spacing distribution of social and health attributes. The administrative - political division of the central area of Cuba, serves as a scenario to test different cartographic representation variants, and from them, the application of the "Object Model" is proposed as the most appropriate to evaluate the possible correlations between discreet, natural or anthropic factors that happen in the regional and local environment, taking into consideration the kindness of the technology of the Geographical Information Systems (GIS).

Keywords: mapping modelling, environment, Geographical Information System.

* Recibido: 1-04-09. Aceptado:25-10-09.

1. Introducción

Estimar y correlacionar atributos sobre datos demográficos, enfermedades y costumbres socio-culturales en el mundo real a través de diferentes paradigmas y modelos, es práctica internacional de apenas unas décadas, más no ha sido utilizada a plenitud en los países subdesarrollados. Ya en el siglo XX, los estudios epidemiológicos extendidos a enfermedades y problemas de salud en general, son analizados mediante diversos métodos, entre los cuales la demografía y la estadística resultan especialmente importantes, por tanto, la utilización de representaciones cartográficas para interpretar y manejar estos datos facilita su estudio y la toma de medidas preventivas.

Erviti (1994), destacó algunos de los aspectos y características de la sociedad cubana que sirven de patrón “privilegiado” para desarrollar técnicas para la representación espacial de datos. La selección de paradigmas adecuados, destinados al procesamiento y distribución espacial de atributos socio-sanitarios, entre otros posibles en Cuba, aún representa limitados esfuerzos de instituciones en la esfera de las geociencias, las que en un proceso de integración armónica han asimilado objetivos propios de la “Geomedicina”, para el análisis de posibles riesgos en la salud y el hábitat. Mas, en modo alguno, la temática compone hoy el “Estado de las Artes” en el análisis de los problemas de salud en el país, su aplicación adecuada, puede representar una herramienta útil en el planeamiento de recursos y servir de guía para la atención preferencial por especialidades, en algunas regiones del país.

Considerando que la verdadera dimensión y utilidad práctica de las estadísticas socio-sanitarias no se alcanza hasta que éstas se visualizan en una cartografía temática, es propósito de este trabajo, analizar las características socio-económicas de la región central de Cuba, al realizar diferentes pruebas de interpolación sobre los datos disponibles, y proponer el paradigma que se adecue tanto a los estudios regionales como locales.

2. División político administrativa y características socio-económicas de la región central de Cuba

En la región de estudios se localizan tres provincias que abarcan 27 municipios y en estos, 121 poblados o localidades de mayor importancia por su desarrollo, (figura 1). Cartográficamente las sedes de ciudades, municipios y poblados, se delimitan por los correspondientes trazos de las poligonales topográficas que contornean las áreas de distribución de las principales concentraciones urbanas de la región.

La homogeneidad de las características socio-económicas de Cuba, puede ser considerada por encima de la media internacional para abordar las estadísticas sobre registros socio-sanitarios, o de cualquier otro factor incidente en el hábitat.

El patrón socialmente igualitario desarrollado por la dirección política del país, implica no sólo la inexistencia de niveles de renta que diferencien clases sociales marcadas por los recursos que posee, sino también, en el plano de los derechos sociales, los servicios de salud y la asistencia social están al alcance de todos, con un nivel de desarrollo y de infraestructura que puede ser evaluado de satisfactorio a bueno. Otro elemento a destacar es la difusión de estos servicios, ellos garantizan la emisión rápida y el diagnóstico eficiente en el lugar donde vive el paciente, aspecto que resulta favorable para que el problema de salud sea registrado y analizado conjuntamente con los atributos naturales y antrópicos del entorno.

También, existen otras disposiciones de tipo social y político en el país, que contribuyen a la permanencia de las personas en general, y de los pacientes, en particu-

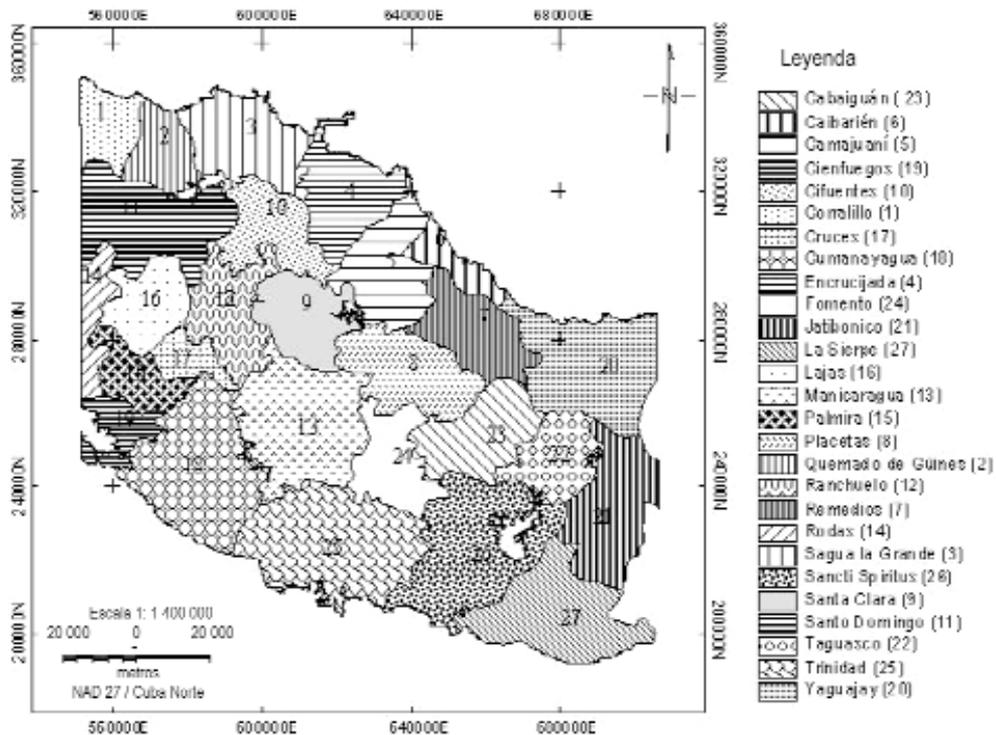


Figura 1. Mapa de la división político-administrativa en municipios, región central de Cuba.
 Figure 1. Map of politician-administrative division in municipalities, of central region of Cuba.

lar, en sus respectivas localidades de residencia; se trata del Decreto-Ley No. 147, del 21 de abril de 1994, Acuerdo No. 3808, el cual aprueba los objetivos, funciones y atribuciones específicas del Instituto de Planificación Física adjunto al Ministerio de Economía y Planificación. Es competencia de esta institución, controlar y propiciar el desarrollo armónico de los núcleos poblacionales. Como institución rectora, incide directamente en los elementos legales que concilian y subordinan las necesidades individuales a las soluciones sociales; para ello, en el proceso de crecimiento y desarrollo poblacional, la institución acciona para lograr el aprovechamiento de todos los elementos urbanísticos de la infraestructura general preexistente (energía eléctrica, acueducto, red de albañales etc.). La armonía de este ordenamiento, contribuye favorablemente a la confiabilidad de todos los registros de datos en la región, armonía, que se contrapone a la morfología urbana de barrios cerrados tan común en el resto de las ciudades de América Latina (Hidalgo, 2005).

3. Paradigmas para el procesamiento y la distribución espacial de los atributos socio-sanitarios

Los métodos aleatorios de muestreo dirigidos inicialmente a las investigaciones agrícolas, sirvieron de base para realizar inferencias en relación a la supervivencia de especies y sobre los posibles factores causantes de muertes. En analogía con esos primeros estudios, los métodos aleatorios de procesamiento estadístico y muestreo, fueron extendidos a ensayos clínicos, estudios de control de placebos en la industria farmacéutica y en otras esferas, para el monitoreo de enfermedades en poblaciones y más recientemente, en estudios sociales y la medicina preventiva en estudios epidemiológicos (Ralph 2000; Breslow, 2000).

En ese proceso de desarrollo, el modelaje cartográfico de los atributos, tiene un papel importante en la localización de sucesos estadísticos y en el trazado de estrategias de prevención y reposición ambiental. Los trabajos de (Berry, 1964) y (Sack, 1973) constituyen las pautas de esos paradigmas. Posteriormente, los Sistemas de Información Geográfica SIG, han facilitado que factores locales (cualitativos o cuantitativos) de cualquier evento en el entorno, se puedan representar por composiciones temáticas de diferentes variables (atributos), expresadas en un formato matricial (Berry, 1964). Los datos de cualquier matriz cartografiada tendrán dos vías de entrada; las filas indexadas por las unidades experimentales o levantadas sobre la "población objeto de estudio", y las columnas, que representan las variadas características (atributos) de los datos medidos en el entorno. De esta forma, los atributos alcanzan su significado local en la vecindad.

Para la distribución espacial de las variables a cartografiar, si el objeto se interrelaciona con una geometría de imágenes, el formato conocido como *raster* es el apropiado, mientras si es discreto el “Modelo de objetos”, debe ser el indicado. En estos modelos, debido a la propia naturaleza determinística de los datos (con reconocida pérdida de información en la representación de elementos o variables), son importantes los criterios estadísticos obtenidos en la vecindad de la media (valores mínimos, medios, máximos y la desviación *estándar*). Con esta representación, las estimaciones estadísticas que emplean interpolación numérica, serán concordantes con la naturaleza y distribución de las variables y, los eventos, se estiman en el sentido probabilístico y de tendencias (Haining, 1995; Haining y Wise, 1996; Ferreira, 2003).

Otro elemento a considerar es la escala de análisis, los paradigmas que permiten la distribución espacial por campos continuos, pueden no garantizar la necesaria independencia espacial entre los atributos, de manera que éstos posibiliten el adecuado establecimiento de correlaciones o tendencias. Sin embargo, el “Modelo de Objetos” exactos, por su propia concepción, permite la construcción de tendencias y relaciones entre los atributos de la base de datos, a pesar de que éste tenga limitaciones para el modelaje a escala global, por la pérdida de exactitud (Burrough, 1992; Burrough y Frank, 1995; Gatrell *et al* 1996; Ferreira, 2003). De cualquier forma, la selección del paradigma adecuado, requiere de la realización de pruebas que permitan analizar cual representación es más apropiada.

4. Materiales y métodos

Teniendo en cuenta los antecedentes históricos y, conociendo que los procesamientos raster son más amigables y requieren de menor recurso de cómputo, se propone como primera opción para el estudio y la selección del modelo de representación cartográfica, aplicar este procesamiento sobre los atributos población y casos de cáncer. Se utilizan para este fin, los datos del censo poblacional del año 1998 por su grado de completamiento y clasificación hasta el nivel municipal y, de las estadísticas sobre muertes por neoplasias del tipo tumores sólidos, se utilizó la “prevalencia de período” para igual año. Sobre la base de estos datos, se estiman y representan los atributos densidad poblacional y de casos para la región.

La siguiente secuencia de análisis se aplica a los datos “discretos” de la población ya citados, los cuales se interpolan, clasifican y analizan según las técnicas citadas a continuación:

- Interpolación por el Inverso ponderado de la distancia (*IDW*);
- Interpolación por la técnica *Spline*;

- Atribución de proximidad por la vecindad y reclasificación;
- Estimación de proximidad por la técnica *Buffers*.

Se observa en las (figuras 2-a; 2-b; 2-c) y en la (figura 3) que en cualquiera de las variantes de interpolación aplicadas, las cartografías *raster* del conjunto poblacional, se condicionan al valor del dato atribuido al punto de manera tendenciosa. La baja densidad de puntos con atributos de población en la región y la distancia que los separa, no garantiza una distribución *raster* precisa para que estas cartografías puedan ser empleadas eficazmente en las evaluaciones posteriores con los datos de salud. Véase como opera metodológicamente cada técnica, y, sus correspondientes representaciones cartográficas (figuras 2-a; 2-b; 2-c) y la (figura 3).

La aplicación de la técnica IDW, mostrada en la (figura 2-a), atribuye al *pixel* el valor interpolado según la ponderación de los datos de población a través de una función lineal del inverso de la distancia entre los puntos que representan la muestra. Los datos próximos al punto tendrán la influencia principal, reflejando más detalles del punto de referencia y menor influencia de los puntos circunvecinos, permitiendo solamente, obtener buenos resultados, cuando el muestreo es suficientemente denso y semejante para simular las tendencias de la superficie (Philip y Watson, 1986). En el caso del *Spline*, la técnica impone que la superficie de interpolación pase exactamente a través de los puntos con datos, garantizando una superficie continua y diferenciable.

Para una distribución poco uniforme de datos, sean estos de población, salud, o de cualquier otro parámetro físico, cuando la malla no consigue abarcar para la escala, una cantidad semejante al requerido para interpolar (8 puntos), el proceso requerirá de la expansión de la matriz hasta alcanzar consecuentemente, ese mínimo. Con esta aplicación, se genera una superficie como la presentada en la (figura 2-b); ésta, permite satisfacer una distribución de los datos que responde a un campo físico de naturaleza potencial el cual posea una alta densidad de puntos, sin embargo, resulta grosera para la representación espacial de datos de población ó salud, que en general, no garantizan esas exigencias.

Con el fin de obtener una distribución espacial mejorada de los datos poblacionales georeferenciados, sobre la base de las distancias Euclidianas entre las localidades vecinas en la región, fueron agrupados los datos de población aprovechando la rutina *Assigns proximity*, del *Arc View*; ésta, divide la región en un conjunto de polígonos *Thiessen* y, al mismo tiempo genera para éstos un *grid* (malla) que refleja simplemente la magnitud ó “elevación” de esos datos. Ese *grid*, posteriormente reclasificado por intervalos de población, permite obtener una imagen como la mostrada en la (figura 2-c); imagen que evidencia claramente una distribución espacial mas objetiva de la dispersa base de datos, pero también, tendenciosa respecto a los valores de

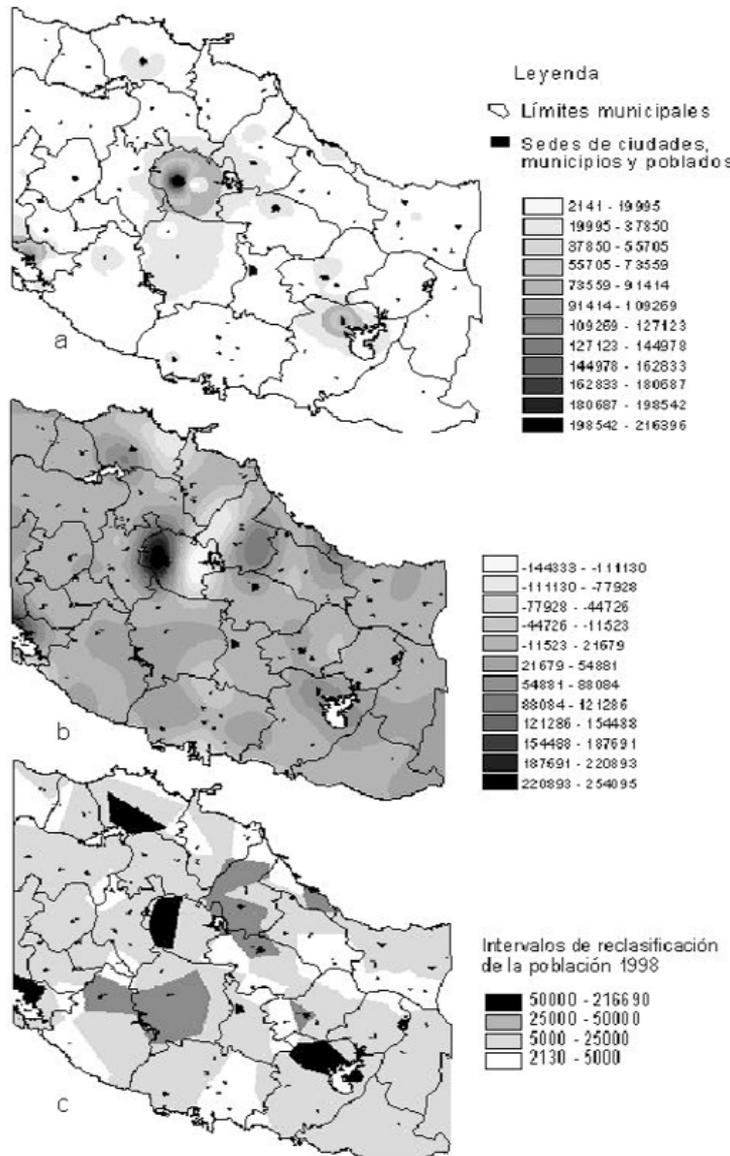


Figura 2. Mapas esquemáticos de la distribución espacial de los datos de población con base al año 1998, en la región central de Cuba. Técnicas de: (a) IDW; (b) Spline; (c) Atribución de proximidad y reclasificación.

Figure 2. Schematic Maps of the spatial distribution of population's data based in 1998 year, in the central region of Cuba. Interpolation techniques: (a) IDW; (b) Spline; (c) Attribution of vicinity and reclassification.

los puntos de referencia. Finalmente, se probó y seleccionó la técnica *Buffer* para ser aplicada sobre el “**Modelo de Objetos**” (figura 3), modelo más apropiado para lograr una representación cartográfica que se adecue a los atributos discretos de las estadísticas correspondientes a los datos socio-sanitarios, así como, a cualquier otro atributo de similares características, para analizar su distribución espacial

La generación de los Buffers, combinada con las ventajas del uso de la función Kernel (Martin 1989, 1996; Matin & Braken1991; Braken 1994), prevén la posible ocurrencia de celdas en la malla, donde el atributo puede tener valor cero o inclusive ausencia de valor, y que el ancho o alcance de la función, sea ajustable a la densidad del atributo asociado al centroide. Si el atributo a representar, es población, el “alcance” se ajusta a la densidad poblacional local; se reduce en sectores de alta densidad poblacional, mientras que en las poco pobladas, el alcance del Kernel no se altera. Así, el raster resultante dentro del Buffer, refleja un decaimiento ponderado y proporcional de la densidad poblacional con la distancia en la malla, lo que resulta apropiado para modelar datos de esta naturaleza y realizar diferentes tipos de análi-

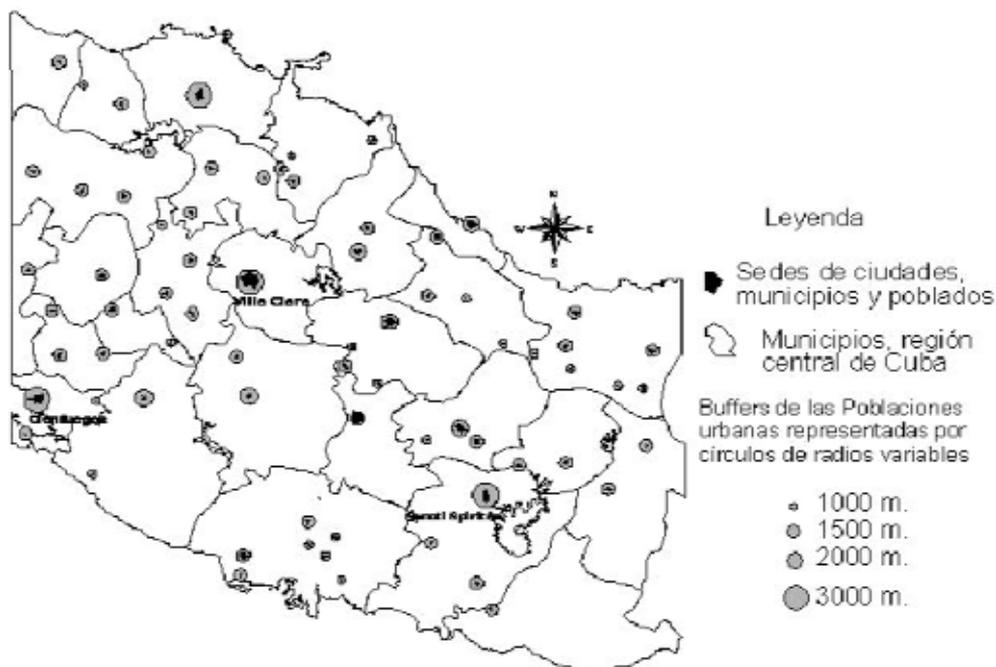


Figura 3. Mapa esquemático de la distribución espacial de los datos de población con base al año 1998, en la región central de Cuba. Técnica Buffer's: "Modelo de Objetos".

Figure 3. Schematic Map of the spatial distribution of population's data based in 1998 year, in the central region of Cuba. Buffer's Technique: "Object Model".

sis sobre el desarrollo social de una región de estudio ó de sus sedes político administrativas. Las ventanas ampliadas de las (figuras 4 y 5) destacan claramente como queda la representación de la densidad poblacional y de los casos de cáncer, al cartografiar dichos atributos utilizando el “**Modelo de Objetos**” sobre la base de los correspondientes Buffers generados y la variación de los atributos según la función Kernel descrita.

5. Resultados

El paradigma resultante, denominado “Modelo de Objetos” (figura 3), garantiza una distribución cartográfica más objetiva de los atributos, capaz de reflejar en la geometría de la técnica *Buffer* aplicada, no sólo las variaciones en éstos, sino su adecuada correspondencia con todo lo abordado sobre las características socio - económicas de la región y el crecimiento y desarrollo armónico de las sedes urbanas en las provincias, municipios y poblados. En el diseño propuesto, cada una de las sedes urbanas de estas localidades, son contorneadas por elementos *Buffers* de geometría circular y radios variables proporcionales a la magnitud de sus correspondientes poblaciones. Para estos *Buffers*, se delimitan áreas en el intervalo de 1 km²-3 km², dentro de las cuales, se procede a distribuir los datos sobre densidades poblacionales ó de prevalencia de enfermedades urbanas, distribución que en ese entorno, contribuye por su efectividad al estudio del medio ambiental local. Para representar las poblaciones rurales, en las que no fue posible establecer una localización fija fuera de los límites urbanos reconocibles, éstas se asocian al correspondiente *centroide* municipal, y en consecuencia, estadísticamente resulta una densidad poblacional rural homogénea y constante en cualquier punto exterior al *Buffer*; mientras que en el modelo, los *Buffers* representan para cualquier análisis, el área urbana de cada una de las sedes municipales de la región. Sobre la base de este paradigma (figura 3), pueden ser confeccionados mapas de cualquier tipo de atributos. La presente aplicación, ilustra en las (figuras 4 y 5), su utilización en la confección de los mapas de densidad poblacional expresados en *habitantes. km⁻²*, y de los atributos socio-sanitarios sobre cáncer en la región, expresados en casos *km⁻²*. La efectividad de este tipo de representación fue comprobada con éxito para diversos análisis en Padilla (2005), donde el estudio cruzado en ambiente SIG de variables independientemente puntuales, sobre la base del “Modelo de Objetos”, permitió correlacionar con efectividad poblaciones y casos de muertes por dolencias cancerígenas, con la radio-geoquímica de los ambientes geológicos presentes y confeccionar, por primera vez para la región, la Línea Base Medioambiental para las radiaciones gamma, cartografía útil no sólo para los actuales y futuros estudios socio-sanitarios locales, sino también, para el sistema de Vigilancia Radiológica Nacional.

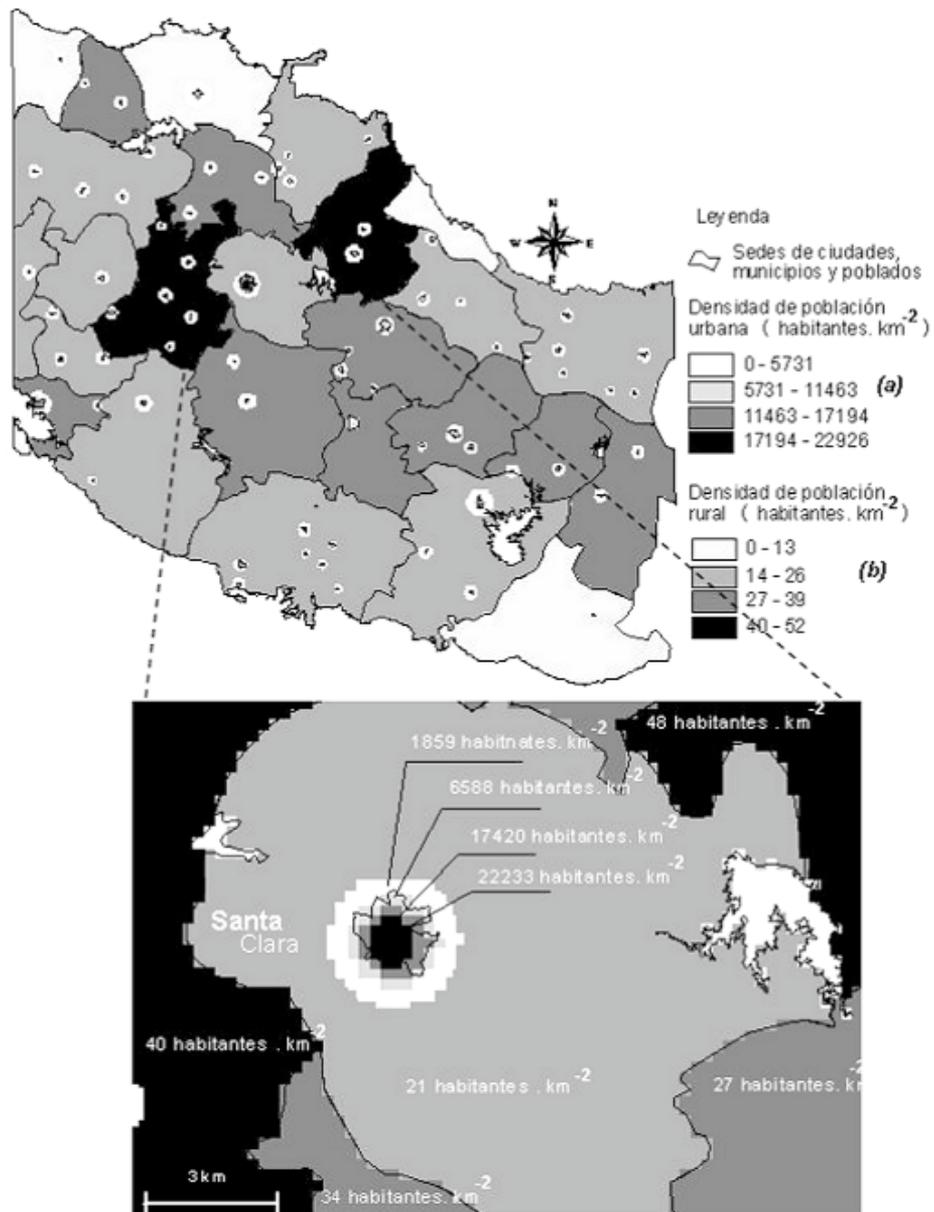


Figura 4. Mapa de densidad poblacional: (a) urbana; (b) rural (habitantes/ km²), región central de Cuba.
 Figure 4. Density Population's map: (a) urban (b) rural (habitants/ km²), in the central region of Cuba.

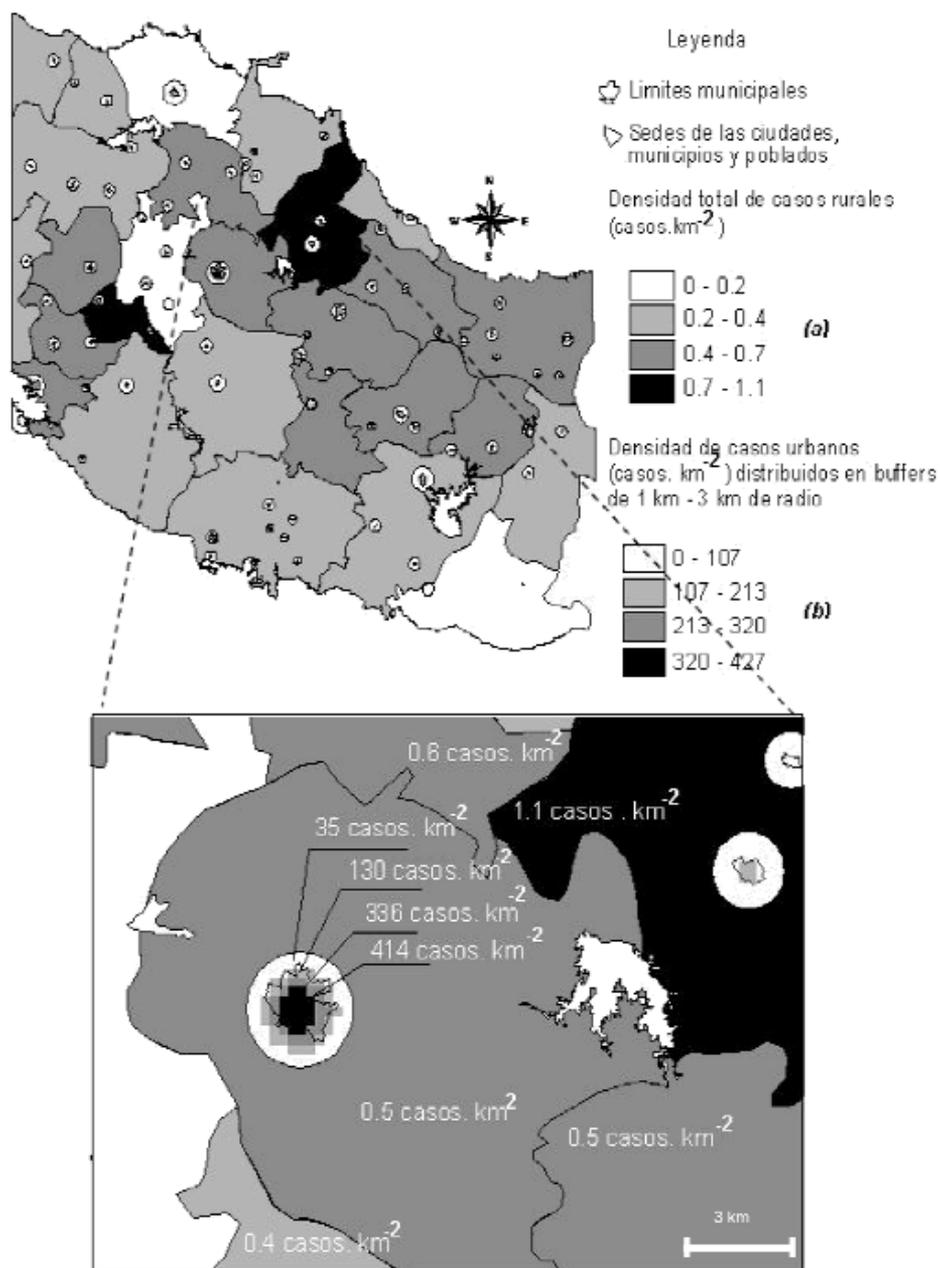


Figura 5. Mapa de densidad de casos: (a) rural; (b) urbano (casos/ km²), región central de Cuba.
 Figure 5. Density case's map: (a) rural (b) urban (cases/ km²), in the central region of Cuba.

6. Conclusiones

La aplicación de diferentes técnicas de interpolación sobre los datos discretos de la población de la región, revelaron una mayor exactitud y eficiencia en el cruzamiento de variables en ambiente SIG, cuando se utiliza un modelo cartográfico del tipo “Modelo de Objetos”.

Los atributos utilizados, previamente agrupados y clasificados según sus magnitudes en el área, posibilitan la generación ponderada de *Buffers* de radios variables, que al combinarse con las ventajas de los modelos basados en el Kernel durante la conformación del “Modelo de Objetos”, conduce a una distribución espacial más representativa para los atributos utilizados en esta aplicación: *densidad poblacional* y *casos de enfermedades cancerígenas*.

El paradigma seleccionado concuerda con la supuesta homogeneidad geométrica, que las condiciones socio-económicas del país (a través de la aplicación del Decreto-Ley No. 147, del 21 de abril de 1994), imponen al desarrollo de las respectivas localidades estudiadas.

El “Modelo de Objetos”, se ajusta perfectamente tanto a la geometría como a la armonía del ordenamiento que condiciona el desarrollo de las diferentes localidades en el territorio nacional y, contribuye además, al logro de una fidedigna representación de la información contenida en todos los tipos de Bases de Datos del país. Esta forma armónica de desarrollo, se contraponen claramente a la filosofía social y morfología urbana de barrios cerrados, que resulta tan común en el resto de las ciudades de América Latina

La cartografía basada en el “Modelo de Objetos”, se recomienda entre otras esferas, a la de la salud, para la representación cartográfica de los estudios socio-sanitarios y/o socio-culturales entre otros posibles, ya que permite una eficiente vinculación con el medio ambiente local a escalas más detalladas y/o territorial a las menores escalas.

Bibliografía

- Berry, B. J. (1964). Approaches to regional analysis: a synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 54, 2-11.
- Bracken, I. (1994). A surface model approaches to the representation of population-related social indicators. In: Fortheringham A.S., Rogerson, P. *Spatial*

- Analysis and GIS*. Taylor and Francis, 15-37.
- Breslow, E. N. and Gianola, M. (2000). Statistics in the Life and Medical Sciences. *Journal of the American Statistical Association*, 95i (449), 281.
- Burrough, P.A. (1992). Are GIS data structures too simple minded? *Computers and Geosciences*, 18 (4), 395-400.
- Burrough, P.A. and Frank A. U. (1995). Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information systems truly generic? *International Journal of Geographical Information system*, 9 (2), 101-116,
- Diggle, P.J. (1985). A Kernel method for smoothing point process data. *Applied Statistics*, 34, 138-147.
- Diggle P.J. (1990). A point process modeling approach to raised incidence of a rare phenomenon in the vicinity of a pre-specified point. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 153, 349-362.
- Erviti, B. (1994). Urbanización y asentamientos humanos en Cuba. En: Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo (CIPD). El Cairo, Egipto,
- Ferreira, M. C. (2003). Análise espacial e modelagem cartográfica de epidemias de dengue: proposta de método. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Tese de Livre-Docência.
- Gatrell, A. C., et al. (1996). Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. *Trans. Inst. Br. Geogr.* NS 21, 256-274,
- Haining, R. J. (1995). Designing spatial data analysis modules for geographical information systems. In: *S. Fotheringham and P. Rogerson (eds) Spatial Analysis and GIS*, London, Taylor and Francis, 45-63,
- Haining, R. J. & Wise, (1996). S. Design of software system for interactive spatial statistical analysis linked for a Gis. *Computational Statistic*, 11, 449-466.
- Hidalgo, R. y Borsdorf, A. (2005). La exclusión residencial y el desarrollo de la ciudad moderna. *Geographica*, 48, 5-29.
- Instituto de Planificación Física adjunto al Ministerio de Economía y Planificación (Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros). Decreto-Ley No. 147, de 21 de Abril, 1994 Acuerdo No. 3808. República de Cuba, 1994.
- Martin, D. (1989). Mapping population data from zone centroid locations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, NS, 14, 90-97.
- Martin, D. & Bracken, I. (1991). Techniques for modeling population-related raster databases. *Environment and Planning A*, 23, 1069-1075.
- Martin, D. (1996). *Geographic Information Systems and their Socioeconomic Application*, London, Routledge, 27, 25-47.
- Philip, G. M. and Watson, D. F. (1986). *Matheronian Geostatistics-Quo Vadis??, Mathematical Geology*, 18 (1), 93-117.
- Padilla, I. (2005). Avaliação das taxas de doses de radiação Gama e modelagem cartográfica das estatísticas de óbitos por neoplasias na região central de Cuba. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título Doutor em Ciências.
- Ralph, E. A. (2000). Paradigm for environmental Epidemiology: Why are Effects of Environmental Exposures Different from Occupational Effects? *Editorial Environmental Health*, 55 (5), 295-296.
- Sack R. D. (1973). A concept of physical space in Geography. *Geographical analysis*, 5(1) 16-34.