

**CENTRO PROVINCIAL DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA
VILLA CLARA
UNIDAD DE ANALISIS Y TENDENCIAS EN SALUD
ESCUELA NACIONAL DE SALUD PUBLICA**

T E S I S

**Propuestas metodológicas para la incorporación más efectiva del
análisis espacial en Ciencias de la Salud**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de la Salud

**Autora: M.Sc. Lic. Milagros Alegret Rodríguez
Tutor: Dr.C. Ricardo Grau Abalo**

Santa Clara

2006

**CENTRO PROVINCIAL DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA
VILLA CLARA
UNIDAD DE ANALISIS Y TENDENCIAS EN SALUD
ESCUELA NACIONAL DE SALUD PUBLICA**

T E S I S

**Propuestas metodológicas para la incorporación más efectiva
del análisis espacial en Ciencias de la Salud**

**Tesis presentada en opción al grado científico
de Doctor en Ciencias de la Salud**

Autora: M.Sc. Lic. Milagros Alegret Rodríguez

Santa Clara

2006

A mi esposo, por todo lo que a través de él, he tenido:

El Amor

La Familia

*La Libertad para desarrollar con pasión
mi vida profesional.*

A El, por habérmelo destinado, tal vez sin merecerlo.

Agradecimientos



AGRADECIMIENTOS

*“Gray, dear friend, is all theory.
And green the golden tree of life”.
Goethe.*

Tal vez el “primer impulso” a la realización de este trabajo, surgió, de manera casi imperceptible, escuchando una excelente disertación de estadísticas multivariadas en el marco de un postgrado de métodos de análisis aplicados a la salud, impartido, muy al principio de los 90 por el Prof. Ricardo Grau. El se refirió al análisis de clustering para la clasificación multivariada de casos, como “una técnica más topológica que estadística, porque estaba basada en nociones de distancias”. Algunos años más tarde, en mi quehacer como bioestadística de las nacientes Unidades de Análisis y Tendencias en Salud, vi irrumpir la especialidad de la Geografía y tuve la suerte de que “mi geógrafa” – como cariñosamente suelo decirle- la Lic. Mercedes Rodríguez, resultara una excelente profesional, de quien aprendí muchas cosas y con quien compartí innumerables inquietudes científicas. Ambas transitamos un camino de maduración, inmersas en el campo aún mucho más rico y lleno de incógnitas que suele ser la Epidemiología, y de esta colaboración y amistad surgieron muchos trabajos que resultaron ser innovativos y que transitaron por el amplio abanico que va desde la incompreensión, el rechazo y la crítica hasta la alabanza y el reconocimiento, ingredientes todos muy necesarios en el tortuoso camino del avance del conocimiento. Lo que sí recuerdo es que esta tríada disciplinaria: Bioestadística- Análisis Geográfico- Epidemiología constituyeron el crisol de este esfuerzo, en el que mucho tuvieron que ver la pasión, la entrega y la excelencia de estos profesionales, y que derivó, por mediación de la conquista, mi “esperada” orientación hacia temas más afines con mi formación básica –la Bioquímica- en la que ya había completado mi grado de Maestría. Hoy puedo ver con infinita satisfacción, que los conceptos aquí defendidos trascienden los límites disciplinarios y que también en los terrenos que me formaron en las aulas universitarias, las nociones de distancia y estructura espacial imperan en los campos de la síntesis orgánica, el “mapeo” del genoma y los algoritmos que explican “las decisiones moleculares” de acoplarse, dando explicación más clara a complejos fenómenos biológicos del micromundo.

No puedo menos que ver en todo esto una continuidad y una unicidad impresionantes.

Por eso, junto con el agradecimiento a estos dos profesionales, y a muchos otros que han impreso su huella en este esfuerzo, deseo expresar mi profundo respeto, gratitud y admiración hacia ese orden superior que apenas comenzamos a comprender a través de la Ciencia.

Síntesis



SINTESIS.

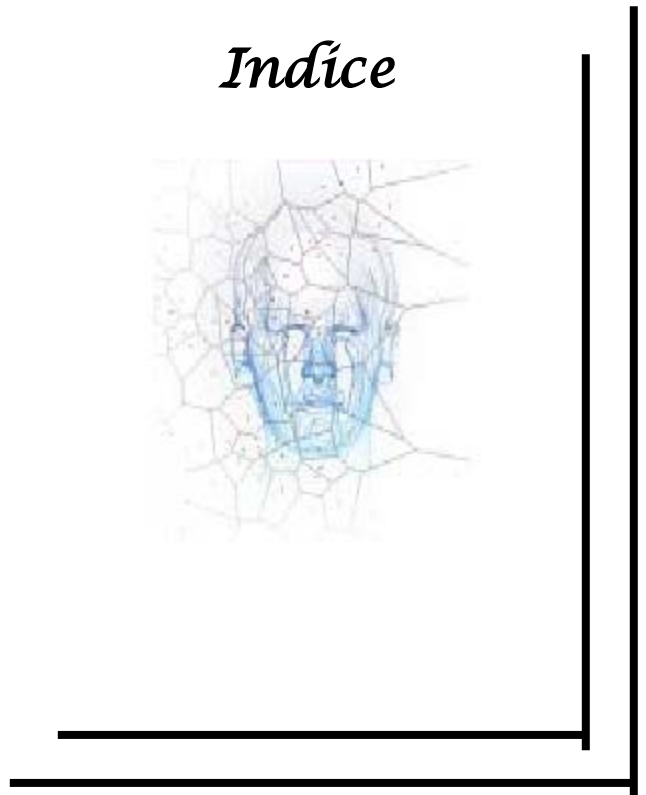
Aunque los estudios epidemiológicos tienen como fin desentrañar las relaciones de la tríada epidemiológica (persona-tiempo-espacio), éste último muchas veces no ha sido considerado como una variable de interés, en particular si “quién” o “cuándo” satisfacen las principales preguntas de la investigación. Sin embargo el patrón espacial de eventos de salud es fundamental para comprender la exposición y prevenir eventos futuros, más allá de si el proceso que subyace es contagioso, influenciado por el ambiente o relacionado a la variabilidad genotípica. La información acerca de los patrones espaciales debe ser cuando menos tan útil como lo concerniente a los patrones demográficos o temporales. En Cuba se ha reconocido que las distribuciones espaciales de los problemas de salud, han sido poco estudiadas a pesar de contarse con una amplia información de reconocida calidad.

En esta tesis se integran los resultados de un conjunto de trabajos de investigación realizados por la autora, desde 1996, sobre el tema del análisis espacial en salud. Estas investigaciones han permitido abordar científicamente aspectos teóricos y metodológicos de la incorporación de la espacialidad a los análisis salubristas en el contexto cubano, e identificar las principales limitaciones que han conducido a la subutilización de estos recursos. De manera que el trabajo, a partir de una extensa revisión de diferentes disciplinas involucradas en la prosecución de esta meta, pretende abrir barreras, flexibilizar conceptos y dar soluciones asequibles a las necesidades de análisis espacial en salud y de esta forma promover su utilización en el proceso de toma de decisiones.

Esta tesis es una investigación de desarrollo. Para cumplir con los objetivos propuestos fue necesario realizar revisiones bibliográficas que involucraron varias disciplinas, compilar estudios de caso representativos de las principales dificultades con que tropieza el intento de rebasar la simple descripción en el análisis espacial salubrista y las soluciones propuestas por la autora. Tras el resultado visual del “mapa”, se desarrollaron métodos de análisis estadísticos externos a los Sistemas de Información Geográfica, adecuación de la información primaria, diferentes abordajes del espacio y otros recursos de análisis y de visualización con el resultado de obtener información de valor añadido en la información vinculada al espacio. En el desarrollo lógico de estos ejemplos se sigue la estrategia de ir de lo simple a lo complejo, metodológicamente hablando. Finalmente se muestra una visión generalizadora de los problemas planteados, un enfoque práctico de nuestra realidad aquí y ahora para abordar estudios espaciales mediante estrategias metodológicas asequibles, se discuten varios puntos de vista sobre el futuro de las tendencias tecnológicas en este campo, pero sobre todo, se proporciona el reencuentro con aportes medulares que existen en el pensamiento de otras ciencias, el que la autora considera tiene el valor de poner bajo una misma perspectiva multidisciplinaria algunos aspectos sometidos a debate actual y que dan solución práctica y útil a los estudios donde sea interesante incorporar la dimensión espacial en el análisis.

A partir de las valoraciones expuestas en las conclusiones, se recomiendan estrategias para incorporar de forma más efectiva la espacialidad en salud, con el objetivo de elevar el papel que desempeña este tipo de análisis en los estudios salubristas para la toma de decisiones a la medida de los territorios en las condiciones cubanas.

Indice

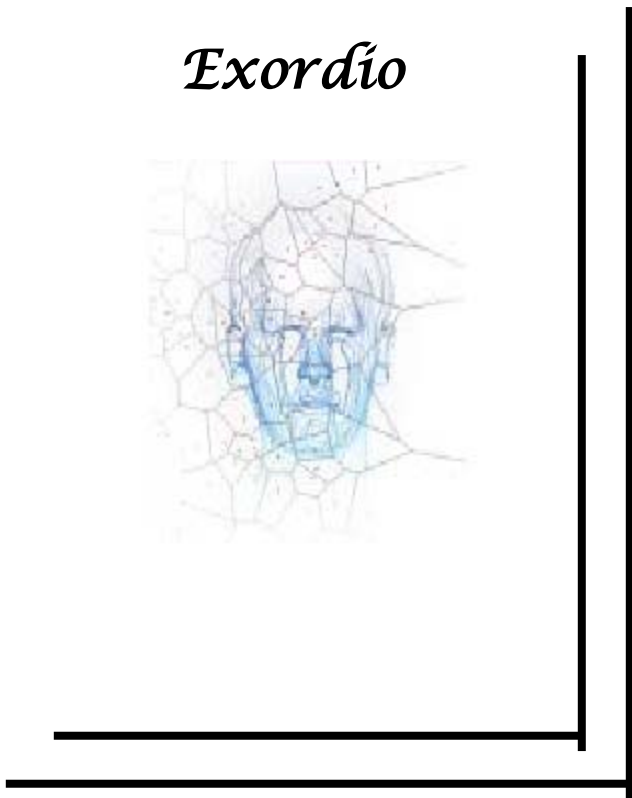


INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.	1
1. MARCO TEORICO.	11
1.1- Una revisión necesaria.	11
1.2- Ubicación de las Técnicas de Análisis Estadístico Espacial en el contexto general de la Estadística.	13
1.3- SIG y análisis espacial. Acerca del software disponible.	17
1.4- Unidades, datos y objetos espaciales.	21
1.5- Cuantificación de la estructura espacial. Desafíos metodológicos.	22
1.6- Diferentes patrones de distribución espacial y su relación con aspectos epidemiológicos.	27
1.6.1- Algunos recursos metodológicos: las técnicas de conglomerados.	28
1.6.2- Diferentes tipos de aglomeraciones.	34
1.6.3- La espacio-temporalidad.	38
1.7- Integrando el evento y su contexto. Un nuevo enfoque ecológico basado en los conglomerados.	40
1.8- Carácter multidisciplinario del análisis espacial de eventos de salud.	50
Conclusiones del Capítulo I	53
2. APLICACIONES DE DISTINTOS ABORDAJES METODOLOGICOS ANALISIS ESPACIAL.	54
2.1- PNB, mortalidad en menores de 5 años y esperanza de vida en la región de las Américas. El espacio implícito.	54
2.2- Una solución alternativa a la inestabilidad de las tasas en áreas pequeñas. Estudio de la distribución de Meningoen- cefalitis viral en Villa Clara (año 2000) mediante un enfoque bayesiano.	55
2.3- El estudio de eventos basado en datos agregados a una unidad areal. Síndrome de Down y consistencia de los resultados con variables epidemiológicamente relevantes.	56
2.4- El análisis de conglomerados de casos asociados a fuentes putativas de riesgo. El cólera en Londres y el mapa de Snow.	63
2.5- Estructurando el espacio mediante variables contextuales. Convergencia de daños y contextos.	65

2.5.1- Estratificación socio-ambiental de la ciudad de la ciudad de Santa Clara	65
2.5.2- Estratificación multivariada en el Atlas dinámico de Salud de Villa Clara.	72
2.5.3- Estratificación contextual de los municipios del país.	75
2.6- Un estudio de caso interesante: el VIH desde una perspectiva contexto-espacio-temporal.	79
Conclusiones del Capítulo 2.	87
3. PRESENTE Y FUTURO DEL ANALISIS ESPACIAL EN CIENCIAS DE LA SALUD.	89
3.1- La espacio-tecnocratización.	89
3.2- Del espacio a la estructura.	93
3.3- Avizorando el futuro: nuevas perspectivas para el estudio de lo complejo. De GISystem a GIScience.	101
3.4- Espacialización y construcción de metáforas espaciales.	106
3.5- Un futuro de convergencia e interdisciplinariedad de los enfoques.	112
3.6- GISciencia en Cuba: Dónde estamos y a dónde debemos ir?	116
Conclusiones del Capítulo 3.	119
CONCLUSIONES GENERALES.	120
RECOMENDACIONES	122
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	123
ANEXOS.	
Producción científica de la autora sobre el tema.	
Premiaciones en relación con la producción científica de la autora sobre el tema.	

Exordio



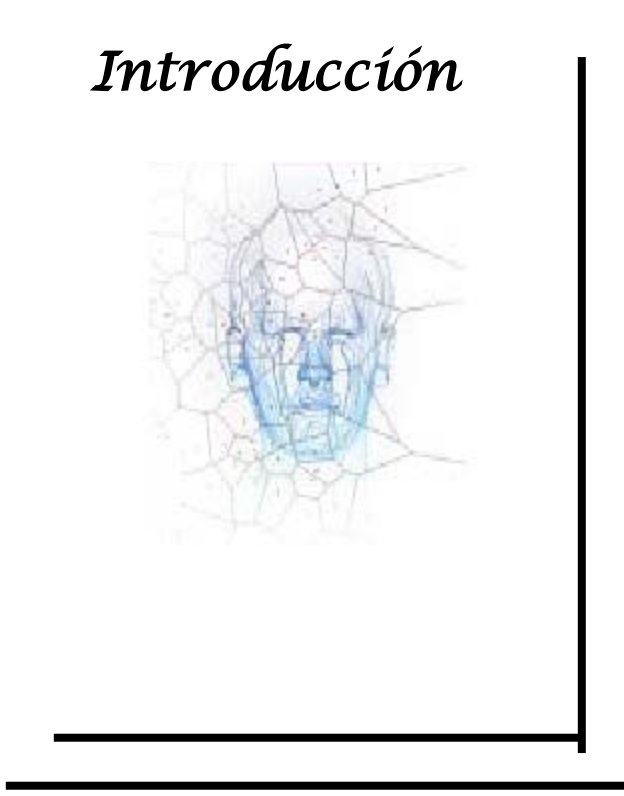
When one comes into a city to which he is a stranger, he ought to consider its situation, how it lies as to the winds and the rising of the sun; for its influence is not the same whether it lies to the north or to the south, to the rising or to the setting sun. These things one ought to consider most attentively, and concerning the waters which the inhabitants use, whether they be marshy and soft, or hard and running from elevated and rocky situations, and then if saltish and unfit for cooking; and the ground, whether it be naked and deficient in water, or wooded and well-watered, and whether it lies in a hollow, confined situation or is elevated and cold... From these things he must proceed to investigate everything else. For if one knows all these things well, ... he cannot miss knowing, when he comes into a strange city, either the diseases peculiar to the place or the particular nature of the common diseases, or commit mistakes, as is likely to be the case provided one had not previously considered these matters. And in particular, as the season and year advances, he can tell what epidemic disease will attack the city, ... and what each individual will be in danger of experiencing from the change of regimen.

Hippocrates, On Airs, Waters, and Places, ca 400 B.C.

*Ningún hombre es una isla, habitada únicamente por él...
Así que nunca quieras saber por quien doblan las campanas;
doblan por ti.*

John Donne

Introducción



INTRODUCCION

Los estudios de la distribución de eventos en el espacio han sido históricamente aplicados a varios campos y problemas. Preguntas de investigación como: ¿A qué riesgos especiales está sometida una población por el hecho de vivir en las cercanías de una electronuclear?, ¿Cómo influye el clima de una región específica en la salud de los niños?, o ¿Cómo influyen las características hidrogeológicas de determinada zona en la calidad del agua y por ende, en la salud de sus consumidores? son tan antiguas en las Ciencias de la Salud como su propia historia. Todas ellas implican el manejo de un componente espacial que muchas veces subyace, silencioso y hasta ignorado en los análisis más tradicionales que en ocasiones se limitan a la descripción de las poblaciones enfermas en su caracterización como individuos. Sin embargo el interés de muchas disciplinas, que han adoptado disímiles nombres, según el perfil de sus líderes (Geografía Médica, Epidemiología Espacial, etc.) coloca al espacio en el centro de atención al basarse en las localizaciones de los eventos de salud, o de los recursos de salud en relación al ambiente u otros factores de interés.

Este enfoque ha sido aplicado a una variedad de aspectos relacionados con la salud, incluyendo el diseño de distribuciones de servicios de salud más equitativas, el patrón espacial de las necesidades de servicios de salud, la caracterización de distribuciones espaciales de enfermedades y muertes, la forma en que las variables ambientales pueden vincularse espacialmente a exposiciones riesgosas de poblaciones y el papel de la proximidad en procesos contagiosos. Muchos problemas relacionados con la salud han sido estudiados usando el análisis espacial, formalmente o no. Un vistazo histórico a éstos nos hará comprender de inmediato que el análisis espacial no es, ni con mucho, un abordaje trivial.

Tal vez el problema más famoso desde el punto de vista metodológico desarrollado con las herramientas propias de la época, incluida la sagacidad del investigador, fue el estudio de la distribución espacial de los casos de cólera realizado por John Snow durante la epidemia de esa enfermedad en Londres. Aunque su investigación no estuvo basada en el análisis espacial de datos *per se*, de inmediato se puso de manifiesto el papel que las relaciones espaciales estaban jugando en la distribución de las muertes y pronto se pudo sospechar que la bomba de Broad Street era el epicentro de la epidemia.

¿Cómo y por qué el LUGAR tiene valor en las Ciencias de la Salud?

- Como parte de la tríada etiológica: persona, tiempo y lugar, este último muchas veces asumido, implicado u obviado.
- En dependencia de la pregunta de investigación: el espacio puede ser ignorado.
- Ciertamente todo ocurre en algún lugar, pero no todo está determinado por el lugar.
- El simple patrón visual de eventos puede proporcionar comprensión del fenómeno.
- El planeamiento de recursos para la atención de salud es una decisión que pasa por la ubicación espacial de los mismos, la accesibilidad de las poblaciones, las necesidades territoriales de estos servicios, la distribución de los problemas de salud.
- Para desentrañar mecanismos causales o etiologías de fenómenos significativamente concentrados en el espacio o siguiendo una trayectoria espacial.
- Para determinar rutas de exposición o mecanismos de extensión de enfermedades comunicables.

A pesar de estas innegables necesidades de incorporar el espacio a los análisis en salud, muchas veces esto ha sido relegado, principalmente por la falta de posibilidades de manejar los datos y las técnicas requeridas para incorporarlo apropiadamente. Actualmente, gracias a las técnicas computacionales es posible modelar interacciones espaciales, procesos y fenómenos y mostrar los resultados rápida y amigablemente para obtener resultados útiles. Esto no quiere decir que siempre es esencial incluir el espacio en los análisis: de la misma forma que cuando una serie de tiempo no muestra un patrón discernible y no aporta un modelo predecible, el uso del eje tiempo puede no ser trascendente, el espacio, como variable contextual puede arrojar un ruido blanco, indicando que los eventos se distribuyen aleatoriamente sobre él. En cualquier caso, estudiarlo y demostrarlo será también necesario antes de desecharlo. También en ocasiones otras variables serán capaces de explicar mejor la etiología de los eventos estudiados. La distribución espacial de cáncer de pulmón en E.U. arroja inequívocamente que las concentraciones en grandes urbes y estados más desarrollados están asociados a la mayor densidad de fumadores, corroborando lo que ya ha sido demostrado respecto a la asociación del hábito de fumar y este tipo de neoplasia(1). El espacio es entonces un detalle cultural en el contexto de la verdadera etiología de estos cánceres.

En todo caso la decisión de incluir al espacio en cualquier análisis epidemiológico no debe ser desdeñada. Adicionalmente, en tiempos de mejor planificación de los servicios de salud, otras preguntas de investigación deben ser contestadas en términos espaciales: ¿Qué áreas están más carentes de recursos?, ¿Qué trayectos son ideales para el recorrido de los servicios de urgencia ambulatorios?, ¿Qué disposición espacial tienen las unidades de

salud en el área de una ciudad?, ¿Cómo influye la lejanía o inaccesibilidad de ciertas poblaciones a los servicios médicos en la mortalidad?

Sin dudas, una de las preguntas que más débil respuesta tiene actualmente es el papel del análisis espacial en función de la búsqueda de etiologías capaces de explicar ciertos eventos, o los mecanismos causales de enfermedades. ¿Podrá ser posible deducir procesos a través de patrones espaciales? ¿Podremos coleccionar buenos ejemplos de patrones espaciales derivados de procesos espaciales conocidos que nos muestren senderos etiológicos si poseemos suficiente información?

El espacio deviene frente a la salud, no un simple reservorio de climas, de contaminantes, de microbios, de vectores de transmisión infecciosa, etc; sino un espacio históricamente estructurado donde también se expresan las consecuencias benéficas y destructivas de la organización social (2).

Trabajar el tema espacio y salud significa involucrar varios ejes analíticos, tales como distribución de enfermedades, servicios de salud, condiciones ambientales, naturales y del desarrollo social, demográficas etc. Y por lo tanto es necesario combinar variables contextuales e individuales. La solución metodológica a estas necesidades presenta desafíos importantes que permanecen frescos en los foros científicos actuales.

Todas estas preocupaciones están agravadas por el reconocimiento de que la bibliografía existente es pobre, dispersa y dirigida a niveles muy elementales, o extraordinariamente elevados, dejando un espacio vacío al nivel de comprensión/ejecución intermedia. Por ello, el mayor reto para cualquier esfuerzo que persiga resultados prácticos es la minuciosa y ardua búsqueda de la información existente en una larga lista de diferentes especialidades, que en ocasiones no han estado dispuestas a dialogar entre sí. La disponibilidad de recursos tecnológicos, preocupa menos que la posibilidad de concretar la incorporación de estos enfoques, y la de movilizar recursos humanos motivados y entrenados para tales fines. Así mismo se ha reconocido que las distribuciones espaciales de los problemas de salud, han sido poco estudiadas en nuestro país, a pesar de contarse con una amplia información de reconocida calidad (3).

En el mes de abril del año 2003, el Centro de Estudios de Salud y Bienestar Humanos de la Universidad de La Habana convocó a un seminario taller, auspiciado por la Representación de la Organización Panamericana de la Salud, la Escuela Nacional de Salud Pública y la Revista Cubana de Salud Pública. Fueron objetivos de esta reunión: promover reflexiones sobre los fundamentos teórico-metodológicos de los abordajes geográficos aplicados al

sector salud; fomentar el intercambio de experiencias en diferentes instancias territoriales, centros de investigación, docencia y servicios con visión intersectorial, sobre las relaciones entre lugar y salud; y explorar los avances y limitaciones para la aplicación de recursos técnico-operacionales en los análisis espaciales de problemas de salud y de la racionalidad de componentes de los sistemas de salud(4). Este hecho da cuenta de la pertinencia de ventilar estos temas medulares.

Las principales MOTIVACIONES de investigación que han dado pie al desarrollo de este trabajo quedan resumidos en los siguientes planteamientos:

- Se estima que más del 80% de la información que requieren los decisores de salud y políticos en los gobiernos locales está relacionada con la ubicación geográfica de los eventos.(5)
- El conocimiento acerca de las distribuciones espaciales de necesidades de servicios de salud y eventos de salud es simplemente indispensable para mejorar el estado de salud de la población(6)
- Actualmente es reconocido que una parte importante de la fuerza de trabajo dedicada a la Salud Pública pierde información esencial si no usa estas herramientas analíticas.(7)
- Existe una falta de conocimiento y dominio de las herramientas que permiten focalizar áreas/poblaciones que requieren intervenciones prioritarias o hechas a su medida. Y, consecuentemente:(8)
- No se explotan las potencialidades del análisis espacial en función de un mejor desempeño de las investigaciones y toma de decisiones en salud, lo que puede conducir a una falta de racionalidad en los esfuerzos y recursos que se invierten en salud, así como a una pérdida de optimización en los Programas de Salud.

Estas motivaciones y consideraciones han llevado a plantear el siguiente PROBLEMA de investigación:

Qué propuestas teóricas y metodológicas permitirían una más efectiva utilización del espacio en Ciencias de la Salud a fin de incorporar de forma más útil el análisis espacial como información de valor añadido en la toma de decisiones del sector en el contexto cubano?

Este problema tiene aristas científicas y prácticas/aplicadas, que se reseñan a continuación:

- Insuficiencia de los Sistemas de Información Geográfica para realizar análisis de máximo interés para la Epidemiología y la Salud Pública. (Problema científico).
- Complejidad y costo de estos sistemas para ser utilizados a cualquier nivel de aproximación del espacio. (Problema práctico que requiere una decisión científicamente sustentada para su solución)
- No existencia de datos geo-referenciados en las bases de datos de eventos de salud disponibles, lo que supone una reestructuración de la toma de la información primaria a un nivel que sólo poseen los países más desarrollados. (Problema práctico que requiere una reflexión científica para la toma de decisiones).
- No disponibilidad de los datos acorde a los requerimientos del análisis, o inconsistencia del flujo de información a diferentes niveles espaciales. (Problema práctico que requiere una reflexión científica para la adecuación a cada situación a resolver científicamente).
- La bibliografía existente es dispersa y dirigida a niveles muy elementales, o extraordinariamente elevados, dejando un espacio vacío al nivel de comprensión/ejecución intermedia. (Problema de formación de recursos humanos para acometer estos análisis en el campo SALUD, que requiere una reflexión científica y una adecuación al contexto).

Esta investigación se hace necesaria para proponer opciones analíticas y ampliar el espectro de abordajes de análisis espacial que se realizan actualmente en Cuba en función de la investigación salubrista, así como para apoyar metodológicamente y con enfoques innovadores el desempeño de las acciones/decisiones en salud, tales como la vigilancia, intervenciones y evaluaciones del sistema. De esta manera contribuir al desarrollo de enfoques metodológicos que permitan hacer más eficientes los estudios, acciones y decisiones en nuestro Sistema de Salud respecto a la incorporación de la espacialidad.

Igualmente se espera de la presentación de un conjunto de investigaciones realizadas por la autora- sintetizados en el Capítulo 2 de la tesis en forma de casos de estudio, y que han constituido abordajes metodológicos a situaciones concretas de salud, incursiones teóricas, soluciones prácticas o entregas de productos tecnológicos-

proporcionar una “nueva mirada” que ayude a elevar el impacto de las decisiones/acciones en beneficio de la salud de la población.

Finalmente se espera con este trabajo proporcionar un material que ayude didácticamente a compenetrar la óptica de diferentes especialidades en la persecución del objetivo común más trascendente de incorporar de manera efectiva el eje espacio a las necesidades de la investigación salubrista, y hacerlo evitando posiciones tecnocráticas, sino realistas, asequible a nuestras realidades y accesible a diferentes niveles de trabajo.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, este trabajo estará encaminado a alcanzar el siguiente OBJETIVO GENERAL:

Proponer opciones analíticas y ampliar el espectro de abordajes de análisis espacial en función de la investigación salubrista, así como apoyar metodológicamente el uso del espacio para el desempeño de las acciones/decisiones en salud.

En particular, se acometerán los siguientes OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Desarrollar y defender abordajes metodológicos para el tratamiento de datos espaciales para su aplicación realista e inmediata en Cuba, en disímiles circunstancias de obtención de la información primaria.
- Aplicar las propuestas metodológicas a bases de datos reales o estudios de casos y mostrar su efecto para corroborar o generar hipótesis/hallazgos epidemiológicos.
- Identificar aspectos gnoseológicos y conceptuales medulares en las raíces de importantes disciplinas involucradas en el análisis espacial para propiciar un espacio común de intercambio en la prosecución del fin más elevado de sus contribuciones a las Ciencias de la Salud.

De acuerdo con todo lo anterior la tesis se estructura en tres capítulos: el primero presenta una revisión bibliográfica, basada esencialmente en los aspectos del tratamiento estadístico matemático de las distribuciones espaciales. Comienza dando una visión general de la importancia de la incorporación de la dimensión espacio en los estudios de interés en Ciencias de la Salud, los aspectos que han limitado una mayor aplicación de estos abordajes en la investigación salubrista, expone los aspectos clave del papel de las estadísticas espaciales dentro del contexto general

de la estadística, el estado actual del desarrollo de las herramientas de software y los principales problemas a debate actual respecto al tratamiento de los datos que incorporan la espacialidad en general y en particular a los estudios en Ciencias de la Salud. Esta revisión se complementa con aportes, reflexiones y experiencias de la autora, para conformar una ensayística del problema abordado.

El segundo capítulo muestra resultados prácticos de estudios de interés en Ciencias de la Salud que han contemplado implícita o explícitamente el análisis espacial, para lo cual se ha utilizado en su gran mayoría estudios realizados por la aspirante, basados en datos reales de nuestro ámbito. Los “estudios de caso” mostrados reflejan básicamente el resultado visual del “mapa”, pero se discuten las bases de su procesamiento en cada ejemplo y, en casos pertinentes, se refieren en los anexos con más detalle para hacer posible su comprensión y reproducción. Los “estudios de caso” están acompañados de comentarios sobre su fundamentación e interpretación de resultados. El capítulo sigue la estrategia de ir de lo simple a lo complejo, metodológicamente hablando, en el desarrollo lógico de estos ejemplos.

El tercer capítulo se dedica a mostrar una visión generalizadora de los problemas planteados, presenta un enfoque práctico de nuestra realidad aquí y ahora para abordar estudios espaciales mediante alternativas metodológicas asequibles, identifica las tendencias tecnológicas en este campo, pero sobre todo, se reencuentra con aportes medulares que existen en el pensamiento de otras ciencias, incluida la Geografía, que, a nuestro juicio tienen el valor de poner bajo una misma perspectiva multidisciplinaria algunos aspectos sometidos a debate actual y que dan solución práctica y útil a los estudios donde sea interesante incorporar la dimensión espacial en el análisis.

Del desarrollo de este trabajo se esperan los siguientes beneficios:

- Impacto de I+D para el sector en un área débil en el momento actual.
- Apertura de conceptos, aplicaciones y opciones para dar solución a muchos problemas prácticos que actualmente tienen un efecto “paralizante” en el uso de la espacialidad en salud.
- Llevar los beneficios del análisis espacial a cualquier nivel de aproximación del espacio y proporcionar métodos sencillos que pueden ser aplicados hasta la APS.
- Incorporar de una forma más efectiva la espacialidad al sistema de alertas de la vigilancia epidemiológica.

- Efecto económico, derivado de varias decisiones a las que conducen estas reflexiones.
- Efecto social, en tanto se mejora el conocimiento sobre problemas que impactan la salud de la población y por ello se facilita la toma de decisiones más acertada y a la medida de los territorios.

Entre los principales aportes de esta tesis doctoral podríamos diferenciar tres conjuntos básicos: contribuciones metodológicas, contribuciones formativas y resultados novedosos.

CONTRIBUCIONES METODOLOGICAS:

- Proporciona recursos prácticos para el empleo inmediato y con mínimos requerimientos del dato primario, de técnicas de análisis espacial no disponibles en los SIG o en donde simplemente no se cuenta con la geo-referenciación el dato primario. Adicionalmente, valida algunas de estas propuestas con casos-hitos del análisis espacial en salud. Un inventario de estos recursos sería:

- Empleo de imágenes digitalizadas no geo-referenciadas, que amplían el concepto de “mapa” a cualquier tipo de representación espacial.
- Recursos para obtener coordenadas espaciales no geo-referenciadas de imágenes digitalizadas y su empleo en las bases de datos de análisis espacial.
- Uso de cálculos externos a los SIG para cubrir vacíos analíticos de estos sistemas que son de interés en Ciencias de la Salud y posterior combinación de estas transformaciones con las capacidades del SIG.
- Flexibilización del dato primario para acometer el análisis bajo diferentes formas de acceder a la información primaria: considerando el espacio como un continuo, respetando estructuras antrópicas (ambas bajo hipótesis de riesgo constante) o considerando fuentes generadoras de riesgo. Validación de estos procedimientos con casos de estudio que constituyen hitos de la investigación salubrista.

- En particular se pone en perspectiva el uso del espacio multidimensional y el ordenamiento territorial de riesgos como herramienta útil que aporta elementos complementarios a los estudios epidemiológicos individualizados. Con ello se reconsidera el precepto, generalmente falso, de considerar invariante el riesgo de la población observada en el área bajo estudio. En este aspecto se consideran los siguientes aportes:

- Aplicación de técnicas de clasificación multivariante a unidades espaciales de interés, como un recurso para obtener ordenamiento de riesgo contextual.
- Construcción de estratos de riesgo, con carácter ordinal y aplicación de técnicas de regresión con estadísticas de daño.
- Identificación de indicadores sensibles de la estructura espacial contextual.
- Introducción de una serie de recursos novedosos para el tratamiento del espacio: espacialización, construcción de metáforas espaciales, reducción de la dimensionalidad y empleo de recursos de navegación cognoscitiva en el tratamiento de variables complejas representadas en el espacio.

CONTRIBUCIONES FORMATIVAS:

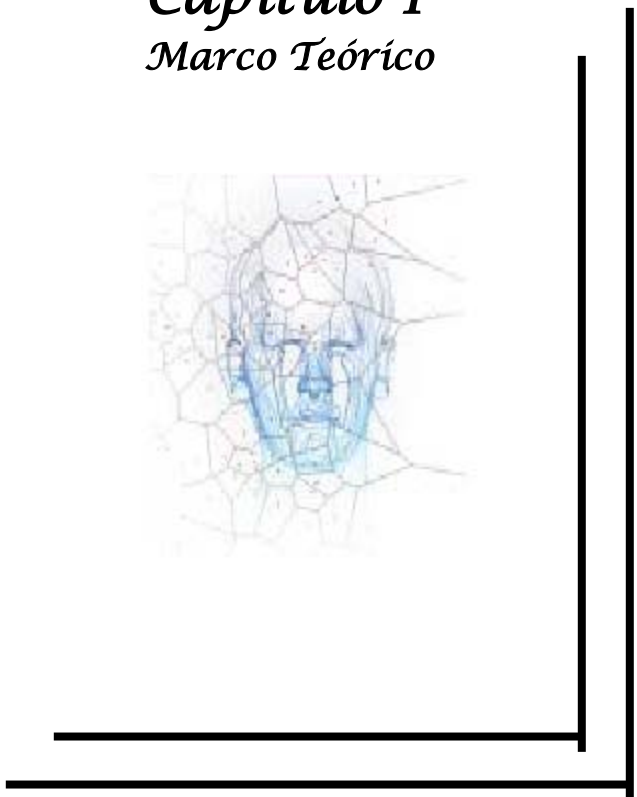
- Brindar bajo un razonamiento multidisciplinario la perspectiva de varias disciplinas cruciales a un propósito común, cubriendo con ello lagunas de conocimiento e información, identificadas en el PROBLEMA que acomete el trabajo, y que es necesario minimizar para alcanzar mejores resultados en materia de análisis espacial en salud.
- Ensayística de las perspectivas de las disciplinas involucradas para acometer el problema de estudio, así como de sus proyecciones y limitaciones actuales.
- Mostrar como, de manera muy gratificante para la idea que dio origen a este trabajo- desde los predios del pensamiento bioestadístico- muchos aspectos aquí defendidos han sido encontrados en la revisión final de la literatura como prioridades de investigación de las Ciencias Geográficas, contribuyendo así a reafirmar la unicidad del pensamiento científico.

RESULTADOS NOVEDOSOS.

- De forma colateral, los estudios de caso aquí expuestos dan la oportunidad de proporcionar otra mirada a aspectos interesantes de nuestras inquietudes en el campo de la salud. Constituyen entregas en esta Tesis:
 - El estudio espacial de la epidemia de Meningoencefalitis Viral ocurrida en 2000 en Villa Clara, que ayudó a esclarecer de manera novedosa el flujo de la enfermedad y permitió un uso pertinente de las alertas y de la distribución de recursos para su enfrentamiento.

- El estudio espacial de la distribución de Síndromes de Down en el territorio provincial, reconocido como una novedad en la investigación doctoral para la cual fue realizado por la autora de esta tesis, al mostrar una nueva visión del problema y permitir la diferenciación de estrategias de abordaje y prevención de este evento.
- El ordenamiento territorial basado en diferentes ejes que constituyen el Atlas Dinámico de Salud de Villa Clara, dos de los cuales (condiciones de vida y recursos médicos) se ejemplifican en esta tesis y que constituye un arma de trabajo para los administrativos del territorio.
- El ordenamiento territorial basado en macrocontextos de los 169 municipios del país, resultado asumido por la UATS Nacional y que sirve desde entonces de base a los muestreos estratificados de diferentes estudios nacionales.
- La identificación de indicadores de daño útiles para explicar la estructuración del espacio, mediante la superposición y aplicación de técnicas de regresión de indicadores de daño a estratos contextuales a diferentes niveles de aproximación espacial.
- El estudio de la difusión espacial del VIH-SIDA a diferentes niveles de aproximación espacial, el que constituye un abordaje novedoso en este importante evento de salud.

Capítulo 1
Marco Teórico



CAPITULO I

MARCO TEORICO.

"El descubrimiento científico es un proceso verdaderamente epigenético, en el cual los gérmenes del pensamiento se desarrollan en el entorno del conocimiento. La investigación acerca de problemas particulares no puede trascender de unos límites determinados ya que el progreso de cada uno de ellos depende del avance de toda la ciencia".

Frank R. Little.

1.1- Una revisión necesaria.

Aunque los estudios epidemiológicos tienen como fin desentrañar las relaciones de la tríada epidemiológica (persona-tiempo-espacio), éste último muchas veces no es considerado como una variable de interés, en particular si "quién" o "cuándo" satisfacen las principales preguntas de la investigación. Sin embargo, la premisa de la distribución espacial que reza "todo está distribuido en el espacio, pero lo semejante está más cerca de lo semejante" es aplicable no solamente a lo que será espacialmente obvio cuando de un evento transmisible se trata, sino a la atadura espacial de eventos relacionados al genotipo, la consanguinidad, la presencia de una fuente de contaminación y otros factores putativos de riesgo. El patrón espacial de eventos de salud es fundamental para comprender la exposición y prevenir eventos futuros, más allá de si el proceso que subyace es contagioso, influenciado por el ambiente o relacionado a la variabilidad genotípica. La información acerca de los patrones espaciales debe ser cuando menos tan útil como lo concerniente a los patrones demográficos o temporales. El análisis espacial proporciona la oportunidad de explorar más profundamente las interacciones entre personas, tiempo y espacio.

El papel del espacio en los estudios epidemiológicos queda bien determinado bajo el esquema mostrado en la fig.1-1. En él están contemplados aspectos de epidemiología descriptiva, pero se complementa con los conceptos de la epidemiología analítica al establecer reconocimiento de patrones espaciales, planteamiento de hipótesis científicas y su traslado a hipótesis estadísticas, el desarrollo de pruebas de hipótesis y la consecuente intervención y evaluación de impacto, que cierra en ciclo el proceso.

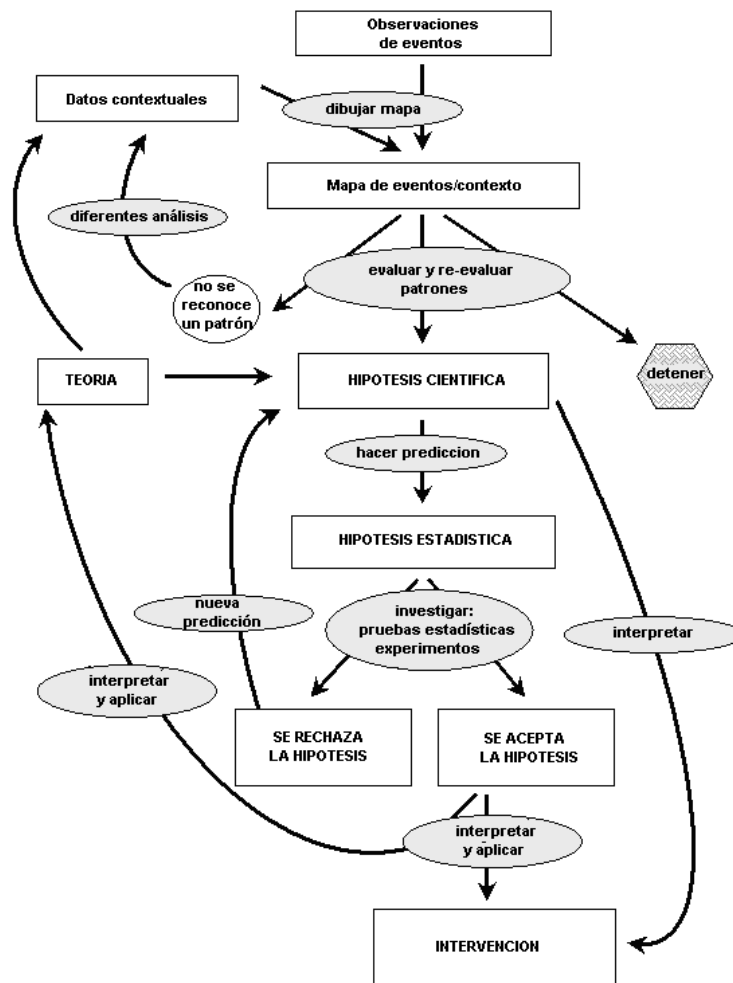


Fig. 1.1. Análisis espacial en Epidemiología: Un nuevo paradigma. Tomado de: Spatial Epidemiology. www.sph.umich.edu accedido 4/9/2002.

La combinación de patrones de puntos (casos) y datos contextuales creados con variables relevantes no sólo puede proporcionar una ayuda invaluable para la explicación de muchos fenómenos; también conduce a problemas metodológicos importantes para su solución. El resultado de esta combinación será un mapa de eventos/ambiente, incluyendo puntos que denotan casos, áreas que indican diferentes niveles de prevalencia o incidencia y datos contextuales ambientales, sociales o económicos que plausiblemente estén asociados al evento bajo estudio. Los datos contextuales pueden ser seleccionados a partir del conocimiento previo de alguna teoría causal y/o el conocimiento adicional de asociaciones ambientales relacionadas. Si la relación conduce a alguna hipótesis, ésta debe ser formulada y probada. De lo contrario el proceso resultante será desechar al espacio como una variable de interés en el proceso. El uso indiscriminado de pruebas de hipótesis de agrupaciones

espaciales, autocorrelaciones espaciales y otras no debe emprenderse sin un criterio a priori, ya que también puede conducir a hallazgos espúreos de escasa o nula utilidad que acarrear confusiones en la interpretación y subsecuente intervención.

Si de la etapa inicial descriptiva se puede formular una hipótesis científica, esto conducirá a la formulación de una hipótesis estadística que deberá ser comprobada a través de las técnicas de análisis correspondientes. Ello deberá conducir a una intervención mitigante, de la cual se espera su correspondiente impacto en la salud pública. La capacidad de refinar teorías y modificar hipótesis depende mucho de la calidad de los datos y de la complejidad de los mecanismos causales subyacentes. No existen reglas generales que permitan abordar una “ruta crítica” en esta búsqueda, y de hecho, en ningún campo de la investigación existen. El objetivo superior de mejorar el conocimiento y con ello, hacer más certeras las intervenciones, debe ser la consideración más importante en esta ardua búsqueda.

1.2- Ubicación de las Técnicas de Análisis Estadístico Espacial en el contexto general de la Estadística.

Las raíces de ideas útiles frecuentemente tienen múltiples ramificaciones que penetran diferentes horizontes disciplinarios. La noción de declinación en la distancia fue bosquejada por Isaac Newton; en sus interpretaciones geográficas fue retomada más tarde por Tobler(9,10), Wartz(11) y otros. Discusiones más recientes de Griffith sobre el uso de matrices ponderadas espaciales y sus consideraciones junto con Can(12) acerca de los patrones de uso de la tierra se centran igualmente en el concepto de declinación asociada a la distancia.

Otra noción importante- las transformaciones- han servido como basamento a las matemáticas del siglo XX. Ellas han alterado el enfoque basado en los sistemas matemáticos individuales para estudiar las relaciones entre sistemas matemáticos. D’Arcy Thompson(13) aplicó en 1917 estos conceptos transformacionales a la Biología; Tobler ha empleado las transformaciones y algunas de las aplicaciones de Thompson en varios aspectos del análisis cartográfico(14), así como lo hizo Bookstein(15) en las mediciones de las formas biológicas. Clarke(16) presenta una visión transformacional de la cartografía en su texto sobre cartografía analítica y computacional. Hace treinta años Michael Dacey y otros contribuyeron al desarrollo de las estadísticas espaciales en formas altamente originales. Dacey(17) usó la idea de una transformación dimensional para permitir la evaluación de la asociación de fenómenos puntuales y areales. Wong(18) emplea las transformaciones de agregaciones espaciales para

moveirse a través de la jerarquía de los cambios de escalas. Ness(19) ve la transición de la fertilidad como una transformación dentro del esquema más amplio de la teoría de la transición. Press(20) usa transformaciones jacobianas como factor de normalización para transformar un espacio matemático correlacionado en uno no correlacionado. Brown(21) considera el papel de las transformaciones en un contexto adscrito a los [Sistemas de Información Geográfica](#) (SIG) y Owen(22) adopta el punto de vista transformacional en su ensayo de procesamiento paralelo.

Los conceptos susceptibles de ser extensibles en su aplicación tienen profundas y largas raíces. Por ello es importante mostrar de forma claramente visible y tangible la enraizada estructura del árbol de las estadísticas espaciales, cómo y en qué difieren las técnicas de análisis estadístico espacial y en qué medida ellas son similares a las técnicas correspondientes a la estadística clásica. En lo adelante se hará referencia al término estadística tradicional en relación a las técnicas que son utilizadas en el análisis de datos no espaciales. La principal asunción que caracteriza esta subdivisión es lo relativo al carácter no independiente de los datos espaciales más las consideraciones del arreglo espacial, esto hace las técnicas más complejas, como se muestra en el siguiente esquema, que intenta ubicar las técnicas estadísticas espaciales en el contexto general de la estadística.

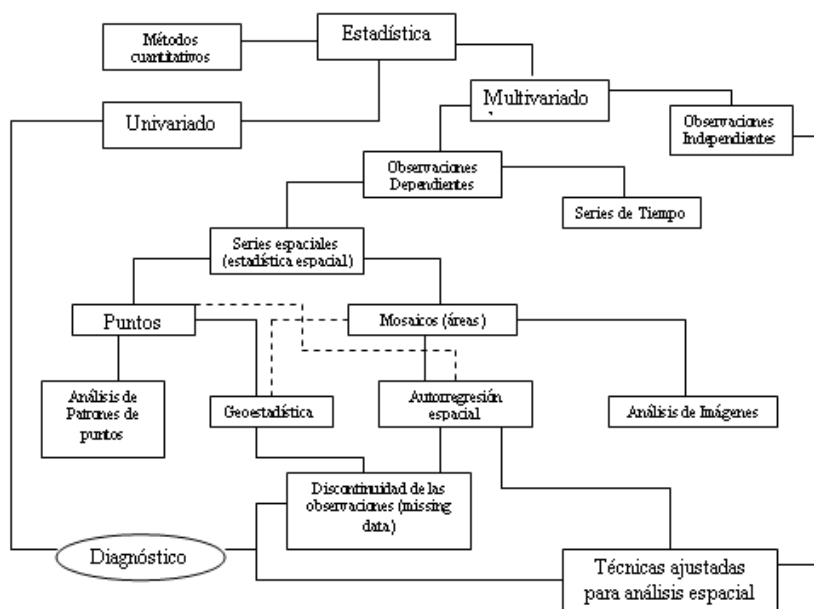


Fig 1-2 Esquema conceptual que ubica el análisis estadístico de datos georeferenciados en el contexto de la metodología analítica convencional.

El término *estadística espacial* se refiere a un conjunto de técnicas estadísticas que cuantifican aspectos relacionados con la estructura de las distribuciones espaciales. La característica

distintiva del análisis estadístico de datos espaciales es que el patrón espacial de las localizaciones (objetos espaciales), la asociación espacial entre los valores observados en diferentes localizaciones (dependencia espacial) y la variación sistemática del fenómeno en las distintas localizaciones (heterogeneidad espacial) se convierte en el mayor foco de investigación. Los efectos espaciales afectan la validez y robustez de las técnicas de la estadística tradicional para la obtención de descripciones e inferencias cuando se aplican a esta categoría de datos. El reconocimiento de esta complicación ha llevado al desarrollo de un conjunto incrementadamente sofisticado de técnicas especializadas desarrolladas en los campos de la geoestadística, la estadística espacial y la econometría espacial. Estas técnicas no son sólo relevantes en Geografía, sino aplicables además a un amplio rango de áreas científicas, tales como la Agricultura, Arqueología, Criminología, Demografía, Ecología, Estudios Ambientales, Geología, Silvicultura, Relaciones Internacionales, Recursos Naturales, Sociología, Estadística, Planeamiento urbano, Economía urbana y rural, Planeamiento en los Servicios de Salud y Epidemiología.

La *estadística espacial* es una rama emergente de la Estadística que por su naturaleza y alcance está llamada a ser crucial, en rápido crecimiento, pródiga en oportunidades fascinantes para la investigación teórica y práctica. El contenido metodológico de la *estadística espacial* es concerniente a cómo conducir análisis estadísticos apropiados de [datos georeferenciados](#) para los cuales las observaciones pueden ser ordenadas sobre una superficie bidimensional y rotulada con coordenadas cartesianas. Ello comprende tres componentes principales: los Sistemas de Información Geográficos (SIG), la estadística espacial y el análisis espacial clásico. Desde una perspectiva amplia los SIG son una forma de ciencia de la computación aplicada, la estadística espacial es una forma de las estadísticas multivariadas aplicadas y el análisis espacial clásico es una expresión de la geografía cuantitativa.

De forma general, la estadística espacial está relacionada con el análisis estadístico de datos *espacio-referenciados*. Al utilizar el término anterior estamos intuitivamente separándonos del concepto más tecnocrático de la geo-referenciación, sin lugar a dudas deseable, técnicamente más sofisticada, pero reductiva en cuanto a su papel en el basamento teórico del análisis. Aún más, de difícil acceso en la mayoría de los datos primarios, exigente de una tecnología de punta, exclusiva de los SIG y que exigiría revolucionar los sistemas de información primaria o desechar para este tipo de análisis valiosas bases de datos históricas. Aún hoy, sin embargo, muchos estadísticos permanecen alejados de este campo y la mayoría de los estudiantes de

pregrado en las universidades más prestigiosas jamás han sido alentados a tomar cursos en estadística espacial. Muchas veces se ha llamado “análisis espacial” a la simple representación, superposición e interpolación de los eventos en el espacio, dejando en un entorno descriptivo lo que puede ser no sólo mostrado sino también demostrado.

De forma similar al análisis de series de tiempo, la estadística espacial difiere de los análisis estadísticos clásicos en el hecho de que las observaciones analizadas no son necesariamente independientes, la violación de esta simple asunción es el *quid* del problema. Más aún, las observaciones están correlacionadas estrictamente debido a su posición relativa ([autocorrelación espacial](#)), lo que resulta en un excedente de información de una localización a otra, provoca información redundante, y esta redundancia se incrementa en la medida en que la dependencia espacial se incrementa, un efecto análogo al asociado con la correlación clásica entre dos variables. La duplicación de la información incrementa la complicación en el análisis estadístico de los datos georeferenciados que falsean los resultados cuando se aplican análisis estadísticos convencionales, es decir, cuando su tratamiento se asume como si se tratara de datos independientes. Este efecto, que ya subsiste al tratar las series de tiempo, se exagera con el carácter multidireccional y bi-dimensional de la dependencia espacial –las series de tiempo arrastran dependencias unidireccionales a lo largo de una dimensión simple. El resultado neto es que las estadísticas clásicas aplicadas a los datos georeferenciados frecuentemente fallan en captar la información locacional –la geografía o más propiamente, la espacialidad del dato- haciendo cuestionables las [propiedades de los estimadores](#): el insesgo, la eficiencia, la consistencia y la suficiencia(23).

Existen estudios clásicos que demuestran cambios en las inferencias estadísticas cuando el modelo tradicional de regresión de mínimos cuadrados es reemplazado con estadígrafos que toman en cuenta la espacialidad(24-26). Durrett(27) apuntó que la asunción de independencia es aceptable en algunos casos, pero que “existe una creciente lista de ejemplos de fenómenos que deben ser tratados mediante modelos que sean espacialmente explícitos”. Hasta ahora las prerrogativas de independencia y distribución uniforme que han sido tan populares en la estadística teórica a lo largo de muchos años “no debiera ser tomada como implícita, particularmente cuando existen suficientes razones físicas para abandonar estos modelos”(28). En otras palabras, en presencia de la dependencia espacial se debe tener en cuenta en los modelos aplicados que *en el espacio geográfico lo cercano está más relacionado que lo distante*.(29)

Los análisis espaciales clásicos han sido tratados conceptualmente por cerca de una centuria y algebraicamente durante algunas décadas. Ellos han jugado un papel importantísimo en la tradición cuantitativa científica en la geografía. Las técnicas de la geografía cuantitativa involucran el desarrollo de operaciones espaciales, tales como la selección de rutas mínimas, superposición de capas, triangulación y procedimientos de amortiguación (buffereado), entre otras. Muchos de estos procedimientos están disponibles como funciones de los SIG, ellos permitieron la automatización de lo que una vez fueran tediosas rutinas manuales.

Las complicaciones hoy reconocidas a la información locacional latente en los datos espaciales, especialmente en términos de su impacto en la validez de los análisis estadísticos tradicionales, han emergido recientemente entre los científicos, catapultando las estadísticas espaciales al primer plano de muchas discusiones acerca del análisis de datos y convirtiéndose en una preocupación mayor de numerosos estadísticos sólo muy recientemente. De manera que ha comenzado un proceso de atención incrementada enfocada al campo del análisis de los datos georeferenciados, la geo-estadística y la econometría espacial. Este interés se ha visto reflejado, por ejemplo, en las convocatorias de la NCGIA (30), el Buró de Ciencias Matemáticas del National Research Council(31) y el Departamento de matemáticas de la Universidad de Lancaster(32). Estas instituciones han recabado:

- La necesidad de incorporación de nuevas estadísticas en paquetes de software como MINITAB, SAS, SPSS y otros.
- La necesidad de más aplicaciones empíricas relevantes de estadística espacial.
- La preocupación por el incremento de malas prácticas e interpretaciones de los resultados arrojados por los SIG cuando éstos caen en manos de practicantes no especializados, posible por el incremento del ambiente amigable al usuario por parte de estas implementaciones tecnológicas.

1.3- SIG y análisis espacial. Acerca del software disponible.

Con la disponibilidad en ascenso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales han ayudado a desarrollar el interés en el análisis de los datos espaciales en un amplio rango de disciplinas(33), se ha puesto también en evidencia su insuficiencia para alcanzar capacidades analíticas necesarias y esto ha llevado al desarrollo de muchas aplicaciones empíricas de buen análisis espacial. Muchos esfuerzos literarios han tratado de encauzar y

evitar las malas prácticas y el peligro que subyace en las aplicaciones no autorizadas de estas técnicas y merecen destacarse entre ellos los trabajos de Griffith(34,35).

Los SIG constituyen un nuevo y potente producto tecnológico que permite localizar mucha información necesaria a los decisores a partir de datos geo-referenciados que son identificados a través de ejes coordenados. Frecuentemente esta identificación se realiza utilizando las coordenadas de la superficie terrestre, actualmente una gran parte de estas localizaciones se obtienen con la ayuda de la tecnología satelital de los [sistemas de posicionamiento global](#) (SPG). Los SIG son una combinación única de hardware y software –incluyendo el desarrollo de gráficos de alta resolución, dispositivos de gran capacidad de acumulación de información electrónica, estrategias eficientes de organización de datos, canales de comunicación de gran volumen, algoritmos especializados para la integración y el análisis confiable de los datos y lenguajes de computación especializados en recuperación de datos. Estos componentes, junto a una masiva cantidad de complejos datos geo-referenciados son organizados eficientemente, a través de una secuencia de interfaces electrónicas, para guardar, inventariar, administrar, manipular, buscar, mostrar y analizar instantáneamente la información contenida en una base de datos geo-referenciada. El objetivo es combinar los datos tabulares de atributos con mapas computarizados de forma esclarecedora, objetivo factible principalmente por tener una gran capacidad de almacenamiento de datos, un tiempo de respuesta rápido y un amplio repertorio de funciones analíticas. Juntas, estas características permiten una forma dramáticamente eficiente de visualización científica.

Por otra parte, existe actualmente un desarrollo teórico considerable de técnicas de análisis estadístico espacial, que básicamente persiguen fines similares. Una amplia revisión de estos aspectos fue realizada por Bailey(36). La característica de estos desarrollos es que los mismos no han logrado integrarse a un todo bajo sistemas que puedan manipular los datos espaciales, analizarlos y representarlos –sin dudas es un gran reto tecnológico. Las diferentes disciplinas que confluyen en esta tarea, la inevitable comercialización del software en el mundo del mercado, la exigencia de ciertas premisas, aparentemente insalvables para trabajar los datos espaciales y el desarrollo vertiginoso de técnicas sofisticadas de georeferenciación, minería de datos y visualización están abriendo una brecha entre los países líderes y los usuarios que necesitan hacer uso de estas técnicas, éstos somos *todos*, en cualquier campo de la ciencia en que nos desempeñemos. La Fig 1-3. muestra una representación del estado del desarrollo de

productos de software que tributarían a este reto, tal y como se encuentran en el momento actual.

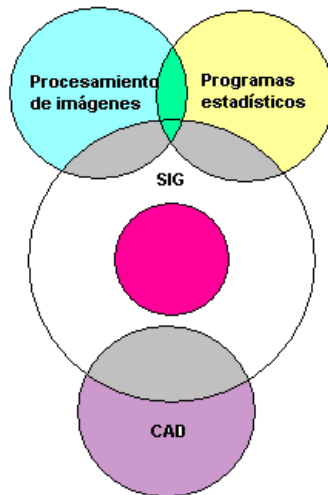


Fig 1-3. Relaciones entre los SIG y sistemas computacionales que deben tributar a los mismos.

Un tema recurrente en el tratamiento de datos espaciales es la naturaleza computacionalmente intensiva de muchos de los métodos estadísticos, dada la complejidad de los datos necesarios. Actualmente se dispone de una amplia gama de software dedicado a estos tratamientos, los que sin embargo son devotos a la rama de la ciencia que los ha generado, dejando lagunas imprescindibles de llenar en sus prestaciones, que actualmente, con un gran esfuerzo de todas las partes y los necesarios escenarios de diálogo entre todas las disciplinas contribuyentes, se van llenando. Los puntos de vista que han dominado el desarrollo del software siguen las tres vertientes siguientes:

El concepto centrado en el mapa: En él se jerarquiza el concepto de procesador de mapas o sistema de exhibición de mapas. En el momento actual, a esta categoría pertenece la mayoría de los llamados sistemas de información geográfica. En el procesamiento de mapas, cada conjunto de datos es representado como un mapa, también llamados mapas temáticos, capas temáticas. La salida de este procesamiento, que puede consistir en adición, sustracción o filtrado de datos es un nuevo mapa.

El concepto centrado en las bases de datos: Enfatiza la importancia del diseño y manipulación de las bases de datos y la capacidad de responder a informaciones georeferenciadas ágil y efectivamente. Están efectivamente representados también en los SIG más comercializados.

De hecho, el primer y segundo atributos en su conjunto constituyen las características más relevantes de los SIG. Algunos paquetes estadísticos reconocidos están tímidamente incorporando la espacialidad en sus últimas versiones. Por ejemplo, el SPSS ha incluido algunas facilidades sólo a partir de la versión 10.

El concepto centrado en el análisis espacial: Está focalizado en el análisis y la modelación. Los productos de software han surgido como piezas aisladas, desarrollos algorítmicos destinados a sustentar los métodos, carecen de la brillantez y el tratamiento de las imágenes de los SIG y poco a poco se han ido incorporando como adiciones a paquetes SIG comerciales como Mapinfo, ArcView etc. Unos de los softwares más relevantes que acomete esta tarea es Splus, basado en el lenguaje R y que también ha ido incorporando paquetes adicionales que dan solución a diferentes acercamientos metodológicos. Tal es el caso de las adiciones S+Spatial y S+GeoStat. Crimestat(37) es un interesante paquete desarrollado por investigadores liderados por Luc Anselin que aplica todos los conceptos del análisis espacial y sus herramientas al tema criminológico, proporcionando un excelente herramental que por supuesto da respuesta a otros campos de interés, entre ellos la salud. WinBugs(38) implementa desde el final de los 90 una adición de análisis espacial bayesiano. Un producto que tuvo sus raíces en el programa CLUSTER para DOS se encuentra actualmente comercializado por GeoMed y TerraSeer(39) y agrupa la mayoría de las técnicas de detección de clusters. Nuestro país ha desarrollado un decoroso producto tecnológico que fue recientemente defendido a través de una tesis doctoral(40).

En general, respecto al desarrollo y disponibilidad de software relacionado al análisis espacial puede afirmarse que:

- Los SIG están basados en un excelente tratamiento de la imagen, un buen desarrollo de las bases de datos y técnicas convencionales de la geografía cuantitativa como base de su capacidad analítica. Centran el tratamiento del dato espacial en la georeferenciación como vinculación directa a la salida mapificada. No permiten en su mayoría la modelación y la inferencia. Predominan en ellos la comercialización y la brillantez del producto tecnológico. Una excelente revisión de los SIG disponibles en el área de la salud pública se encuentra en (41).
- Los softwares dedicados al análisis espacial son productos aislados, modestos en su presentación, con un reducido o inexistente tratamiento de las imágenes y la

visualización, en muchos casos sin vínculos a la forma final de “mapa”, y en la mayoría de los casos sin requerimientos de geo-referenciación, sino simplemente de espacio-referenciación. Están siendo alcanzados por una creciente ola de comercialización, pero se encuentran aún libres en Internet, basados en la seriedad y el altruismo de sus progenitores y por qué no, en el desconocimiento de su utilidad por parte de potenciales usuarios.

1.4- Unidades, datos y objetos espaciales.

Existen muchas formas de obtener y representar datos espaciales, los cuales, una vez representados sobre el mapa reciben el nombre de objetos espaciales. Ellos esencialmente son:

- **Puntos:** localización de individuos, objetos o eventos.
- **Líneas:** Trazados que conectan dos o más puntos, generalmente intentan representar una ruta.
- **Polígonos:** Conectan varios puntos en un área cerrada.
- **Mosaicos:** Se refieren a las demarcaciones irregulares producto de las divisiones impuestas por el hombre.
- **Superficies:** Reflejan las características continuas en el territorio: altitud, profundidad, nivel del mar, composición geológica, etc.

Una de las contribuciones más importantes al tratamiento de los datos espaciales es sin lugar a dudas los desarrollos asociados a la interconvertibilidad de los objetos espaciales y aparejado a ello, las modificaciones en los métodos de tratamiento matemático asociados a esta interconvertibilidad. El primer aspecto tiene un importante exponente en el trabajo de Tobler(42) y de los aspectos metodológicos se encuentra una excelente revisión en Bailey(36). Este planteamiento, dicho rápidamente en un párrafo, no puede sintetizar el alcance de las soluciones que ellos dan a la problemática del análisis, las que son nada menos que:

- Flexibilizar y operacionalizar el uso del dato primario, que la mayoría de las veces no se encuentra expedito en la forma requerida.
- Garantizar confidencialidad en datos personales (43).
- Evitar o cuando menos minimizar los efectos de [zonificación y escalado](#)(44).
- Soslayar la obligatoriedad de la georeferenciación.
- Disponer de herramientas analíticas acordes a la situación concreta que se desea investigar, es decir a las hipótesis de la investigación.

La selección de los métodos de análisis espacial dependerá del tipo de objetos espaciales. No obstante se podrá disponer de varios métodos si se realizan conversiones de los objetos espaciales de forma adecuada. Estas posibilidades permiten abordar el trabajo bajo diferentes vías de acceso a los datos primarios, sin duda una de las más difíciles cuestiones a alcanzar. Las técnicas que hacen factibles estas conversiones se encuentran resumidas en el Anexo 1.

Junto con lo anterior, varias facetas relativas a la distribución de los datos espaciales resultan interesantes para determinar la manera de abordar su análisis. La forma que asume una distribución de puntos, dispersa o acumulada, la forma de los flujos de conectividad, la armonía o desarmonía de las características, todo lo sugerente de hipótesis debe ser cuidadosamente explorado en la etapa inicial, exploratoria o descriptiva del análisis espacial.

1.5- Cuantificación de la estructura espacial. Desafíos metodológicos.

En su forma más simple, el espacio juega un importante papel en definir cuántos eventos discretos, personas u objetos existen en un área. Este aspecto es central en demografía y epidemiología. El mismo número de personas distribuidas en diferentes áreas constituirán diferentes densidades. En el cálculo de las tasas de incidencia y prevalencia, está implícita o idealmente explícita la consideración del espacio. El número de nuevos casos de enfermedad durante un período definido de tiempo (incidencia) debe especificar el área (ciudad, provincia o país) en el que se calcula el dato. A su vez, para estandarizar y hacer posible la comparación, se convierte a la incidencia por población. Dependiendo del espacio involucrado, la densidad efectiva puede ser diferente. De igual forma la distribución espacial de la población de un área determinará la densidad efectiva. Para la misma área y la misma población, diferentes patrones de distribución espacial pueden representar diferentes asociaciones. Una ventaja de utilizar estadísticas espaciales es que ellas son capaces de resumir el complejo patrón espacial, haciendo esta complejidad digerible para los ojos y la mente humana. Algunos de estos recursos son la I de Moran, la C de Geary, los [correlogramas](#), [variogramas](#), la detección de conglomerados y otros.

Entonces, ¿cuál es el procedimiento adecuado y el área correcta a ser utilizada? No existe una respuesta única a esta pregunta y cada abordaje tiene sus ventajas y desventajas. Por lo tanto, el uso apropiado del espacio depende básicamente de la pregunta de investigación.

El análisis de datos espaciales presenta varios problemas prácticos causados por la escala, la falta de "orden" en el espacio, la falta de una medida única de vecindad y la agrupación arbitraria de los datos.

Una relación muy abreviada de estos problemas sería:

- la [modificación de unidades areales](#) (conocido por sus siglas en inglés, MAUP) y los efectos de zonificación y desagregación.
- la inestabilidad de las tasas frente a poblaciones en riesgo progresivamente pequeñas, o de eventos relativamente escasos.
- la forma en que se pueden presentar los datos espaciales: puntos, líneas, áreas, [rejillas](#), mosaicos o superficies.
- la presencia, magnitud y gradiente de la autocorrelación espacial y el carácter continuo del espacio como variable.
- el diseño del estudio en sí: ¿se persigue un mapa de enfermedades?, ¿un estudio ecológico destinado a clarificar etiologías?, ¿la detección de agrupaciones significativas en el espacio?, ¿planificar una mejor distribución de los recursos de salud?
- las consideraciones que se derivan respecto al diseño estadístico y las herramientas que se deban seleccionar, y que dependen de los aspectos anteriores.

Problemas como los arriba descritos han sido ampliamente tratados en la literatura especializada, pero en la práctica algunos no han sido completamente resueltos.

Una forma de abordaje en el estudio de la estructura espacial es el análisis por cuadrantes (rejillas). Si Q es el número de rejillas, x_i el número de puntos en la i -ésima rejilla y λ el número medio de puntos por rejillas tendremos:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^Q x_i}{Q}$$
$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^Q (x_i - \lambda)^2}{Q - 1}$$

Y se cumplirá que:

Para distribuciones aleatorias: $s^2 = \lambda$

Para distribuciones aglomeradas $s^2 > \lambda$

Para distribuciones uniformes $s^2 < \lambda$

Sin embargo, no bastan estas consideraciones para analizar correctamente las distribuciones espaciales, también es necesario tener en cuenta la autocorrelación espacial, ya que el análisis por rejillas en sí mismo es insensible al arreglo espacial. La figura muestra diferentes tipos de distribuciones en el espacio tratado mediante procedimiento de rejilla. La aglomeración de espacios de alta densidad centrados en subáreas es típico de la autocorrelación espacial positiva, mientras que la forma de presentación como tablero de damas es representativa de la autocorrelación espacial negativa. Los estadígrafos más simples que caracterizan la autocorrelación espacial son el Coeficiente de Morán y el Índice de Geary(45), ellos tienen en cuenta además de la densidad el concepto de contigüidad, que es relevante en la autocorrelación espacial. Una forma de operacionalizar los conceptos de contigüidad se deriva de los movimientos de las fichas de ajedrez, considerándose los términos alfil, torre, reina, aunque estas definiciones no son exhaustivas. El tratamiento mediante [matrices de contigüidad](#) da una solución metodológica que está implícita en métodos como el de Grimson, el enfoque bayesiano del análisis espacial, implementado en programas como el WinBugs y otros. Pero incluso este tratamiento arrastra los problemas subjetivos asociados a la ponderación de las matrices.

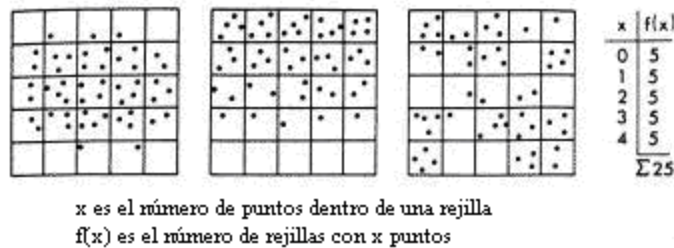


Fig 1-4. Diferentes distribuciones de puntos que producen iguales frecuencias en las rejillas.

Otros aspectos que dificultan el análisis son los efectos de borde, los que esencialmente no se alejan conceptualmente de la autocorrelación, aunque implican efectos similares a las subdivisiones de clases en la estadística convencional, pudiendo confundir el correcto conteo o pertenencia de los eventos dentro de una rejilla. Diversos procedimientos se han implementado para afrontar este problema.

Un concepto vitalmente asociado al análisis espacial es el tema de la vecindad. El término “vecindad” complejiza en estos casos el término euclidiano de “la menor distancia entre dos

puntos” por otras relaciones de distancia más complejas, como la distancia media de los n vecinos más cercanos:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^N d_i / N$$

Entonces para una distribución espacial completamente aleatoria tendremos:

$$E(d_i) \approx 0.5\sqrt{a/N}$$

Y se podrá construir el estadístico z para tener una distribución probabilística de referencia.

$$z = (\bar{d} - E(d_i)) / \sqrt{\text{var}(\bar{d})}$$

Una de las preguntas que debe contestarse ante la posibilidad de realizar un análisis espacial es: ¿Es este mapa significativo? De igual forma que en la investigación no espacial se representará gráficamente sólo aquellos resultados relevantes, para aprovechar la capacidad de síntesis y expresión gráfica, el mapa, entendido como caso especial de gráfico sólo avala la continuación del análisis si es sugerente desde la etapa descriptiva de hallazgos relevantes o susceptibles de generación de hipótesis.

En 1983 Sokal y Wartenberg(46) propusieron cuatro premisas para la aplicación de las técnicas de análisis espacial.

- 1- La variación espacial puede ser caracterizada por los correlogramas y variogramas.
- 2- Procesos determinísticos similares, producirán patrones espaciales similares.
- 3- Procesos estocásticos similares producirán distribuciones espaciales independientes.
- 4- Las variaciones en los parámetros de un proceso determinarán cambios en sus estadígrafos espaciales.

Estas cuatro premisas conforman las bases de un proceso de diagnóstico de patrones espaciales y ha sido comprobado en casos de estudio de genética poblacional. Otros procesos también pueden ser susceptibles de análisis siguiendo las mismas premisas, por ej. diferentes tipos de cáncer pueden ser analizados en sus localizaciones para establecer sus correlogramas con fuentes putativas de riesgo, hábitos tóxicos en la población etc. En particular, las premisas 2 y 3 son muy importantes para los estudios epidemiológicos, ya que

no siempre se pueden aplicar a ellos las condiciones restrictivas de la autocorrelación espacial. En cambio el aspecto 1 no siempre es determinante en ciencias de la salud y en general en el análisis espacial con fuerte contenido humanístico, aspecto que será tratado con posterioridad.

Están caracterizadas cuatro tipos o fuentes de autocorrelación espacial:

- **Autocorrelación verdadera:** cuando el valor de una variable en una localización depende de su valor en otra localización adyacente.
- **Autocorrelación espacial inducida:** cuando existe una relación funcional entre dos variables A y B y los cambios de una inducen cambios en la otra en la estructura espacial.
- **Autocorrelación por interpolación:** ocurre cuando una variable espacial es interpolada o suavizada.
- **Autocorrelación espúrea:** cuando la variable muestra signos de autocorrelación debidos al azar.

En términos científicos sólo tienen interés las dos primeras, porque de estar presentes son las que serán capaces de permitir la inferencia, la modelación y la evaluación.

Algunas fuentes de autocorrelación verdadera son: la historia común y los procesos espacio-temporales que generan patrones espaciales. La estructura espacial es un constructo puntual y estático que proviene de procesos dinámicos espacio-temporales. Por lo tanto, los patrones espaciales de enfermedades, especialmente cuando se trata de epidemias, dependen fuertemente del *momento* en que el patrón es observado. Con respecto a la presencia de autocorrelación espacial, su consideración e inclusión en las técnicas estadísticas ajustadas al análisis espacial parte del hecho de que el no considerar el carácter no independiente de las variables en el espacio conduce a una pérdida de grados de libertad y subsecuentemente a una subestimación de la varianza, incrementándose el error tipo I, o sea, se incrementa la probabilidad de encontrar significancia donde realmente no existe. La autocorrelación espacial es generalmente positiva debido al hecho de que en el espacio lo semejante está generalmente más cerca que lo diferente. Por su parte la corrección de los grados de libertad para las técnicas aplicadas al análisis espacial representa en general un aumento de la potencia de las pruebas estadísticas y una disminución del error tipo I(47).

La importancia de la cuantificación del patrón espacial es que ella conduce o disuade a formular una hipótesis científica y esto en síntesis persigue los siguientes objetivos:

- Identificar violaciones de asunciones de independencia y evaluar su importancia en el contexto del estudio.
- Generar hipótesis científicas y su posterior traslado a hipótesis estadísticas.
- Definir o planificar distribución espacial de recursos.

Los dos primeros objetivos se relacionan con la investigación etiológica, en tanto el tercero es especialmente útil a la gerencia en salud.

1.6- Diferentes patrones de distribución espacial y su relación con aspectos epidemiológicos.

La estadística espacial permite cuantificar la estructura espacial, generar inferencias respecto a procesos espacio-temporales y crear nuevas variables espaciales. De manera muy general, las distribuciones de eventos en el espacio pueden clasificarse en: aleatoria, conglomerada y uniforme. Existen otros tipos de distribuciones más complejas que no serán descritas en el marco de esta investigación.

Aleatoria. Se caracteriza por:

- Igual probabilidad de un individuo de ocupar cualquier punto del espacio.
- La presencia un individuo no influye la distribución de otro (independencia).
- Sigue una distribución Poisson.

Aglomerada. Se caracteriza por:

- Representar procesos contagiosos.
- Probabilidad desigual de distribución espacial.
- Presencia de un individuo incrementa la probabilidad de presencia de otros.

Uniforme. Se caracteriza por:

- Probabilidad desigual de distribución en el espacio.
- La presencia de un individuo disminuye la probabilidad de presencia de otro.

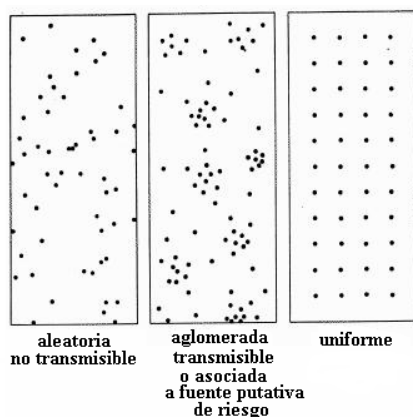


Fig.1-5. Diferentes patrones de distribución espacial

1.6.1- Algunos recursos metodológicos: las técnicas de detección de conglomerados de casos.

El análisis de la estructura espacial puede ser abordado, como se ha explicado anteriormente, utilizando diferentes recursos de análisis. Uno de ellos es la detección y comprobación de la existencia de conglomerados (clusters). Estos conglomerados pueden ser clasificados en base al tiempo, el espacio o la dualidad espacio-tiempo. También es necesario probar si estas agrupaciones son reales o percibidas.

Casi la totalidad de la bibliografía que aborda el tema de la epidemiología espacial centra su atención en este recurso analítico, maximizando su importancia en relación con otros métodos disponibles en los textos de estadística espacial. Las razones no son obvias y ha sido necesario un detallado análisis bibliográfico a través de este trabajo para encontrarlas. Parte de ellas son:

- La naturaleza discreta de los eventos en salud.
- El problema de abordar “areas pequeñas”, tanto por el área espacial involucrada, como por el carácter “raro” del evento.
- El carácter territorial de los flujos de información, generalmente supeditados a constructos político-administrativos.
- Las necesidades más perentorias del análisis: orientadas a la vigilancia, a la distribución de riesgos, a la transmisibilidad y a la distribución de los servicios.

En su obra "A Case-book of Spatial Statistical Data Analysis"(48), Griffith resume los abordajes metodológicos que resultaron más apropiados para acometer diferentes intereses en estudios espaciales. Sus ejemplos incluyeron variables socioeconómicas, recursos naturales, rendimientos agrícolas, contaminación ambiental y datos epidemiológicos. La estrategia consistió en mostrar comparativamente técnicas de análisis espacial provenientes de la estadística espacial (modelos autorregresivos) y de la geoestadística (semivariogramas), y aunque este no es el sentido de nuestro trabajo, sus hallazgos resultaron interesantes para nuestros propósitos, porque muestran el papel de las consideraciones de la autocorrelación espacial en la construcción de modelos en diferentes escenarios. De esta manera concluye que:

- En los casos de estudio de **variables sociales**, la inclusión de parámetros que tienen en cuenta la autocorrelación espacial incrementa el porcentaje de la varianza de las variables de respuesta. Este incremento, en casos de estudio específicos varía desde un 2% hasta 63%. Este rango de variación es consistente con un incremento de la complejidad de los patrones espaciales observados. Las relaciones espaciales no lineales tienden a incrementar esta variabilidad hasta en un 22%.
- En el caso de la aplicación de estas técnicas a **recursos naturales**, el beneficio es mayor cuando estos recursos entran a la data como variables continuas, proporcionándose mejores estimaciones en los parámetros. Cuando los datos incluyen mayores niveles de agregación (centroides) o tienen una naturaleza no continua (ej. especies) los estimadores no distan mucho de los que se pueden obtener de las asunciones de la estadística convencional.
- En los casos asociados a la modelación de **rendimientos agrícolas**, la inclusión de las asunciones en los modelos de autocorrelación espacial, beneficia de forma significativa los resultados, especialmente por la fuerte dependencia espacial que ellos exhiben.
- En **estudios de contaminación** los modelos espaciales son especialmente adecuados para estas estimaciones, dado el carácter contagioso de su difusión. Este tipo de campo de aplicación ha sido por ende, el blanco de varios desarrollos de software, dado que responden muy bien a las exigencias de la autocorrelación espacial. Los modelos en estos casos resultan muy sensibles a los valores extremos (outliers), y en general esta característica los conduce a menores valores del coeficiente de determinación y altos valores del error del modelo.

- En el caso de los **ejemplos epidemiológicos**, el hecho de que ellos son basados en conteos (naturaleza discreta del evento) y de la naturaleza de muchos eventos “raros”, que conduce a que sean gobernado por las leyes de pequeñas cifras y marcados outliers, hace necesario que en la mayoría de los casos ellos sean tratados mediante regresión de Poisson. Sin embargo los llamados modelos de Auto-Poisson (que incluyen las consideraciones autorregresivas espaciales) están plagados de desventajas relacionadas con la correlación espacial negativa y la falta de potencia para caracterizar la dependencia espacial positiva, para lo cual se emplean otros recursos como las aproximaciones auto-gaussiana y auto-binomial. Sin embargo éstas requieren un volumen muestral grande, que no siempre está presente en el espacio epidemiológico.

Aún dentro del escenario epidemiológico, los diferentes eventos ejemplificados en este texto dan cuenta de las asunciones críticas de los modelos con relación a la naturaleza del evento estudiado. Por la importancia que tiene poner esto en perspectiva, se ha decidido incluir los resultados de los diferentes ejemplos epidemiológicos desarrollados en el texto:

Tabla 1-1. Ejemplos de eventos epidemiológicos desarrollados por Griffith y los modelos que resultaron más útiles.

Evento	Unidad areal	Modelo	Semivariograma
Muertes súbitas infantiles	condado	Regresión ordinaria y Poisson	Exponencial, Bessel, gaussiano, esférico
Tasa estandarizadas de mortalidad	Distrito médico	Regresión ordinaria	Exponencial, gaussiano, esférico
Rabia en zorros	rejilla	Regresión ordinaria y Poisson	Exponencial, Bessel
Niveles de Pb en sangre	Zona censal	Autorregresivo espacial	Exponencial, gaussiano, esférico

NOTA: Elaboración de la autora a partir del texto A Case-book of Spatial Statistical Data Analysis. D. Griffith (Ref 46)

De manera que al profundizar en estos ejemplos se observa que el contexto epidemiológico es el menos beneficiado de las asunciones de autocorrelación espacial en la modelación de la distribución espacial, aunque dentro de los problemas que se presentan al quehacer epidemiológico, la naturaleza del evento en sí marcará las pautas del abordaje metodológico más conveniente.

Sintetizando todo lo anteriormente expuesto, la siguiente figura intenta mostrar un panorama del papel que juega las asunciones de autocorrelación en la modelación de las distribuciones espaciales de eventos, según el escenario de estudio:

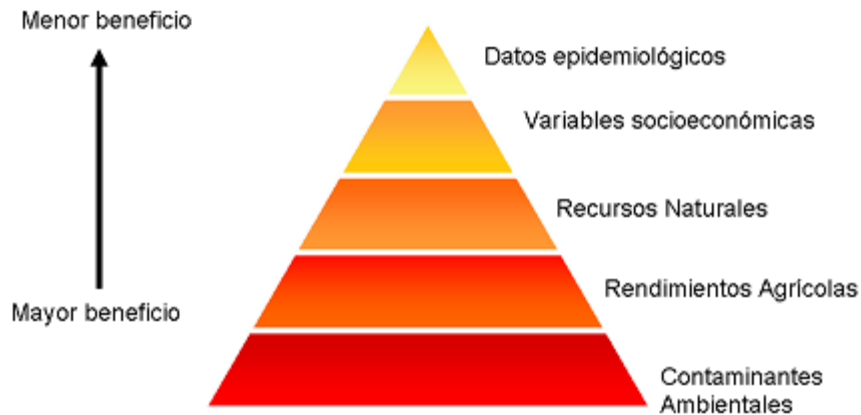


Fig 1-6. Beneficio de aplicar las consideraciones de autocorrelación espacial a los modelos en diferentes escenarios de análisis. Elaboración de la autora a partir de los ejemplos del texto referido de D. Griffith.

Esta es una de las razones por la que la estrategia de detección de conglomerados espaciales y espacio-temporales resulta más atractiva y eficiente en Ciencias de la Salud.

Desde el punto de vista de la hipótesis científica, existen dos formas de abordar metodológicamente la existencia o no de clusters en el espacio. Una de ellas consiste en probar la presencia de conglomerados bajo la hipótesis de riesgo constante y la segunda en comprobar la presencia de conglomerados en las cercanías de un punto generador de riesgos. Ambas formas de acercamiento no son independientes y de hecho la primera debe preceder metodológicamente a la segunda en el caso de que no se cuente con información suficiente para establecer desde el primer momento la segunda hipótesis.

Desde otro punto de vista, el análisis de conglomerados puede proporcionar evidencias de la estructura espacial general o global (análisis primario) y de la estructura local o focal (análisis secundario).

Las llamadas pruebas “globales” detectan conglomerados a lo largo y ancho de la región de estudio sin interés sobre localizaciones específicas. Las pruebas “locales” y “focales” son similares porque ellas son usadas para detectar conglomerados en áreas focalizadas. Específicamente una prueba “focalizada” es el que se usa para detectar aglomeraciones significativas alrededor de una fuente de exposición a un factor que incrementa el riesgo de enfermedad, pero puede utilizarse también en sentido inverso alrededor de un “sumidero” donde se reducen los riesgos. Por esta razón los métodos “globales” y “locales” también

pueden clasificarse como “generales”, en el sentido de que ellos investigan conglomerados sin que exista una hipótesis predeterminada acerca de la localización del conglomerado.

No obstante, también puede existir un interés en detectar patrones de distribuciones locales, o sea, que no tienen en cuenta la región en su conjunto. Adicionalmente las distribuciones no tienen por qué ser uniformes en toda la región (usualmente no lo son y esta es la causa principal del interés del analista). Si una distribución general de puntos contiene varios pequeños conglomerados, el método del vecino más cercano no resulta suficientemente sensible para la detección de éstos y en consecuencia no puede rechazar la hipótesis nula de uniformidad en la distribución a pesar de que estos pequeños conglomerados tienen pleno significado en la vida real. Estas limitaciones del análisis global han conducido a los analistas del espacio hacia la necesidad de implementar análisis locales, los que actualmente constituyen un tópico reciente en la Geografía, Epidemiología y Estadística. Una “taxonomía” de estas pruebas y sus fundamentos, así como representación “física” del accionar de estos métodos y sus fundamentos matemáticos se muestra en el Anexo 2 y 2-b.

Los métodos de detección de conglomerados permiten investigar aglomeraciones espaciales, temporales y espacio-temporales. Algunos tipos de análisis espaciales son idóneos para implementar métodos de vigilancia. Estos métodos son usados para el monitoreo continuo de datos de frecuencia de eventos de salud sobre los ejes de espacio y tiempo. Una excelente revisión cubana de los métodos disponibles para el análisis de detección conglomerados se encuentra en Casas(40).

En 1990 el CDC definió y publicó un protocolo para la investigación de conglomerados de enfermedades, el cual reconoce 4 estadíos en la investigación(49):

Respuesta inicial: cuando una posible aglomeración es reconocida o surge como alerta en los sistemas de vigilancia. Las acciones de esta etapa son la recogida de la información primaria focalizados en el eje persona, síntomas y posibles causas. La plausibilidad y coherencia de esta etapa sugiere la continuación de las investigaciones o su detención.

Comprobación estadística del conglomerado: consiste en la demostración de un exceso de casos sobre lo esperado y formulación de hipótesis causales. De acuerdo a la existencia o no de hipótesis, el conglomerado puede ser declarado verdadero o explicado por el azar y se decide o no continuar la investigación.

Evaluación de costos y herramientas: define la posibilidad o no de realizar investigación ulterior.

Investigación etiológica: Tiene como objetivo explicar las causas del conglomerado.

Evidentemente, este protocolo persigue contar con una respuesta sistemática y organizada de las unidades de vigilancia y al mismo tiempo, contener las demandas de la población, en estructuras sociales en que este tipo de hechos puede ser muy connotado. En el marco de la concepción capitalista de este protocolo se plantea: “El propósito de este protocolo es definir una respuesta sistemática a las demandas infundadas de conglomerados, asegurar que las preocupaciones de los ciudadanos son cuidadosamente enrutadas y racionalizar los recursos de la salud pública”(49), sin embargo, en sociedades donde la salud pública es un derecho y una prioridad estatal los objetivos de esta metodología son perfectamente adaptables técnicamente hablando, pero aún más, se complementan con pasos subsiguientes de intervención y evaluación.

Aún cuando una parte importante de los conglomerados no resulten verdaderos ni etiológicamente explicables, contar con estas herramientas en el sistema de vigilancia es extremadamente deseable para la asignación de recursos y servicios médicos a la medida de los territorios y redundante siempre en una racionalización de estos recursos, una focalización de la atención y, más allá de esto, una priorización investigativa pues, aún cuando los conglomerados no tengan explicación a la luz de los conocimientos científicos existentes, se abre un interrogante que de persistir el comportamiento, puede encontrar explicación etiológica más adelante. Por otra parte, su implementación no representa una erogación económica injustificada, sobre todo cuando se cuenta con una estructura de vigilancia y atención médica equitativa, espacialmente exhaustiva, universal, y que cubre a toda la población, condiciones todas que se dan en nuestro medio.

Las técnicas estadísticas de detección de clusters se utilizan básicamente en el segundo paso del protocolo. En este paso además se puede incluir aspectos de evaluación ambiental o contextual de variables hipotéticamente relevantes. Esta enfoque incluye una interesante confluencia de [análisis multinivel](#) y debe ser cuidadosamente evaluada para maniobrar adecuadamente la [falacia ecológica](#). Los investigadores deberán estar claros de que las explicaciones no serán exhaustivas y que las cifras se manejarán como estimadores sobre los que se intenta probar relaciones. Dada la complejidad y multivariedad de la información

necesaria, se debe estar dispuesto a aceptar el precepto de que “la Epidemiología es el arte de hacer ciencia a partir de datos imperfectos”.

Es importante reconocer que los resultados estadísticos no proveerán el único criterio para determinar si la investigación debe continuarse hacia el tercer paso. La distribución de casos es evaluada dentro del contexto de causas posibles, ambientales, biológicas y epidemiológicas y requiere una intensa comunicación de todas las partes implicadas.

1.6.2- Diferentes tipos de aglomeraciones.

Es pertinente recordar en este momento que un conglomerado (cluster) de enfermedades o eventos es una agregación de casos en el espacio, en el tiempo o en el espacio-tiempo y en este último caso, con o sin interacción de ambos ejes. Por “agregación” se entiende que los casos están agrupados en uno o ambos de estos ejes más de lo que es esperado, es decir, que existe un “exceso” de casos en el tiempo, espacio o espacio-tiempo. Este exceso se define sobre la base de una hipótesis de nulidad, es decir distribución aleatoria de los casos en los ejes.

Diferentes pruebas son sensibles a estos tipos de aglomeración, dependiendo del o los ejes en que se manifiesten. Las explicaciones a la presencia de clusters pueden incluir mecanismos infecciosos, estilos de vida, tóxicos ambientales, genética, inmunidad/susceptibilidad, transmisión por vectores, etc. La siguiente tabla ilustra algunas de estas relaciones, así como recursos técnicos útiles:

Tabla 1-2. Etiologías y asociaciones témporo-espaciales de diferentes procesos mórbidos.

Etiología	Inicio	Características	Patrón Espacio-Temporal	Técnicas útiles
Ambiental (exposición a tóxicos o accidente)	Exposición puntual	Incremento no propagativo	Distancia de la fuente afecta la incidencia	Correlogramas Variogramas Conglomerados
	Exposición no puntual	No-propagativo	Relacionado a la intensidad de la exposición	Estratificación espacial Análisis de tendencias superficiales
Infecciosa	Fuente puntual simple (introducción)	Diseminación propagativa	Expansión en el espacio	Visualización espacio-temporal dinámica

	Fuente Múltiple (Endemia)	Incremento de casos	Relacionada a fuentes ambientales (reservorios)	Estratificación espacial
Condición Genética	Expresión sólo en predispuestos	Afiliación familiar	Depende de la movilidad y momento de la expresión genética	Conglomerados espaciales
Social	Múltiples efectos	Etiología común y general para muchas enfermedades	Concentraciones espaciales de características comunes	Estratificación espacial Análisis de espacio multidimensional de variables contextuales

FUENTE: Elaboración de la autora a partir de revisión bibliográfica.

Los casos pueden agruparse en espacio y tiempo y esto puede ocurrir con o sin interacción de estos ejes, aunque es difícil pensar en un ejemplo en epidemiología que no suponga una interacción del espacio y el tiempo.

Esta interacción se da cuando casos cercanos en el espacio ocurren en momentos muy cercanos en el tiempo, tal y como suele ocurrir durante la transmisión de una enfermedad infecciosa o cuando ocurre una exposición efímera a una fuente puntual de contaminantes. Las interacciones tienen lugar, por ejemplo, cuando un gráfico que represente el tiempo de latencia como función de la distancia entre pares de casos muestra una pendiente positiva, demostrándose que a mayores distancias, mayor es el tiempo de latencia del evento.

Ciertas técnicas resultan particularmente adecuadas para ser aplicadas a la vigilancia de eventos, pues, a diferencia de las investigaciones que persiguen estudiar la estructura espacial en un momento estático del tiempo, la vigilancia necesita incorporar el tiempo para explicar la tendencia y las variaciones del mismo en la estructura espacial, para determinar cuándo se está en presencia de una “alerta” y de hecho esto se convierte en el principal problema a detectar estadísticamente. Mientras el esquema de investigación de clusters sugerido por el CDC representa un enfoque metodológico **reactivo**, la vigilancia es **proactiva**, en tanto representa una búsqueda activa de conglomerados en lugar de esperar a que un conglomerado sea identificado para proceder con la investigación correspondiente.

Otro aspecto importante, contemplado en el paso 2 del protocolo del CDC es la distinción entre **clusters percibidos** y **clusters verdaderos**. Los clusters verdaderos se asocian a un evento

de salud bien definido, presentan exposiciones identificables y comunes para los casos, que además presenta un vínculo causal con el resultado (evento), deben tener un vínculo biológicamente plausible entre la exposición y el evento o al menos intuir que éste existe. Por último, el conglomerado debe ser en sí mismo estadísticamente significativo.

En contraste, los clusters percibidos tienen una pobre definición como evento de salud, y son el resultado de varias causas posibles. En estos casos la demostración estadística no es una razón suficiente para validarlos. Sin embargo, a los efectos de la vigilancia, los clusters percibidos, aunque no llenen los requisitos de una investigación etiológica ulterior, son importantes como señales de alerta, aunque esta práctica haya sido tildada por algunos como **pre-epidemiología**.

La mayoría de los clusters investigados por los departamentos de salud son percibidos y no verdaderos. Cifras bien documentadas refieren que aproximadamente el 90% de las investigaciones de clusters son cerradas después de la segunda etapa por falta de evidencias. Del 10% que continúa el proceso recomendado por el CDC, sólo un 10-30% avanzan hasta el tercer paso y de esta manera, sólo entre un 1 y un 3% son reportados clusters verdaderos y desencadenan una investigación etiológica. Sin embargo, si los costos de esta vigilancia son accesibles, estarán tan justificados como el tamizaje masivo de enfermedades “raras” que son practicados en estados responsables de la salud de sus poblaciones.

Las investigaciones sobre clusters en la mayoría de los departamentos de salud que practican sistemáticamente estas técnicas son reactivos, surgen como respuestas a reclamos poblacionales. Si además de este hecho, se tiene en cuenta que las estadísticas sobre clusters, percibidos o verdaderos, sirven ulteriormente para la asignación de recursos o servicios, entonces la actitud proactiva (vigilante) sobre conglomerados está plenamente justificada. Si, adicionalmente se encuentran las condiciones para que esta vigilancia no implique revolucionar los registros de información primaria, el balance costo-efectividad es incuestionable.

Desde la perspectiva de los decisores en salud la percepción de un conglomerado debe ser tan importante como la demostración de su existencia real. Aunque la demostración de un conglomerado bajo hipótesis de riesgo constante (actitud proactiva y vigilante) no demuestra causalidad, permite generar hipótesis y una exploración más intensiva, y cuando menos, de no demostrarse las causas que permitan revertir la situación, al menos, el reconocimiento de un

cluster espacial y persistente permitirá la mitigación del daño con la asignación de recursos especializados para afrontar la situación.

Rothman(50) criticó las investigaciones de clusters en varios puntos teóricos, pero la mayoría de sus consideraciones no responden a la forma de actuación de las autoridades de salud en un país como el nuestro, con un sistema único de salud, estadísticas estatales, cobertura total y distribución equitativa (espacial y poblacionalmente hablando) de la atención primaria. Sus críticas se ubican en la posibilidad de sesgo e incremento de falsos positivos en la investigación reactiva de conglomerados espaciales como resultado de una denuncia pública. Otro aspecto criticado es el hecho de que la mayoría de los clusters investigados son enteramente descriptivos e ignoran posibles agentes causales, pero en este aspecto vale decir que cualquier hallazgo epidemiológico sobre las distribuciones en la tríada epidemiológica (tiempo, espacio, persona) no hace sino añadir conocimientos y evidencias a la investigación etiológica. Ciertas aglomeraciones cíclicas en el tiempo en infecciones neurológicas aún no tienen explicación etiológica, pero se aceptan como ciclos conocidos y esperados y al menos sirven para dar las alertas epidemiológicas y preparar los servicios médicos para enfrentarlas. La verdadera naturaleza de las investigaciones de detección de clusters es exploratoria y no está diseñada para revelar relaciones causales.

El proceso de análisis tiene seis componentes(49):

- 1- El **modelo espacial nulo**, que describe la distribución espacial esperada bajo la hipótesis científica nula.
- 2- La **hipótesis nula**, que constituye el planteamiento acerca de cómo la variable investigada varía en el espacio geográfico.
- 3- La **prueba estadística**, la cual arroja un estadígrafo que es capaz de resumir la distribución espacial. En general la prueba estadística es seleccionada para describir el patrón espacial que se está investigando.
- 4- La **distribución nula de la prueba estadística**, también conocida como distribución de referencia, que es la distribución del estadígrafo bajo el modelo espacial nulo. Puede ser construido basado en una distribución teórica o ser generado mediante aleatorización.
- 5- La **hipótesis alternativa**, que es construida basándose en la distribución espacial esperado si la hipótesis científica alternativa es cierta.
- 6- El **modelo espacial alternativo**, que es la descripción matemática de la hipótesis alternativa.

¿Cuál es el papel de los conglomerados en la estructura inferencial? Uno de los objetivos que persigue el análisis espacial es demostrar si el “mapa” es estadísticamente significativo en algún sentido. Es importante acotar que los términos modelo espacial nulo, hipótesis nula, prueba estadística, distribución nula de la prueba estadística, hipótesis alternativa y modelo espacial alternativo estarán relacionados con el empleo de diferentes estrategias de abordaje estadístico.

El Anexo 3 muestra un compendio de variables epidemiológicas relevantes a la incorporación de la espacialidad según el tipo de estudio.

Cuando las variables relevantes no muestran patrones espaciales, el rendimiento del análisis espacial será limitado. En dependencia de la enfermedad bajo estudio, la genética, el comportamiento, el nivel socio-económico y la exposición a agentes contagiosos serán más o menos importantes. Para las enfermedades contagiosas los patrones de contacto tienen un fuerte componente espacial debido a que los contactos entre susceptibles e individuos infectados ocurren en localizaciones espacio-temporales específicas. Los aspectos genéticos tienen también un fuerte componente espacial porque la descendencia tiende a vivir en la cercanía de sus progenitores. Entonces, existen buenas razones para esperar que muchas variables relevantes epidemiológicamente exhiban una bien determinada estructura espacial.

1.6.3- La espacio-temporalidad.

Junto con estas consideraciones, el papel del eje tiempo tampoco puede ser dejado de lado, como esencial complemento de este protocolo.

Al explorar distribuciones de eventos en los ejes espacio y tiempo, se debe tener en cuenta que las distribuciones sugerentes se pueden presentar de diversas formas: en una serie simple de tiempo, en la interacción de varias series de tiempo, en el espacio geográfico o en la interacción espacio-tiempo. La selección de las pruebas para demostrar la significancia de cualquiera de estas distribuciones debe derivarse más de la hipótesis científica que de la distribución observada de los datos. En otras palabras, la pregunta científica que se explora debe determinar el test estadístico aplicado, y éste a su vez debe ser seleccionado de acuerdo a las posibilidades que permiten los datos que tenemos “en mano”.

Existe acuerdo, en general, sobre la importancia de la dimensión temporal en la consideración analítica del espacio(51). El espacio, considerado como un mosaico de diferentes épocas,

sintetiza, por una parte, la evolución de la sociedad, y, por otra, explica situaciones que se presentan en la actualidad. La noción de espacio es así inseparable de la idea de sistema temporal. En cada momento de la historia local, regional, nacional o mundial, la acción de las diversas variables depende de las condiciones del sistema temporal correspondiente.

La búsqueda de inferencias a partir de los datos espaciales acomete el problema teórico de relacionar los datos espaciales estáticos con el proceso dinámico espacio-temporal. Algunos procedimientos han sido desarrollados para lograr este objetivo. Los procesos de espacio-tiempo en epidemiología se expresan en diferentes patrones espaciales resultantes, que actúan como la huella dactilar de todo el proceso, reflejando la acción de un “proceso espacio-temporal ya pasado” y que queda plasmada en una “fotografía” espacial estática en un momento determinado. Alcanzar esta inferencia no es un problema de fácil solución e incluso muchas veces no se alcanza un resultado. Las dificultades provienen de que realmente una “fotografía” instantánea del espacio es sólo una pobre representación del proceso dinámico espacio-temporal. En algunos casos se puede obtener información adicional usando técnicas convencionales de superposición por capas de variables distribuidas en el espacio en diferentes momentos, de manera que se puede ganar criterios acerca de la construcción de las hipótesis.

¿Por qué los procesos espacio-temporales son relevantes en Epidemiología? Ellos incluyen aspectos como la infección o el contagio, las exposiciones ambientales que inducen patrones espaciales de enfermedades, explican la distribución espacial de enfermedades transmitidas por vectores y otros procesos de difusión. A su vez, covariables como el nivel socio-económico y la etnicidad tienden a estar espacialmente estructurados y pueden inducir patrones espaciales a través de la asociación con resultados de salud. El problema se hace más complejo cuando se integran aspectos de movilidad, modos y estilos de vida. Cada uno de nosotros exhibe una actividad diaria espacial durante la cual estamos expuestos a diferentes riesgos a lo largo de cada día. La ilustración siguiente muestra este concepto y conduce a la reflexión de que ciertamente el lugar de residencia es sólo una pobre estimación de la exposición individual.

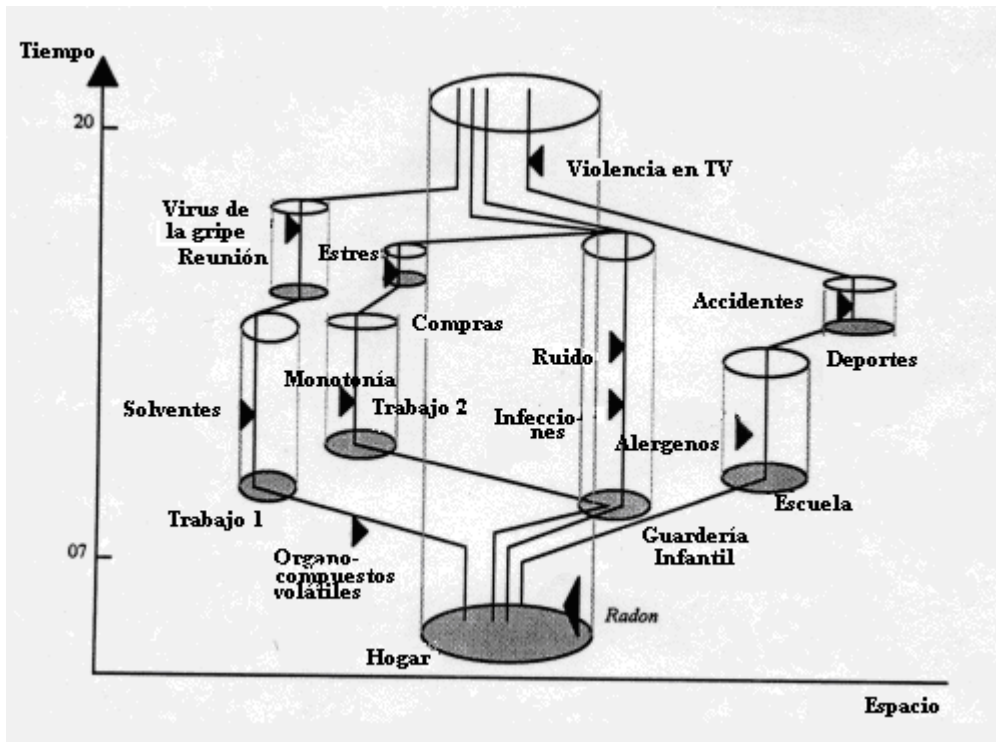


Fig.1-7. Un día en la vida de una familia. El diorama muestra las diferentes rutas y formas de exposición en los ejes tiempo y espacio. Tomado de Anders Schaerstrom en: Spatial Epidemiology. www.sph.umich.edu accedido 4/9/2002.

1.7- Integrando el evento y su contexto. Un enfoque ecológico basado en los conglomerados.

Hasta aquí se han discutido aspectos medulares del análisis espacial, sus alcances, limitaciones, perspectivas y tendencias, así como su vinculación a las Ciencias de la Salud, objeto diana de este esfuerzo. A través de este análisis ha quedado claro que uno de los esfuerzos menos exitosos se refiere a la investigación etiológica o explicativa de los eventos de salud. Paradójicamente, este es el centro de la actividad del epidemiólogo y es aquí donde la investigación debe rendir sus frutos más promisorios.

La investigación etiológica asociada al espacio no ha sido un terreno fuerte en el campo de la salud, y pocas veces se establece como metodología el contraste detección de clusters *versus* riesgo contextual, ya que generalmente las técnicas de detección de conglomerados asume la premisa de riesgo constante en la población, excepto que se trate de la investigación asociada a una fuente generadora de riesgos(52). No es usual el [abordaje contextual](#) del riesgo y su relación con los resultados de salud; en cambio se encuentran buenas contribuciones metodológicas asociadas a las ciencias sociales y ambientales en la obra de Haining(53). Es en este sentido en el que parece ser invocado el esquema representado en la Fig 1-1 como un paradigma por el Departamento de Epidemiología de la Universidad de Michigan.

La idea de hacer confluír desde dos perspectivas diferentes una técnica que ha sido definida en sí como un método más [topológico](#) que estadístico(54), resulta entonces atrayente y ya ha sido esbozada al citar métodos asociados a situaciones de investigación de diferentes etiologías en párrafos anteriores.

Las técnicas de clasificación de áreas espaciales utilizando [análisis de conglomerados jerárquicos y no jerárquicos](#) han sido utilizadas con fines de ordenamiento territorial, para el planeamiento urbanístico, el uso de la tierra, la optimización de cultivos y otras aplicaciones (55,56); muchas de ellas hacen uso de la técnica de clusters para clasificar multivariadamente a través de atributos relevantes unidades de análisis, sin embargo se encuentran escasas aplicaciones en el ámbito de los determinantes de salud, a pesar que en el corazón mismo del ordenamiento territorial subyacen aspectos que involucran centralmente todas las relaciones del hombre y su entorno. El Anexo 4 da cuenta de las diferentes perspectivas que abarca este concepto, así como su evolución histórica. Varios trabajos de la autora han realizado este abordaje y han sido difundidos en diferentes trabajos (57-59). En algunos casos se ha superpuesto a esta clasificación territorial indicadores de salud y los resultados han sido interesantes (60,62).

El valor de estas aproximaciones metodológicas radica en que, si el ordenamiento se basa en variables claves a los eventos que desean ser estudiados, este marco contextual resulta una referencia relativamente estable en el tiempo, que permite la toma de decisiones, el pronóstico y otras acciones de interés a las Ciencias de la Salud. La experiencia de la autora, que será mostrada en ejemplos desarrollados a lo largo de varios años demuestra que:

- La búsqueda de similaridades espaciales basada en el tratamiento multivariante es una herramienta útil que aporta elementos complementarios a los estudios epidemiológicos individualizados.
- Las relaciones sociales y el ambiente físico tienen una manifestación espacial y territorial clara, y si consideramos su influencia sobre la salud, es lógico pensar que este es un proceso con claras expresiones geográficas, porque aunque se puede entender desde el punto de vista individual, es social y de especie.
- El uso de unidades ambientales no convencionales, o la construcción de unidades espaciales basadas en la integración de áreas con similaridades multivariadas que toman en cuenta variables claves, representa una alternativa metodológica para comprender mejor el proceso de enfermar incorporando el contexto. Por último:

- La explicación ecológica del proceso salud-enfermedad es sin dudas fundamental para la planificación y evaluación de intervenciones en Salud Pública y en general, para la gestión de políticas de salud.

Más allá de las prevenciones necesarias respecto a las posibles falacias resultantes de pretender extrapolar lo individual a lo contextual o viceversa, este enfoque flexibiliza el tratamiento para integrar niveles de análisis grupales e individuales, permite la integración de áreas, exime al espacio de estructuras políticas o delimitaciones administrativas de cualquier tipo; acepta, tras la debida operacionalización, variables provenientes de disímiles ejes y por todo ello se acerca a las exigencias del *análisis multinivel*. Se pueden alcanzar diferentes resultados de clasificación sobre una misma región, pero la calidad de las variables incorporadas, y sobre todo su plausibilidad dentro del rompecabezas etiológico, permitirán alcanzar los mejores resultados. Aquí, como en todas las cuestiones metodológicas no se podrá actuar bajo recetas. Simplemente, *si usted no sabe a dónde va, cualquier camino lo llevará*.

La figura 1-8 sintetiza algunas formas de operacionalizar variables contextuales que provienen de diferentes ejes:

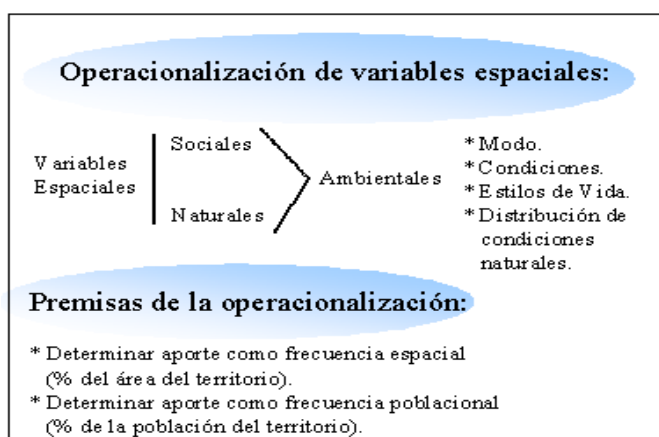


Fig.1-8. Ejemplo de operacionalización de variables contextuales para estratificación territorial. Conferencia de la autora presentada al Taller de Estratificación en Salud. UATS-OPS. Cienfuegos 1997.

La selección de las variables que participan en un proceso de estratificación es obviamente un ejercicio obligado de los más insoslayables principios del análisis epidemiológico, y comprende desde los conocimientos existentes sobre la historia del evento (enfermedad) que se desea estudiar, sus determinantes y su forma de transmisión o aparición. Pudiera argumentarse aquí que conocer todos los detalles que determinan la aparición de eventos en la estructura espacial

obvia por sí mismo esa búsqueda y en cierto sentido en esto radica el carácter paradójico de toda investigación. Pero ciertamente ante el desconocimiento de por qué ciertos eventos se concentran en el espacio o por qué ciertos espacios probablemente crearán las condiciones para la generación de casos aglomerados en el espacio, la “purificación de variables” contextuales es un proceso iterativo deseable –y nunca ciego- al que responden diferentes metodologías referidas en la literatura, como el análisis estructural, las técnicas de clasificación multivariada e incluso las más elementales técnicas de puntajes. Todas ellas han sido utilizadas en campos tan disímiles como el lenguaje, el ordenamiento territorial, la gestión ambiental, la planificación urbana y el análisis de la situación de salud según condiciones de vida (56, 63-69).

Las ventajas del uso de ciertas técnicas de segmentación y clasificación multivariante sobre otros métodos clásicos, como “los puntajes” ha sido objeto de estudios anteriores asociados a este trabajo(58). Algunas de estas ventajas se reseñan a continuación:

- Las técnicas de clasificación multivariadas permiten la estandarización de variables con disímiles niveles de medición, una vez operacionalizadas.
- La “reglas de la clasificación” pueden ser extraídas a través de la información de las matrices de estructura resultantes de los grupos conformados, con auxilio de técnicas como el análisis discriminante. El orden de importancia de las variables y los coeficientes asociados a la ecuación multivariada sirven como información de gran valor para juzgar la ponderación de las variables incluidas.
- Se invierte el papel de los expertos: en las técnicas de puntaje los expertos opinan sobre las variables a incluir y sobre el valor de la ponderación de las variables, en este caso, tras la inclusión de las variables, el proceso automatizado devolverá los pesos relativos y el experto opinará sobre los resultados finales de la clasificación.
- Si la clasificación multivariante es exitosa, el resultado es la creación de un constructo de riesgo que se comporta como una variable ordinal y se espera una correlación de este constructo con los indicadores de daño.

Algunas opciones metodológicas, que no agotan todas las posibles, se muestran en el siguiente esquema:

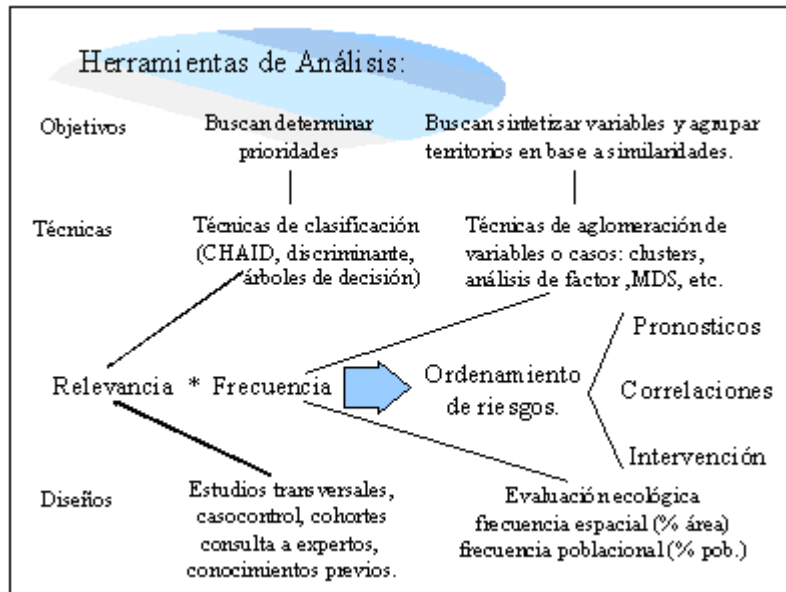


Fig 1-9. Algunas herramientas de análisis útiles a la estratificación territorial basada en análisis multidimensional. Conferencia de la autora presentada al Taller de Estratificación en Salud. UATS-OPS. Cienfuegos 1997.

Este enfoque es flexible, independiente de la unidad espacial básica del análisis, refractario a los problemas de análisis de áreas pequeñas y del MAUP y refractario a los problemas de contigüidades espaciales, ya que crea un macroespacio para fines analíticos ulteriores, así como permite estructurar el espacio más allá de las fronteras, creando un marco contextual relativamente homogéneo y estable.

Las limitaciones fundamentales de este tratamiento serían:

- Se circunscribe a relaciones lineales entre variables.
- Existe subjetividad, aunque en mucha menor medida que bajo otros procedimientos. La subjetividad siempre estará presente en cualquier enfoque metodológico (70).

La clasificación de áreas espaciales mediante técnicas jerárquicas basadas en distancias multivariadas, sigue una rutina como la que se muestra a continuación:

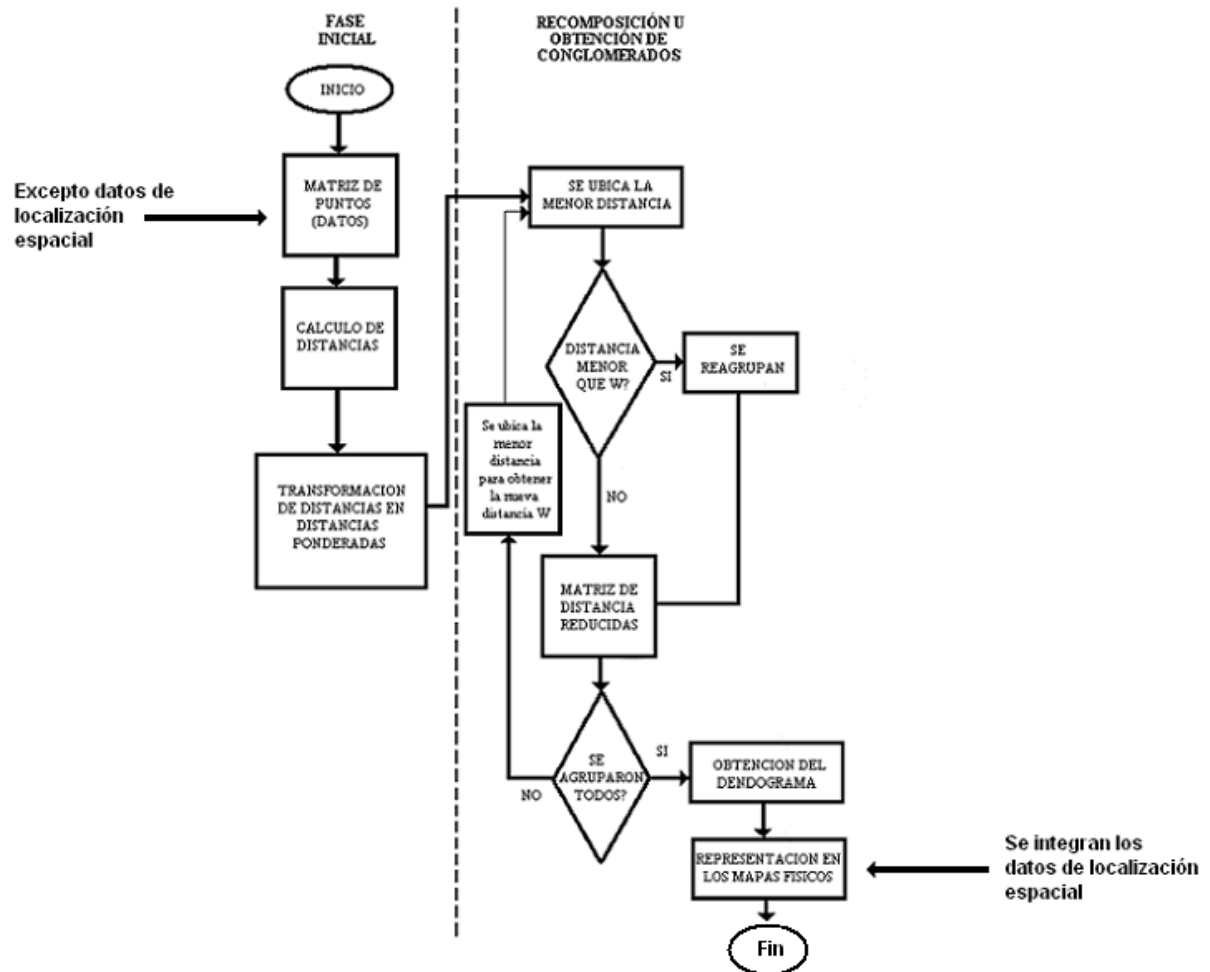


Fig.1-10. Diagrama de flujo de los procesos de conformación de conglomerados espaciales Conferencia de la autora presentada al Taller de Estratificación en Salud. UATS-OPS. Cienfuegos 1997.

Algunas de las contribuciones en este sentido forman parte de este trabajo y serán discutidas en el próximo capítulo.

¿Cómo impacta este proceder el esquema general de análisis epidemiológico de datos espaciales a la propuesta de la fig.1-1? La siguiente representación da cuenta de estos cambios:

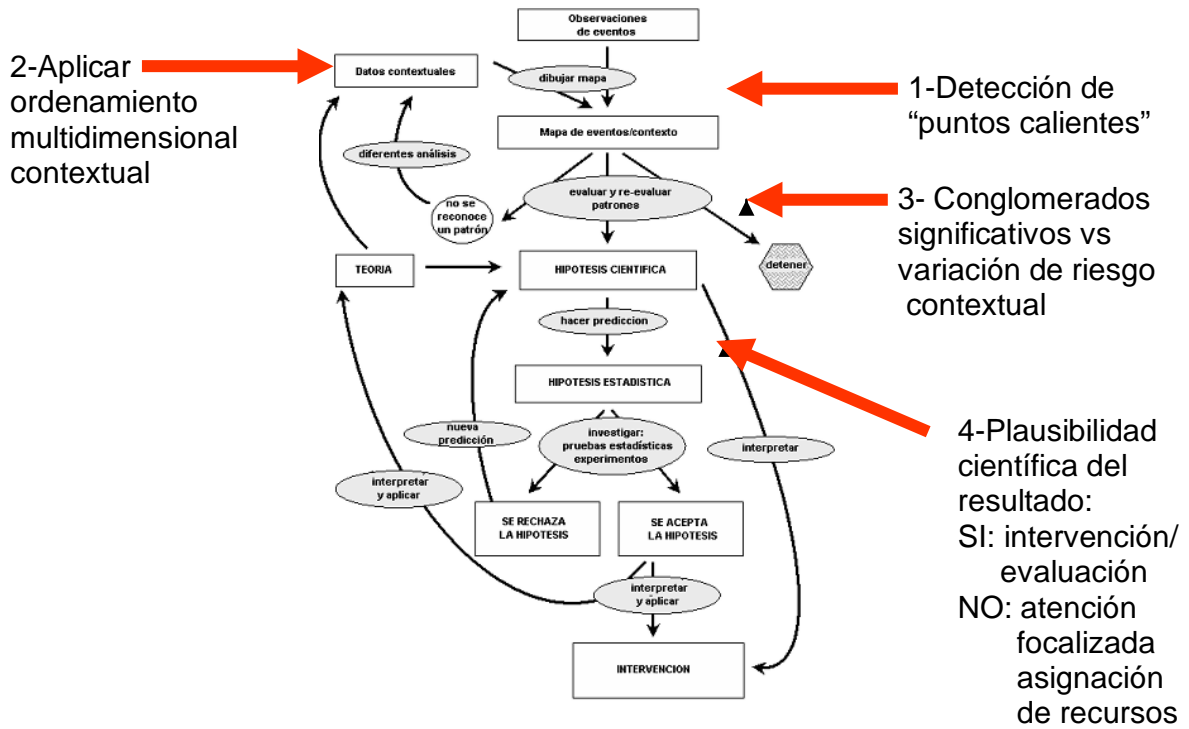


Fig 1-11. Transformación del esquema general de la fig.1-1 bajo la propuesta de este trabajo.

Secuencialmente, la detección de "puntos calientes"(hot points), pertenece a la etapa puramente exploratoria y responde a los intereses de la vigilancia pro-activa; ella permitirá dar las alertas y desencadenar o no los pasos subsiguientes. El segundo proceder, que hemos llamado ordenamiento multidimensional, acomete la tarea de formar, ignorando la ubicación espacial, grupos de áreas que abarquen "casos similares respecto a un conjunto de variables", de manera que ellos exhiban una cohesión interna y suficiente diferenciación externa. Es decir, es necesario aclarar que en este trabajo se hace referencia a *clustering* en dos sentidos:

1. Técnicas de detección de *clusters* que pretenden determinar si la presencia de un conglomerado de casos, por ejemplo enfermos (en el espacio, en el tiempo, o en ambos en interacción) es o no significativamente mayor que lo usualmente esperado.
2. Técnicas de *clustering* en el sentido de formación de "grupos" que abarquen casos similares respecto a un conjunto de variables y que resulten suficientemente diferentes entre sí.

Ambas técnicas dependen por supuesto de la "distancia", sin embargo las técnicas "clásicas" de formación de *clusters*, supuestamente "estadísticas" no lo son esencialmente: desde el punto de vista matemático, más bien son "topológicas". Realmente, la estadística sólo

interviene en estas técnicas topológicas cuando se quiere decidir, por ejemplo, si el número de clusters está bien seleccionado, en el sentido, digamos, que no se hayan unido clusters significativamente separados, acorde a la función de distancia y al criterio de agrupación.

Este trabajo defiende este proceder porque implica una reevaluación del precepto, establecido para la detección de puntos calientes, de que el riesgo de la población expuesta es constante (excepto para el caso de una fuente generadora de riesgo conocida). El resultado de ello es mejorar el contraste casos-contexto y consecuentemente, la sensibilidad y potencia de todo el procedimiento, sintetizado en la etapa 3.

Otra vez aquí el mayor esfuerzo de esta investigación ha consistido en observar, interpretar e interiorizar las perspectivas de diferentes disciplinas, sin perder de vista que en materia de análisis espacial aplicado a la Epidemiología uno de los objetivos claves es preconizar “el próximo mapa”, esto es, la predicción, que requiere por cierto la modelación, el acotamiento de los factores causales, el manejo de la información en el estado que ésta esté disponible, todo debidamente sazonado con la sagacidad del investigador. La predicción es el camino inevitable por el que tiene que transitar ulteriormente la prevención, la intervención y la evaluación. Todas tareas prioritarias de la Epidemiología y que por supuesto, no son ni con mucho, privativas del análisis espacial.

Abordar aspectos que pretenden inferir o correlacionar variables de diferentes niveles es lo que se conoce en Epidemiología como [análisis multinivel](#). El contexto espacial no está exento de estas posibilidades y riesgos. La literatura es pródiga en comentar las falacias denominadas [ecológica](#) –cuando se pretende realizar inferencias sobre los individuos a partir de análisis realizados en una mayor escala de agregación- y [atomista](#) – cuando se intentan inferencias acerca de características obtenidas a partir de mediciones individuales. Los abordajes metodológicos de King, Goodman y otros(71,72) proponen diferentes modelos y existen algunos desarrollos de software especializado para implementar los mismos, tales como el MLwin, y Ecological Inference, ambos de manufactura inglesa(73,74).

En cualquier caso, la ventaja que acarrearán estas técnicas de clasificación es que son independientes de las demarcaciones político-administrativas, pueden ser referidas a cualquier unidad areal de base –según el nivel de observación de los fenómenos- y representan una solución innovativa al problema del MAUP, al tratamiento de las adyacencias (o efectos de frontera), al mismo tiempo que, si esta clasificación es realizada de acuerdo a variables

contextuales claves seleccionadas en base al fenómeno que se desea analizar, proporcionan un soporte a la explicación de la distribución espacial de los fenómenos bajo estudio.

Parece oportuno analizar aquí cómo se realiza este proceso. El primer paso consiste en crear una base de datos donde se plasmen los identificadores, las coordenadas y los atributos (múltiples variables) de cada unidad espacial. Se crea así el “espacio de datos”, que en su forma más sencilla podrá tener una representación bidimensional, como se muestra en la siguiente figura:

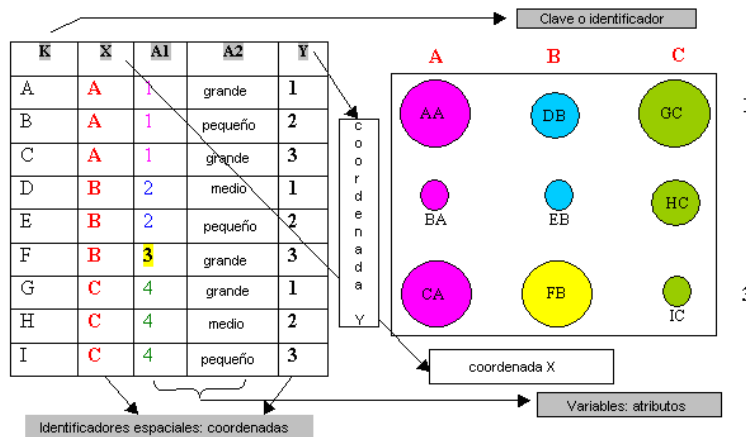


Fig 1-12. De la tabla de datos al “mapa informativo-relacional”. Tomado de Old. J. Information Cartography: Using GIS for Visualizing Non-Spatial Data. En: <http://gis.esri.com/library/userconf/proc02/pap0239/p0239.htm>. Accedido 20/9/06

El espacio de datos así creado se agrupa mediante medidas de similitud/disimilitud basadas en distancias multivariantes. Posteriormente se reubican las unidades en sus posiciones cartográficas de origen, lo que da lugar a la construcción del espacio geográfico metafórico. La siguiente ilustración muestra este proceso con tres dimensiones. La representación de mayor número de dimensiones requiere otras técnicas de visualización, que serán tratadas más adelante.

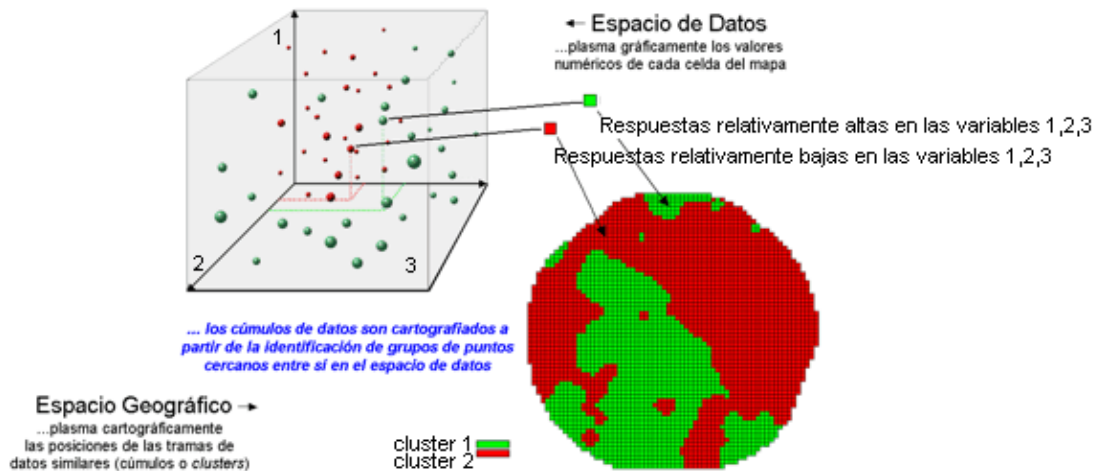


Fig 1-13 . Del espacio multivariante de datos a la representación cartográfica. Tomado de: Berry J.K. Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS. Disponible en <http://recursos.gasbrielortiz.com> accedido 9/2002.

Gould y Kabel(75) utilizan los términos “espacio geográfico” y “espacio multidimensional” para representar en sendos diagramas los resultados del tratamiento multivariante de elementos espaciales en contraste con la ubicación geográfica convencional. Su representación:

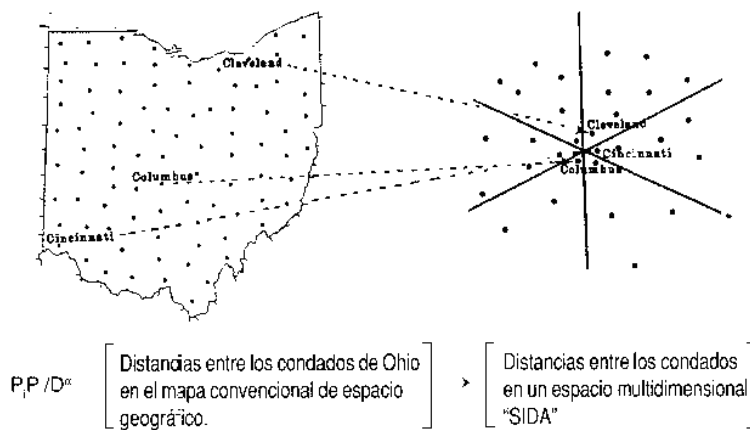


Fig.1-14. Espacio geográfico convencional y espacio SIDA construido mediante un modelo de gravedad para explicar la difusión de la epidemia. Tomado de: Gould P. La epidemia de SIDA desde una perspectiva geográfica. Ref 75.

permite explicar la difusión de la epidemia de SIDA entre tres núcleos urbanos de Ohio, geográficamente distantes, pero interconectados por rutas y variables claves y traídos juntos por su similitud en el espacio multidimensional. Este tratamiento permite contestar preguntas tan interesantes como por qué Santa Clara sorprendentemente se ha comportado históricamente como la segunda ciudad en morbilidad por VIH después de Ciudad de La

Habana, pues siguiendo atributos *a priori* no parecen muy comparables las características de ambos núcleos urbanos.

La clasificación multivariada de espacios y la superposición de conglomerados espaciales permite explicar en función del espacio muchos fenómenos de salud, sin que éstas sean metodologías exclusivas, sino únicamente un aporte modesto al vasto arsenal de los análisis espaciales.

1.8- Carácter multidisciplinario del análisis espacial en salud.

Los retos del análisis espacial aplicado a las ciencias de la salud se pueden considerar desde la perspectiva de los estadísticos, de los geógrafos o de los epidemiólogos. El papel de los estadísticos se ha concentrado en reconsiderar los planteamientos teóricos para incluir en ellos la autocorrelación espacial y una vez logrado, tener la certeza de que pueden ser utilizadas las distribuciones teóricas bajo las nuevas condiciones. Sin embargo, deberán tener en cuenta las disímiles situaciones que se presentan en el análisis de la especialidad en salud, sobre todo en lo referente al carácter discreto de los eventos y las condiciones variables en que se cumple-o no se cumple- la premisa de autocorrelación. Igualmente deberán asumir que la aleatorización espacial difiere sustancialmente en la estadística espacial de la clásica. En primer lugar, en el caso de la estadística espacial, esta aleatorización no puede ser replicada, dada la complejidad de los sistemas espaciales y espacio-temporales. Por esta razón frecuentemente sólo se dispondrá de los datos que están "a mano" y que frecuentemente no cumplirán con los más sofisticados requisitos deseables para hacer óptimo el análisis. Esta falta de replicación implica en la práctica que la muestra es tomada para fungir como universo, ya que no se trata de un universo estático. Las pruebas de aleatorización enfrentan este problema mediante métodos de simulación que aleatorizan y replican las observaciones dentro de la muestra. Esta constituye una ventaja sustancial para los datos espaciales en los que frecuentemente no se conoce la distribución que rige las variables y/o la medición de la proximidad geográfica empleada cuando se evalúa la distribución espacial. Se asume sólo las características de la muestra y no las del universo de donde fue extraída. Debido a esto las inferencias generadas se aplican sólo a la muestra y no al universo. Esto significa que la estructura inferida es altamente restrictiva en relación a las pruebas estadísticas clásicas.

Las estadísticas clásicas tienen cuatro premisas además del carácter independiente de las observaciones(34):

- Asumen diseños experimentales que pueden ser replicados. La noción de replicación forma parte de la base filosófica de las teorías de las distribuciones.
- Frecuentemente, aunque no siempre, asumen datos precisos de manera que el valor de una observación (el dato) puede ser conocida con exactitud con el empleo de instrumentos suficientemente precisos.
- Asumen que las muestras son extraídas de un universo hipotético. La noción de universo es parte de las bases filosóficas necesarias para aplicar a teoría de las distribuciones.
- Por último, se asume que la distribución de los estadígrafos bajo la hipótesis nula puede obtenerse mediante la replicación del experimento nulo, esto es, bajo la certeza de que la hipótesis nula es cierta.

Para los epidemiólogos, el objetivo de las estadísticas espaciales es en primer lugar cuantificar la distribución espacial y seguidamente inferir el proceso espacio-temporal que pudo producir esa distribución. El epidemiólogo no puede renunciar a la búsqueda de las relaciones causales que producen estas distribuciones.

¿Dónde las pruebas de conglomerados encajan en la estructura inferencial? Siguiendo la perspectiva del epidemiólogo interesado en las distribuciones espaciales, las metas son: ¿cómo evaluar los patrones de distribución espacial y qué se puede inferir de estos patrones? (en términos de ruta etiológica). Los conglomerados (espaciales, temporales o ambos) juegan diversos roles en estos desarrollos metodológicos. En una primera etapa, ellos cuantifican los patrones espacio-temporales. Después, permiten evaluar la significación de estos patrones. Más tarde ayudan a formular hipótesis explicativas, si la significación ha sido corroborada. La plausibilidad de una posible asociación entre un daño y un riesgo ambiental putativo debe estar fundada en la consistencia de una hipótesis biológica más que en consideraciones puramente estadísticas.

Con respecto al papel de los geógrafos en este esfuerzo multidisciplinario en función de las Ciencias de la Salud, ellos deben buscar las raíces de la metodología necesaria en los geógrafos alemanes del siglo XIX. Alfred Hettner y otros en Alemania emprendieron estudios decisivos desde principios de 1900. Pero la serie de estudios metodológicos que se iniciaron en Estados Unidos en 1923 con la obra de Harlan Barrows *Geography as Human Ecology*(76) y que continuaron durante casi cuarenta años, debe figurar sin duda como uno de los esfuerzos más intensivos realizados con este fin.

Es importante retomar el concepto de "diferenciación espacial", atribuido a Hettner e introducido en los E.E.U.U. por Sauer(77). Este concepto favorece (aunque no lo exija lógicamente) un objeto de investigación importante a los fines del estudio de las distribuciones espaciales de eventos de salud. Lo mismo puede decirse de otro concepto importante en este campo: el de una organización funcional espacial, introducida por Platt(78).

Los investigadores de las ciencias geográficas cuyo pensamiento influyó ampliamente en los conceptos de sistemas biológicos (y sociales), tales como R. A. Fisher y Karl Pearson en biología y antropología, Alfred Lotka en Biología, Sewall Wright en Genética y L.L. Thurstone en Psicología, estaban todos activos en 1920 y 1930. El florecimiento de la aplicación de estas técnicas y conceptos tuvo que esperar hasta que se dispuso de los computadores electrónicos y se alcanzó el progreso matemático de los últimos años de 1940 y a principios de 1950, pero aportaron, quince o veinte años antes que en geografía, adelantos de organización importantes en genética y en otros campos biológicos, en antropología física, demografía, psicología y economía, desviando durante un cierto tiempo las nuevas ideas que sus técnicas generaban para los geógrafos, porque las técnicas constituían claves esenciales en la comunicación de este pensamiento(79). Estas ideas siguen siendo claves si se quiere saltar de la mera información geográfica al análisis causal e inferencial que involucra al espacio.

En este trabajo se han desarrollado estas ideas desde una perspectiva y una forma de pensar eminentemente estadística, pero fruto de esta revisión necesaria se han encontrado interesantes abordajes que provienen de un pensamiento geográfico no convencional y poco referido en la literatura, y que da cuenta de "modelos geográficos (o espaciales) contextuales" que se encuentran resumidos en la tabla que se muestra en el Anexo 5.

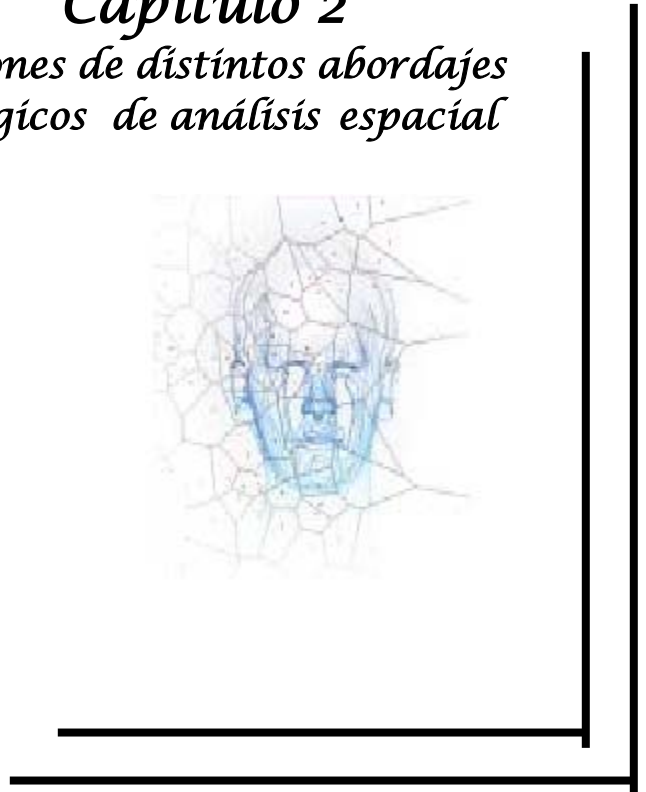
Ello ha llevado a conducir esta investigación bajo una concepción holística e integradora que tiene como objeto final rendir a las Ciencias de la Salud una renovada visión de abordajes metodológicos útiles que ponen en perspectiva al espacio como parte del arsenal analítico del ramo. Se espera de esta manera contribuir a llenar un vacío metodológico, informativo y gnoseológico existente actualmente en el área del análisis espacial aplicado en salud, alejado de recetas, pero pleno de posibilidades. Si este trabajo ayuda a esclarecer conceptos, retomar viejas ideas y eliminar barreras tecnológicas aún no disponibles, si los ejemplos desarrollados sobre casos de estudio cubanos ayudan a tener una mejor visión de nuestros problemas, se habrá alcanzado un objetivo deseado y largamente soñado.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO:

- El tema del análisis espacial aplicado a las Ciencias de la Salud presenta en la actualidad importantes lagunas interdisciplinarias y desafíos metodológicos, por los que el mayor reto para cualquier esfuerzo que persiga resultados prácticos es la minuciosa y ardua búsqueda de la información existente en una larga lista de diferentes especialidades, que en ocasiones no han estado dispuestas a dialogar entre sí.
- Existen buenas razones para esperar que muchas variables claves a la salud de la población exhiban una bien determinada estructura espacial, aspecto por el cual la incorporación del espacio a los estudios de los daños y determinantes de la salud resulta relevante, pertinente y en la actualidad despunta como un problema a debate en los círculos científicos internacionales.
- El uso apropiado del espacio y las técnicas aplicables a la inclusión del mismo en los estudios dependen básicamente de la pregunta de investigación. En la práctica pueden encontrarse opciones metodológicas que flexibilizan aspectos críticos como las unidades espaciales de análisis, la forma de los objetos espaciales, los efectos de agregación, zonificación, borde, contigüidad y otros, permitiendo de esta manera arribar a conclusiones de interés para las disciplinas a las cuales tributan.
- La espacio-referenciación, cuando sea necesaria, es un concepto más amplio que la geo-referenciación y abre paso a ilimitadas posibilidades metodológicas, haciendo accesibles una gama de análisis que incluyen el espacio y son de máximo interés para las Ciencias de la Salud.
- El escalamiento de los conceptos de espacio convencional a espacio multidimensional abre asimismo nuevas fronteras metodológicas que, aunque encuentran su expresión gráfica en el espacio (metáforas espaciales), trascienden los conceptos clásicos de espacialidad.
- La investigación espacial en Ciencias de la Salud, aunque basada en técnicas con fuerte basamento estadístico-matemático, requiere incorporar la visión integradora y multidisciplinaria propia del método epidemiológico al intentar dar una explicación holística a los fenómenos de interés en el sistema. Se requiere la mente abierta de las disciplinas involucradas para asumir estos retos y encontrar caminos más útiles e innovativos en función de estos problemas.

Capítulo 2

Aplicaciones de distintos abordajes metodológicos de análisis espacial



CAPITULO 2

APLICACIONES DE DISTINTOS ABORDAJES METODOLOGICOS DE ANALISIS ESPACIAL.

If you don't know where you are going, any road will get you there.

Lewis Carroll

El objeto de este capítulo es mostrar resultados prácticos de estudios de interés en Ciencias de la Salud que han contemplado implícita o explícitamente el análisis espacial. Para ello se han utilizado en su gran mayoría estudios realizados por la aspirante, pero en algunos casos se han tomado ejemplos obtenidos de la literatura nacional. Los estudios de caso que se mostrarán reflejarán básicamente un resultado visual, aunque las fuentes de su procesamiento se podrá buscar, cuando fuere pertinente, en los anexos correspondientes.

Los datos primarios utilizados en estos estudios de caso son:

- Bases de datos de eventos puntuales de salud.
- Bases de datos agregados de nivel municipal.
- Bases de datos contextuales.
- Croquis, imágenes y datos históricos
- Datos de simulación

Las fuentes de información de datos reales fueron respectivamente el Departamento de Estadísticas Provincial de Villa Clara, el Departamento Nacional de Estadísticas del MINSAP, el Departamento de Epidemiología Nacional, la UATS Nacional y las Oficinas Nacional y Provincial de Estadísticas. Los estudios de caso están acompañados de comentarios sobre su fundamentación e interpretación de resultados. Se ha seguido una estrategia de ir de lo simple a lo complejo, metodológicamente hablando, en el desarrollo lógico de estos ejemplos.

2.1- PNB, mortalidad en menores de 5 años y esperanza de vida en la región de las Américas. El espacio implícito.

Mediante este ejemplo se persigue lograr los siguientes objetivos:

- Mostrar los valores de un análisis donde la espacialidad está implícita.
- En particular, mostrar la utilidad de estos análisis para estudiar comportamientos en macrocontextos, a nivel de estados.

La figura muestra las relaciones del PNB y la mortalidad en menores de 5 años y del PNB y la

esperanza de vida al nacer en la región de las Américas. En esta relación el uso del espacio está implícito de una forma metodológica no convencional. La distribución espacial (cartesiana) de los países sugiere que Cuba es un *outlier*. El espacio, geográficamente hablando, está constituido por los países de la región, reflejados como puntos. Técnicamente se trata de un análisis de regresión simple, pero en él está implícita la espacialidad. El análisis es sugestivo de hipótesis: ¿Qué macrovariables son responsables de que la respuesta (mortalidad infantil, esperanza de vida) de Cuba no siga la posición “esperada”?

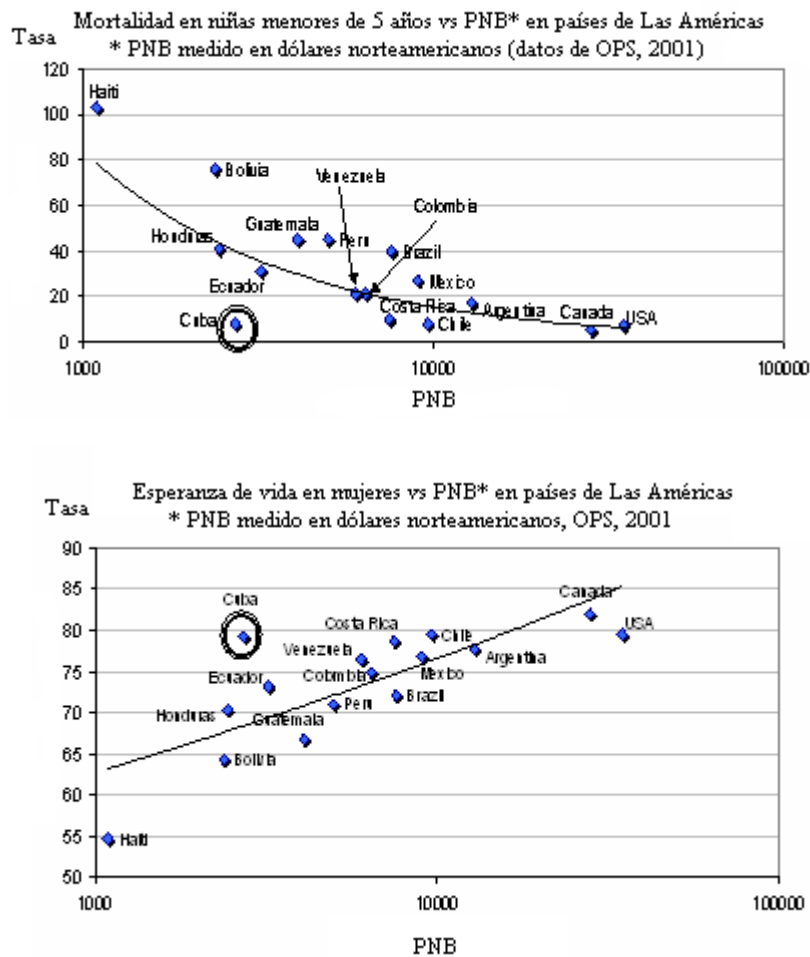


Fig 2-1. Mortalidad en menores de 5 años y esperanza de vida al nacer en los países de la región de las Américas. Tomado de: propuesta de proyecto al CIHR. Understanding the Cuban Paradox.

2.2- Una solución alternativa a la inestabilidad de las tasas en áreas pequeñas. Estudio de la distribución de Meningoencefalitis viral en Villa Clara (año 2000) mediante un enfoque bayesiano.

El ejemplo permitirá mostrar:

- La manipulación de datos primarios combinando posibilidades actuales de los SIG con

cálculos externos para cubrir vacíos analíticos de estos sistemas.

- El alcance de un tratamiento de las imágenes que permiten inferir flujos de transmisión de eventos en el espacio.

Este caso ejemplifica el uso de alternativas metodológicas para solucionar problemas del análisis espacial no implementados en los SIG. El primer mapa muestra el típico aspecto de “colcha de retazos” que adquieren los mapas al intentar representar tasas de eventos escasos en áreas pequeñas. Se realizó el recálculo de las tasas mediante las técnicas de Bayes Empírico (EB) en un programa externo a un SIG y se introdujeron los nuevos valores a las bases de datos (segundo mapa). En el tercer mapa, una técnica de interpolación disponible en el SIG utilizado permitió esclarecer aún más la orientación suroeste de la epidemia. Lamentablemente no conservamos la secuencia de mapas semanales, pero en este caso fue posible, al esclarecerse la trayectoria del contagio, dar las alertas pertinentes y planificar los recursos para la atención médica. (Ver fundamentos del método en Anexo 6).

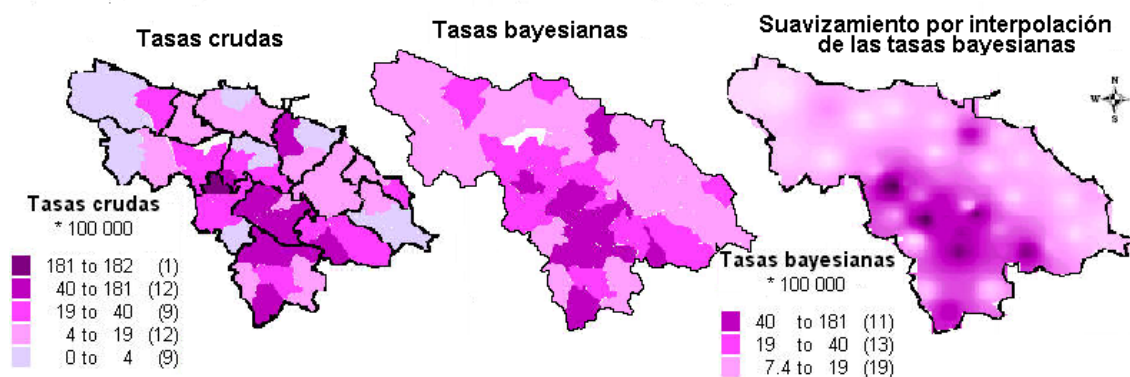


Fig 2-2. Meningoencefalitis viral. Villa Clara 2000 (semana23)

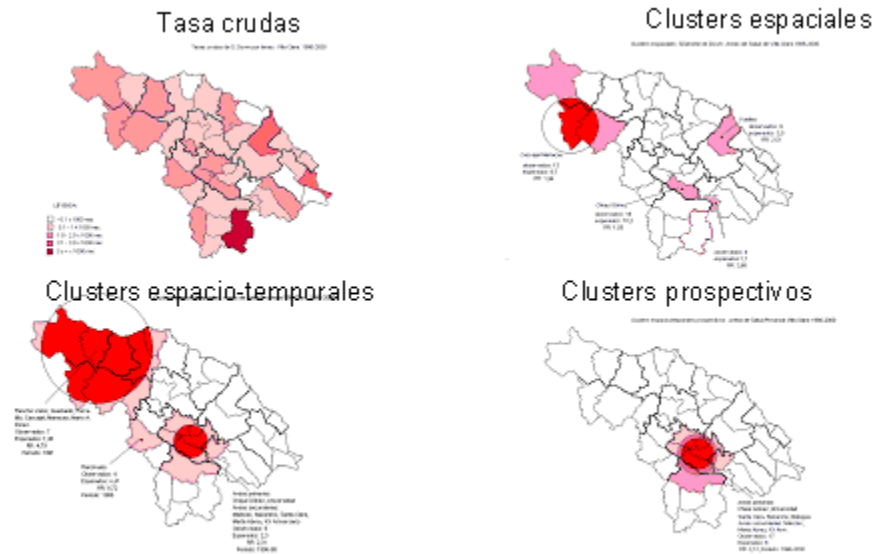
2.3- El estudio de eventos basado en datos agregados a una unidad areal. Síndrome de Down y consistencia de los resultados con variables epidemiológicamente relevantes.

Se verá en este ejemplo:

- La capacidad de realizar análisis de conglomerados espaciales, temporales, espacio-temporales y prospectivos en ambos ejes, sobre una hipótesis de riesgo constante.
- Los resultados de una técnica de análisis espacial en ambientes ajenos a los SIG y cubriendo vacíos analíticos de estos sistemas.
- Se apreciará, bajo las condiciones realizadas en este análisis, - tratamiento de

imágenes por métodos convencionales, espacio-referenciación en lugar de geo-referenciación y uso de software libre(80)- la factibilidad de ser utilizado en acciones de vigilancia de eventos. Para los fundamentos del método referirse al Anexo 7.

La figura No 2-3. concentra comparativamente los resultados de los análisis. La primera representación muestra las tasas crudas acumulativas de S.Down a nivel de áreas de salud y como puede apreciarse, una vez más el mapa muestra el aspecto de “colcha de retazos” típico del cálculo de tasas en áreas-poblaciones pequeñas, donde la pequeñez de la población en riesgo inestabiliza estos valores y ofrece una información insuficiente sobre el problema bajo estudio. En el segundo mapa se muestra el resultado de la detección de clusters puramente espaciales. El cluster de máxima verosimilitud se corresponde con el área de Vueltas, al abarcar sólo un área, está representado por su centroide geográfico (de acuerdo al sistema de concentración de casos utilizado) y como clusters secundarios se obtienen tres: uno que comprende las áreas de Cascajal-Manacas, uno en el área de Báez y uno en Chiqui Gómez, un área de salud perteneciente al municipio de Santa Clara. A través del análisis espacio-temporal se obtiene como cluster de máxima verosimilitud uno que abarca las 7 áreas del municipio de Santa Clara, centrado en Chiqui Gómez, que abarca el período 1996-98 y se reportan además dos clusters secundarios, ellos son uno centrado en Rancho Veloz y que abarca las áreas de Quemado de Guines, Corralillo, Cascajal, Manacas y Mario A. Pérez centrado en el año 1991, y uno puntual centrado en el área de Ranchuelo y con ocurrencia concentrada en 1986. El cuarto mapa muestra el análisis prospectivo espacio-temporal y en él se detecta un conglomerado centrado en Chiqui Gómez y que comprende además las áreas Santa Clara, Universidad, Nazareno y Mataguá e interesa secundariamente las áreas Malezas, Marta Abreu y XX Aniversario. El período señalado en esta prospección es el segmento final de la serie temporal analizada, es decir el período 1996-2000. El año 91 además es reportado como el único cluster puramente temporal de máxima verosimilitud en el análisis. Evidentemente, este último análisis no tiene una expresión gráfica en el mapa.



Datos primarios: Cortesía de la Dra. Manuela Herrera. Departamento de Genética. Hospital Materno Mariana Grajales, Villa Clara

Fig 2-3. Síndrome de Down. Villa Clara 1985-2000

La tabla muestra sintéticamente los resultados más relevantes del análisis:

Tabla 2-1: Conglomerados de máxima verosimilitud en las diferentes modalidades del análisis

Tipo de Análisis	Centroide	Radio	Áreas interesadas	Período	Casos Obs.	Casos Esp.	RR	LLR
Puro espacial	Vueltas	0 *	Vueltas	-	9	3,9	2,31	2,51
Puro Temporal	-	-	-	1991	20	11	1,85	3,38
Espacio Temporal	Chiqui Gómez	35,4	Todas las áreas de Sta. Clara	1996-1998	9	2,2	4,2	6,1
Prospectivo Espacio Temporal	Chiqui Gómez	38,9	Chiqui, Univ, S, Clara, Nazareno, Mataguá	1996-2000	17	7,5	2,3	4,7
Prospectivo Temporal	-	-	-	1996-2000	69	54	1,3	2,9

* centrado en el área.

¿Qué hipótesis pueden respaldar los hallazgos espaciales?

Un análisis basado en las técnicas convencionales de la epidemiología permitirá enriquecer los hallazgos mostrados mediante la detección de conglomerados. La figura 2-4 muestra el comportamiento mediante serie cronológica de esta cromosomopatía. En ella están consideradas dos variables, a saber, las tasas de incidencia del S. Down (con o sin prevención) y la edad materna (todos los nacimientos de la provincia en el período). Esta última variable

representa la condición más riesgosa para la aparición de un Down(81). Ambas secuencias muestran una tendencia creciente y una correlación significativa.

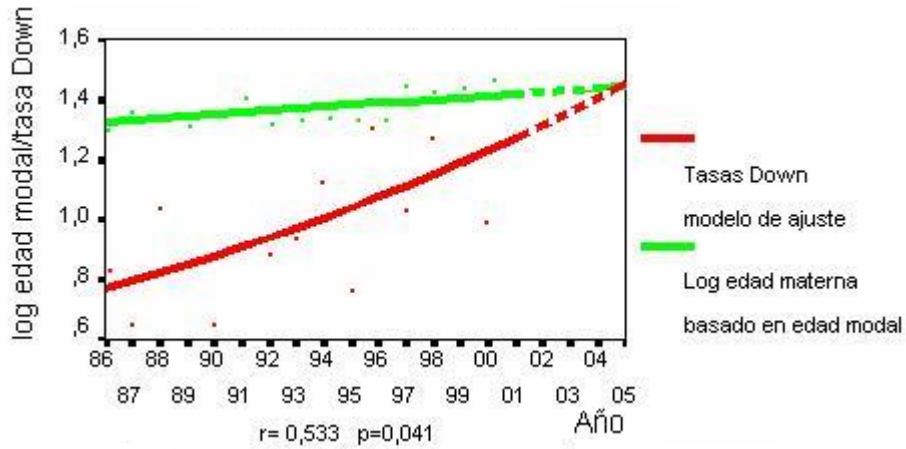


Fig. 2-4. Proyecciones de la edad materna y del S. Down. Villa Clara 1985-2000.

La figura 2.5 muestra el corrimiento que ha venido sufriendo la edad materna en los años estudiados. Para la obtención de esta figura se consideraron las edades maternas de todos los nacimientos ocurridos en la provincia en tres momentos comprendidos dentro de todo el período de estudio, convenientemente segmentados de acuerdo a diferentes momentos de la implementación del Programa de Prevención del S. Down. La figura siguiente muestra las tres distribuciones, que ajustan a distribuciones normales y el valor modal en cada distribución. Esta figura corrobora los hallazgos de tendencia encontrados en la figura anterior.

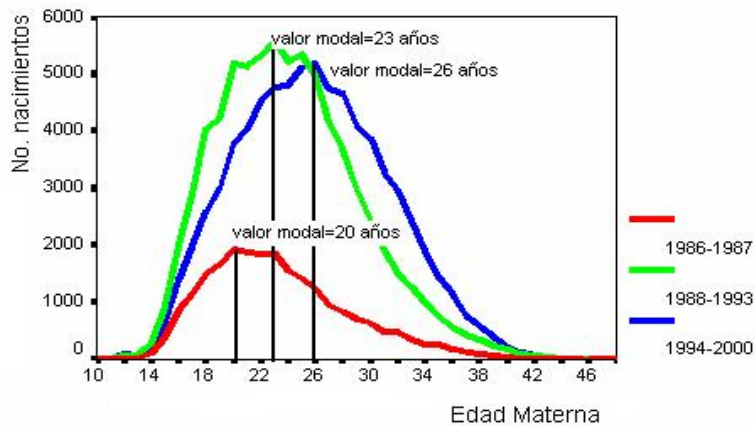


Fig. 2-5. Distribución de la edad materna en tres períodos de estudio.

Las tablas siguientes muestran algunos elementos de interés que permiten explicar mediante análisis convencionales los resultados obtenidos sintéticamente mediante el análisis de conglomerados.

Tabla 2-2: Medias de la edad materna e incidencia de S.Down en los municipios

Municipio	Media Edad Materna	Ranqueo	Casos de S. Down	Ponderación	Peso Relativo
Corralillo	24,33	1	6	6	1
Quemado	28,71	5	7	35	5
Sagua	27,43	4	7	28	3
Encrucijada	32,00	12	6	72	9
Camajuaní	28,93	7	15	105	10
Caibarién	29,50	9	6	54	6
Remedios	27,00	3	7	21	2
Placetas	30,30	11	10	110	11
Santa Clara	29,98	10	58	580	13
Cifuentes	34,20	13	5	65	7
S. Domingo	29,00	8	16	128	12
Ranchuelo	28,91	6	11	66	8
Manicaragua	26,56	2	16	32	4

La tabla 2-2 muestra las medias de la edad materna en los municipios de la provincia y la incidencia del trastorno cromosómico; y observamos, mediante un método convencional de ranqueo y ponderación, el peso relativo de la incidencia del problema en la provincia. Aunque la unidad espacial utilizada en esta tabla no es concordante con la utilizada en la técnica espacial -una de las más comunes limitaciones al hacer contrastar todos los análisis- vemos claramente que los municipios Camajuaní (que contiene al área de Vueltas), Placetas (que contiene al área de Báez), Santo Domingo (que contiene las áreas Cascajal y Manacas) y Santa Clara (que contiene a Chiqui Gómez) tienen los pesos relativos mayores en el aporte de casos.

En la tabla 2-3 se muestra la proporción de S.Down correspondientes a dos grupos de corte de la edad materna según los diferentes municipios, así como la proporción de partos totales según estos grupos de edades.

Tabla 2-3. S. Down según grupos de edad materna en relación a todos los nacimientos. Villa Clara 1985-2000.

Municipio	S.Down				Todos los Partos			
	< 35 años		> 35 años		< 35 años		> 35 años	
	No	%	No	%	No	%	No	%
Corralillo	6	100	0	-	5766	94,5	336	5,5
Quemado	5	71,4	2	28,6	4332	94,1	272	5,9
Sagua	4	57,1	3	42,9	11539	95,4	556	4,6
Encrucijada	4	66,7	2	33,3	6629	94,5	386	5,5
Camajuaní	12	80	3	20	11725	95,7	527	4,3
Caibarién	5	83,3	1	16,7	7934	95,4	382	4,6
Remedios	5	71,4	2	28,6	8721	93,7	586	6,3
Placetas	8	80	2	20	13380	94,7	747	5,3
Santa Clara	41	70,7	17	29,3	45328	94,9	2435	5,1
Cifuentes	3	75	1	25	6516	95,2	329	4,8
S. Domingo	13	81,2	3	18,8	11367	95,7	510	4,3
Ranchuelo	8	72,7	3	27,3	12471	95,3	612	4,7
Manicaragua	13	81,2	3	18,8	16287	95,8	720	4,2

Y aunque las relaciones porcentuales no evidencian la tendencia del aumento de la edad focalizado en el municipio de Santa Clara, los casos absolutos, criterio invaluable de la estratificación, porque permite establecer las necesidades de servicios y recursos, muestran la mayoría absoluta de los casos ubicados en este municipio.

Esto se pone en mayor evidencia en la siguiente tabla, donde se puede constatar que Santa Clara aporta el 32,3% de los casos de Down en madres menores de 35 años, el 33,3% de los nacidos de madres entre 35 y 38 años y el 48% de las madres con más de 38 años.

Tabla 2-4. Estratificación de S.Down en tres grupos de edad materna según municipios de Villa Clara. 1985-2000.

Municipios	Edad materna							
	- 35 años		35-38 años		+ 38 años		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Corralillo	6	4,7	-	-	-	-	6	3,5
Quemado	5	3,9	1	4,8	1	4,8	7	4,1
Sagua	4	3,1	2	9,5	1	4,8	7	4,1
Encrucijada	4	3,1	1	4,8	1	4,8	6	3,5
Camajuaní	12	9,4	2	9,5	1	4,8	15	8,9
Caibarién	5	3,9	-	-	1	4,8	6	3,5
Remedios	5	3,9	1	4,8	1	4,8	7	4,1
Placetas	8	6,3	2	9,5	-	-	10	10,0
Santa Clara	41	32,3	7	33,3	10	47,6	58	34,3
Cifuentes	3	2,4	-	-	1	4,8	4	2,4
Santo Domingo	13	10,2	2	9,5	1	4,8	16	9,5
Ranchuelo	8	6,3	1	4,9	2	9,5	11	6,5
Manicaragua	13	10,2	2	9,5	1	4,8	16	9,5
Total	127	75,1	21	12,4	21	12,4	169	100

Mediante la conjunción de estas frecuencias absolutas y su distribución según la edad materna, surgen otras consideraciones interesantes respecto a las hipótesis que pueden sostener – o generar- estos hallazgos espaciales:

¿Qué factores determinaron la confluencia espacio-temporal de casos?

Obviamente, los clusters espacio-temporales detectados, ocurren, en primer lugar, en momentos de tiempo diferentes, situándose el de máxima verosimilitud (Chiqui Gómez como centroide y afectando el resto de las áreas de Santa Clara) en el período 96-98 y el de gran extensión, detectado como cluster secundario en el análisis afecta, con centroide en Rancho Veloz, las áreas de Quemado, Corralillo, Cascajal, Manacas y Mario A. Pérez, involucrando tres municipios de la provincia. Es interesante mencionar que esta región de la provincia resultó significativamente pródiga en retraso mental y otras afecciones asociadas a alteraciones cromosómicas en el Estudio Integral de Genética conducido en el 2003 a nivel nacional(82). Un análisis de las tablas de distribución de edad materna nos puede llevar a la idea de que los determinantes de los S.Down en municipios rurales y con población dispersa no se asocian precisamente al retardo de la edad materna (obsérvese medias de las edades en las tablas, a pesar de no tratarse de la misma unidad espacial). El trastorno aquí en madres jóvenes es sugestivo de consanguinidad y predisposición familiar. En cambio, en Santa Clara, la variable principal parece ser la tendencia de las mujeres a retrasar su maternidad. Ubicado en un contexto más amplio (mayor incorporación de la mujer a la sociedad, mayor nivel educacional, más heterogénea mezcla poblacional), las piezas del rompecabeza encajan para sostener las hipótesis generadas por el análisis espacial primario.

Por último, esta misma consideración hace que se entienda perfectamente por qué el análisis de proyección espacio-temporal centra el pronóstico de futuros S. Down en las áreas de Santa Clara, evidenciando espacialmente una tendencia temporal bien demostrada y una determinación espacial plausible.

Se ha desentrañado a través de análisis colaterales comunes de la investigación epidemiológica lo que un análisis de conglomerados basado en simples localizaciones (x,y), en un eje cartesiano- no georeferenciadas- y un producto de software que contiene un algoritmo para la detección de clusters -en este caso el método de Kulldorff(83)- mostró de forma expedita.

Las hipótesis sugestivas de diferenciación de causas en distintas regiones con aglomeraciones significativas de casos permiten crear estrategias dirigidas a la medida de esos territorios, en este caso, tal vez la intervención educativa en las áreas rurales (donde además por la edad materna precoz, no se va sospechar la presencia de un S.Down durante el embarazo) y la búsqueda activa mediante técnicas de screening en las madres añosas de la cabecera provincial (en realidad este programa abarca a todas las madres añosas donde se encuentren).

Los análisis epidemiológicos corroboran los hallazgos de la técnica espacio-temporal prospectiva de conglomerados, de manera que una hipótesis propuesta por este hallazgo espacial puede ser comprobada mediante un más elaborado análisis convencional, si se consideran las variables determinantes y se cuenta con su medición(84).

2.4- Análisis de conglomerados de casos asociados a fuentes putativas de riesgo. El cólera en Londres y el mapa de John Snow.

Veremos en este caso, además de lo mostrado en el ejemplo anterior:

- El funcionamiento de una técnica de conglomerados de casos en búsqueda de asociaciones a una fuente putativa de riesgos.
- La flexibilización del tratamiento del espacio en dependencia de la forma de acceder a los datos primarios.
- Una validación histórica mediante técnicas y recursos de la era moderna.

La fig.2-6 muestra el mapa de la distribución de muertes por cólera en Londres, en el estudio conducido por John Snow. Los detalles metodológicos de este ejemplo se pueden encontrar en(85).



Fig. 2-6. Muertes por cólera. Londres, siglo XIX. John Snow.

Para abordar el análisis se llevó esta imagen a un sistema gráfico convencional (en este caso se utilizó MS Paint) y se tomaron los atributos del cuadrante que enmarcaba completamente la figura. Una vez fijadas las condiciones de cuadrante se procedió a “referenciar” los puntos. Para ello y con el fin de validar diferentes formas de abordaje metodológico se tuvieron en cuenta tres criterios:

- Análisis de la distribución espacial considerando estructuras administrativas (manzanas).
- Análisis de la distribución espacial considerando riesgo constante y continuidad del espacio (rejillas).
- Análisis de la distribución espacial bajo la hipótesis de fuentes putativas de riesgo (pozos).

Se crearon los ficheros correspondientes tomando las ubicaciones cartesianas (x,y) de las localizaciones de muertes por cólera y adscribiéndolas a la manzana, rejilla o área perimetral del pozo correspondiente a círculos de igual diámetro diseñados al azar. Fue necesario, por razones obvias, asumir que la población en riesgo tenía una densidad constante en toda el área de estudio. Una vez construidos los ficheros necesarios (geográfico, de casos y de población) para cada uno de los abordajes metodológicos, se procedió a correr el programa StatScan. Los resultados se muestran en el conjunto de representaciones que conforman la figura 2-7.

Como se puede apreciar, los clusters de máxima verosimilitud determinados en los tres análisis contienen en su radio la bomba de Broad Street, fuente que resultó la diseminadora de la epidemia. En el caso del método basado en considerar las fuentes como posibles puntos generadores de riesgo, la fuente responsable aparece en el epicentro del área, mientras que en los otros dos abordajes espaciales (manzanas, rejillas), aparece incluida en diferentes posiciones dentro del área demarcada por el conglomerado. Esto se debe a que el análisis alcanza diferentes grados de precisión según sean más o menos precisos los datos con lo que podamos conformar las bases de datos. Pero queda demostrado que en todos los casos el método señala inequívocamente el conglomerado que resulta significativo e incluye el agente causal.

John Snow tenía razón!!!

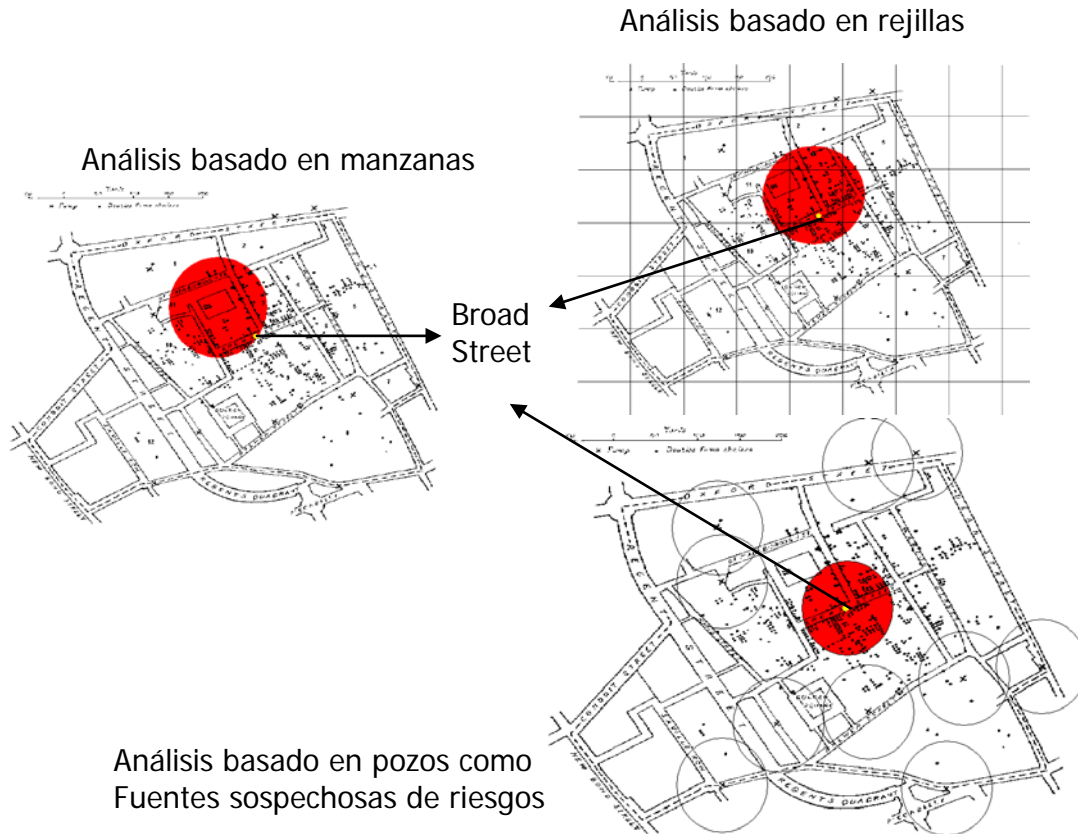


Fig. 2-7. Resultados comparativos de los tres abordajes metodológicos utilizados para el análisis de la distribución espacial.

2.5- Estructurando el espacio mediante variables contextuales. Convergencia de daños y contextos.

Los siguientes ejemplos tienen como objetivo mostrar las posibilidades de la aplicación de técnicas de clasificación a territorios o unidades espaciales, que ulteriormente sirvan como contexto a la distribución espacial de eventos (daños, riesgos o recursos). Este abordaje supone un acercamiento a la noción de *estructura espacio-contextual*, que, al permitir la diferenciación del espacio como contexto, refina la estimación del riesgo poblacional y con ello el contraste con los eventos de daño.

2.5.1- Estratificación socio-ambiental de la ciudad de Santa Clara.

En el caso de la *estratificación socio-ambiental de la ciudad de Santa Clara*, se utilizaron cinco variables del ambiente físico para delimitar y evaluar unidades ambientales finalmente estratificadas.

Tabla 2-5. Variables e indicadores utilizados en la delimitación y evaluación de Unidades Ambientales.

Variables para:	Indicadores para:	
	Delimitar Unidad Ambiental	Evaluar Unidad Ambiental
Vivienda	Tipología de la vivienda Tipo de edificación Promedio de pisos	Estado técnico Presencia de ciudadelas. Focos insalubres
Redes Técnicas Saneamiento	Presencia de: Acueducto Alcantarillado Sin redes	Estado técnico Frecuencia de abasto de agua
Redes Técnicas Vialidad	Viales Implícita en el proceso de urbanización. (Forma de la trama).	Estado técnico.
Áreas Verdes	Implícita en proceso de urbanización. (Grado de compactación).	Abundancia o ausencia.
Contaminantes	Presencia de industrias, servicios de salud y otros contaminadores	Presencia e influencia de contaminantes. Líquidos, sólidos o gases.

Además de unidades de paisajes y combinación cronológica de ocupación, compactación y forma.

Para obtener las unidades ambientales homogéneas se consideró el carácter ordinal de las diferentes variables y se otorgaron valores de 1 (mejor situación) a 4 (peor situación) en cada indicador. Uno de los aspectos más relevantes de esta investigación es que la unidad geográfica no estuvo sujeta a ningún constructo antrópico, sino que quedó determinada por la estructura del paisaje y la tipología del medio ambiente construido.

Además se utilizaron indicadores para representar el ambiente social de los pobladores en sus respectivos estratos, para lo que se encuestó una muestra de población representativa de los estratos delimitados mediante los criterios anteriores. Los indicadores recogidos en la encuesta social fueron:

Bienestar con el medio en que viven: (características de la viviendas, relaciones interpersonales, permanencia en el barrio, condiciones del barrio, relación con los vecinos, etc.)

Bienestar personal: (estabilidad emocional, hábitos alimentarios y de vida, estado de salud, intereses etc.)

Las encuestas realizadas tuvieron como criterio muestral la representación espacial por estratos, en aquellos que no poseen una continuidad areal se aplicaron en las diferentes fragmentos. Además, se incorporaron al análisis variables demográficas que incluyeron población total, población urbana y rural y estructura por edades.

Inicialmente se identificaron 122 unidades ambientales que fueron agrupados mediante criterios de distancias multivariadas a través de técnicas jerárquicas de conglomerados en cinco estratos y evaluados desde muy favorables hasta muy desfavorables. Al complementar

esta clasificación con un análisis discriminante sobre los estratos obtenidos las variables que resultaron significativas por orden de importancia en el estudio fueron:

- Estado del alcantarillado
- Estado de la vivienda
- Presencia de ciudadelas
- Cobertura de abasto de agua

Las características de cada estrato se resumen de la siguiente manera:

ESTRATO I: Muy favorable. Predomina el buen estado de la vivienda, la ausencia o presencia limitada de ciudadelas y barrios insalubres, alcantarillado y acueducto en buen estado, grado de contaminación bajo y con potencial para áreas verdes. Se corresponde con la urbanización postrevolucionaria, ya que concentra la mayor parte de los edificios multifamiliares del núcleo urbano. Los indicadores que más afectan son el abasto de agua cada tercer día o más y el estado regular a mal de las vías de transportación. La mayor parte de las personas que residen en este estrato (sobre todo en edificios multifamiliares) es población inmigrante, predominan insatisfacción por el medio en que viven y desean mudarse aún cuando admiten lo favorable del estrato. Las personas que habitan espacio de origen residencial manifiestan mayor aceptación hacia su medio, pero plantean aspiraciones superiores.

ESTRATO II. Favorable. Determinado por estado de la vivienda de bueno a regular, poca presencia de ciudadelas, el estado del alcantarillado es desfavorable por estar prácticamente ausente en el territorio, el acueducto tiene buen estado, el abasto es cada tercer día o más en el 51,8% del área y diario en el resto, esto se debe a la diferencia en la ubicación en el espacio, el estado de los viales es de regular a mal. Las personas que residen aquí manifiestan satisfacción con su medio, aunque expresan descontento con la localización geográfica de su barrio respecto al centro de la ciudad y con las características de las redes de evacuación hidrosanitarias. Tienen aspiraciones superiores.

ESTRATO III. Medianamente favorable. Con estado de la vivienda mixto, se corresponde con el centro histórico de la ciudad de Santa Clara. El abasto de agua es mixto, con puntos críticos en el abasto que muestran gran heterogeneidad espacial. Los viales están generalmente en buen estado. Las personas muestran satisfacción con el medio y existe una gran identidad y arraigo pero manifiestan insatisfacción con sus viviendas producto de tener mayores aspiraciones. Esta es la zona de la ciudad con mayor densidad poblacional.

ESTRATO IV . Desfavorable. Predominan las casas en mal y regular estado, hay ausencia casi total de alcantarillado, no hay cobertura total de acueducto, el abasto de agua es cada tercer día y más, predominan los territorios sin calles definidas y los viales existentes están en mal estado. Las personas residentes en este estrato no se sienten satisfechas con su medio y critican las condiciones de habitabilidad, de infraestructura hidrosanitaria, de las relaciones sociales, sin embargo no desean abandonar el estrato.

ESTRATO V Muy desfavorable. Este estrato se localiza hacia la periferia, no posee una continuidad espacial total, aunque de manera general se ubica como un cinturón en la región sur-occidental del núcleo urbano, ocupando variados paisajes. Sus viviendas son construídas entre 1925 y 1959 y posterior a esta fecha. Posee casas en mal estado de forma predominante, no existe alcantarillado, la cobertura de acueducto es baja, el 60 % del territorio no posee red de acueducto y su estado evaluado de mal, no existe alcantarillado y los viales están en mal estado. Las personas residentes en este estrato no se sienten satisfechas con el medio y critican las condiciones de habitabilidad, de infraestructura hidrosanitaria, las relaciones sociales, y desean abandonar el estrato.

La siguiente figura muestra los resultados de esta estratificación:



Fig. 2-8. Estratificación socio-ambiental de la ciudad de Santa Clara

Tras la obtención de estos constructos espaciales y una vez cotejados con las diferentes áreas de salud mediante el porcentaje de pertenencia del estrato al área y el cálculo de las poblaciones correspondientes, se hicieron correlacionar los datos de ciertos indicadores de salud y se pudo

apreciar que existe relación entre la estratificación socio-ambiental, y estos indicadores. Se utilizaron datos ponderados para todos los indicadores, basados en dispensarización de los CMF, excepto el VIH, que se recogió mediante la incidencia acumulada desde 1986 hasta el 2000).

Los estratos favorables tienden a presentar un predominio de enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras no transmisibles, en tanto en los estratos IV y V (desfavorables) se concentra el 54,2 % de los asmáticos y en el 59% de personas con padecimientos nerviosos, así como el 60,2% de los tuberculosos. La incidencia acumulada de VIH-SIDA alcanza el 58% en estos estratos.

Concordancia de los estratos socio-ambientales y técnicas de conglomerados de casos de diversos eventos.

VIH-SIDA.

El análisis de la distribución de casos de VIH-SIDA en el período 1986 – 2000 en Santa Clara muestra una agrupación (cluster espacial) hacia el oeste del río Bélico y al sureste del Cubanicay lo cual coincide con estratos desfavorables (58,4 % de los casos), mientras que en los estratos favorables sólo se localizan el 24,1% de los afectados.

La siguiente figura muestra la distribución espacial de casos de VIH-SIDA, superpuestos sobre las tasas asociadas a los estratos construidos y la definición de un conglomerado de casos puntuales obtenido mediante el método scan de Kulldorff.

Se observa que el VIH el SIDA se expande siguiendo un proceso fuertemente controlado por las relaciones entre los estratos donde predominan condiciones socioambientales adversas hacia las poblaciones y unidades que configuran la jerarquía de estratos socio-ambientales y una difusión por contagio espacial, extendiéndose desde un núcleo central primario, como una mancha de vino que se dispersa sobre un mantel. Esta difusión no es simétrica, pues hacia el oeste está delimitado por el perímetro urbano de la ciudad, que a su vez determina los flujos de movimiento poblacional. La construcción de unidades espaciales permitió pues, poner de manifiesto la clara manifestación espacial del fenómeno, que sirve como “telón de fondo” a ciertos comportamientos sociales enmarcados en un ambiente socio-cultural concreto.

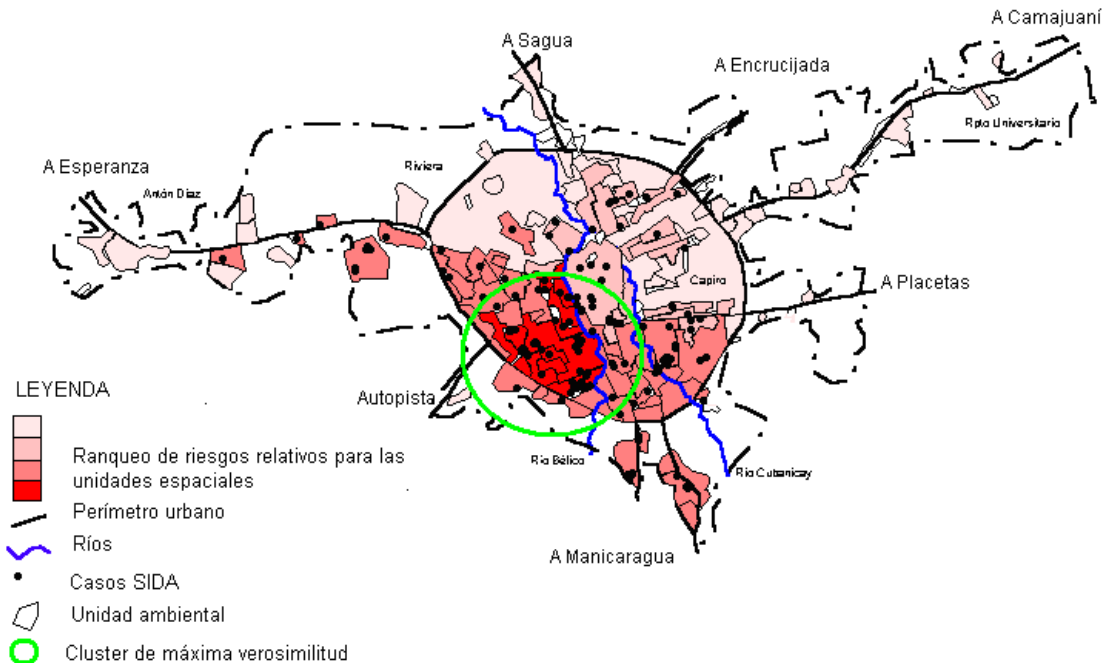


Fig.2-9. Casos de VIH, riesgos relativos en unidades ambientales y conglomerado de máxima verosimilitud en la ciudad de Santa Clara. 1986-2000. La paleta de color se intensifica en una relación creciente de las tasas.

Un análisis como éste, puede ser corroborado, e incluso mejor comprendido desde una perspectiva provincial y nacional y sobre ellos volveremos en el último estudio de caso de esta exposición. Las variables de clasificación pueden cambiar, y sin embargo, ellas mostrarán inequívocamente las rutas de difusión del fenómeno, de manera que se alcanzan condiciones para predecir “el próximo mapa”. Esto es fundamental en las estrategias de prevención y evaluación de cualquier programa.

TB Pulmonar.

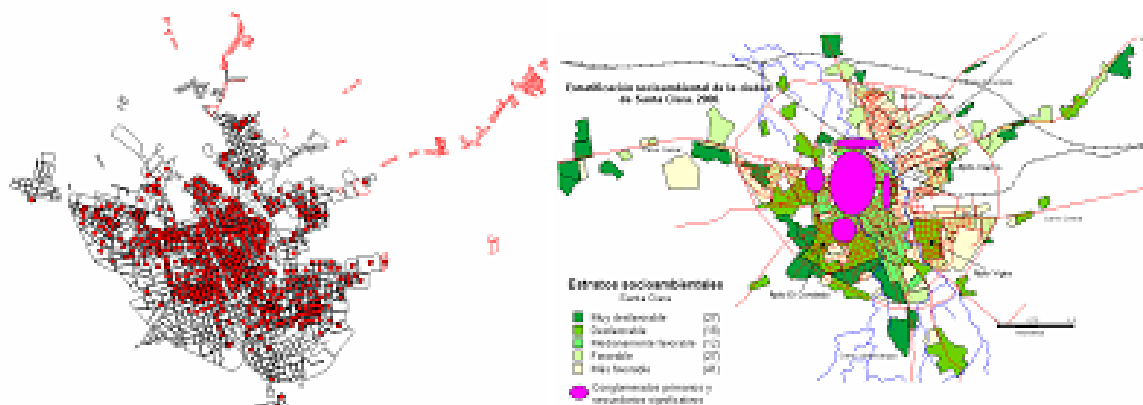
El análisis de la distribución de casos de Tuberculosis Pulmonar (TBP) en el período 1996 – 1998 en Santa Clara muestra una agrupación espacial muy semejante a la del VIH-SIDA, a pesar de que se han desechado para este análisis la confluencia de las dos entidades, pues como es conocido, la TB concommita de forma oportunista con los inmunodeficientes. En el caso de la TB, el 60,2% de los casos se ubica en estratos desfavorables mientras que en los estratos favorables sólo se localiza el 18,18% de los afectados.

En un ejemplo posterior se verá que precisamente el VIH y la TB pulmonar (no VIH asociada) son las dos entidades transmisibles que más fuertemente correlacionan con estratos espaciales contextuales, comportándose como excelentes indicadores de la estructura espacial. Gould(86) reseña que “se puede «dar la vuelta» al hecho de que la misma enfermedad se

pueda extender repetidamente en una población (epi-demos): analizar el modo como se extiende la enfermedad puede revelar cómo está estructurado el espacio”.

Distribución espacial de focos de Aedes aegypti.

Los conglomerados espaciales de focos de *Aedes aegypti* se localizan mayoritariamente en el estrato III, el cual se caracteriza por presencia de ciudadelas, gran deterioro ambiental, microvertederos, zona más antigua de la ciudad donde la red de acueducto tiene dificultades; abasto de agua intermitente, lo cual conlleva inevitablemente al almacenamiento de agua en depósitos por varios días y casi siempre sin condiciones adecuadas, unido a la cercanía de una zona de alto riesgo para la entrada del vector, por acoger las estaciones de ferrocarril central y de ómnibus intermunicipal e interprovincial, así como el servicio expreso; asociado a este último se localizan las manzanas de mayor densidad de focos. La siguiente composición gráfica muestra los conglomerados espaciales obtenidos del análisis de reporte acumulado de focos durante 2 años de observaciones. Para el desarrollo de este ejemplo se utilizó la combinación de un programa de análisis espacial (Crimestat V. 3.0) y un SIG, en este caso Map-Info V. 5.0:



a.- Focos de *A. aegypti*

b.- Estratos ambientales asociados a los conglomerados significativos

Fig. 2-10. Focos de *A. aegypti* en manzanas de Santa Clara y clusters espaciales significativos obtenidos mediante el software Crimestat V.3.0 y exportación de los objetos espaciales a un SIG. Resultados de la vigilancia antivectorial 2000-2002.

En este caso, mediante la estratificación territorial se pudo identificar las manzanas de alto riesgo, priorizar recursos y focalizar las acciones educativas y preventivas necesarias para el

control del vector.

2.5.2- Estratificación multivariada en el Atlas dinámico de Salud de Villa Clara.

La metodología utilizada en el ejemplo anterior fue utilizada en la construcción del Atlas Dinámico de Salud de Villa Clara(59). Los ejes contextuales por separado incluyeron: aspectos demográficos, condiciones de vida y cobertura de servicios de salud. En este caso la unidad espacial básica fue el municipio, por tratarse de un instrumento dirigido a decisores y políticos del nivel provincial y de consulta nacional. Los ejes de análisis se acompañaron de la construcción de estratos de similitudes en base a los indicadores específicos. El resultado de la estratificación en el eje Condiciones de Vida se relaciona a continuación:

Estrato I: Representa el 15,4% de los municipios (Corralillo, Manicaragua), presenta porcentajes medios en el servicio de acueducto y recogida de desechos sólidos, bajo porcentaje en el servicio de alcantarillado, predomina la población dedicada a las actividades de la agricultura y silvicultura, predominan las viviendas evaluadas de bien.

Estrato II: Representa el 46,1% de los municipios (Quemado, Encrucijada, Camajuaní, Placetas, Cifuentes, Ranchuelo) presenta los porcentajes más bajos en el servicio de acueducto y alcantarillado, medios en la recogida de desechos sólidos, existe un balance entre las actividades económicas a la que se dedica la población, predominan las viviendas evaluadas de regular y mal (51,7%).

Estrato III: Representa el 15,4% de los municipios (Remedios, Santo Domingo), presenta porcentajes medios en el servicio de acueducto y recogida de desechos sólidos, bajo porcentaje en el servicio de alcantarillado, existe un balance entre las actividades económicas a la que se dedica la población, predominio alto de las viviendas evaluadas de regular y mal (64,1%).

Estrato IV: Representa el 15,4% de los municipios (Sagua la Grande, Caibarién), presenta porcentajes altos en el servicio de acueducto y recogida de desechos sólidos, bajo porcentaje en el servicio de alcantarillado, predomina la población dedicada a las actividades de los servicios, predominan las viviendas evaluadas de bien.

Estrato V: Representado por el municipio de Santa Clara (7,6% de los municipios), presenta porcentajes altos en el servicio de acueducto, recogida de desechos sólidos y de alcantarillado,

predomina la población dedicada a las actividades de los servicios, predominan las viviendas evaluadas de bien.

La utilidad de los estratos por ejes específicos se puso de manifiesto para el análisis y la prospección sobre ciertos daños a la salud. En este producto tecnológico se utilizaron además otros recursos de visualización como la información sobre el movimiento de las tendencias en el tiempo de eventos de salud, que se activan al “navegar sobre los mapas”. Con los recursos disponibles, este trabajo resultó una incursión al tema de los mapas conceptuales y cognoscitivos y a la construcción de metáforas espaciales, todos ellos tendencias en franco despegue en la arena científica internacional en los años más recientes(87-96). La composición gráfica muestra una idea sucinta del atlas, pero el trabajo en su conjunto está disponible en el sitio www.vcl.sld.cu/atlas.

Estratos	% Acued*	% Alcant**	% Recog.Desechos	Func.Industria	Func.Servicios**	Func.Agropec.**	% VivienRegl-mal**
I	85.2	16.6	83.4	16.6	37.4	46.0	45.7
II	45.2	13.1	85.3	32.3	30.7	36.9	51.7
III	76.2	13.2	84.4	29.4	38.2	32.4	64.1
IV	91.9	26.6	94.3	35.7	44.8	19.5	48.8
V	94.7	90.1	95.9	32.3	57.5	10.2	46.01

* variable significativa en el análisis.
 ** variable muy significativa en el análisis.

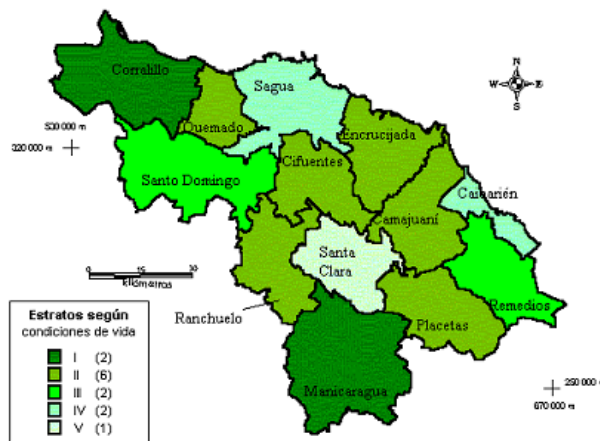


Fig. 2-11. Estratificación de Villa Clara en el eje de Condiciones de Vida. La tabla muestra los indicadores incluidos en el análisis y se señalan los que resultaron significativos en la clasificación. Datos del 2001.

Uno de los aspectos más novedosos del atlas es el eje de la distribución espacial de recursos de salud. Debido al hecho innegable de que nuestro país ha desarrollado desde el triunfo mismo de la Revolución una estrategia priorizada en salud con el fin de garantizar la accesibilidad de todos los cubanos a los servicios de salud y minimizar las diferencias que en este sentido pudieran presentarse, 45 años de lucha contra inequidades y brechas reducibles hacen un verdadero reto metodológico la detección de estas brechas. Por otra parte, el perfeccionamiento del sistema de salud ha implicado la descentralización de los recursos

humanos y materiales. Hoy muchos profesionales de la salud reconocen que un apropiado y eficiente servicio de salud comienza con un preciso diagnóstico de las necesidades locales de salud y de la disponibilidad de servicios de salud apropiados para responder a las necesidades identificadas en el plano local. Esto significa nada menos que afirmar que el planeamiento de salud basado en la comunidad debe ser una parte importante de la solución de los problemas de la atención de salud. La importancia y necesidad de adoptar estas nuevas herramientas ha sido reconocida a través de la afirmación: *el conocimiento de los patrones geográficos de las necesidades, recursos, daños y determinantes de la salud es simplemente indispensable para mejorar el estado de salud de la población*(6).

Estratos	Camas de AS **	Hab/ enferm. APS**	Hab/estomat.	Hab/médicos APS*
I	3.4 2	51.9	2033.0	297.4
II	22.5	222.4	2042.6	297.5
III	5.4	170.9	1626.4	234.6
IV	34.1	169.4	1134.0	223.1
V	9.2	230.3	1160.6	211.9

* variable significativa en el análisis.
** variable muy significativa en el análisis.

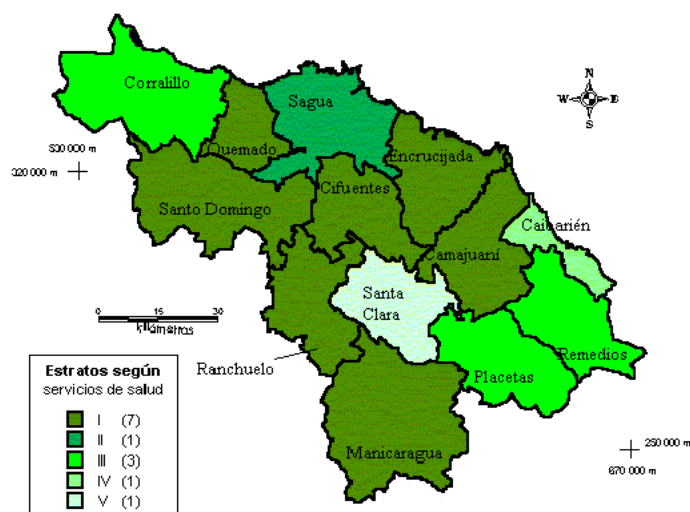


Fig. 2-12. Estratificación de Villa Clara en el eje de Servicios de Salud. La tabla muestra los indicadores incluidos en el análisis y se señalan los que resultaron significativos en la clasificación. Datos del 2001*.

Los estratos construidos en este eje, muestran la siguiente situación de los recursos asistenciales en la provincia de Villa Clara:

Estrato I: Representa el 53.8% de los municipios (Quemado, Encrucijada, Camajuani,

* Datos tomados del Anuario Provincial de Estadísticas de Salud del año 2001. Las referencias a términos "la menor, menor, baja", etc representan una forma de expresar comparativamente las cifras. No están referidas a estándares, sólo muestran diferencias inter-estratos. N. del A.

Cifuentes, Santo Domingo, Ranchuelo, Manicaragua), presenta la menor cobertura de médicos,

estomatólogos y enfermeras por habitantes y la menor cifra de camas de asistencia social de la provincia (concentra sólo el 40% de los hogares de ancianos y no posee Hogar de impedidos).

Estrato II: Representa el 7,6% de los municipios (Sagua la Grande), presenta menor cobertura de médicos, estomatólogos y enfermeras por habitantes y alta cifra de camas de asistencia social. Al compararlo con el estrato III se justifica la menor cobertura por presentar mayor concentración de la población en la cabecera municipal y mayor grado de urbanización.

Estrato III: Representa el 23.07% de los municipios (Corralillo, Remedios, Placetas), presenta valores medios en cobertura de médicos y estomatólogos y alta cobertura de enfermeras por habitantes y cifra bajas de camas de asistencia social de la provincia (concentra sólo el 20% de los hogares de ancianos).

Estrato IV: Representa el 7,6% de los municipios (Caibarién), presenta alta cobertura de médicos, estomatólogos y enfermeras por habitantes y la mayor cifra de camas de asistencia social de la provincia.

Estrato V: Representa el 7,6% de los municipios (Santa Clara), presenta alta cobertura de médicos, estomatólogos y valores medios en la cobertura de enfermeras por habitantes y cifra medias de camas de asistencia social (concentra el 26,6% de los hogares de ancianos contemplando sólo un municipio y el Hogar de impedidos de mayor capacidad de la provincia).

De manera que este eje muestra una situación que operativamente puede ser utilizada para la planificación de recursos humanos por parte de los decisores.

2.5.3- Estratificación contextual de los municipios del país.

Alejando la escala de observación, ciertas variables contextuales pueden ser interesantes para estructurar el espacio geográfico en función de las necesidades del sistema de salud Tomando un marco muy general, los 169 municipios del país fueron estratificados en base a tres ejes fundamentales: demográfico, económico y condiciones de vida(61). Los resultados de la clasificación se muestran suscitadamente en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 2-6. Clasificación de los municipios cubanos en base a variables contextuales.

Estrato	No. municipios	%
I	81	47,9
II	59	34,9
III	13	7,7
IV	16	9,5
Total	169	100

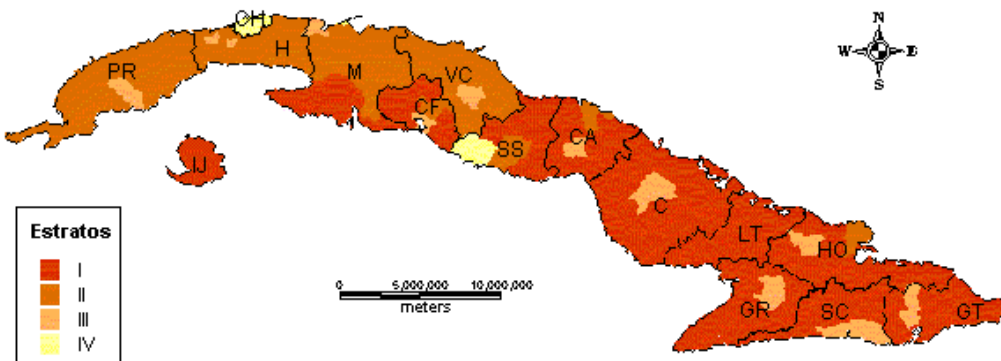


Fig 2-13. Clasificación de los municipios de Cuba en base a variables contextuales.

La siguiente descripción da cuenta de las características fundamentales de estos estratos:

Estrato I: Municipios rurales, con baja densidad poblacional, alta relación de dependencia, población relativamente joven, baja concentración urbana y elevado número de asentamientos poblacionales, con baja o inexistente cobertura de servicios de agua potable, con muy baja o inexistente cobertura de disposición de desechos líquidos, base económica agroforestal, industria local rudimentaria, escaso o nulo desarrollo de los servicios y el turismo internacional, condiciones de vivienda mayoritariamente malas, acceso vial limitado y población dispersa. Presencia de áreas verdes con destino deportivo o recreacional, de forma aislada.

Estrato II: municipios rur-urbanos, con densidad poblacional media, relación de dependencia equilibrada, población envejecida, baja concentración urbana (superior al estrato I) y menor número de asentamientos, base económica agropecuaria, industria local rudimentaria, desarrollo bajo de los servicios y en especial los destinados al turismo internacional, con baja cobertura de servicios de agua potable, presente en comunidades aisladas y no en la cabecera municipal, muy baja o inexistente cobertura de la disposición de desechos líquidos, estado general de la vivienda regular, acceso vial aceptable y población agrupada en pequeños, pero numerosos asentamientos poblacionales. Areas verdes recreacionales relacionadas al paisaje,

no estructuradas.

Estrato III: Municipios fundamentalmente urbanos, con baja relación de dependencia, alta concentración urbana y bajo número de asentamientos poblacionales (generalmente uno), base económica industrial, industrias de alcance provincial o nacional, desarrollo medio de los servicios y el turismo, con cobertura alta de servicios de agua potable, presente fundamentalmente en la cabecera municipal, cobertura media de los sistemas de alcantarillados, principalmente en la cabecera municipal, estado de la vivienda mixto, acceso vial múltiple y mixto en su calidad, y población concentrada en una cabecera municipal que no constituye la totalidad de la misma (pequeñas poblaciones satélites). Presencia de áreas verdes recreacionales estructuradas y distribuidas de acuerdo a la población.

Estrato IV: Municipios totalmente urbanos, baja relación de dependencia, alta concentración urbana que alcanza la totalidad del área municipal, con base económica de servicios y turismo, presencia industrial de alcance provincial o nacional, con alta cobertura de los servicios de agua potable y disposición de desechos, población totalmente concentrada en zonas urbanas, estado de la vivienda mixto y variable, que dada su alta concentración demográfica requiere a su vez ser estratificado, vialidad adecuada e interconectada con viales nacionales, presencia de áreas verdes recreacionales distribuidas en la población.

La superposición de estadísticas de indicadores de daños de salud sobre estos estratos(*), arrojó interesantes resultados. Para lograr una estabilidad adecuada en las cifras de eventos de salud se trabajó con los casos acumulados de 5 años de observaciones, en el caso de las enfermedades transmisibles se utilizó la tasa ponderada de incidencia y en el caso de la morbilidad y mortalidad de enfermedades no transmisibles se utilizó la tasa acumulada y ponderada de prevalencia en la población. Como excepción y dado su carácter no curable, el VIH fue tratado también de esta manera. Estos procedimientos nos permitieron minimizar los efectos debidos a las diferencias de las poblaciones en riesgo. La siguiente tabla muestra los centroides de diferentes eventos de interés en salud según estratos, un estadígrafo para evaluar la calidad del ajuste y la característica de la relación estrato-evento. La obtención de los centroides se puede alcanzar de diferentes formas. Un proyecto de la Universidad de Harvard(97) posterior a este trabajo, utiliza la adición de las poblaciones y los eventos

(*) datos tomados del Departamento Nacional de Estadísticas de Salud

contenidos en las unidades espaciales pertenecientes a un mismo estrato, calculando así una tasa única para el estrato, proceder que también se ha utilizado en este caso y en el del ejemplo anterior, con resultados similares. Un análisis muy sintético de los resultados de conjunto nos permitió concluir que:

- Los ejes que dieron paso a la clasificación de los municipios permitieron discernir una estructura contextual útil para explicar la distribución y tendencia de la mayoría de los eventos estudiados.
- Por orden de estabilidad la mortalidad por eventos no transmisibles se comportó como el mejor indicador de la estructura espacial contextual, en particular la mortalidad por cáncer, ECV y diabetes mellitus. En segundo lugar la morbilidad de eventos no transmisibles mostró gran estabilidad y consistencia frente a los estratos contextuales, en particular la HTA, el asma bronquial y la diabetes mellitus. Los eventos transmisibles mostraron una menor consistencia con la estructura de los estratos, pero esta relación fue particularmente fuerte y consistente para el VIH y la TBP.
- Los indicadores del Programa Materno Infantil se comportaron de manera independiente a la estructura espacial contextual conformada por los estratos. Este hallazgo es particularmente importante y significativo porque es indicativo de que las acciones del programa son capaces de “eliminar” al espacio y al contexto como elementos significativos, es decir, dejan de ser determinantes en los resultados.

Tabla 2-7. Indicadores de daño en los diferentes estratos conformados para los 169 municipios del país.

MORBILIDAD POR ENTIDADES TRANSMISIBLES (tasas x 100 000 excepto VIH , 1 000 000)								
Estratos	EDA	Hep.A	TBP	IRA	Leptos.	Sífilis	Blenorragia	VIH
1 (n=81)	9413.3	117.4	7.1	32859.2	9.2	140.9	293.2	5.6
2 (n=59)	5644.8	168.2	10.2	52828.8	12.9	80.5	170.9	11.1
3 (n=13)	8614.5	169.6	13.3	42406.2	7.7	116.4	200.7	19.7
4 (n=16)	9073.8	143.8	14.9	38628.4	6.7	112.6	341.1	42.5
Total	7513.5	141.6	9.4	41111.4	10.1	115.3	247.9	12.1
p	0,692	0,115	0,002	0,492	0,330	0,459	0,068	0,000
Tendencia	No	No	Ascend.	No	No	No	No	Ascend.
MORBILIDAD POR ENTIDADES NO TRANSMISIBLES SELECCIONADAS (tasas x 100 000)								
Estratos	HTA	Asma B.	Diabetes M	Cardiovasc.				
1 (n=81)	77.7	55.4	12.0	10.9				
2 (n=59)	99.2	68.1	19.4	20.7				
3 (n=13)	105.3	72.3	20.4	17.2				
4 (n=16)	123.0	87.9	32.0	27.3				
Total	91.6	64.2	17.1	16.4				
p	0,014	0,019	0,038	0,108				
Tendencia	Ascend.	Ascend.	Ascend.	No.				
MORTALIDAD POR ENTIDADES NO TRANSMISIBLES (tasas x 100 000)								
Estratos	Corazón	Cáncer	ECV	Accidentes	Suicidio	Diabetes	Asma	
1 (n=81)	149.3	118.9	54.0	39.7	18.4	9.6	2.4	
2 (n=59)	197.2	127.8	68.8	43.8	18.9	14.5	2.2	
3 (n=13)	171.6	131.5	71.9	43.1	17.6	15.4	1.3	
4 (n=16)	131.8	150.8	74.3	42.9	12.6	21.2	5.8	
Total	166.1	125.9	62.5	41.7	17.9	12.8	2.6	

p	0,271	0,038	0,003	0,127	0,091	0,030	0,384
Tendencia	No.	Ascend.	Ascend.	No	Descend.	Ascend.	No
INDICADORES DEL PROGRAMA MATERNO INFANTIL (MI, tasa x 1000NV, IBP, %)							
Estratos	Mort.Infant.	IBP					
1 (n=81)	6.8	6.4					
2 (n=59)	7.3	6.5					
3 (n=13)	6.0385	6.9077					
4 (n=16)	7.9563	6.7813					
Total	7.0314	6.5272					
p	0,432	0,606					
Tendencia	No	No					

Es en una reflexión como ésta donde se puede ver claro que las variables se comportan como “capas”, provenientes de diferentes entornos: físico, natural, antrópico, social, pero si las acciones conscientes (llámese programas, intervenciones, indicaciones) que a su vez están mejor o peor definidas según el “estado del arte” asociado de cada evento en particular, llegan en un entorno de equidad a toda la población, muchos eventos evitables pueden reducirse, aplanando las diferencias espaciales y contextuales. La independencia de los indicadores del programa materno infantil de los estratos espacio-contextuales es un excelente ejemplo del carácter determinista de las acciones del programa sobre los resultados. El espacio ha sido aquí “borrado” mediante una combinación de conocimiento y dominio de variables determinantes y acciones efectivas, equitativas y universales. Un razonamiento así podría “borrar” un día las fronteras entre países como Cuba y Venezuela en cuanto a sus respectivos cuadros de salud, cambiando radicalmente el papel que el espacio y el tiempo han jugado en sus respectivos entornos. Nos vamos acercando así al concepto más complejo de *sistema*, frente al más restrictivo de *estructura*, al incorporar la noción de flujo y movimiento.

2.6- Un estudio de caso interesante: el VIH desde una perspectiva contexto-espacio-temporal.

La geografía larga y estrecha de nuestra isla ofrece una ocasión sin precedentes para entender la difusión del VIH en las dimensiones espacio-temporales. Esta potencialidad se ve acrecentada por el hecho de que en Cuba esta infección debe casi exclusivamente al contacto persona-persona por la vía sexual, dado los ingentes esfuerzos que se han realizado desde el principio para evitar el contagio profesional, por vía de perfusiones sanguíneas, por traspasso a la descendencia mediante acciones educativas en las parejas infectadas y otras estrategias.

El VIH se detecta en Cuba en la segunda mitad de la década del 80 y la ciudad diana fue la capital del país. Una representación de los casos y tasas de la entidad en los municipios de Ciudad Habana da cuenta del carácter de diseminación jerárquica al hacer un corte de

incidencia acumulada a 20 años del inicio de la enfermedad (fig 2-14).

El modelado de la expansión geográfica del VIH requiere enfoques nuevos, poco vistos en geografía y en epidemiología. La disponibilidad de datos espacio-temporales acumulativos de casos de SIDA con coordenadas x, y (espaciales) y t (temporales) permite modelar la difusión de la epidemia en el tiempo y el espacio, contribuyendo así de modo único al entendimiento científico, a la capacidad de intervenir en la epidemia y a la habilidad para planificar estrategias para mitigar algunas de sus trágicas consecuencias.

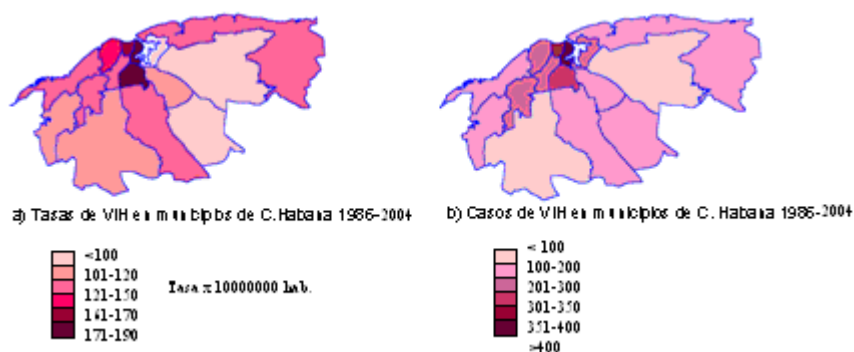


Fig.2-14. Distribución jerárquica de VIH-SIDA en C. Habana. Desde municipios densamente poblados y con entornos socio-ambientales desfavorables hacia zonas menos densamente pobladas. La distribución está mediada por las rutas más frecuentes de circulación de la población "en riesgo".

La secuencia de la difusión espacial ha sido representada como una "superficie" de VIH modelada, basada en los 169 centroides municipales del país en cortes de tiempo específicos. Esto es equivalente a mirar al desarrollo del VIH a través de "ventanas" espaciotemporales. Esta secuencia viene representada con un espectro, o "paleta" de color, particular que va del rosa claro (valores bajos) a los rojos intensos (los valores más altos). Debido a que están sombreados sólo los municipios interesados en los conglomerados, la ausencia de color no debe interpretarse como inexistencia de casos.

a- 1986

b- 1988



c- 1993-98

d- 1999 -actual

Fig 2-15. Desarrollo del VIH-SIDA (incidencia acumulada) en cuatro momentos. Representación basada en conglomerados significativos obtenidos mediante probabilidades de Poisson. La paleta de colores crece con el valor de los RR.

Como muchas otras distribuciones humanas en el espacio geográfico, el VIH produce fuertes puntos máximos exponenciales que son difíciles de captar de modo efectivo con el más común intervalo aritmético. Este es el caso del municipio de Cabaiguán, que originó un “brote” de VIH en el segundo año evolutivo de la enfermedad.

La secuencia resultante muestra que el VIH se expande de manera totalmente clásica; es decir, con una difusión jerárquica, donde un proceso aparece fuertemente controlado por las relaciones entre las poblaciones y ciudades que configuran la jerarquía de lugar urbano o central, y una difusión por contagio espacial, que se revela sobre el mapa, como se señaló anteriormente, como una mancha de vino que se extiende sobre un mantel. Donde se observa un “salto” en el mapa, digamos por ejemplo de Ciudad de La Habana (donde se reporta el primer caso) a Songo La Maya (que aparece reiteradamente en las primeras detecciones de VIH+), se espera que una persona infectada por el VIH transmitió el virus de esa manera, esto es inexacto, ya que esta visión está “filtrada” por la agregación de todos los informes individuales, a nivel de municipio, pero, aún sin datos exactos de comportamientos individuales y sin cifras oficiales de los flujos de personas-transportes entre ambos lugares, es fácil imaginar que estos “saltos” pueden ocurrir. Incluso hoy en día, la epidemia afecta principalmente al grupo de los de 20 a 35 años de edad, y en este grupo se concentra la doble característica de ser el más móvil geográficamente y el más sexualmente activo.

A partir de 1990 se puede apreciar que tanto la difusión por contagio espacial como la

jerárquica tienen que ver en la expansión del VIH-SIDA: se da una dispersión hacia afuera de los epicentros regionales, y un salto hacia poblaciones y ciudades más pequeñas. Para 1992, a 6 años del inicio, todas las capitales provinciales presentan casos, pero aún el 34% de los municipios rur-urbanos y el 49,4% de los rurales permanecen “vírgenes” de la enfermedad. En estas dos últimas categorías, en las que, multidimensionalmente se dan baja densidad poblacional, accesos secundarios y otros determinantes, el VIH-SIDA tarda mucho más en llegar y a 20 años del inicio aún se puede observar entre un 2 y un 3% de estos municipios “vírgenes”. La difusión a partir del contagio de las capitales provinciales tiene un comportamiento radial, teniendo en cuenta que la mayor parte de los epicentros urbanos tienen una posición central en sus territorios.

Para 1999 se localizan claramente dos puntos máximos que originan dos conglomerados que resultan significativos mediante el método MCMC, uno localizado en los municipios más densamente poblados de Ciudad Habana y otro ubicado en Santa Clara y se comienza a delimitar un efecto de "canal" con alineaciones de oeste a este, siguiendo las líneas de tráfico más importantes del país. En Santa Clara, capital de la provincia más central de Cuba, confluyen las tres vías más importantes de transportación terrestre: la autopista nacional, la carretera central y el ferrocarril central y aún sin datos que puedan avalar oficialmente este razonamiento, nos atrevemos a afirmar que el mayor flujo de población diario interprovincial ocurre entre ambas capitales. El examen de muchas secuencias de mapas permite ver claramente que la estructura del espacio geográfico humano guía fuertemente la difusión geográfica de la epidemia. Esto no es sorprendente: el VIH se transmite mayoritariamente* de persona a persona sin necesidad de un intermediario, por lo que se puede esperar que el virus siga las grandes alineaciones de la interacción espacial humana, un área de la geografía humana donde el pensamiento basado en el *modelo de gravedad* juega un papel de natural importancia. Un análisis de este contagio espacial basado en el modelo de gravedad arroja el siguiente resultado, considerando las distancias de las capitales provinciales a Ciudad de La Habana, ésta última como “punto generador de riesgos”. La figura a la derecha relaciona este resultado con los estratos de pertenencia según la clasificación contextual de las municipalidades, este recurso permite incorporar la noción de contacto jerárquico además del

(*) En Cuba están controladas de forma muy efectiva otras vías de transmisión (N. del A)

puramente espacial.

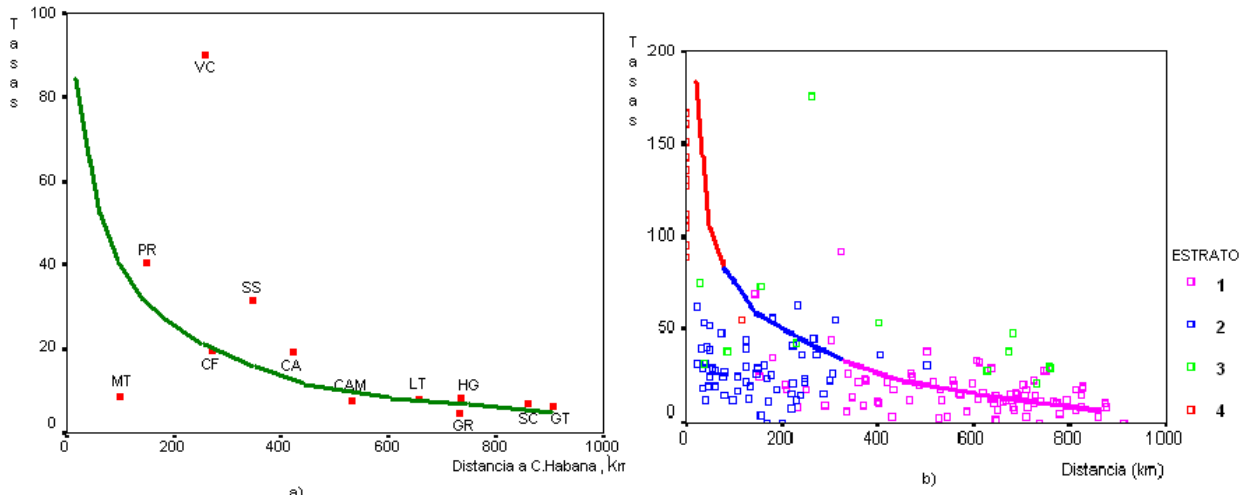


Fig 2-16. La composición gráfica muestra: a) Tasas de VIH-SIDA en las capitales provinciales según distancia a Ciudad Habana. b) Tasas de VIH-SIDA en los municipios, donde el color representa el estrato de pertenencia.

Un análisis multidimensional que incorpora aspectos como la población en riesgo, la distancia y las rutas de acceso entre las provincias del país arrojó el siguiente dendograma:

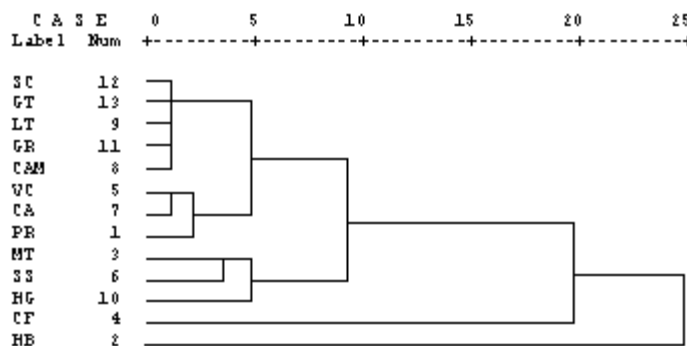


Fig. 2-17. Dendograma de provincias en base a características de las mismas y considerando La Habana el punto inicial generador de riesgo.

Donde la distancia, pero también la característica de las rutas de acceso (clasificadas como principal, ramal y secundaria) fue capaz de explicar las similitudes esperadas en el comportamiento futuro del VIH-SIDA. La siguiente figura es una representación aproximada de las principales rutas de transporte terrestre del país, superpuestas sobre la situación modelada del VIH-SIDA (incidencia acumulada) hasta el cierre de 2004.

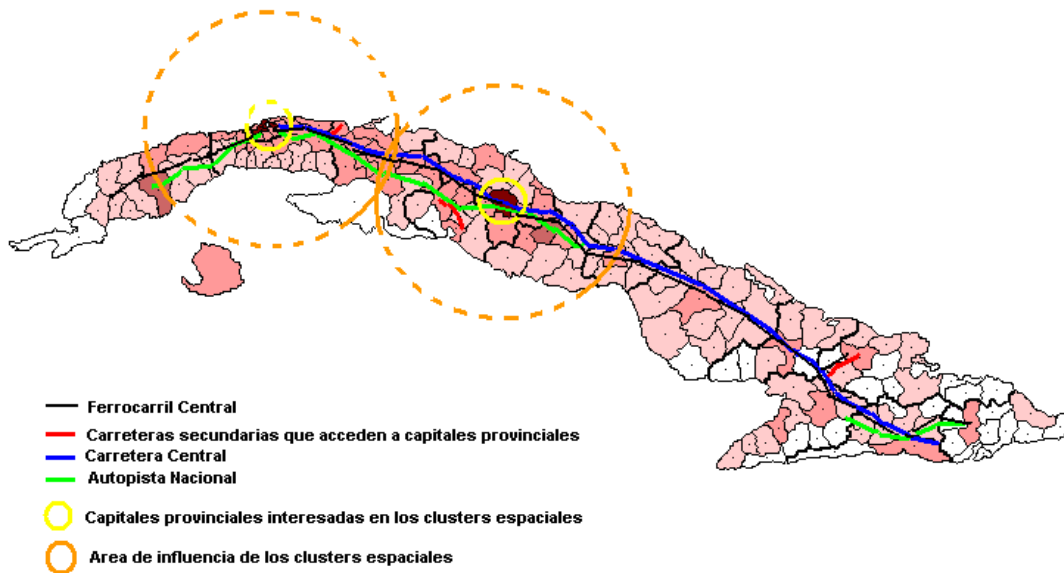


Fig 2-18. Principales viales terrestres y RR de VIH-SIDA en los municipios. La paleta de color crece en intensidad con el valor creciente de RR.

No cabe la menor duda de que la estructura del espacio geográfico humano guía fuertemente la difusión geográfica de la epidemia, pero en cada nivel de agregación espacial afloran características específicas de esa estructura, lo que conduce a un área del conocimiento general basado en la [teoría del emergentismo](#). Este concepto se pone en perspectiva al analizar comparativamente el comportamiento del VIH-SIDA en diferentes escalas espaciales:

A nivel de un conglomerado urbano: el VIH-SIDA se extiende siguiendo una distribución jerárquica desde “núcleos” de espacios contextuales que incluyen aspectos desfavorables del ambiente (vivienda, entorno social, condiciones de vida en general) hacia zonas más favorables. Se puede demostrar un período de retardo en esta difusión. (Ver fig 2-12).

A nivel intermunicipal dentro de una provincia: el VIH-SIDA se disemina siguiendo viales principales y “anida” en los conglomerados urbanos secundarios a las capitales provinciales, siguiendo en ellas una distribución interna similar a la de las ciudades cabeceras. El período de retardo es mayor respecto a la difusión interna dentro de los asentamientos urbanos. (Ver fig. 2-19).

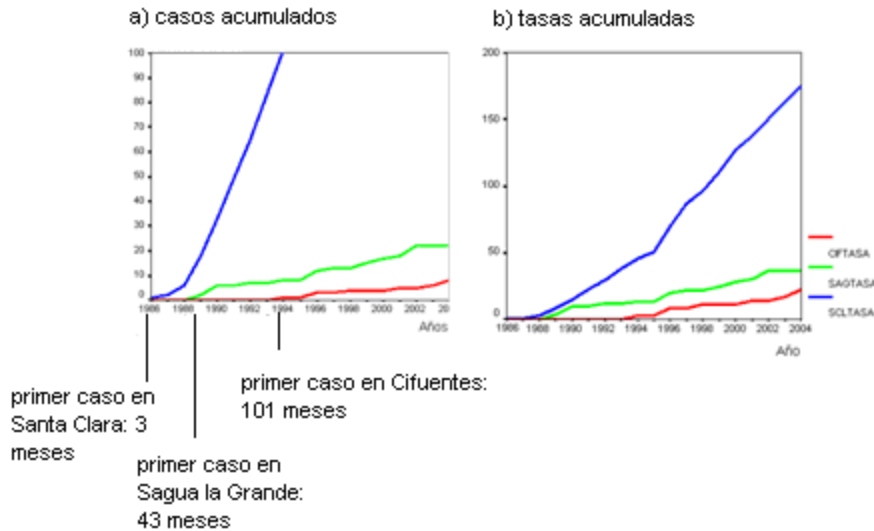


Fig. 2-19. Periodos de retardo y velocidad de crecimiento del VIH-SIDA en municipios de una provincia pertenecientes a tres estratos contextuales diferentes. Tasas acumuladas x 1000 000 hab.

A nivel interprovincial: el proceso se repite, el VIH “correlaciona” de manera excelente con criterios macro-contextuales de urbanización, economía industrial o de servicios, condiciones de vida “favorables” (esto último encerrará una paradoja), el pronóstico se mejora cuando se tienen en cuenta además otras variables como las conexiones viales y las distancias entre núcleos urbanos.

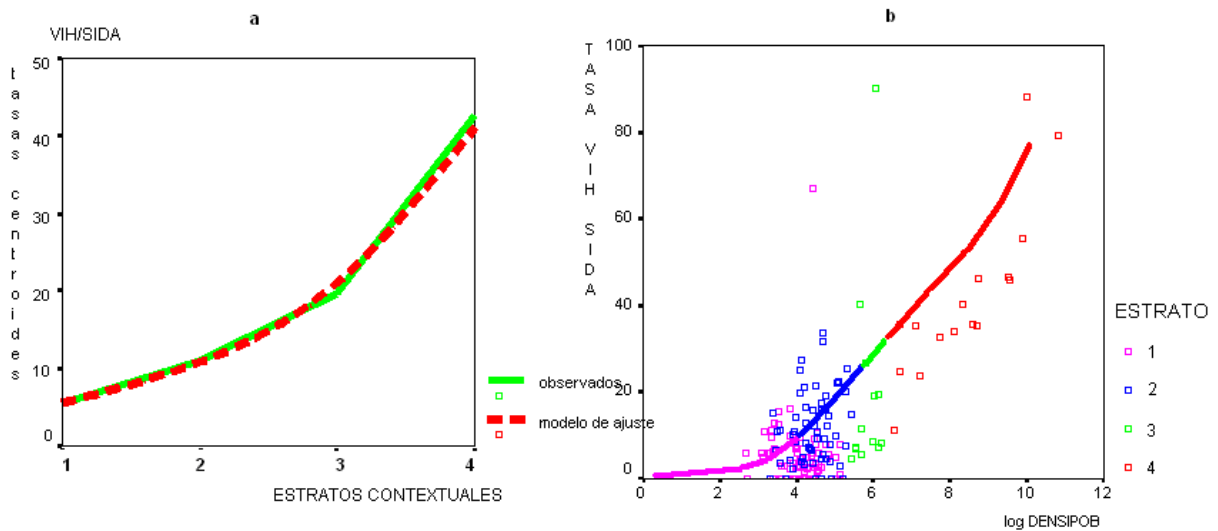


Fig. 2-20. La composición gráfica muestra a) las tasas ponderadas de VIH-SIDA y estratos contextuales. b) las tasas en cada municipio en relación con la densidad poblacional (utilizada como proxy para continuar la relación), estrato de pertenencia y modelo, donde se ha intentado representar la contribución de cada estrato mediante recursos de visualización. Tomado del trabajo: Importance of Stratification and Territorial Ordering in Prospection, Prediction and Surveillance in Public Health. Datos originales en la tabla 2-7.

La perspectiva espacial es importante en el caso del VIH:

- 1) para esclarecer la expansión de la enfermedad en el espacio, y así superar la perspectiva temporal, tradicional y normalmente limitada.
- 2) para facilitar material que sea visualmente efectivo, de manera que proporcione "indicaciones para la acción" a las campañas de intervención educativa y
- 3) para predecir futuras distribuciones geográficas de VIH que ayuden en la planificación de las acciones futuras de educación, prevención y atención de la manera más oportuna y direccionada hacia las poblaciones en riesgo. Todos estos cometidos, comprensión, educación y planificación requieren de la predicción del "mapa" siguiente.

En cierto sentido, el mapa se "revela" como una placa fotográfica en la cámara oscura: la imagen futura está de algún modo latente en la historia espacio-temporal del proceso de difusión en desarrollo. En general, son dos los tipos de difusión jerárquica, ya que al VIH-SIDA asciende a través de la jerarquía urbana, fuertemente controlada por las relaciones entre grandes centros urbanos definidos por la interacción espacial humana. En segundo lugar, hay también una fuerte evidencia de difusión por contagio espacial, ya que la enfermedad se extiende como una mancha de vino sobre un mantel desde los epicentros regionales más importantes, rellenando el mapa a medida que se filtra en las áreas rurales.

Este comportamiento responde al modelo de gravedad, en el que la interacción es una función directa del número de personas, y una función inversa de la distancia, costo o tiempo que les separa:

$$I_{ij} = \frac{P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

Donde:

I_{ij} = interacción entre las áreas i y j
 P_i, P_j = población de cada área
 d_{ij} = distancia entre áreas

Esto transforma el mapa convencional de espacio geográfico en un espacio multidimensional de interacción humana (como VIH-SIDA) que fue mostrado en el Capítulo I.

Bajo este modelo, las grandes ciudades, con sus densas poblaciones aparecerán más juntas en el centro del espacio VIH-SIDA, mientras que las áreas rurales, menos densamente pobladas aparecerán en la periferia de la nube multidimensional de puntos (aunque estarán en el cuadrante cercano a su epicentro regional en el espacio geográfico tradicional). Por ello, el tratamiento desregionalizado de datos multidimensionales debe preceder a la subordinación cartográfica en procesos explicativos de interés en ciencias de la salud, aunque no es privativo de este campo de aplicación (98,99).

Una ojeada a la distribución espacial del VIH en nuestro país a 19 años del inicio de la epidemia corrobora estos planteamientos. Los municipios cabecera, con sus capitales provinciales, se comportan como “semillas” de la epidemia, pero al mismo tiempo –y aunque la representación no es la más “feliz” para la visualización- es incuestionable el “retardo espacial” asociado a la distancia.

La predicción del “proximo mapa” es una tarea posible si se logra comprender los mecanismos que rigen la difusión. En ello queda demostrado el valor de la estratificación contextual utilizando variables o dimensiones clave. La creación de un espacio multidimensional deberá estar sustentada en la teoría del emergentismo, es decir, en el concepto de que en cada nivel de aproximación surgen nuevas variables que trazan el proceso. Este enfoque no aleja el análisis espacial de la geografía como ciencia, por el contrario, le hace retomar viejos modelos geográficos, a veces olvidados, pero que esperan, junto con las bondades de la cartografía digital, para ampliar las posibilidades de una disciplina rica en recursos analíticos realizables en los nuevos escenarios de la informatización.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO.

- Mediante estudios de caso desarrollados en nuestro medio, se ha proporcionado una visión con nivel de complejidad creciente, de las aplicaciones de análisis espacial (implícito o explícito, convencional y no convencional) al esclarecimiento de diferentes aspectos de interés en el ámbito de las Ciencias de la Salud.
- En los ejemplos propuestos se han alcanzado objetivos que pretenden reducir barreras

tecnológicas, flexibilizar conceptos y tratamientos y compatibilizar criterios multidisciplinares en la prosecución del fin más alto de “iluminar” relaciones y distribuciones espaciales en los procesos mórbidos o en las distribuciones espaciales de recursos y servicios de salud.

- El empleo de numerosas técnicas –algunas no clásicamente “espaciales” – ha permitido demostrar que muchas aproximaciones metodológicas son válidas para resaltar el papel del espacio, cuando esto procede, en los eventos de interés en salud.
- Finalmente, el concepto de espacio multidimensional y la incorporación de la dimensión temporal, permiten enriquecer estos análisis incluso sin un despliegue teórico elevado, haciendo uso de recursos flexibles respecto a la disponibilidad de datos primarios y de técnicas de análisis.
- El pensamiento epidemiológico como guía para el desarrollo de estos análisis debe regir la necesaria multidisciplinariedad de estos abordajes, y las disciplinas involucradas deberán tomar de estos predios el imprescindible bagaje teórico para su óptimo desempeño.

Capítulo 3
Presente y futuro del análisis espacial
en Ciencias de la Salud.



CAPITULO 3

PRESENTE Y FUTURO DEL ANALISIS ESPACIAL EN CIENCIAS DE LA SALUD.

Los tiempos de la demarcación de fronteras disciplinarias se han acabado, los días en que nos preguntábamos "¿Pero esto es geografía?" han pasado. Nuestra existencia humana en el tiempo y en el espacio, no separados, sino siempre juntos, significa que se requiere tanto la perspectiva geográfica como la histórica y contextual si lo que realmente nos importa es llegar a comprender.

Peter Gould

3.1- La espacio-tecnocratización.

El análisis espacial, en su más pura acepción, está enfrentado hoy a un camino bifurcado que requiere la máxima atención de parte de sus potenciales usuarios.

De una parte, las tendencias de los Sistemas de Información Geográfica, sus promotores –y comercializadores- están llevando a sus usuarios a una espiral incesantemente creciente de necesidades tecnológicas ([tecnocráticas](#)?) para satisfacer las demandas de datos cada vez más sofisticados de sus productos de software, aspecto que está exigiendo una revolución a nivel de las bases de datos primarias y de los sistemas de recolección de datos.

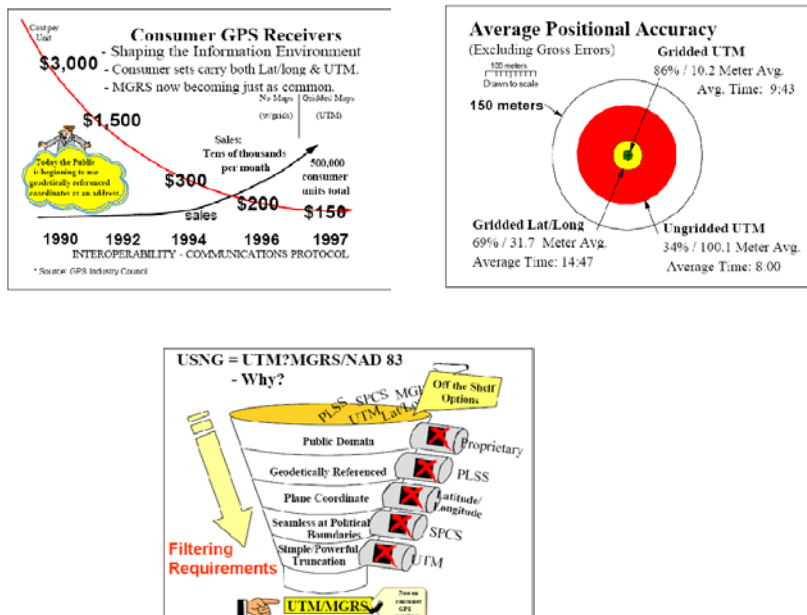


Fig 3-1. Evidencias de la tecnocratización del dato primario geo-referenciado en E.U.: Abaratamiento y popularización del GPS en función del usuario común. Tomado de: Addressing the Future: How society will adopt a preferred georeferenced two dimension spatial address system to supplement traditional one-dimension street addresses. N.G. Terry. The Public XY Mapping Project, 2000.

Por otra parte, escuelas muy serias como la británica han conducido una serie de desarrollos que mantienen una firme alineación con los principios *básicos* de las técnicas de análisis espacial, las cuales pertenecen a un campo más amplio –y abstracto- que el de la Geografía.

En el campo que nos concierne –la Salud Pública- y a pesar de la calidad y confiabilidad de nuestro Sistema Estadístico, sin duda uno de los mejores en todo el continente, porque además de los aspectos técnicos y organizativos, está garantizado por otros valores como la cobertura, unicidad y equidad del Sistema de Salud hasta el nivel de la Atención Primaria, (ausentes en otros más tecnológicos, pero menos exhaustivos), no se tienen las condiciones para asumir tal inversión.

Las bases cartográficas geo-referenciadas sólo muy recientemente están siendo producidas en el país, a costos significativos, y no cubren el universo de necesidades de los diferentes niveles del sistema de vigilancia en salud. Pero esta es la parte menos complicada del conjunto de necesidades.

La no existencia de datos georeferenciados en las bases de datos de eventos de salud disponibles, exige una reestructuración de la toma de la información primaria a un nivel que sólo poseen los países más desarrollados (y sólo muy pocos de ellos). El reto de establecer nuevos registros continuos, por ejemplo, para las estadísticas vitales considerando estas peculiaridades es una inversión millonaria, que muy pocos países, a saber sólo Suecia y Estados Unidos disponen actualmente. Hasta el presente no ha sido demostrada la relación costo-beneficio de tal implementación en interés de las Ciencias de la Salud, aún en funciones vitales como la vigilancia y la investigación etiológica.

En el ámbito de la Salud Pública, la utilidad de la representación de datos puntuales en el espacio geo-referenciado, como se ha discutido en el Capítulo I, es muy cuestionable y dependiente de las características del fenómeno bajo estudio.

Otro aspecto a considerar es la capacidad de respuesta, oportunidad y agilidad que un análisis bajo tales requerimientos, pueda proveer. Hoy es internacionalmente reconocida la “regla del 80:15:5”(100) en el análisis de la información espacial, según la cual el 80% del tiempo actualmente deberá ser dedicado a la obtención de la información primaria, el 15% deberá ser dedicado a su validación, tarea ingrata, pero imprescindible para que nuestro apéndice computacional funcione debidamente. Una vez alcanzadas estas quiméricas cimas, el 5% será

dedicado al análisis. El término *análisis* a nivel de los SIG actuales ofrece un limitado bagaje de lo posible y una simple introspección en muchas de sus herramientas de análisis, no de mera información o descripción, preocuparía seriamente a profesionales con elementales conocimientos de estadística. Muchos resultados, impresos en un mapa multicolor resultan decepcionantes y hasta desinformantes, lo que una brillante exponente de las Ciencias Geográficas y apasionada investigadora del complejo salud-espacio en nuestro país, ha dado en llamar “un antimapa”. Todo esto después de haber utilizado el 95% del tiempo, unidireccional, precioso y no revertible en captar, organizar y validar la información primaria.

No se trata de un problema inherente a los SIG. En ellos, como en otras implementaciones informatizadas amigables – pincha y ya!!- de muy serios productores de software estadístico, subyace el peligro de actuar sin un íntimo conocimiento de lo que se está haciendo. Los “warnings” en este sentido están planteados desde los estadísticos para los usuarios de estos sistemas. La manipulación de los SIG –aún con sus limitadas posibilidades analíticas actuales- en los predios de la Salud Pública requiere la presencia consciente y colaboradora de epidemiólogos, bioestadísticos y geógrafos, que estén además críticamente dispuestos a cuestionar el producto final de sus esfuerzos – el mapa- si éste no encaja plausiblemente en el marco de lo científico.

En el esquema conceptual que mostrado al inicio de este trabajo, la iteración de *representación – observación - establecimiento de patrones espaciales-sugestión de hipótesis – comprobación – intervención – evaluación*, quedó claramente enunciada. Este es sin dudas un esfuerzo arduo, si quiere ser serio. Qué decir de la premura con que ciertos informes exigen el (anti)mapa!!

No clasifican en estas necesarias reflexiones las tareas de informar cuántos asentamientos poblacionales, cuántas personas, cuántos recursos.... cuántos... etc...están ubicadas en cierta región espacial. En esto los SIG son muy buenos y después de utilizar el 95% del tiempo en preparar las bases necesarias, se puede obtener este dato. Por cierto, también se puede obtener de una base sin vínculos directos al espacio en menor tiempo, pero si de todas formas se desea obtener un mapa, vale. Algunos colegas, con falta de dominio de los SIG, han obtenido honorables resultados utilizando después sistemas gráficos convencionales.

Esto no quiere decir que la [cartografía informatizada](#) es inútil. Por el contrario, puede tener un papel fundamental, y algunos de los productos de software producen gráficos que realmente dan una nueva perspectiva sobre ciertos problemas, particularmente de visualización de superficies complejas y tridimensionales.

Con excepción del área de la geografía física, que se ha revitalizado gracias al manejo de datos y la revolución de la informática, se está sometiendo a los potenciales usuarios a una inundación de datos obtenidos mediante satélites. En particular la climatología ha estallado verdaderamente en los últimos diez años, y parece ir a la cabeza en el proceso de ayudar a todos los geógrafos a concienciarse de la escala global en otras áreas de la investigación geográfica. Los resultados en este campo ya hoy son espectaculares, como lo muestra la siguiente figura:

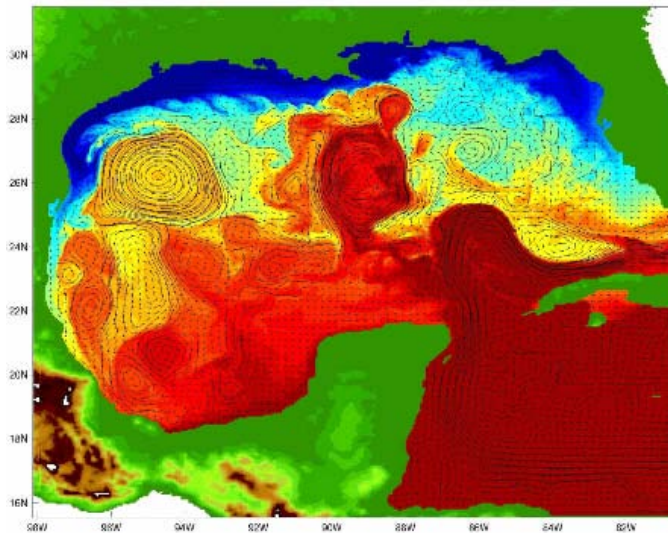


Fig 3-2. Temperaturas del mar y flujos de las corrientes en el Golfo de Mejico. Tomado del Centro Nacional de Pronósticos de E.U. En: [www. accuweather.com](http://www.accuweather.com) accedido 9/2005.

Pero las condiciones básicas: dato primario-análisis-marco teórico de la disciplina difieren mucho de las necesidades de análisis espacial en la Salud Pública. Se deberán acometer nuevos desafíos si se quiere incorporar la espacialidad a las complejas realidades que subyacen en las explicaciones de los procesos salud-enfermedad y en particular si se desea que el “mapa” se convierta en un instrumento de orientación, síntesis y compulsión a la acción de los decisores.

3.2- Del espacio a la estructura.

"Ciencia es una búsqueda de la regularidad subyacente en diversos acontecimientos ".

W. Weaver

El otro aspecto de un mismo problema es el que tiende a cerrar los vacíos del análisis espacial con puntos de vista más centrados en las relaciones de distancia que en la manipulación georeferenciada de los datos y la producción cartográfica computarizada. Es aquí donde las necesidades de las Ciencias de la Salud respecto al tratamiento del espacio se hacen más ostensibles.

Hace ya medio siglo que comenzó la serie de desarrollos que se dio en llamar *revolución cuantitativa* o la *nueva geografía*. Ya sea por el excesivo entusiasmo inicial, o por haber generado fuertes reacciones en contra, las preocupaciones metodológicas y teóricas de la revolución cuantitativa catalizaron una disciplina académica adormecida, convirtiéndola en el campo apasionante e intelectualmente vital que es la geografía de hoy.

Uno de los mayores cambios que se produjeron a finales de los 50 y principios de los 60 fue el uso adjetivo de la palabra *espacial* para lo que antes se podía haber llamado *geográfico*. El uso del término *espacial* indicaba un cambio genuino y bastante significativo. Se habla desde entonces de interacción espacial, organización espacial, estadística, relaciones, comportamiento, modelos, planificación, aplicaciones, patrones, difusión... y estructura espacial.

El término *estructura* se debe usar de modo cuidadoso, reflexionando sobre cómo convertir una palabra tan común en algo bien definido y operativo. Se trata, en principio, de examinar conjuntos de temas (ideas, gente, referencias, etc.), todos cuidadosamente ordenados en una jerarquía que vaya de los términos más específicos a los más generales, los cuales funcionan como conjuntos de cobertura (cover sets), a través de relaciones algebraicas cuidadosamente especificadas. Las relaciones en y entre conjuntos se pueden representar como *complejos simpliciales*, estructuras que permiten, prohíben pero no requieren que otras cosas existan (101-105).

Una pregunta vital en esta línea de pensamiento es si los fenómenos humanos tienen en el espacio geográfico un equivalente a los fenómenos físicos, los cuales minimizan de modo

«natural» sus rutas y estados de energía. De ser así, cuestiones como la «disposición óptima», la «mejor localización» y la solución de menor costo tendrían sentido en la investigación geográfica. Esto abre el campo de la optimización, y con ella el uso de modelos normativos, la programación lineal, y, como objetivo más general, o multiobjetivo, los modelos de programación. Algunos consideran estas aproximaciones demasiado mecánicas, y poco realistas: después de todo, el ser humano no se comporta de esa manera "matemáticamente óptima".

Tales métodos de optimización no tienen por qué ser mecanicistas. Ellos pueden utilizarse como modelos cuidadosamente especificados de disposiciones óptimas (localizaciones o movimientos) con los que se pueden comparar ejemplos reales. Así, el grado en que los agricultores no escogen los mejores patrones de aprovechamiento de la tierra -ya sea estática o dinámicamente-se puede analizar como una función de su cultura o de la información que tienen(106). Si se necesita situar hospitales, servicios de ambulancias, consultorios para urgencias, etc., un conjunto óptimo de localizaciones que disminuya el tiempo de acceso puede ahorrar unos segundos preciosos en los que se pueden salvar vidas humanas.

Los modelos formales de programación multiobjetiva no fuerzan a la gente a adoptar soluciones mecánicas, sino que pueden crear condiciones bien delimitadas para el desarrollo de proyecciones y planificación estratégicas, permitiendo el diálogo entre geógrafos, planificadores y políticos. Muchos países del tercer mundo tienen escasos recursos económicos para proyectos de desarrollo, y en tanto en cuanto los procesos de optimización sean apropiados, estos métodos formales pueden multiplicar el valor de sus recursos.

Fue en este sentido de profunda preocupación humana, combinada con criterios matemáticamente óptimos como Alan Wilson(107,108) empezó un proyecto original y revolucionario en el campo de la representación geográfica, inspirándose en una analogía de la mecánica estadística para ofrecer una derivación del modelo de la gravedad. En su modelo todo es internamente consistente en un sentido matemático aunque tal consistencia interna puede no reflejar todos los sistemas humanos reales y abiertos sujetos a cambios estructurales reales. Esto es un ejemplo específico del problema mucho más general de la comprensión de los efectos de la agregación espacial(109), la cuestión de lo que se gana o pierde en comprensión cuando se simplifica la complejidad extrema de lo que se considera eufemísticamente «el mundo real».

En una excelente reflexión sobre el problema, el geógrafo norteamericano Peter Gould expresa (cit.): “El problema no está en las matemáticas, que son fundamentalmente clásicas y están bien entendidas, **sino en la posibilidad de poder ordenar la evidencia histórica y geográfica concreta a través de procesos de bifurcación teniendo en cuenta trayectorias espacio-temporales únicas.** Este paralizante exceso de entusiasmo por la posibilidad matemática, más que por el examen concreto del desarrollo histórico de un sistema espacial en particular es de lo más desafortunado. El problema principal es **convertir esas nociones intuitivamente válidas de «estructura espacial» en algo bien definido, operativo y consiguientemente comprensible.** Es simplemente ingenuo pensar que estas estructuras matemáticas clásicas, creadas en su origen para describir el mundo mecánico del siglo XVII, puedan describir el desarrollo singular e irrepetible de una sociedad humana. Esto no niega por completo las posibilidades de la descripción matemática, pero **tal descripción tendrá que ser topológica en su forma esencial,** no sólo para que el cambio repentino pueda ser captado como una conexión estructural, sino también para obligarnos a un replanteamiento del concepto de la misma descripción matemática”(110).

El modo como el espacio esté estructurado es crucial para la comprensión de los fenómenos enmarcados en él. No es posible pensar que un fenómeno particular, o el modo de estudiarlo, corresponda a una sola disciplina -que es a su vez un concepto humano y contingente- pero la fascinación intelectual y el interés por el dominio espacio-temporal se hallan en el mismo centro de la perspectiva del análisis espacial y en particular del análisis espacial que involucra al ser humano y su entorno.

Es importante observar que estas estructuras espaciales parecen ser muy estables, canalizando ideas, innovaciones y enfermedades de modos similares a lo largo de muchas décadas, incluso siglos, como señaló Torsten Hägerstrand hace unos años(111). El problema es siempre qué estructuras son relevantes y cómo definir las y describirlas de un modo efectivo.

De hecho, es en el área general de la difusión espacial donde surgen las cuestiones estructurales con mayor prominencia, no sólo en sus manifestaciones espaciales y geográficas, sino también en su contexto social e histórico particular. La gente estructura el espacio, no simplemente con innovaciones tecnológicas de reducción y deformación espacial, sino creando acceso diferencial a recursos que permiten y prohíben el uso de tales estructuras espaciales. En cuanto a la accesibilidad a cosas como una buena información o ciertos servicios en la red, la mera proximidad geográfica puede no tener mucho que ver, en particular en estos tiempos

de desarrollo vertiginoso de las comunicaciones y las nuevas tecnologías de la información(29). En ninguna parte está más claro el enfoque estructural en su marco geográfico que en el área de la epidemiología y la expansión de las enfermedades. Es posible «dar la vuelta» al hecho de que la misma enfermedad se pueda extender repetidamente en una población: **analizar el modo como se extiende la enfermedad puede revelar cómo está estructurado el espacio.** Un estudio clásico de Pyle(112) ha mostrado cómo el cólera, tratado como un elemento trazador reveló la reestructuración radical de los Estados Unidos en el siglo XIX, cuando las innovaciones tecnológicas, como el barco a vapor y el tren, alteraron el proceso de expansión, que pasó del contagio espacial a uno fuertemente estructurado por la naciente jerarquía urbana. Otro estudio(113), ha demostrado que las olas epidémicas de gripe se movían dos veces más rápido a través de Europa entre finales del siglo XVIII y finales del XIX, y cómo determinadas conexiones históricas (por ejemplo, entre España y los Países Bajos en 1580) formaron las estructuras pertinentes para el encauzamiento de las enfermedades. El estudio de Cliff(114) sobre el sarampión en Islandia se convirtió rápidamente en un clásico de la geografía, al indicar la gran complejidad de movimientos de una enfermedad contagiosa que se extendió por una población humana muy dispersa y estructurada mediante conexiones que presentaban una forma jerárquica.

Si la gente lleva consigo la enfermedad de un lugar a otro, y se logra describir estos movimientos en sus formas agregadas con formulaciones del modelo de la gravedad u otros, entonces se esperarían, intuitivamente, ser capaces de describir, representar y predecir el modo como una epidemia de una enfermedad transmisible se extiende en una población.

Si el espacio contiene elementos generadores de riesgo (contaminantes, pobreza, etc), también los casos podrían demostrar con su distribución espacial las causas putativas y ello permitiría la intervención salubrista, en la forma de reparto de recursos espacialmente (a lugares) y ocupacionalmente (a grupos vulnerables).

El interés por los procesos espacio-temporales está haciendo considerar algunas cuestiones metodológicas de mediante enfoques nuevos y originales para describir estos fenómenos de un modo más apropiado. Aunque trabajando en un relativo aislamiento, estos pensamientos estuvieron presentes y se plasmaron en el trabajo de la autora y se reflejan en varios de los ejemplos mostrados en el Capítulo 2.

Estas reflexiones conducen a otro concepto controversial y al mismo tiempo crucial a las necesidades de las Ciencias de la Salud: el de **espacio celular finito**(115). Cualquier representación del problema ha de tener en cuenta la naturaleza finita, no continua, de la estructura espacial. Esto era precisamente lo que ignoraban las estructuras matemáticas clásicas en que se basaban las ecuaciones diferenciales, que trataban el espacio de una forma esencialmente [fiscalista](#). Actualmente se ha logrado modelar procesos de difusión espacial de forma realmente operativa por medio del análisis de elementos finitos en una computadora(116).

Todos los procesos suceden en el tiempo y en el espacio, y que lo que se requiere es un «lenguaje» común capaz de describir todos estos procesos aparentemente diferentes, de una manera esencialmente igual, este lenguaje estructural deberá captar la esencia de la descripción estructural en su forma esencial finita. Estos abordajes deben ser capaces de describir con mayor fidelidad, los mundos biológico y humano como son, no como parecen ser al organizarlos en estructuras matemáticas creadas para otros fines(117). Si se avanza hacia un lenguaje estructural, muchos temas que comparten la misma esencia estructural pueden verse simplemente como aspectos de la misma cosa. La vigencia de este pensamiento se pone de manifiesto en los trabajos recientes de Couclelis(118,119).

Cualquier «lenguaje» matemático capaz de describir las estructuras finitas que ocupan a los científicos humanos (y probablemente también a los biólogos) debe basarse en conjuntos bien definidos y en relaciones igualmente bien definidas en y entre conjuntos. Tales relaciones definen operativa y concretamente las estructuras que *permiten y prohíben, pero no necesariamente exigen*, que existan cosas en ellos y que se transmitan entre ellos(102).

Conceptos como estructura global y local, fragmentación, vulnerabilidad y excentricidad se incluyen en tales descripciones y se hacen operativos a la hora de una medición. Sobre todo, éste es un método muy disciplinado, que fuerza a definir y hacer operativas todas las definiciones e ideas estructurales. Personalmente la autora ha utilizado estos conceptos para medir los riesgos quirúrgicos y de supervivencia asociados a las localizaciones de las lesiones cardíacas (valvulares, vasculares y del músculo). En este caso el espacio estructurado fue la anatomía (topología) del sistema implicado(120).

Para asumir estos retos es necesario recuperar la concepción de las matemáticas como un «lenguaje» descriptivo, apropiado para describir lo que realmente existe, en lugar de convertir

el mundo humano en estructuras matemáticas diseñadas originalmente para la descripción del mundo físico de las cosas. Al describir el mundo humano con las formas funcionales de las matemáticas, de naturaleza fisicalista, el mundo humano resultante tendrá una apariencia mecánica. La elección de este «lenguaje» no le permite tener otra apariencia(102).

La fuertemente limitada función matemática reduce lo que pretende describir a su propia y limitada forma, no puede, en el campo de lo humano, describir lo que existe. En este contexto la función tiene que dar paso a las más amplias aplicaciones y relaciones. Pero el problema de la construcción de una «teoría», ya sea expresada matemática o verbalmente, es aún más profundo. Estas son definiciones de gran utilidad en el mundo empírico del científico humano que requiere describir las conexiones y estructuras formadas por estas entidades matemáticas cuando se aplican dentro de o entre conjuntos para formar complejos simpliciales. El tratamiento de esta manera permitirá esclarecer un problema y una contradicción con los que se ha de enfrentar cualquier teoría de las ciencias humanas si queremos que el término «teoría» posea un significado científico único y común.

¿De qué debería ser capaz una «teoría» para tener sentido? Debería, partiendo de una cadena o sucesión de acontecimientos -por definición, siempre secuencial en el tiempo- ser capaz de encontrar un orden y coherencia tales que sea posible una descripción más racional y simple. Si una cadena o sucesión de acontecimientos es fortuita, entonces, tautológicamente, no hay orden o norma, y no es posible una sucesión más sucinta. En estos casos la sucesión de acontecimientos no puede ser distinta de como es, ya que es de complejidad máxima no reductible(121).

En principio cualquier información, por compleja que sea se puede codificar y reducir si la cadena es suficientemente larga. Hoy en día ni reparamos en que la música y los videos digitales que vemos y escuchamos con inigualable fidelidad, responden a esa posibilidad técnica que implica leer con un láser complejas secuencias de información digital.

En las ciencias físicas, los términos de entrada en las funciones que computan las salidas implican un alto grado de predictibilidad y por ello se califica las instrucciones del cómputo como «leyes». En las ciencias que se ocupan de los seres humanos, también es necesario examinar cadenas de acontecimientos, y se trata de buscar cadenas o constructos más cortos para computarlas. Pero no con mucho éxito. Es una tarea ardua tratar de enumerar ejemplos de predicciones razonables en las ciencias humanas. Sin embargo, hoy es posible mediante la

combinación de las facilidades de cómputo y las técnicas multivariadas de clasificación obtener resultados asombrosos como los que se muestran en la siguiente ilustración:

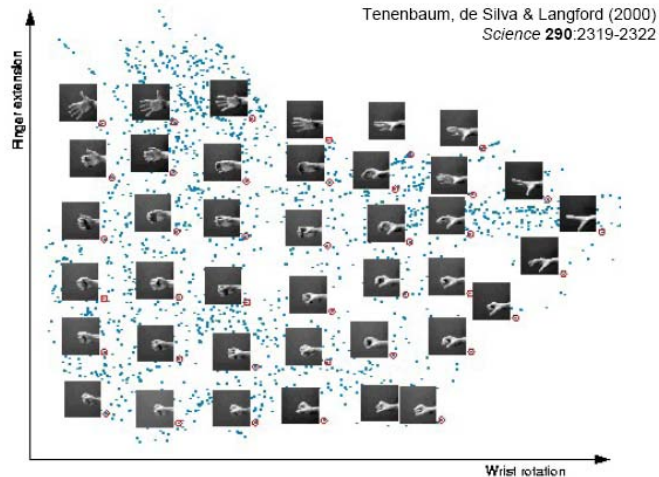


Fig. 3-3. Aplicación de análisis de escalamiento multidimensional basado en datos de la extensión de los dedos y la rotación de la muñeca. Esta es una técnica basada en análisis de matrices de similitud-disimilitud entre casos o variables según sus atributos.

Es interesante e importante a la vez preguntarse por qué la predicción por medio del cómputo frecuentemente fracasa o resulta insuficiente en las ciencias humanas. Aparte de la capacidad humana de reflexionar sobre sí misma individual o colectivamente, y, consiguientemente, de invalidar cualquier conclusión computacional, quizá la razón sea que los acontecimientos humanos son de complejidad máxima.

Queda un punto más a tener en cuenta: la selección misma que se hace para restringir la observación a un número muy limitado de acontecimientos con participación humana. Tal selección inicial constituye, en el más puro sentido matemático, una relación, un acto de especificación que lleva elementos de una cadena original S a una transformada S' , mientras que cualquier agregación constituye una aplicación univalente de $S' \rightarrow S''$. Tales selecciones y restricciones ya de por sí constituyen reducciones poderosas, violentas incluso, que son arbitrarias y artificiales en el estricto sentido de que son puras conceptualizaciones humanas. ¿Quedará representado entonces el «no-desorden» a través de la imposición mediante restricciones de la observación? ¿Será representada sólo la regla de reducción de la selección observacional produciendo estructuras simplificadoras sobre las que se aplica a los datos selectivamente? ¿No será este proceder la representación con matemáticas mecanicistas de las aplicaciones ordenadoras de nuestras propias selecciones? En resumen, ¿no se andará en

círculos al matematizar nuestras propias y limitadas percepciones de un mundo de complejidad máxima?

En todo proceso de representación matemática -al menos en aquellos que utilizan modos de cálculo convencionales-, y en toda teoría social -al menos en aquellas que utilizan la palabra «teoría» con sentido-, el mecanicismo aparece inmediatamente, pero una sabia manipulación de este mecanicismo permite al conjunto obtener la racionalidad analítica requerida.

Es necesario insistir en que todas las nociones de estructura se hagan explícitas, operativas y claramente definidas. Una explicación tal sólo es posible por medio de un pensamiento riguroso, una voluntad de admitir que estructura quiere decir conexiones entre cosas, y por lo tanto, relaciones en y entre conjuntos. Las geometrías abstractas y multidimensionales así definidas pueden prohibir y permitir, pero nunca, en el mundo humano, requerir. Para comprender el mundo humano es necesaria la más dúctil matemática descriptiva de la estructura, no la demasiado simplista matemática del cómputo mecanicista.

Aunque no existe hoy en día un lenguaje que pueda resolver todos los problemas de la descripción estructural, es necesario seguir profundizando esa dirección si se desea captar con rigor esta noción intuitiva de estructura. En las ciencias humanas, incluyendo la geografía humana, esta preocupación actual es sólo el último aspecto de un movimiento largo y sin duda demasiado esporádico para precisar el término *estructura*. Se remonta en 1936 a Lewing en psicología, a matemáticos deseosos de tener en cuenta las aplicaciones de la teoría gráfica como Berge en 1958, a arquitectos como Alexander en 1966, a geógrafos humanos (Garrison y Marble, 1964; Kinsky, 1963), a sociólogos, y una vez más a matemáticos (Atkin, 1974; Johnson, 1975). Vale la pena señalar que desde el principio todos apuntaban hacia la *topología* como un terreno más apropiado, ya sea por la descripción estructural directa o como una fuente de conceptos para la teoría social(122,123). La topología, por supuesto, es *topos logos*, conocimiento del lugar. ¡Qué mejor terreno matemático para los geógrafos!

En el emblemático trabajo de Castellanos(124) se pone en perspectiva una forma de aplicación de estas relaciones estructurales bajo nociones topológicas. Las siguientes figuras, tomadas de su trabajo, dan cuenta de estas relaciones, las cuales tienen pleno significado en la incorporación de la espacialidad:

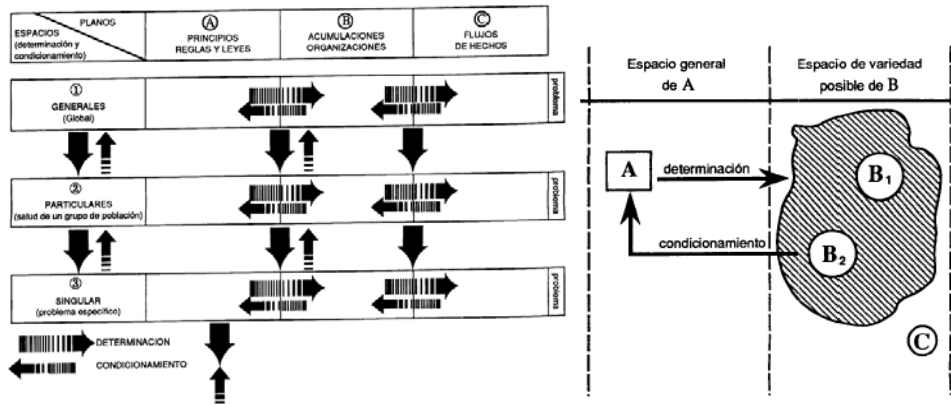


Fig. 3-4. Explicación , distribución y dinámica de los procesos de problemas de salud. Tomado de Castellanos P.L. Sobre el concepto de salud y enfermedad. Descripción y explicación de la situación de salud. Boletín Epidemiológico Vol 10 No. 4, 1990.

Un enfoque similar está vigente en el concepto de Esquema de Salud del Ecosistema, que ha sido aplicado en Cuba por equipos de investigación canadiense(125). La aplicación de estos enfoques permite estructurar el espacio de información, que posteriormente podrá tener una representación espacial.

3.3- Avizorando el futuro: nuevas perspectivas para el estudio de lo complejo. De GISystems a GIScience.

The map is a help provided to the imagination through the eyes.

Henri Abraham Chatelain, Atlas Historique (1705)

Una de las razones por las que se han retomado conceptos esbozados en el pasado es simplemente que ahora existe una oportunidad de describir la complejidad estructural de una forma fácilmente accesible. Esto se debe casi completamente al desarrollo de la ciencia computacional.

No cabe ninguna duda de que la revolución de la informática es en muchos sentidos la base de cualquier evolución actual. Vastas áreas de la investigación en general que hoy se dan por sentadas no serían en absoluto prácticas o posibles sin la disponibilidad de estos recursos. Hoy se pueden plantear ciertos problemas e investigar en términos concretos y prácticos, que incluyen la recuperación y reinterpretación de tentativas de investigación clásicas como la descripción y la síntesis regional, el análisis de las relaciones complejas de muchas variables, tanto humanas como físicas, *in situ*. Incluye también la primera verdadera oportunidad de usar métodos de simulación para intentar comprender las consecuencias dinámicas de los procesos

temporales en el espacio. En muchas áreas de la geografía, el entusiasmo de la explosión intelectual reside en el crecimiento extraordinario de la maquinaria informática.

En el futuro los SIG deberán a llenar ese espacio vacío que hoy lo separa de su núcleo central de desarrollo (ver Fig. 1-3 en el Capítulo I), mediante una constante y creciente interacción con otras áreas del software que tributan a sus intereses. Este esfuerzo requiere de la conformación de equipos multidisciplinarios que abarquen un conjunto de especialidades. El nacimiento de estos grupos es ya una realidad en prestigiosas universidades del mundo, como GeoVista, AlphaGroup etc. El resultado de algunos de ellos está disponible en programas de Geovisualización como GeoVista Studio(94), y otros. Numerosas adiciones (add-on) sobre los principales sistemas de información geográfica están disponibles al mismo tiempo que desde otro ángulo, programas devotos del análisis estadístico adicionan posibilidades de georepresentación. Las tendencias futuras apuntan a las llamadas implementaciones mediante supercomputadoras de técnicas basadas en la minería de datos y a la exploración de datos; ambas encuentran su sustento en los predios de la segmentación multivariante y sus salidas en sofisticadas técnicas de visualización. El resultado es una aparente desmatematización de todo el proceso, pero no hay que dejarse engañar: en el montaje de toda esta superestructura subyacen los conceptos medulares de la teoría de conjuntos y los procesos de análisis multidimensional. Olvidar estos principios es tan ingrato como sería olvidar los principios de los códigos binarios al “pinchar” confortablemente órdenes en un sofisticado ambiente de Windows.

Se avizora el apoyo de una red de datos de universidades interconectados, a la que se ha llamado Internet 2. Algunos proyectos de este tipo ya están rindiendo interesantes frutos, sobre todo en materia de monitoreo y vigilancia de contaminantes ambientales como es el caso del uso de supercomputadoras para visualizar espacialmente la contaminación del DF en Méjico.

Otras búsquedas metodológicas conducen al campo de la *datamología en cubos* –también llamados hipercubos-, de nuevo una técnica de segmentación multivariada, casi totalmente desprovista de matematización. Sus resultados son sorprendentes y las primeras versiones de productos computarizados están agradablemente disponibles libres en Internet(126).

Un hipercubo es un modelo lógico en el cual los valores de los datos son organizados en un espacio multidimensional cartesiano. Esta rama de la matemática se basa en la

aplicación del álgebra a la geometría. En 1637 René Descartes desarrolló el concepto de que la localización de un punto en el espacio está completamente determinado por sus coordenadas en ese espacio. En un espacio cartesiano los puntos en tal espacio son adimensionales. En un cubo, los puntos son realmente contenedores en los cuales pueden ser almacenados los valores de los datos. El término “hiper” es usado para indicar que este modelo no está limitado a tres dimensiones, el entendimiento de este principio es difícil en nuestro mundo tridimensional, pero una aproximación a este razonamiento puede representarse de la siguiente forma:

Datos primarios

Año	Sexo	Talla	No.
2000		Baja	43
2000	M	Alta	31
2000	F	Baja	26
2000	F	Alta	12
2001	M	Baja	37
2001	M	Alta	26
2001	F	Baja	25
2001	F	Alta	14

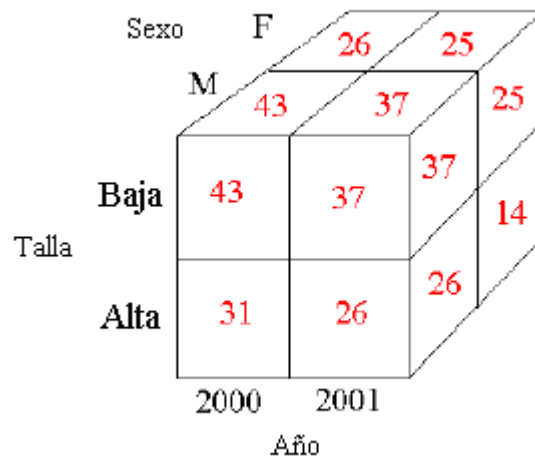


Fig 3-5. Representación de un conjunto de datos en un cubo.

A despecho del uso muy especializado en Geografía de la palabra [datum](#), la etimología de la misma, *data*, *dato*, significa *dádiva* o *regalo*. El principal regalo del manejo adecuado de los

datos es el *conocimiento*. Existe un debate permanente en cuanto a si el conocimiento es descubierto, construido o... simplemente adquirido. Sólo en el verdadero estudio (análisis) de la información (data) es que se adquiere conocimiento.

Es posible que las posibilidades que abre la informatización a enormes bases de datos permitan, en un futuro no lejano, crear una generación de “datamologistas”, pero sus resultados sólo serán útiles si estos recursos están en manos de verdaderos investigadores. Estas personas son aquellas para quienes las respuestas no son inmediatamente obvias y accesibles, pero que tienen la voluntad de dedicar tiempo al análisis de los datos, en un campo particular de su experiencia y apoyándose de elementales principios de la matemática y la computación, en los que no necesitarán ser expertos. Ellos utilizarán los datos, muchos y complejos, para adquirir la principal dádiva del dato: el conocimiento.

Según Elliot y cols. en su importante libro “Spatial Epidemiology. Methods and Applications”(52), las tendencias de la mapificación de eventos de salud requerirá en el siglo XXI de aspectos tan importantes, y hasta quiméricos como la colaboración internacional e interjurisdiccional para la transferencia de datos entre naciones, el uso internacional de datos de incidencia, el avance de métodos de análisis y la concertación internacional para alcanzar consistencia y comparabilidad en las representaciones, el incremento en el acceso a tecnologías de mapificación, la reducción de los tiempos de publicación de la información, la integración de información sobre factores de riesgo a diferentes escalas y otros grandes desafíos. Sin embargo, los autores remarcan el hecho de que “La mayoría de las actividades (relativas al desarrollo de la Epidemiología Espacial) ha sido dominada por trabajos realizados en los países desarrollados. Grandes partes de la población mundial aún no han sido trabajadas mediante la cartografía médica. Debemos esperar que esta situación mejore con una incrementada globalización de la ciencia, la importancia creciente de los países en desarrollo y el reconocimiento de que las enfermedades no respetan las divisiones políticas”.

En la perspectiva de las transnacionales que desarrollan productos de software para el análisis-representación de datos espaciales el futuro, según sus propias palabras pasa por “el desarrollo de técnicas muy rápidas que puedan producir imágenes masivas y multivariadas. Una posibilidad es apoyarse en redes en línea con la estrategia usada por el proyecto SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) y deconstruir grandes problemas de reconocimiento de patrones en piezas lógicas que puedan ser procesadas desde sitios remotos. Necesitamos ser mucho más efectivos en compartir nuestro trabajo, datos y resultados a través, tal vez del uso

de herramientas de software abierto y software de análisis espacial (por ser desarrollados aún). Necesitamos ser capaces de especificar inteligentemente hipótesis alternativas a las distribuciones que deseamos reconocer. En tanto hagamos preguntas de investigación más específicas, las hipótesis alternativas serán enunciadas de forma más específica. Esta especialización conlleva el costo de una pérdida de potencia para detectar otros efectos que niegan la hipótesis nula, lo que requerirá medidas efectivas para alcanzar un balance. La especificación de hipótesis alternativas que correspondan al reconocimiento razonable de patrones de distribución espacial en tanto conserven su potencia estadística es una ruta de investigación importante. El conjunto de técnicas de reconocimiento de patrones sería una adición importante a las actuales herramientas disponibles. Finalmente uno de los mayores problemas en nuestro futuro “rico en datos” será seleccionar entre acercamientos alternativos de reconocimiento de patrones (por ejemplo agentes distribuidos vs redes neuronales vs detección estadística de patrones), lo cual representa un desafío entre el deseo de detectar algo sin saber qué es este “algo” y nuestra habilidad para detectar patrones específicos basados en nuestro conocimiento de los sistemas físicos y biológicos”.

Estas dos visiones encierran en sí mismas una gran carga de subordinación tecnocrática, los conceptos arraigados sobre todo en el mundo desarrollado, de que la tecnología de punta será la solución de todos los problemas científicos y no científicos de nuestra maltrecha casa común. Por eso es bueno tomar las palabras finales de esta última cita:

“Es tentador apostar por una herramienta mágica que pudiera detectar el patrón “correcto”, sin tener que decirle a la máquina cuál patrón es. Este problema extraordinariamente difícil muy probablemente no tiene solución. Definitivamente la única máquina capaz de detectar el patrón “correcto” es aquella que está guiada por un pensamiento cuidadoso basado en buena ciencia” (100).

Sería necesario añadir: Quizás la única fuerza capaz de alcanzar el patrón correcto es aquella que está guiada, además de por un pensamiento cuidadoso y por una buena ciencia, por un gran sentido de la solidaridad humana, que ayude a reconstruir los espacios marcados por historias de injusticia acumulada, creando patrones de distribución espacial, cuyo reconocimiento salta a la vista sin requerir artificios tecnológicos de punta.

3.4. Espacialización y construcción de metáforas espaciales.

The cartographer's paradox: In order to avoid hiding critical information in a fog of details, the map must offer a selective, incomplete view of reality.

Monmonier.

El avance general de la informatización y de las capacidades de análisis multidimensional alcanzado en algunos productos de software, son importantes pasos en el cierre de las brechas de desarrollo de software que tributan al análisis espacial. El impacto ya se evidencia principalmente en las tendencias de la mapificación, que muestra nuevas facetas y requiere nuevas interpretaciones, así como una apertura en la mente de muchos geógrafos para aceptar la modelación espacial y la representación espacial de constructos multidimensionales. Trabajos muy recientes dan cuenta de tendencias a “mapificar la incertidumbre”(118), una forma de ser leales a la reconocida falta de nitidez de algunas técnicas tradicionales de la mapificación especialmente después de la informatización frente a decisiones de cortes de variables continuas, paletas de colores y otras.

También están en pleno desarrollo otros recursos que permitirán hacer más asequible el estudio de estas complejas interacciones del hombre y su entorno: en la medida en que los análisis espaciales han ganado popularidad y acceso a través de la informatización y la disponibilidad de complejas bases de datos, se ha constatado la creciente necesidad de espacializar datos no espaciales para representar complejas realidades. Este enfoque ha sido llevado con éxito a una gran cantidad de campos, especialmente en ramas humanísticas, ciencias del comportamiento y otras(127).

La representación de variables complejas, no necesariamente espaciales, se ha convertido en un interés creciente de los departamentos de Geografía de prestigiosas universidades en el mundo sólo en los últimos cinco años. Como en disparo, una rápida revisión de las publicaciones en el web dan cuenta del enorme interés que términos como *espacialización y construcción de metáforas espaciales* están teniendo en los foros científicos internacionales que atraen especialistas de numerosas y diversas ramas(128-134). Este interés multidisciplinario tiene sin embargo una característica común: la necesidad y la importancia que se le concede a *representar*, mediante recursos de visualización complejos constructos perceptivos, dando surgimiento así a los *mapas informacionales o de conocimiento*.

Las raíces del desarrollo de estas ideas no son tan jóvenes y han estado presentes en personalidades representantes de diversas disciplinas. En 1982 Howard White y Belver Griffith propusieron usar nombre de autores como marcadores del “espacio intelectual”(135). En su seminal trabajo *Espacio y Método*, el destacado geógrafo Milton Santos(136) diserta acerca de las necesidades y la conveniencia de poder sintetizar, para fines analíticos involucrando el espacio, información compleja previamente racionalizada y llevada a constructos. Otros geógrafos, especialmente los dedicados a la geografía humanística aplicaron métodos provenientes del análisis matemático (reducción de variables, búsqueda del espacio común multidimensional etc) para desentrañar complejas relaciones de causa-efecto, flujo, difusión etc.(137). Desde entonces muchos investigadores han hecho uso de *metáforas* construidas a partir de puntos en un sistema cartesiano y puntos en espacios abstractos de información. El "espacio" ahora puede ser conceptualizado como un subtópico intelectual, tal como el ciberespacio, espacio conceptual, espacio documental, espacio informacional etc. El aspecto común de estos constructos es que ellos pueden ser representados espacialmente como “mapas”, aunque en todas sus aplicaciones estos “mapas” no serán necesariamente geográficos. Este enfoque acomete el importante desafío de cómo organizar o estructurar la información para pragmatizar el camino del usuario de esta información compleja y al mismo tiempo se retienen las características de orientación y precisión requeridas en la información visualizada.

La *espacialización* de variables no espaciales es una estrategia diseñada para permitir el acceso a datos multidimensionales presentándolos en una estructura geométrica de baja dimensionalidad (dos-tres dimensiones). Es este un abordaje que ha beneficiado desde la perspectiva de las ciencias de información geográfica a un gran número de frentes o aplicaciones. Los fundamentos de la espacialización han sido considerados a partir de la justificación cognitiva (138-140). Para apoyar decisiones geo-espaciales ha sido propuesto vincular escenarios geográficos con espacializaciones de varios tipos, incluyendo mapas conceptuales(141). Este tipo de representación espacial requiere incorporar otras variables no espaciales a su arsenal y es un tema a debate actual cómo estas variables no-espaciales serán representadas sobre un “mapa” (así, entre comillas, porque también estamos en la era del “mapa” del Genoma). Esta interesante tendencia desde los predios geográficos ha sido de lo más gratificante al llegar al final de este esfuerzo. La propuesta de Skupin y cols. “Espacialización: metáforas espaciales y métodos para manipular datos no-espaciales”(142),

catalogado como una prioridad investigativa por el Consorcio Universitario de las Ciencias de Información Geográfica (UCGIS) da buena cuenta de estas inquietudes (Ver Anexo 8).

En qué sentido es esto nuevo para el análisis multidimensional aplicado a las Ciencias de la Salud? Existe un consenso general de que la perspectiva geográfica puede añadir valor, aún cuando se trate de datos no georeferenciados o de atributos no espaciales propiamente dicho. Los aspectos claves aquí serían:

- Cómo conceptualizar los datos n-dimensionales.
- Cómo estos datos pueden ser transformados en un modelo de menor dimensionalidad y representados en el espacio geográfico.
- Cómo este modelo puede ser aplicado a los datos n-dimensionales que pueden estar o no conceptualizados de la misma manera que aquellos de los cuales fue obtenido el modelo.

Una solución práctica de estos problemas consiste en hacer las selecciones de entre los métodos de reducción de la dimensionalidad, el uso de capas espaciales y las transformaciones geométricas comentadas en epígrafes anteriores. Cuando una conceptualización particular se combina con un mapa de base en el cual el dominio de conocimiento es en sí mismo interpretado como un espacio n-dimensional continuo, el resultado es una representación de baja dimensionalidad a la cual puede ser aplicado los conceptos del álgebra de mapas(143).

Se ha podido comprobar que los usuarios de espacializaciones no presentan dificultades al asociar distancias entre un espacio de baja dimensionalidad que muestra similitudes en el dominio n-dimensional (144). Aún más, estas relaciones percibidas pueden ser modificadas a través de manipulaciones en la simbología(145). El modelo de baja dimensionalidad creado mediante la espacialización tiende a estar ocupado por un número de objetos discretos con un variado grado de continuidad y contigüidad. Las representaciones puramente continuas son raras, por ello los métodos considerados generalmente imponen diversos grados de discretización. En un extremo de este proceso se encuentra el escalamiento multidimensional (MDS)(146) el cual crea una geometría discreta, de baja dimensionalidad y por ello implica una conceptualización del espacio n-dimensional ocupado por objetos discretos. En el otro extremo existen métodos como el de los mapas autoorganizables (SOM), basados en los desarrollos de Kohonen(147) que transforman el espacio n-dimensional en la construcción de mosaicos continuos en el espacio, soportando así el concepto de un espacio n-dimensional

continuo. Desde esta perspectiva los datos de entrada son vistos como muestras de un continuo de información. En el centro de estos dos extremos se ubica el método de análisis de coordenadas paralelas (PCA)(148). Las siguientes figuras son muestras de estos desarrollos y su aplicación al campo de la salud.

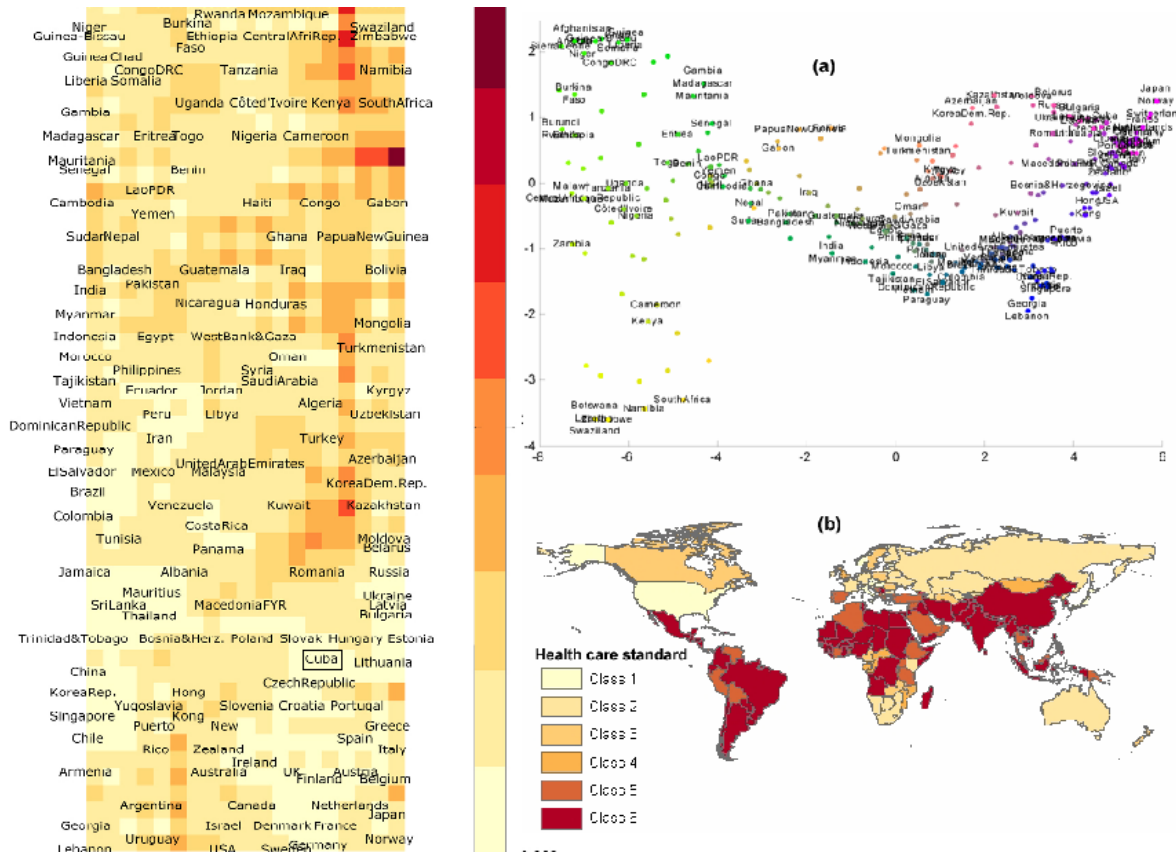


Fig. 3-6. Resultados del grupo de Geovisualización GeoVista (U. de Pennsylvania) utilizando 30 indicadores básicos de salud y económicos, entre ellos porcentaje de ingreso dedicado a salud, factores de riesgo, mortalidad, salud reproductiva y otros para 152 países. Las técnicas comprenden SOM (a la izquierda), MDS (derecha, arriba) y construcción de metáforas espaciales de baja dimensionalidad(derecha, abajo). Tomado de: Geo-Vista Center en el sitio www.upenn.edu accedido 7-2006.

Los principios de espacialización y las técnicas para lograr estas representaciones son aplicables a muchos campos. En particular resultan importantísimas para respaldar decisiones de políticas en campos como la salud pública y la educación, los cambios demográficos y otros (149), así como mostrar cambios simultáneos para mostrar relaciones de interés en varios temas. La siguiente figura es un ejemplo que permite vincular la incidencia de cáncer de mama a una serie de indicadores socioeconómicos tratados para la reducción de dimensiones mediante la técnica de coordenadas paralelas (PCA).

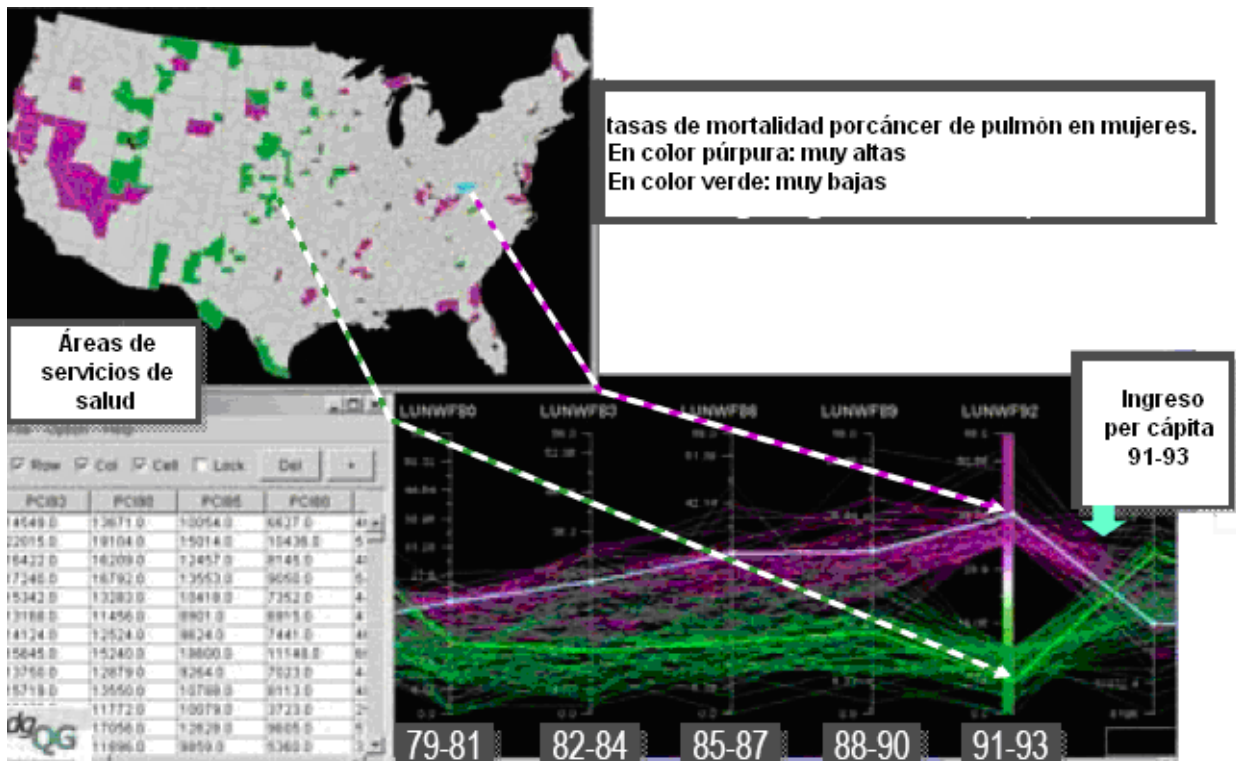


Fig 3-7. Vinculación de visualizaciones. Uso convencional de tasas segmentadas para buscar contraste y análisis de coordenadas paralelas de con indicadores económicos en diversos períodos de tiempo, donde el color relaciona perceptualmente la representación del mapa. Tomado de GeoVista en www.upenn.edu accedido 7/2006.

En general se pueden identificar tres aspectos en la construcción de metáforas espaciales: **el sustrato**, o información de los atributos que puede ser bi, tri o multidimensional, **el plano**, circunscrito a los confines o límites del mapa y el **sentido de la “navegación”**, esto es, cuál es la “historia” (metáfora) que debe guiar la visualización. Así conceptualizada, una metáfora espacial deberá reflejar los principios de la percepción del fenómeno de interés, preparando la mente humana como un sistema modelador para los propósitos de navegación. Es bajo este concepto como se construyen los mapas de información. Estos tres elementos están tácitamente plasmados, aún con limitados recursos informáticos y de visualización en el Atlas Dinámico de Salud de Villa Clara, una de las publicaciones referidas en este trabajo(59).

Todo modelo es, en cierto sentido una metáfora compleja del mundo real. Si cada componente de la metáfora es coherente y se obtienen datos precisos para ser asociados a las variables o atributos, no solo la “navegación estática” proporcionará conocimiento, sino que será posible la “navegación dinámica” a través del tiempo que permitirá hacer predicciones, anticipándose a resultados del mundo real. La metáfora, y cualquier conclusión extraída de ella será tan buena como lo sean los atributos y sus mediciones utilizados para implementarla. Los recursos de

reducción de dimensiones, representación metafórica estuvieron presentes en el pensamiento de la autora y fueron ilustrados en los ejemplos del Capítulo 2.

Las metáforas pueden crear “realidades” para el usuario, especialmente realidades sociales, y obvia decir cuán importantes son para las Ciencias de la Salud, ya que tienen la capacidad de sintetizar información multivariante y compleja y su comprensión puede resultar en una guía para la acción futura. Ellas proporcionan profundizar en las asunciones y posibles estructuras conceptuales que subyacen en las representaciones que constituyen los mapas de información, pero para que estos objetivos sean alcanzados la construcción de metáforas debe basarse en modelos formales y alcanzar aspectos de representación que tengan en cuenta la percepción visual y cognoscitiva. Se espera que los usuarios de las metáforas espaciales interpreten y comprendan los mensajes de esta síntesis y por ello es una responsabilidad del creador modelar y presentar la información de forma que sea interpretable y no provoque confusión. La siguiente figura sintetiza los desafíos de la cartografía en la construcción de metáforas espaciales:



Fig 3-8. Desafíos de la cartografía en la construcción de metáforas espaciales.

El reto abarcaría la participación conjunta de varias especialidades animadas en la prosecución de un objetivo común. El resultado pudiera ser un “mapa”, pero su lectura iría más allá de los preceptos de la cartografía.

3.5- Un futuro de convergencia e interdisciplinariedad de los enfoques.

En sistemas que comprenden personas, no es la persona lo que constituye un elemento, sino sus estados de hambre, de deseo, de compañerismo, de información o algún otro rasgo relevante para el sistema.

Kuhn, 1992.

El reconocimiento de patrones representa sin duda una de las aventuras científicas más ambiciosas de este siglo que demanda la colaboración de múltiples especialidades.

Watanabe, 1962.

El progreso de la "ciencia como un todo" viene definido en cualquier momento por un número relativamente pequeño de temas que han alcanzado un punto álgido de desarrollo. Estos puntos álgidos dan base para que el resto de las disciplinas tiendan a abrirse nuevos campos. Esto hace que la intercomunicación entre las ciencias sea tan importante.

Hoy se reconoce que a la geografía le faltó un contacto inicial con el desarrollo de la estadística matemática y con los antecedentes de los análisis de sistemas. Se perdió por consiguiente durante un cierto tiempo las nuevas ideas que sus técnicas generaban, porque las técnicas constituían claves esenciales en la comunicación de este pensamiento(101).

En los últimos años se ha superado el retraso inicial en la utilización de estas técnicas. Sin embargo, a pesar de que ellas han probado ya su poder, muchos geógrafos han tenido problemas sobre su aceptación y significado. Hoy, el análisis matemático es una parte reconocida de enseñanza en los departamentos más activos de geografía. Esto ha sido un estímulo notable y necesario al rigor del pensamiento geográfico. Y, lo que es más importante todavía, aumenta la capacidad de comunicación con precisión con investigadores de otros campos de la ciencia.

También es necesario liberarse de algunos mitos y concepciones reduccionistas. ¿Por qué se ha hecho popular y hasta muchos excelentes epidemiólogos han asimilado que el concepto de estratificación se refiere únicamente al ámbito espacial? Defendamos el valor del espacio en tanto y en cuanto es una variable más dentro de las complejas relaciones multivariadas que debe enfrentar el análisis epidemiológico-salubrista. En una concepción más amplia, estratificación es la segmentación de la información primaria en subgrupos de interés mediante variables incluídas en el estudio de manera que se alcancen las condiciones que explican la máxima variabilidad entre los estratos. En el marco teórico de la geografía cuantitativa este concepto ha sido defendido para sustentar cuál debiera ser la "mejor unidad espacial de

análisis”, o “cuales deben ser los puntos de corte de una variable representada en el espacio”. Este es un proceder rutinario para estadísticos y epidemiólogos. No puede ser absolutizado en función de lo geográfico, a menos que se le ponga apellido: *estratificación geográfica*.

Este trabajo ha defendido desde el marco teórico que el espacio puede o no rendir frutos a la investigación en Ciencias de la Salud y en consecuencia, su inclusión o exclusión es parte del proceso de purificación de todo análisis multivariado. De la misma forma que una serie de tiempo rinde el máximo nivel de predicción cuando podemos reconocer en ella patrones de tendencia, regularidad estacional o cíclica, el espacio propondrá “alertas” (hot points) si a través de él se logra establecer aglomeraciones significativas de casos o si se logra establecer las condiciones contextuales diferenciales entre espacios asociados a ciertos eventos, proporcionando así “escenarios futuros”. No tiene sentido hablar de una Epidemiología del Tiempo, ni de una Epidemiología del Espacio. Las diferencias espaciales son significativas solamente cuando ayuden a describir o a definir el patrón espacial de los eventos bajo estudio o cuando pueden dar una idea de los flujos del sistema espacio-temporal.

Es válido preguntarse: es la matematización de la geografía el camino del futuro?. En cierto modo sí. No está muy lejos el día en que un geógrafo hallará cada vez más difícil el dirigir una investigación significativa sin conocimientos matemáticos. De todas formas no es ocioso añadir aquí algún consejo de prudencia. La ciencia es mucho más que la simple aplicación de las matemáticas, o de la lógica rigurosa. Sólo la interdisciplinariedad colaborativa podrá rendir los mejores resultados.

Mientras los SIG no alcancen a disponer de un arsenal de verdaderas herramientas analíticas, una buena alternativa parece ser desarrollar constructos de estructuras espaciales fuera de ellos y agregarlas como bases de datos de atributos vinculadas a las bases espaciales. La autora ha experimentado resultados muy gratificantes haciendo uso de estas combinaciones(57-62).

Hay que añadir otros factores importantes. En primer lugar es necesario el diálogo abierto y fraterno entre las diferentes formaciones. La confrontación de la tradición cuantitativa-técnica-computarizada con la idea de aprender algo sobre las inquietudes acerca de la perspectiva geográfica de los eventos de interés en salud refleja muchos de los avances de los últimos treinta años, y, en su sentido más positivo, puede llevar a ese tipo de diálogos intelectuales que caracterizan a los estudios espaciales como uno de los campos más atractivos de todas

las ciencias actuales, en particular, porque el propio concepto de salud se ha ampliado tanto, que requiere cada día más la incorporación de nuevas disciplinas. El pensamiento científico siempre se da dentro de un horizonte que es históricamente contingente, pero aspira a expandir esos horizontes, a pensar más allá de ellos, a no descansar dentro de un sistema de pensamiento que lo confina y lo limita a una visión única.

En segundo lugar, es necesario pensar en la plausibilidad del objeto de estudio dentro del contexto. Todo científico hace esto en algún grado. No cabe duda de que existe el "pensar geográficamente", "pensar estadísticamente" o "pensar epidemiológicamente". Estructurar la mente en términos de distribuciones espaciales y de sus correlaciones constituye un importante instrumento para cualquiera que se interese en el papel del espacio en la explicación de ciertos fenómenos. ¿Cómo se traduce esto en el progreso del análisis espacial salubrista en el futuro? Esencialmente este progreso tiene dos aspectos: el futuro desarrollo del estudio teórico de distribuciones espaciales, y una nueva apreciación del problema clave reconocido por las disciplinas involucradas.

Lo primero, es decir, un desarrollo más amplio de lo teórico, constituirá un verdadero acicate para ayudar a preparar la mente de los interesados en el papel del espacio en la salud "espacialmente". Cuanto más rigurosamente se haga esta preparación, mayor probabilidad habrá de alcanzar un límite incisivo que coloque el papel del espacio en las Ciencias de la Salud en la frontera de la investigación. Para preparar este terreno, el cultivo del estudio teórico de distribuciones espaciales es básico.

Por último, y de una forma muy generalizadora, se puede establecer el problema clave del análisis espacial en Ciencias de la Salud: significa nada menos que la comprensión del enorme sistema de interacción que comprende toda la humanidad y su medio ambiente natural sobre la superficie de la tierra. Esto puede compararse con la declaración de Humboldt de hace un siglo: "Aunque la meta en su totalidad es inalcanzable... el esfuerzo para una comprensión de los fenómenos del mundo sigue siendo el propósito más importante y eterno de toda la investigación"(150). Así definida la geografía sería pues la ciencia de la ecología humana. Estos conceptos permiten una orientación efectiva hacia un conjunto de problemas "a distintos niveles" y además coloca a esta ciencia ante un contexto de nuevos y difíciles métodos de resolución de problemas, a la vez que la asocia y la comunica estrechamente con otras ciencias cuyos problemas clave son semejantes. Enfocado el problema de estudio desde esta perspectiva, ya no es preocupante si lo que se está haciendo es o no geografía, sino de cuál es

la contribución de estos desarrollos a una meta más amplia, por infinita que pueda parecer. Se avanzará si al mismo tiempo que se estructura el razonamiento interdisciplinario para tratar en toda su complejidad las distribuciones espaciales y las relaciones espaciales que afectan a la comunidad humana sobre la tierra se renueva la pregunta: "A qué conclusiones, si las hay, nos llevan las observaciones y los análisis acerca de los sistemas en general, y en particular del sistema hombre-medio geográfico"?

Así, de forma resumida:

1) El concepto básico organizador del análisis espacial en Ciencias de la Salud reside en el estudio de las distribuciones y relaciones espaciales de los eventos de interés al complejo salud-enfermedad. A partir de este concepto básico puede desarrollarse un marco teórico para la investigación, mientras las observaciones confirmen las hipótesis.

2) El universo objeto de estudio en este contexto es el sistema hombre--medio natural y construido, dentro del cual comparten el estudio de este sistema, su problema clave, otras ciencias.

3) El sistema comprende a su vez un cierto número de subsistemas, los cuales permiten la identificación de una jerarquía de problemas, útil para la investigación.

4) Las técnicas de análisis de los sistemas adquieren un valor particular cuando aplican su concepto organizador (espacial) al análisis de subsistemas del sistema más general hombre-medio geográfico. Estas técnicas, a causa de su rigor, permiten réplicas de análisis y comparación de resultados entre distintas investigaciones y en términos comparables a los de otras ciencias que utilizan técnicas de sistemas, y por consiguiente hacen que estos resultados sean de mayor utilidad al tratar problemas claves.

El aporte del análisis espacial para explicar fenómenos de la interacción hombre-entorno y cuyos resultados es usuario directo las Ciencias de la Salud deberá pasar por los siguientes aspectos.

1) Continuar fortaleciendo los métodos cuantitativos y las técnicas de visualización, intentando a la vez efectuar enfoques analíticos rigurosos en la teoría y construcción de hipótesis.

2) Reconocer como problema clave el sistema hombre-medio geográfico y buscar cuestiones significativas de investigación en el estudio de subsistemas a distintos niveles, relacionados con los análisis de distribución espacial.

3) Elegir problemas de investigación a la luz del desarrollo de las ciencias sociales y ambientales, y con atención a los estudios sistémicos realizados en las ciencias vecinas de la tierra.

4) Incorporar otros enfoques novedosos que ayuden a explicar no sólo las distribuciones, sino los flujos de permisibilidad que revolucionan el concepto continuo del espacio, incorporando la noción de espacio celular finito.

Es un momento apasionante para aunar esfuerzos multidisciplinarios en torno a las Ciencias de la Salud, no sólo porque muchas de sus preguntas están en la vanguardia de las ciencias humanas, sino porque muchos comienzan a interiorizar que la familia humana sólo tiene un hogar planetario. Cómo se organiza ese hogar hoy y para el futuro, lo que pasa en la intersección entre el mundo humano y el físico... son preguntas que encuentran soluciones en concepciones espaciales, que surgen de viejas tradiciones revestidas de un nuevo valor y significado hoy en día. Es una manera de cuestionarse el mundo, para decidir si queremos el que tenemos o si se puede crear otro más decente y humano, al que le aguarde un mejor mañana.

3.6- GIS- Ciencia en Cuba. Dónde estamos y a dónde debemos ir?

A primeira condição para liberar-se do subdesenvolvimento é escapar da obsessão de reproduzir o perfil daqueles que se intitulam desenvolvidos. É assumir a própria identidade. Na crise de civilização que vivemos, somente a confiança em nós mesmos poderá nos restituir a esperança de chegar a um bom porto”.

Prof. Celso Furtado

La emblemática frase de un investigador brasileño, citada en su idioma original, viene a plasmar una realidad latente en los países como Cuba, donde un análisis de nuestras fortalezas y debilidades en este campo resulta muy importante para el desarrollo futuro del tema que nos ocupa. Los grupos de investigación en los países de punta implican la participación de especialistas de diversas ramas y el objetivo fundamental es el desarrollo de productos de software y aplicaciones que permitan y hagan más amigable los resultados a los usuarios. Diferentes universidades norteamericanas dan en sí mismas distintas visiones de sus productos, que, bajo concepciones medulares similares (minería de datos, espacialización,

autómatas celulares, técnicas de visualización n-dimensionales y otras), recién han dado comienzo a una carrera de mercantilización de estos productos. El grupo brasileño INRE ha desarrollado productos de software como SPRING (libre en Internet), pero de su filosofía se debe tomar las siguientes enseñanzas:

Resultados= personal + métodos + software

- Personal: aprender a hacer en lugar de aprender a usar.
- Métodos: traducir conceptos en procedimientos operacionales.
- Software: el necesario que contemple las características técnicas para implantar los procedimientos operacionales definidos. (151)

Animados por esta filosofía de países más cercanos a nuestras realidades, se debe emprender un análisis de qué se tiene hoy en el campo de la incorporación espacial en los análisis de ciencias de la salud y a dónde se debe llegar para estar a las alturas de las necesidades del sistema. En opinión de la autora las más relevantes son:

Debilidades:

- Falta de interdisciplinariedad en el enfrentamiento del análisis espacial en salud.
- Uso de los SIG con propósitos puramente descriptivos.
- Ausencia de la aplicación de técnicas de detección de conglomerados de casos.
- Ausencia del pensamiento de modelación de distribuciones espaciales de eventos y servicios de salud.
- Rechazo de la incorporación de técnicas de análisis multivariante de datos por parte de los geógrafos y creencia de que ésta exige un nivel profesional alto (41,152).
- No incorporación del concepto de espacialización.
- Tendencia a “mostrar espacialmente” la estratificación por daños y no por riesgos.
- Limitaciones con la cartografía digital.
- Necesidad de desarrollar o aprehender técnicas efectivas de visualización.
- Insuficiencias de las bases de datos primarios para el análisis espacial.

Fortalezas:

- Sistema único de salud, estadísticas confiables.
- Elevada capacidad técnica del personal en todas las disciplinas involucradas.
- Estructura exhaustiva de la medicina familiar.

- Existencia de metodología para caracterizar la población y el espacio hasta el nivel de CMF mediante el ASS.
- Desarrollo de técnicas especiales de ASS aplicadas a áreas pequeñas.

Un análisis balanceado de los aspectos antes enunciados permiten concluir que las debilidades están más en el plano subjetivo mientras que las fortalezas se ubican preferentemente en aspectos objetivos.

Estamos, con nuestros propios medios y recursos, en capacidad de desarrollar no sólo los análisis de “los lugares de las enfermedades, sino las enfermedades del lugar”(151), y hacerlo de una forma auténtica, cubana, eficiente y suficiente.

Antes de concluir, la autora desea mostrar, en un ejemplo más cómo se plasman estas concepciones en una aplicación hasta nivel de CMF, con la disponibilidad de recursos existentes.

La siguiente composición gráfica muestra el croquis, realizado por un especialista de MGI, de los diagnósticos de cardiopatías congénitas en su área de estudio en un período de tiempo. Este dato, y el número de nacimientos por manzana (la unidad espacial de análisis), se sometió a un análisis de detección de conglomerados y se contrastó contra la estratificación socioambiental de la ciudad. Los resultados mostraron el conglomerado de eventos, supuestamente independientes, asociado a las regiones de condiciones socioeconómicas altamente desfavorables. Aún cuando el análisis sólo interesó el área de estudio del residente, la ubicación en la demarcación más amplia de la ciudad permite establecer con casi absoluta seguridad la presencia de casos en las áreas incluidas en el conglomerado y su posible relación con las condiciones socioambientales. Se abre así, mediante evidencia una serie de interrogantes etiológicos, que de no haberse hecho visibles mediante estos análisis, pudieran permanecer ocultos.

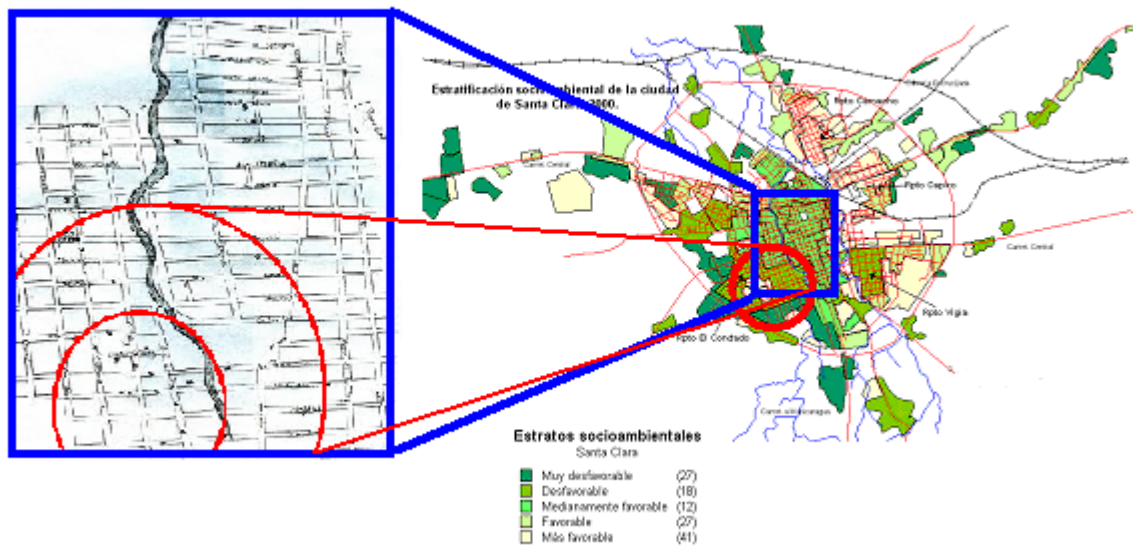


Fig. 3-9- Cardiopatías congénitas en un área de salud durante año de observaciones, detección de conglomerados significativos y enmarque contra estratificación socioambiental en Santa Clara. Elaboración de la autora a partir de los datos primarios de un TTR de MGI.

Existe todo un universo de posibilidades investigativas y desarrollo con la introducción creativa del análisis espacial en ciencias de la salud. Un universo que está en ciernes y fuertemente reclamado por nuestras necesidades(153). Un universo que debe y merece ser abordado en la incesante búsqueda cubana de la excelencia en salud.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO:

- El análisis de distribuciones espaciales en Ciencias de la Salud, al abarcar complejas dimensiones explicativas, requiere de un escalamiento conceptual del propio espacio, que, aunque basado en las nociones elementales de distancia, y aún teniendo una representación finalmente espacial (metáforas espaciales), trasciende los conceptos clásicos usados en la geografía.
- El tratamiento del espacio bajo la noción de espacio celular finito requiere de abordajes metodológicos que respondan a la más dúctil matemática descriptiva de la estructura, no la demasiado simplista matemática del cómputo mecanicista. Es necesario incorporar este concepto para obtener una mejor comprensión de los fenómenos humanos.
- En el problema principal de convertir esas nociones intuitivamente válidas de «estructura espacial» en algo bien definido, operativo y consiguientemente

comprensible, es necesario anteponer al fisicalismo los conceptos que provienen de la teoría del emergentismo, esto es: a cada nivel de acercamiento emergen variables claves capaces de explicar las estructuras resultantes.

- El espacio como contexto así concebido permite utilizar técnicas analíticas que son refractarias a las principales barreras metodológicas hoy reconocidas en materia de análisis espacial, a saber, el MAUP, los efectos de borde, la ponderación de matrices, las adyacencias, el efecto de la autocorrelación espacial y otros. Estas soluciones no son universales, pero flexibilizan el uso del espacio, la accesibilidad, forma y requerimientos de los datos primarios y otros.
- Otras soluciones sencillas, basadas en datos no-georeferenciados (puntuales o centroides espaciales adscritos a áreas administrativas o funcionales) son accesibles basadas en técnicas de detección de conglomerados. Estas soluciones, son costo-efectivas y aplicables para acciones de vigilancia, intervención y asignación de recursos a un sistema de salud como el nuestro: exhaustivo y equitativo.
- El análisis de conglomerados de eventos asociado a un espacio contextual estructurado y otras variantes basadas en la estructuración del espacio contextual ofrecen alternativas analíticas novedosas al análisis espacial en Ciencias de la Salud, que ha sido comprobada a través de los ejemplos descritos en el Capítulo II.
- En Cuba se dan oportunidades sin precedentes para incorporar estos conceptos dadas las características únicas de su sistema de salud y la concepción salubrista de la medicina familiar.

Conclusiones



CONCLUSIONES GENERALES:

- El trabajo desarrollado ha supuesto hacer un recorrido desde diferentes disciplinas que en su quehacer tributan a una de las áreas más prominentes del análisis en Ciencias de la Salud: la incorporación de análisis espaciales efectivos y esclarecedores de relaciones espaciales de eventos y contextos. La pertinencia de este tema ha quedado demostrada en los planteamientos encontrados en bibliografías que provienen tanto de los especialistas en estadística, epidemiología y geografía, pero también de otras ciencias que son relevantes al tema de las distribuciones de eventos de salud.
- Se han alcanzado y desarrollado mediante ejemplos reales propuestas metodológicas que abarcan una amplia gama de posibilidades, a través de las cuales ha sido posible proveer una nueva mirada a situaciones de interés en nuestro campo en las que el abordaje tradicional no alcanza a mostrar importantes resultados para la asistencia, gerencia y planificación en salud.
- En particular algunas de estas propuestas contribuyen a flexibilizar conceptos muy arraigados que reducen las posibilidades de aplicar el análisis espacial a muchos estudios y situaciones, y resultan de particular importancia la conversión de objetos espaciales, el tratamiento mediante centroides, los requerimientos, en general muy exigentes y reduccionistas de la geo-referenciación como necesidad obligada para emprender análisis espaciales, las posibilidades de desarrollar análisis que actualmente no están disponibles en los SIG e incorporarlos como datos transformados a ellos para su representación final.
- La introducción de la clasificación multivariante de áreas, la iniciativa de seleccionar éstas sin ataduras a constructos antrópicos, la posibilidad de combinar poblaciones y daños pertenecientes a áreas similares para las estimaciones de riesgo constituyeron estrategias útiles para explicar mejor las diferencias territoriales de los indicadores de salud y detectar los indicadores más sensibles a la estructuración del espacio. Ello constituye un arma indispensable para tomar decisiones a la medida de los territorios.
- El escalamiento del espacio geográfico convencional a espacio multidimensional en la práctica permite soslayar algunos aspectos críticos y limitantes que constituyen aspectos no resueltos formalmente a la luz del análisis espacial tradicional, en este caso los efectos del MAUP, bordes, autocorrelación espacial y otros.
- A través del conjunto de trabajos desarrollados por la autora se han incorporado de forma explícita conceptos que están en franco despunte en los grupos multidisciplinarios de prestigiosas universidades, como la espacialización, la construcción de metáforas espaciales, que han permitido una “nueva mirada” sobre el tema espacio y salud.
- La incorporación del espacio a los estudios en Ciencias de la Salud, al requerir, para su mayor utilidad en este campo, múltiples atributos de variables espaciales, contextos espacializados y constructos operacionales, requiere un enfoque emergentista que debe ser cuidadosamente estudiado para ser integrado convenientemente a los diferentes objetivos de investigación, tipos de eventos y nivel de aproximación espacial (unidades

de análisis) y de esta manera integrarse a los beneficios de la cartografía digital de forma más útil y efectiva.

- La revisión de aspectos medulares que resultan comunes a varias de las ciencias que tributan al análisis espacial ha permitido proporcionar un material útil para el repaso, bajo una concepción multidisciplinaria de temas de candente actualidad y necesidad que cuenta con soluciones asequibles a la luz del desarrollo actual de nuestras bases de datos y tecnologías.

Recomendaciones



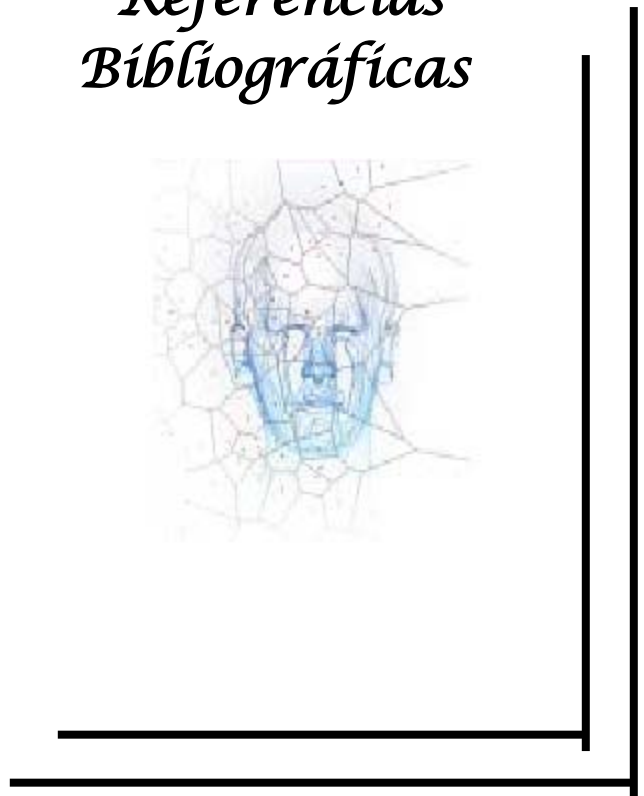
RECOMENDACIONES:

A partir del análisis de los principios metódicos discutidos y ejemplificados en esta tesis, así como tras analizar las fortalezas y debilidades existentes en el sector, se requiere de una propuesta estratégica para incorporar de una forma más efectiva el espacio a los análisis salubristas en Cuba. Sin dudas, este desafío requiere un entrenamiento y una cohesión interdisciplinaria, que vale la pena fomentar a través de estrategias de capacitación, divulgación y evaluación adecuadas en los diferentes contextos en que sea aplicada.

En este sentido se recomienda:

- Preparar grupos multidisciplinarios capacitados para “pensar espacialmente” entre los espacios organizacionales del sistema de salud que recogen y analizan sistemáticamente información, incorporando los conceptos defendidos a través de este trabajo.
- Estandarizar, sistematizar y digitalizar la información proveniente del ASS bajo sus concepciones más actualizadas para disponer de una información contextual útil y actualizada que permita la espacialización de diferenciales contextuales.
- Identificar y operacionalizar las variables contextuales relevantes a los diferentes daños a la salud a través de la consulta a expertos y decisores de los diferentes programas de salud.
- Introducir la perspectiva espacial en los proyectos de investigaciones que aborden temas sugerentes para este tipo de tratamiento, mediante la orientación a los jefes de temas y la debida capacitación y apoyo por los grupos de análisis.
- Alentar, reconocer y publicar las iniciativas y los resultados más relevantes.

Referencias Bibliográficas



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1- Atlas de Cáncer de EE.UU (2004). Disponible en URL: <http://www3.cancer.gov/atlasplus/new.html> . Accedido sep 2005.
- 2- Breilh A. Campaña y Granda E. (1988). Geografía de las condiciones de Salud - Enfermedades en el Ecuador . Quito CEAS, 1988, pp3.
- 3- Iñiguez L. Barcelo C. (2003). Geografía y salud en América Latina: evolución y tendencias. Presentado en el IX Encuentro de Geógrafos de América Latina. Mérida, México; abril 22-24 del 2003.
- 4- Iñiguez L. (2003) Geografía de la Salud. Palabras de la Dra. Luisa Iñiguez recogidas en el informe central del Seminario-taller Espacio, Lugar y Enfermedad. Centro de Estudios de Salud y Bienestar Humano. UH. Abril 2003.
- 5- Batista R, Coutin G, Feal P et al. (2003) Guia para el proceso de estratificación En: Estratificación Epidemiológica, UATS, CDS Ediciones Junio 2003.
- 6- Rushton G., Lynch Ch., Rohrer J. (1997) Improving Public Health through geographical information systems. An Instructional guide to major concepts and their implementation. Version 1.8, May 1997. The University of Iowa
- 7- U.S. Public Health Service (1995). Making a powerful connections between the health of the public and the national information infrastructure. National Report 1995.
- 8- Rodríguez M.D. (2003). La práctica de la Vigilancia en Salud Pública. Un Nuevo enfoque en Cuba. En: Estratificación Epidemiológica, UATS, CDS Ediciones Junio 2003.
- 9- Tobler,W (1990): Frame Independent Spatial Analysis. In: Accuracy of Spatial Data Bases. (Eds: Goodchild,M; Gopal,S) Taylor & Francis, London, 115-122.
- 10- Tobler,W (1979): Smooth Pycnophylactic Interpolation for Geographical Regions. J.A.S.A, 74:519-530.
- 11- Warntz,W (1965): Macroegeography and Income Fronts. (Series Ed: Stevens,B.; Monograph Series, No 3.) Regional Science Research Institute, Philadelphia. 117 pages.
- 12- Can A. Griffith D. (1996) Spatial statistics/econometric versions of simple urban population density models. En: Practical Handbook of Spatial Statistics. S Arlinghaus ed. 231,-49 Boca-Raton, Fl: CRC Press.
- 13- Thompson, D'Arcy W. (1917). On growth and form. Cambridge University Press.

793 p.

- 14- Tobler, W., 1962, Map Transformations of Geographic Space, PhD thesis, University of Washington, Seattle.
- 15- Bookstein, F. L. 1977. The study of shape transformation after D'Arcy Thompson. *Math. Biosciences* 34: 177-219.
- 16- Clarke K., 1995, *Analytical and Computer Cartography*, 2. nd. ed., Prentice Hall, New Jersey.
- 17- Dacey MF. 1964. A note on some number properties of a hexagonal hierarchical plane lattice. *Journal of Regional Science* 5(2):63-67.
- 18- Wong D. W, Fotheringham A.S. (1991) The modifiable area unit problem in multivariate statistical analysis. *Environment and Planning* ,23, 1025-45.
- 19- Ness G.D., Drake W D, Brechin S.R. (1993). The powers and limits of state and technology: rice and population in Southeast Asia. In: *Population-environment dynamics: ideas and observations* 109-32 pp. University of Michigan Press: Ann Arbor, Michigan.
- 20- Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T.: (1986), *Numerical Recipes: the Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 21- Brown JJ. 1995. A central limit theorem for an isotropic random sphere. *Advances in Applied Probability (Stochastic Geometry and Statistical Applications)* 27:642-651.
- 22- Owen D. Li H. (1988) The starship for point estimates and confidence intervals on a mean and for percentiles. *Communication in Statistics: Simulation and Computation*. 17: 325-41.
- 23- Griffith G.D., Lagona F. (1998) "On the Quality of Likelihood-Based Estimators in Spatial Autoregressive Models when the Data Dependence Structure Is Misspecified," *Journal of Statistical Planning and Inference*, Volume 69, 1998, 153-174.
- 24- Cliff, A; Ord, J (1981): *Spatial Processes: Models and Applications*. Pion, London.
- 25- Anselin, L. (1989) What is special about spatial data? *Alternative perspectives on spatial data analysis*. Technical Paper 89-4.
- 26- Griffith, D (1988): *Advanced Spatial Statistics*. Kluwer, Dordrecht. 273 pages.
- 27- - Durrett R. (1994) *Stochastic Spatial Models*. *Forefronts* 9. Spring No.4:4-6.
- 28- Cressie N. (1993) *Statistics for Spatial Data*. Wiley. N.Y.

- 29- Miller H.J. (2004) Tobler's First Law and Spatial Analysis. *Annals of the Association of American Geographers* 94(2) 2004 pp. 284-289.
- 30- Goodchild M. (1992) NCGIA Research Initiative 1. Accuracy of Spatial Databases. National Center for Geographic Information and Analysis University of California, Santa Barbara, CA 93106-4060 January, 1992.
- 31- Proceedings of the Ninth Symposium on Statistics and the Environment, *Statistical Science*, vol. 3, no. 3, August 1988.
- 32- Contenidos del Plan de Estudios del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Lancaster U.K. (2005). Disponible en URL: <http://www.maths.lancs.ac.uk/departament/research/statistics/spatial> , accedido dic 2002.
- 33- Wilson D. (1996) New technologies revitalize the ancient field of Geography. *Chronicle of Higher Education*. 62 Nov 29: A23-A24.
- 34- Griffith, D (Ed.) (1990): *Spatial Statistics: Past, Present and Future*. (Monograph No. 12) Institute of Mathematical Geography, Ann Arbor. 398 pages.
- 35- Griffith D, Armhein C. (1997) *Multivariate Statistical Analysis for Geographers*. Anglewood Cliffs N.J. Prentice Hall.
- 36- Bailey T.C. (2000) *Spatial Statistical Methods in Health*. Monografía. University of Exeter U.K. 18 p.
- 37- Crimestat III. (2005) Ned Levine & Associates. National Institute of Justice (NIJ), Washington, DC. Grant No. 1999-IJ-CX-0044.
- 38- Spiegelhalter D. Thomas A. Best N. (2002) WinBUGS Package. MRC Biostatistics Unit, Institute of Public Health and Department of Epidemiology and Public Health, Imperial College School of Medicine at St. Mary's Hospital Robinson Way, Cambridge CB2 2SR, UK. Norfolk Place, London W2 1PG, UK. Disponible en URL: <http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs> accedido marzo 2003.
- 39- CLUSTERSEER. Disponible en URL: <http://www.TerraSeer.com>. Demo Version. (2003). Accedido marzo 2003.
- 40- Casas G. Grau R. (2004). *Técnicas de Clusters utilizando factores adicionales*. Tesis Doctoral defendida ante el Tribunal de Ciencias de la Computación. Enero 2004.
- 41- OPS-OMS. (2002) *Sistemas de Información Geográfica en Salud*. Grupo de Análisis de la Situación de Salud. ISBN 92 75 32342 9. 2002.
- 42- Tobler, W.R. (1990) GIS transformations. *Proceedings, GIS/LIS 90*, Anaheim CA 1:

163-166.

- 43- Brimicombe AJ. (2004) On Being More Robust About 'Hot Spots' The Seventh Annual International Crime Mapping Research Conference. March 31 - April 3, 2004, Boston, Massachusetts.
- 44- Reynolds, H., (2000), The Modifiable Areal Unit Problem. Disponible en URL: http://pingo.geog.utoronto.ca/~reynolds/whatis_maup.html accedido marzo 2003.
- 45- Moran, P.A.P. (1948). The interpretation of statistical maps. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 10, 243-51.
- 46- Sokal RR, Wartenberg D.E. (1983) A test of spatial autocorrelation analysis using an isolation-by-distance model. Genetics 105: 219-237.
- 47- Griffith D. (1988) Estimating spatial autoregressive model parameters with commercial statistical packages. Geographical Analysis 20: 176-86.
- 48- Griffith D. Layne L. (1999). A Case-book of Spatial Statistical Data Analysis. (1999) N.Y. Oxford University Press.
- 49- CDC. (1990) Guidelines for investigating clusters of health events. MMWR vol 39 No. RR-11.
- 50- Rothman K J (1990) A sobering start for the Cluster Buster's Conference. Am J, Epidemiology. 132 (Suppl). S6-S13.
- 51- Hagerstrand, T (1967): Innovation Diffusion as a Spatial Process, Pred translation, Chicago University Press, Chicago
- 52- - Elliot P. Wakefield J, Best N, Briggs D. (2001) Spatial Epidemiology. Methods and Applications. Oxford University Press.
- 53- Haining R. (2000). Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences. Cambridge University Press.
- 54- Grau R. (1995) Conferencias sobre Análisis Multivariado. Seminario de Estadísticas Avanzadas. UCLV.
- 55- Apitz de Parra, M. J. Escalona F., F. Taborda R. (1998) Cluster analysis in the determination of homogeneous regions based on the production of maize (corn) and sorghum in the zulia region Rev. Fac. Agron. (LUZ). 1998, 15: 608-620.
- 56- Bara, T., (1994). Gis-Based regionalization of natural landscape using derived landcover occurrence probabilities. p 34-43. In: Proceedings of the 1994 anual conference and exposition on GIS/LIS, Arizona, USA.
- 57- Alegret M. (1996) Uso de la técnica de clusters para la clasificación de áreas sometidas a vigilancia. Conferencia presentada al Primer Encuentro de Geógrafos

- de la Salud. Unidad Nacional de Análisis y Tendencias en Salud, MINSAP, Cuba, 1996.
- 58- Alegret M. (1998) Clustering vs Puntajes: ¿Dónde opinan los expertos? Conferencia dictada en el Primer Taller Nacional de Estratificación Geográfica. Auspiciado por OPS-OMS. Cienfuegos, 1998.
- 59- Rodríguez M., Alegret M., Rivero E. (2001) Atlas Automatizado de Salud de la Provincia de Villa Clara. Editorial Feijó Universidad de Las Villas; 2003. Publicación permanente del portal www.capiro.infomed.cu No. Registro CUMED 778.
- 60- Font M, Rodríguez M, Alegret M, (2000) Espacio y Salud en Santa Clara. Trabajo presentado al Evento Internacional Trópico '99.
- 61- Alegret M, Spiegel J, Yassi A. (2004) Importance of Stratification and Territorial Ordering in Prospection, Prediction and Surveillance in Public Health. Presented at 4th Annual Meeting of the CCGHR. Ottawa October 24 2004.
- 62- Alegret M. (2005) . Del espacio a la estructura. Trabajo presentado al II Congreso Interamericano de Ambiente y Salud. Palacio de las Convenciones. La Habana Cuba, Sep 19-24 2005.
- 63-Bricker P.D., R. Gnanadesikan, M. V. Mathews, M. Pruzansky, P Tukey , K. Wachter and J. Warner. (1971). Statistical techniques for talk identification. J. Am. Telep. and Telegr. 50 (4): 1427-1454.
- 64- Cormack A. D. (1971). A review of classification. J. Roy. Stat. Soc. Series A. 134: 321-367.
- 65-Lopes, M. y Buarque de Lima, O. (1978). Tendências atuais na geografia urbano/regional. Compilado por faissol S. Fundação instituto Brasileiro de geografia e estatística. IBGE. Rio de Janeiro p 113-124
- 66- Robles S. (1993) Desarrollos metodológicos en el análisis de situación de salud según condiciones de vida. Programa HDP/HDA, OPOS/OMS.
- 67- Ruggiero, A.M. (2004) Beyond the Horizons: International Comparisons in Policy Making. In: Better Policy Making [43p.]. Disponible en URL: <http://www.policyhub.gov.uk/docs/betterpolicymaking.pdf> Accedido sep 2005.
- 68- OPS. Programa Especial de Análisis de Salud. SIGEPI. Manual de estudios de caso. Diciembre 2002.
- 69- Frohlich N, Mustard C. (1996) A regional comparison of socioeconomic and health indices in a Canadian province. Social Science and Medicine. 42, 1273-81.
- 70- Silva LC, Benavides A. (2001) La subjetividad y la estadística en la investigación

- médico-social. Revista Salud Problema (en prensa).
- 71- King, G. (1997). A Solution to the Ecological Inference Problem, Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- 72- Goodman, L. (1959). Some alternatives to ecological regression. American Journal of Sociology, 64, 610-624.
- 73- King G.(1998) A Program for Ecological Inference. Department of Government. Harvard University. Version 1.61, 28 December 1998.
- 74- King G. (2004) Ecological Inference. New Methodological Strategies. Rosen O. Tanner M (Eds) Cambridge University Press. July 2004.
- 75- Gould P., Kabel J. (1990) La epidemia de SIDA desde una perspectiva geográfica. Geocrítica. Universidad de Barcelona. ISSN: 0210-0754 Depósito Legal: B. 9.348-1976 .Año XV Número: 89 .
- 76- Barrows H. (1923) Geography as Human Ecology. Annals of the Association of Geographers. Vol 13: 1-14
- 77- Sauer, C O. (1925) The Morphology of Landscape, University of California Publications in Geography, vol. 2 : 19-53.
- 78- Platt, R. S., (1959), Field Study in American Geography, University of Chicago, Departement of Geography, Research Paper 61, Chicago p. 302-51.
- 79- Kendall M.G. (1939). The Geographical Distribution of Crop Productivity in England ante la Royal Statistical Society En: Journal of the Statistical Society. vol. 102, p. 21-62).
- 80- Alegret M. (2004) Presentación de una técnica para acercar el análisis de datos espaciales al quehacer de la Epidemiología. Premio Relevante del XV Forum de Ciencia y Técnica Municipal y Provincial Seleccionado al XV Forum de Ciencia y Técnica Nacional. Aceptado a publicación en Medicentro.
- 81- Herrera M. (2004) Genética y Epidemiología del Síndrome de Down en Villa Clara. Tesis Doctoral en Ciencias Médicas.
- 82- Grupo de Genética Provincial (2003). Estudio Integral de Discapacidades y Retraso Mental. Informe de Villa Clara.
- 83- Kulldorf M., Nagarwalla N. (1995). Spatial disease cluster: detection and inference. Biometrics 55, 544-552.
- 84- Alegret M. Herrera M. (2005). Aplicación de una técnica de análisis de clustering espacio-temporal en la Epidemiología. Caso de estudio: Síndrome de Down. Presentado a la XI Jornada Territorial de Higiene y Epidemiología.

- 85- Alegret M. (2005) Aproximaciones metodológicas en el análisis de datos espaciales. Validación de un método. Premio Salud Provincial. Premio Relevante XVI Forum de Ciencia y Técnica Provincial.
- 86- Gould P. Pensamientos sobre la Geografía. (1986) Geocrítica. Año XII No.68.
- 87- Fabrikant, S. I., Battenfield, B. P. (2001) Formalizing Semantic Spaces for Information Access. *Annals of the Association of American Geographers*, 91, 263-280.
- 88- Hardisty, F. (2004) Geovisualization for Knowledge Construction and Decision Support. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24, 13-17.
- 89- Skupin N, A. (2004) The World of Geography: Visualizing a knowledge domain with cartographic means. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 5274-5278.
- 90- Skupin, A., Hagelman, R. (2005) Visualizing Demographic Trajectories with Self-Organizing Maps. *Geoinformatica*, 9, 159-179.
- 91- Mickey, K., (2000). *Designing Maps that Send the Correct Message*. Workshop and handout booklet at the Midwest GIS Conference, March 6, 2000, Indianapolis, IN.
- 92- Old, L. J., (2001). Utilizing Spatial Information Systems for Non-Spatial-Data Analysis. *Scientometrics*, Vol. 51, No. 3 (2001) 563-571.
- 93- Old, L.J. (2004) Application of Spatial Metaphors in Cartography to Visualization of Documentary Information: Information Cartography. Ph.D. Qualify Exam Indiana University. Disponible en: www.esri.com Accedido julio 2006.
- 94- The Geovista Project. Geovisualization and exploratory spatial data analysis. Universidad de Pennsylvania. Disponible en: www.upenn.edu Accedido sept. 2006.
- 95- Krieger N. (2001) Theories for social epidemiology for the 21st century: an ecosocial perspective. *Int J Epidemiol* 2001; 30:668-677.
- 96- Macintyre S, Ellaway A, Cummins S. (2002) Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? *Soc Sci Med* 2002;55:125-39.
- 97- The Geocoding Project: Making visible the invisible. A new tool for US health departments to monitor – and boost efforts to address – socioeconomic inequalities in health. (2004) Harvard University. Disponible en: [www.hsph.harvard.edu /thegeocodingproject/webpage](http://www.hsph.harvard.edu/thegeocodingproject/webpage). Accedido julio 2006.
- 98- Berry J.K. (1993). *Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS*. John Wiley Publishers. Disponible en www.gabrielortiz.com/recursos Accedido Julio 2006.

- 99- Hargrove W. Hoffman F. Locating and Characterizing the Borders Between Ecoregions using Multivariate Geographic Clustering. Computers in Science and Engineering 1(4):18-25. Disponible en: www.esd.ornl.gov/projects/clustering/
Accedido: abril 2006.
- 100- Jacquez G.M., Greiling D., Kaufmann (2001) Spatial Pattern Recognition in the Environmental and Health Sciences: A Perspective. Prepared for the GEOIDE Workshop. May 14-15, 2001 Quebec City, Canada
- 101- Gould, P. (1981) A structural language of relations, en R. Craig y M. Labovitz (Eds.): Future Trends in Geomathematics, London, Pion, p. 281-312.
- 102- Gould, P. (1986). Allowing, forbidding, but not requiring: a mathematic for the human world, en J. Cati y A. Karlqvist (Eds.): Complexity, Language and Life: Mathematical Approaches, Berlin, Springer Verlag, p. 1-20.
- 103- Johnson, J. (1983) Q-analysis: a theory of stars, «Environment and Planning» B, 10, p. 456-469.
- 104- Johnson, J., Rao, S. y C. Denhem. (1986) Configurational Logic: Experiments in Image Analysis, Milton Keynes, NERC Remote Sensing Project.
- 105- Johnson, J. (1982) Q-transmission in simplicial complexes, «International Journal of Man-Machine Studies», 16, p. 351-357.
- 106- Wolpert, J. (1964). The decision process in spatial context, «Annals of the Association of American Geographers», 54, p. 537-558.
- 107- Wilson, A.(1970). Entropy in Urban and Regional Modelling, London, Pion Eds.
- 108- Wilson, A. (1974). Urban and Regional Models in Geography and Planning, New York, John Wiley. Eds.
- 109- Openshaw, S., Taylor P.(1981). The modifiable areal unit problem, en Wrigley y R. Bennett (Eds.): Quantitative Geography: A British View, London, Routledge and Kegan Paul.
- 110- Gould, P. (1986). Purpose and possibility 1: to illuminate our world; 2: is the human world maximally complex?; 3: what does 'theory' mean in the human sciences?, Environment and Planning A, 18.
- 111- Hagerstrand, T.(1967). Innovation Diffusion as a Spatial Process, Chicago, University of Chicago Press, 1967.
- 112- Pyle, G.(1969). Diffusion of cholera in the United States, Geographical Analysis 1, p. 59-75.
- 113- Pyle, G. ,Patterson K. (1984). Influenza diffusion in European history, Ecology

- of Disease, 2, 1984, pp. 173-184.
- 114- Cliff, A., Haggett P., Ord K, Versey G. (1981) Spatial Diffusion: An Historical Geography of Epidemics in an Island Community, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
- 115- Couclelis, H.(1986). Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come, «The Professional Geographer», 38, p. 1-11.
- 116- Polidori, M. C. e Krafta, R. (2005): Simulando crecimiento urbano con integración de factores naturales, urbanos e institucionais, GeoFocus (Artículos), nº 5 , p. 156-179. ISSN: 1578-5157
- 117- Gould P. (1985) On the being of geography as a human science, Geo-Journal, 16, p. 99-107.
- 118- Couclelis, Helen (2003) The Certainty of Uncertainty: GIS and the Limits of Geographic Knowledge. Transactions in GIS 7 (2), 165-175.
- 119- Couclelis, H. (2005). "Where has the future gone?" Rethinking the role of integrated land use models in spatial planning. Environment and Planning A 37(8): 1353:1371
- 120- Roger A.M., Alegret M. (2001) Riesgo quirúrgico asociado a la posición de las lesiones del músculo cardíaco. Tesis para optar por el Título de Especialista de Primer Grado en Cirugía Cardiovascular. ISCM-VC-Cardiocentro VC. 88 p.
- 121- Kolmogorov, A.(1968). Logical basis for information theory and probability theory, IEEE Transactions on Information Theory IT-14, p. 662-664.
- 122- Marchand, B.:(1974) Quantitative geography: revolution or counterrevolution? Geoforum, 17, 1974, págs. 15-31.
- 123- Couclelis, H. (2004) The third domain: The spread and use of GIS within social science. Cartographica 39(1): 17-24.
- 124- Castellanos P.L. (1990). Sobre el concepto de salud y enfermedad. Descripción y explicación de la situación de salud. Boletín Epidemiológico Vol 10 No. 4, 1990.
- 125- Yassi A, Mas P, Bonet M, Tate R, Fernandez N, Spiegel J, Perez M. (1999) Applying an ecosystem approach to the determinants of health in Centro Habana. Ecosystem Health 5(1): 3-19.
- 126- The Datamology Company. (2004). Visicube: The data microscope V1.4. Manual de usuario.

- 127- Sheppard R. N. The Analysis of Proximities. *Psychometrika*, nº 27, 1962, p. 125-139.
- 128- Robinson A.C., Chen J., Meyer H., MacEachren A.M. (2004). Human-Centered Design of Geovisualization Tools for Cancer Epidemiology. GeoVISTA Center. Universidad de Pennsylvania. Disponible en: www.psu.edu/RobinsonGIScience_2004. Accedido Julio 2006.
- 129- Takatsuka, M., and M. Gahegan. (2002). GeoVISTA *Studio*: A codeless visual programming environment for geoscientific data analysis and visualization. *Computers and Geosciences* 28:1131-44.
- 130- Andrienko, G. L., N. V. Andrienko, H. Voss, F. Bernardo, J. Hipolito, and U. Kretchmer. (2002). Testing the usability of interactive maps in common GIS. *Cartography and Geographic Information Science* 29:325-42.
- 131- Carr, D., J. Wallin, and D. A. Carr. (2000). Two new templates for epidemiology applications: Linked micromap plots and conditioned choropleth maps. *Statistics in Medicine* 19:2521-38.
- 132- Edsall, R. M., A. M. MacEachren, and L. W. Pickle. (2001). Case study: Design and assessment of an enhanced geographic information system for exploration of multivariate health statistics. *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization 2001*, San Diego, CA, October 22-25.
- 133- MacEachren, A. M., and M.-J. Kraak. (2001). Research challenges in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science* 28:3-12.
- 134- Koua E.L., Kraak M J.(2004) Geovisualization to support the exploration of large health and demographic survey data. *Int J Health Geogr.* 2004; 3: 12.
- 135- White, H. D., and Griffith, B. C. (1982). Authors as Markers of Intellectual Space: Co-Citation in Studies of Science, Technology, and Society. *Journal of Documentation*, V. 38, No. 4, December 1982, pp. 255-272.
- 136- Santos M. (1986) Espacio y Método. *Geocrítica*. Año XII. No.65 1986.
- 137- Castro Aguirre C. (2001) Tras la búsqueda de la Europeidad. Mapas mentales de Europa conforme a la memoria social de los europeos. *Scripta Nova*. No. 91 Julio 2001.
- 138- Couclelis, Helen (1998). Worlds of information: the geographic metaphor in the visualization of complex information. *Cartography and Geographic Information*

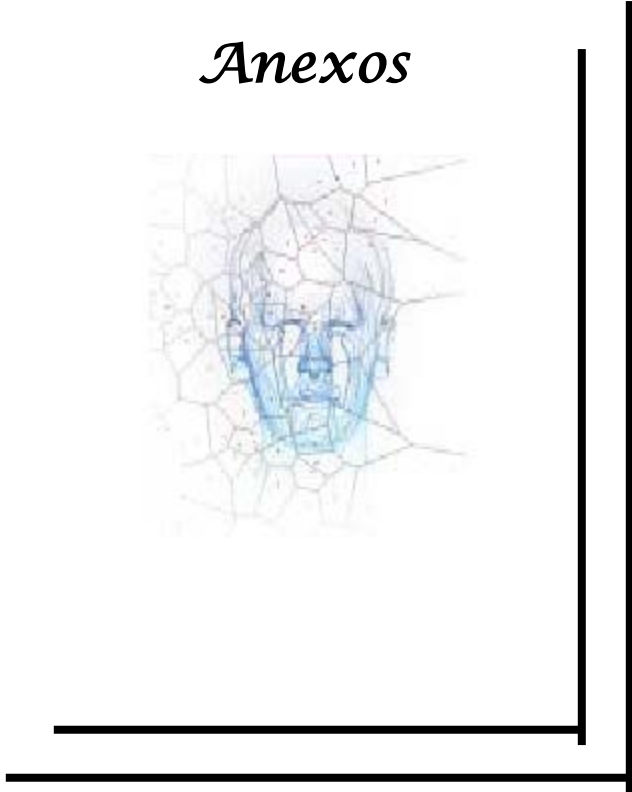
Systems 25, no. 4: 209-20.

- 139- Fabrikant, S.I. (2001). Evaluating the Usability of the Scale Metaphor for Querying Semantic Information Spaces. In: Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science. Conference on Spatial Information Theory (COSIT '01), Lecture Notes in Computer Science 2205, Montello D. R. (ed.), Springer Verlag, Berlin, Germany: 156-171. Disponible en: <http://www.geog.ucsb.edu/~sara/html/research/cosit01/appendix/index.html>
Accedido Julio 2006.
- 140- Fabrikant S. I., Skupin, A. (2005) Cognitively Plausible Information Visualization. En: Dykes J., Maceachren A.M., Kraak, M.-J. (Eds.) Exploring Geovisualization. Elsevier.
- 141- Maceachren, A. M., Gahegan, M., Pike, W., Brewer, I., Cai, G., Lengerich, E. Hardisty, F. (2004) Geovisualization for Knowledge Construction and Decision Support. IEEE .Computer Graphics and Applications, 24, 13-17.
- 142- Skupin A., Fabrikant S. and Couclelis H. (2004). Spatialization: spatial metaphors and methods for handling non-spatial data. Research Priorities, The University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS).
- 143- Tomlin, C. D. (1990) Geographic information systems and cartographic modeling, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- 144- Montello, D. R., Fabrikant, S. I., Ruocco, M. Middleton, R. S. (2003) Testing the First Law of Cognitive Geography on Point-Display Spatializations. En: Kuhn, W., Worboys, M. , Timpf, S. (Eds.) Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science (Lecture Notes in Computer Science 2825). Berlin, Germany, Springer Verlag.
- 145- Fabrikant, S. I., Montello D. R., Ruocco, M., Middleton, R. S. (2004) The Distance-Similarity Metaphor in Network-Display Spatializations. Cartography and Geographic Information Science, 31, 237-252.
- 146- Kruskal, J. B. and Wish, M., 1978, Multidimensional Scaling, Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, number 07-011. Sage Publications, Newbury Park, CA
- 147- Kohonen, T., (1990). The Self-Organizing Map. Proceedings of the IEEE, 78 (9), pp. 1464-480.
- 148- Keim D. A. , Panse C, Sips M, North S.C., (2004) Visual data mining in large geospatial point sets. Computer Graphics and Applications, IEEE, vol. 24, pp.

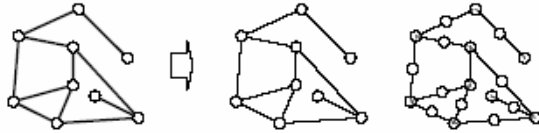
36-44, 2004

- 149- Skupin A. Hagelman R. (2005) Visualizing Demographic Trajectories with Self-Organizing Maps. *Geoinformatica* 9:2, 159–179, 2005.
- 150- Humbolt, A von. (1845).: *Kosmos, Entwurt einer Physichen Weltbeschreibung*, vol. 1, Stuttgart, 1845, pág. 68. Citado de Hartshorne, Richard: *Perspective on the Nature of Geography*, p.162.
- 151- DPI/INPE. (2004) *Geoinformação a Serviço da Cidadania: O Projeto Científico e Tecnológico da DPI* Ministerio da Ciencia e Tecnologia. Brasil.
- 152- González R. (2003) Elementos generales sobre estratificación, con énfasis en la vigilancia en salud. En: *Estratificación Epidemiológica*. UATS CDS Ediciones Junio 2003.
- 153- Iñiguez L. (2003) *Geografía y Salud en Cuba: Tendencias y Prioridades*. *Rev Cubana Salud Pública* 2003;1(4):295-306

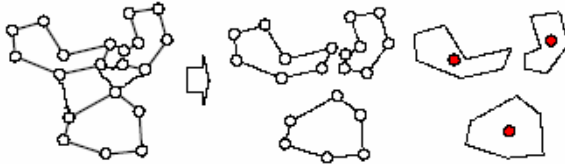
Anexos



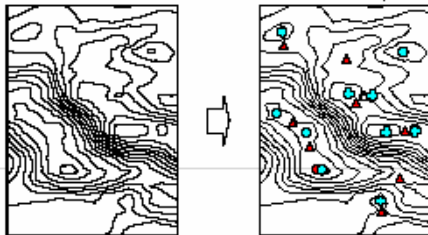
ANEXO 1: . Métodos de transformaciones de objetos espaciales.



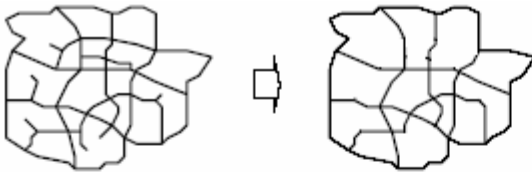
Líneas o redes a puntos: extracción de nodos o representación del punto medio en la línea



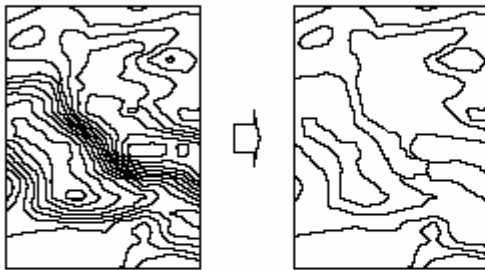
Polígonos y mosaicos a puntos: extracción de nodos o representación del área mediante el centroide.



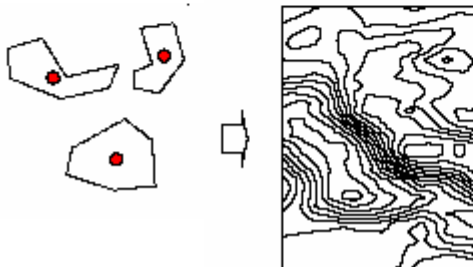
Superficies a puntos: mediante sus puntos críticos ej. sumideros o cimas.



Redes a polígonos: buffereado, diagramas de Voroni, borrado de líneas terminales, agregación.



Superficies a polígonos: delimitando líneas de contorno.



Puntos, líneas y polígonos a superficies: suavizamiento mediante kernel.

ANEXO 2: Clasificación de Técnicas de clusters según alcance y dimensiones.

	<u>Global</u>	<u>Local</u>
<u>General</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuzick & Edwards • Método de Grimson • I de Moran • I de Moran ajustada • K de Ripley • Metodo de Besag y Newell • Método de Rogerson 	<ul style="list-style-type: none"> • Local Moran (LISA) • Prueba de Turnbull • Kulldorff's Spacial/temporal
<u>Focal</u>		<ul style="list-style-type: none"> • Método de Bithell lineal para puntuaciones de riesgo • Método de Diggle • Prueba de Lawson y Waller • Prueba de Stone

Adicionalmente, se dispone de métodos de detección de clusters temporales:

- Cusum
- Dat
- Ederer-Myers-Mantel
- Celdas vacías
- Grimson temporal
- Larsen
- Scan

Y los de detección de clusters temporo-espaciales:

- Grimson espacio-temporal
- k-vecinos más cercanos (regular y ajustado)
- Knox (regular y ajustado)
- Kulldorff espacio temporal
- Mantel (regular y ajustado)

ANEXO 2-b. Representaciones y principios de algunos métodos de detección de conglomerados.

Vigilancia:



Modificación de Rogerson del Método de Tango

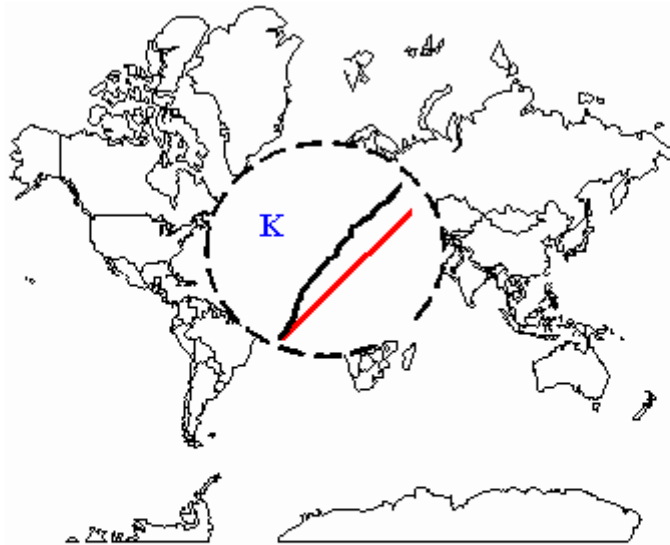
Rogerson (1997) desarrolló una modificación del método de Tango's(1995) para la detección de clusters espaciales. El método detecta clusters espaciales globales en datos de nivel individual. Se utiliza para monitorear cambios en el patrón espacial para observaciones procesadas secuencialmente. Puede ser utilizada de forma general para determinar si una enfermedad muestra aglomeraciones espaciales.

Conglomerados espaciales globales:



Método de Besag y Newells

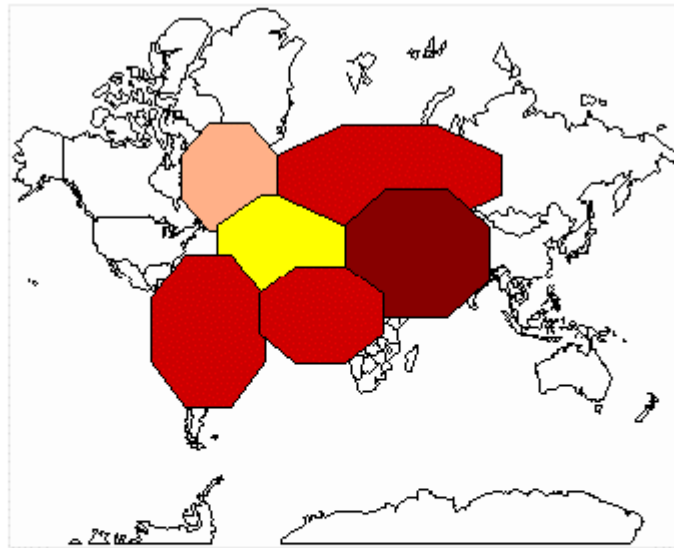
El método de Besag y Newell puede detectar clusters espaciales locales o globales en datos agrupados en centroides espaciales. Este método escanea los datos y detecta aglomeraciones inusuales, para lo cual trabaja "abriendo" una ventana circular en una región cada vez. Esta ventana tiene un parámetro especificado por el usuario, k . Entonces el tamaño de la población dentro de la ventana se compara con el número esperado bajo la frecuencia media o esperada (especificada) de la enfermedad.



Método de la K de Ripley para la distribución espacial de puntos

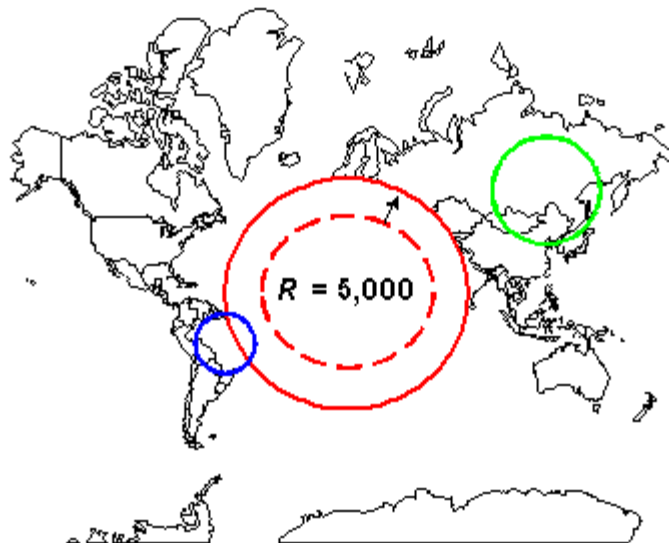
La función K de Ripley se usa para analizar el patrón espacial de datos puntuales. La función puede detectar aglomeraciones espaciales globales en datos de nivel individual. Esencialmente se utiliza para comparar los patrones observados contra una distribución Poisson homogénea. Se estima una función K de los datos observados y ella es comparada con una función K de una distribución Poisson usando una métrica escalada $L(h)$. Se obtiene un valor p comparando el $L(h)$ observado con el de una randomización de Monte Carlo de los datos.

Conglomerados espaciales locales:



Test de Moran local modificado por Anselin (LISA)

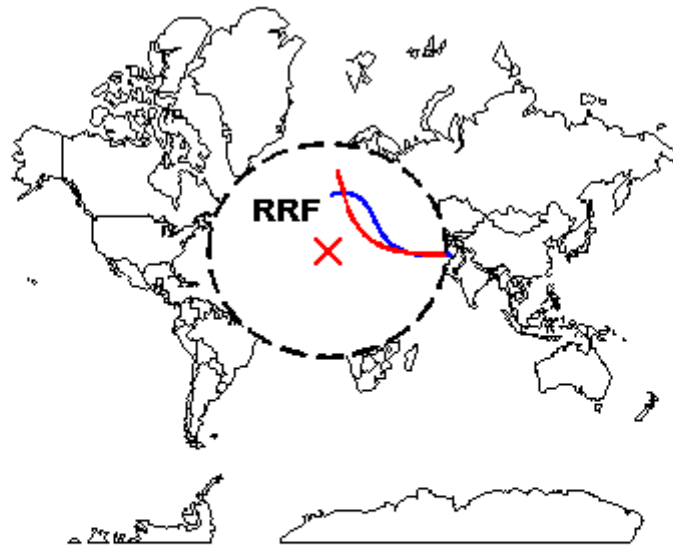
El test de Moran modificado los Anselin en 1996 detecta autocorrelación espacial local en datos agrupados. Está relacionado con la I de Moran (1950), un test para detectar autocorrelación espacial global. Esencialmente, la prueba local descompone la I de Morán en sus contribuciones para cada localidad o sub-área, la que recibe el nombre de LISA (Local Indicators of Spatial Association). Estos indicadores detectan aglomeraciones a partir de los valores de frecuencias de enfermedades observados alrededor de una observación dada. La suma de los LISAs es equivalente a la I de Morán, por ello se pueden tener dos interpretaciones de estos estadígrafos, como indicadores de clusters locales espaciales y como diagnóstico de "outliers" en los patrones espaciales globales.



Método de Turnbull

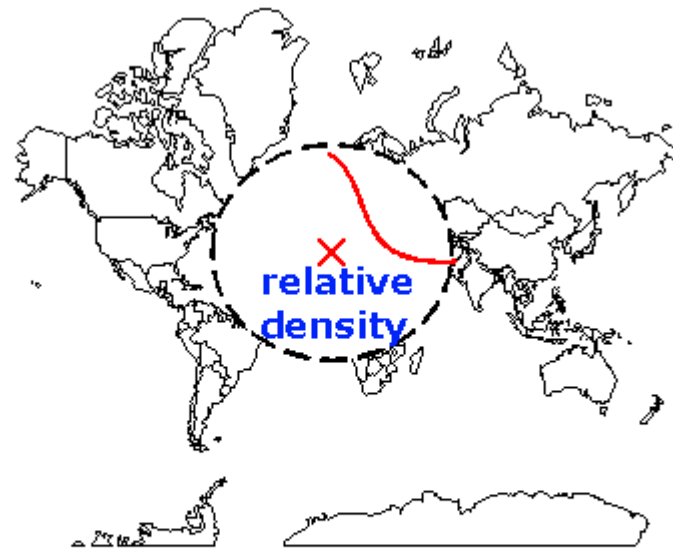
El método de Turnbull detecta clusters locales espaciales en datos agrupados. Las poblaciones dentro del área de estudio se escanean en busca de aglomeraciones significativas, mediante el uso de una ventana centrada en cada región y se expande para incluir regiones vecinas hasta que la población total es agregada al nivel límite R definido por el usuario. Estas ventanas circulares pueden solaparse y los conteos dentro de ellas no serán independientes. Este método es más potente cuando se conoce a priori la población con riesgo elevado, de otra forma el método indicado es el de Kulldorff.

Conglomerados asociados a una fuente de riesgo:



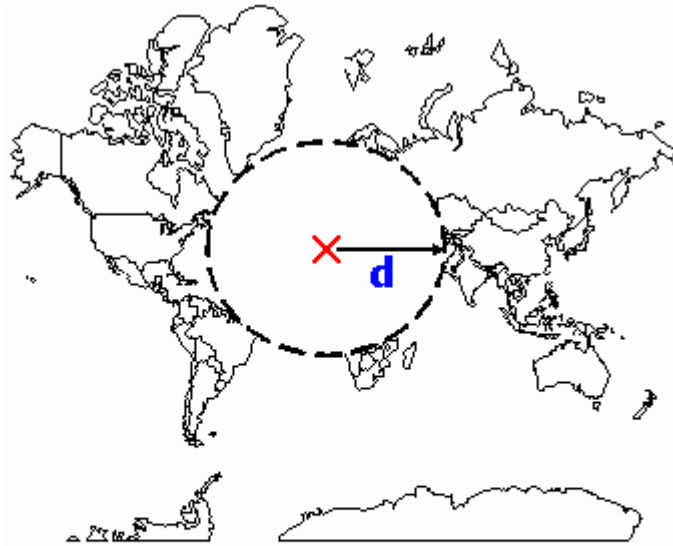
Método de Bithell

El método de estimación lineal de riesgo de Bithell (1999) *linear risk* es una prueba de detección de clusters espaciales focalizados desarrollada para datos agrupados. Esta prueba es sensible a excesos de riesgo en las cercanías de una fuente de exposición (foco) y considera las relaciones espaciales de los casos en relación con el foco. El método califica cada caso según una estimativa de riesgo, la suma de estas estimativas es el resultado de la prueba estadística T . El cambio en el riesgo relativo desde el foco puede ser evaluado gráficamente en ploteos de una función de riesgo relativo (RRF). Debido a la estructura lineal de T , esta prueba se conoce como estimación lineal de riesgo (LRS).



Método de Diggle

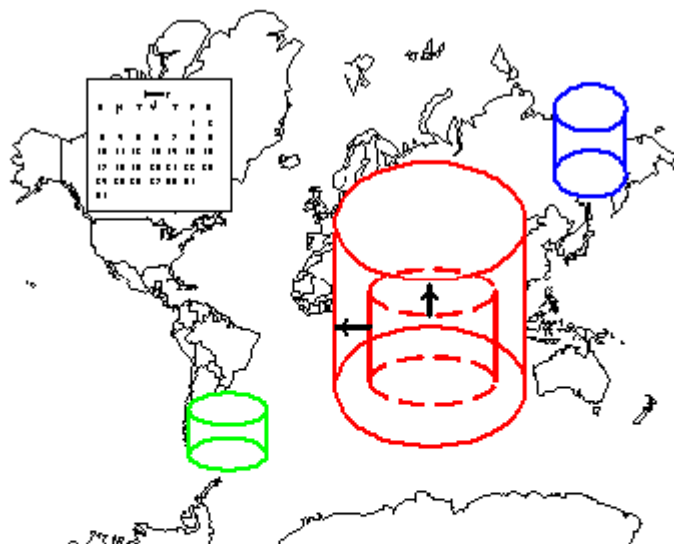
El método de Diggle es un detector de clusters espaciales focalizados apropiado para el nivel individual en los datos. Su versión final data de 1994. El método evalúa la distribución espacial de casos. El patrón espacial de las localizaciones de los casos se compara con el patrón espacial de sujetos-controles con una enfermedad más común. Los patrones de localizaciones se usan como un modelo nulo y deben reflejar la distribución espacial de la población en riesgo.



Lawson y Waller

El método Score detecta clusters espaciales focalizados en datos agrupados. Fue desarrollado de manera independiente por Lawson en 1989 y Waller en 1992. El método evalúa la distribución espacial de la enfermedad alrededor de una fuente puntual o foco. La hipótesis nula se construye como la negación de aglomeración alrededor del foco. Cada región es puntuada de acuerdo a la diferencia entre los casos observados y esperados bajo distribución uniforme, ponderado por el grado de exposición al foco, que puede ser una función de distancia o de concentración (caso de contaminantes).

Conglomerados espaciales y/o espacio-temporales:



ANEXO 3. Variables relevantes al análisis espacial según objeto de estudio en investigaciones epidemiológicas

Objeto de estudio	Variables relevantes	Ejemplo
Enfermedades infecciosas	Patrones de contactos	Contacto con individuos infectados y agentes contagiosos
	Comportamiento de riesgo	Catarro común: lavado de manos VIH/ITS: uso del condón
	Susceptibilidad	Predisposición genética, inmunización
	Covariables	Edad, estado de salud
Enfermedades transmitidas por vectores	Exposición	Dengue: ubicación en áreas infestadas por <i>A. aegypti</i>
	Profilaxis	Malaria: uso de cloroquina
	Susceptibilidad	Inmunización previa, predisposición genética, ej. Sicklemia
	Covariables	Edad, estado de salud
Enfermedades crónicas	Exposición	Exposición a contaminantes ambientales causantes, basado en la historia residencial, patrones de consumo etc.
	Genética	Presencia de marcadores de riesgo: cáncer de mama: BRC1 y BRC2
	Historia familiar	Ocurrencia de cáncer en la familia
	Covariables	Dieta, edad, hábitos tóxicos
Defectos congénitos	Exposición	Exposición teratógena durante el embarazo
	Salud materna	Nutrición, enfermedades durante el embarazo
	Comportamientos riesgosos	Uso de drogas
	Genética	Historia familiar, consanguinidad

Fuente: Jacquez, G. M. 1997. "Design of a Geographic Information System for Epidemiology." Proceedings of the 20th Applied Geography Conference (A. Schoolmaster ed.), Volume 20. Applied Geography Inc., Publisher.

Anexo 4. Conceptos de ordenamiento territorial.

Claudius Petit, especialista francés. 1930	“La búsqueda en el ámbito geográfico de la mejor repartición de los hombres en función de los recursos naturales y de las actividades económicas” (Massé, 1974, citado por Méndez, 1990: 93).
G. Saenz de Buruaga. España, 1969	“Es el estudio interdisciplinario y prospectivo de la transformación óptima del espacio regional, y de la distribución de esta transformación y de la población total entre núcleos urbanos con funciones y jerarquías diferentes, con vistas a su integración en áreas supranacionales” (Pujadas y Font, 1998:11).
J. Lajugie y otros. Francia, 1979	“El objeto de la ordenación del territorio es de crear, mediante la organización racional del espacio y por la instalación de equipamientos apropiados, las condiciones óptimas de valorización de la tierra y los marcos mejor adaptados al desarrollo humano de los habitantes” (Grenier, 1986).
Carta Europea de Ordenación del Territorio. 1983.	“Es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio, según un concepto rector” (CEMAT, 1983).
Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Venezuela, 1983.	“Regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales del desarrollo integral” (Congreso de la República de Venezuela, 1983).
Comisión de Desarrollo y m. a. de América Latina y el Caribe. 1990.	“Camino que conduce a buscar una distribución geográfica de la población y sus actividades, de acuerdo con la integridad y potencialidad de los recursos naturales que conforman el entorno físico y biótico, todo ello en la búsqueda de unas condiciones de vida mejores” (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América latina, 1990).
Ley de Desarrollo Territorial. Colombia, 1997.	“Conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas..., para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales” (Congreso de la República de Colombia, 1997).
Proyecto de Ley de OT, Costa Rica, 1998.	“Proceso dinámico, interactivo e iterativo de diseño de cambios integrales en las políticas públicas para la clasificación y el uso racional, eficiente y estratégico del territorio, de acuerdo con criterios económicos, culturales y de capacidad de carga ecológica y social” (Ministerio de Planificación Nacional, 1998: 3).
Grupo Interinstitucional de OT. México. 2000.	“Estrategia de desarrollo socioeconómico que, mediante la adecuada articulación funcional y espacial de las políticas sectoriales, busca promover patrones sustentables de ocupación y aprovechamiento del territorio” (SEDESOL y otros, 2000).
Proyecto de Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. Costa Rica, 2000.	“Conjunto de políticas o directivas expresamente formuladas, normas y programas que orienten y regulen las actuaciones y procesos de ocupación, desarrollo y transformación del territorio y el uso del espacio” (Presidencia de la República de Costa Rica, 2000).
Anteproyecto de Decreto-Ley de planificación física, Cuba, 2001.	“Disciplina técnico administrativa destinada a mejorar las condiciones que tiene el territorio para las funciones sociales y económicas. Se concreta en los ámbitos nacional, provincial, municipal y urbano y su contenido fundamental es la estructuración del espacio físico” (Instituto de Planificación Física, 2001).
Proyecto de Ley de OT. Bolivia, 2001.	“Proceso de organización del uso y la ocupación del territorio, en función de sus características biofísicas, ambientales, socioeconómicas, culturales y político-institucionales, con la finalidad de promover el desarrollo sostenible del país” (Senado Nacional, 2001).

Fuente: Massiris A. (2002) Ordenación del territorio en América Latina. Scripta Nova. Vol. VI, núm. 125

ANEXO 5. MODELOS ESPACIALES Y SU RELACION CON OTRAS DISCIPLINAS.

PROPOSITO DEL ANALISIS

	IDENTIFICACION		DIFERENCIACION		INTEGRACION
			ESTATICA	DINAMICA	
DIMENSION	Puntos, áreas	líneas	superficies	espacio-tiempo	todos los objetos + tiempo
OBJETO GEOGRAFICO	Ciudades (centroides) Regiones (polígonos)	Ciudades (límites) Jerarquías urbanas	Gradiente de densidad, Intensidad del uso de la tierra	Movimiento de fronteras, ocupación secuencial colonización	Sistemas regionales, retroalimentación interna, fronteras interregionales, retroalimentación externa.
TECNICAS ANALITICAS	Taxonomía numérica Analogías regionales Ranqueo, vecindad Cuadrantes	Ranqueo Vecindad Cuadrantes	Tendencia superficial Harmónicos Fourier	Simulación física Monte Carlo, Cadenas de Markov	Matrices, Análisis de Factor Análisis input-output
MODELO ESPACIAL	Jerarquías regionales Regiones funcionales Modelo de gravedad	Teoría de centroides. Modelo de gravedad	Modelos de gravedad, Modelo de Oportunidad	Modelos de dispersión Modelos de migración Modelos de colonización	Modelos de clímax regional Multiplicadores regionales Polos de crecimiento
HERENCIA DEL MODELO ESPACIAL	Teoría de decisiones (Psicol) Taxonomía (Biología) Análisis discriminante (Estadística), Nube de puntos (matemática) Modelos organizacionales (Gerencia)	Modelos organizacionales (Gerencia) Nube de puntos (Matemática) Teoría de empaque (Matemática)	Modelos de menor esfuerzo (Sociología) Modelos de mínima energía (Física)	Teoría de epidemias (Epidemiología) Teoría de difusión (Dinámica de fluidos) Colonización y sucesión (Botánica)	Teoría General de Sistemas Ecosistemas (Biología) Teoría regional de mercado y multiplicadores (Economía)

Fuente: Presentación de Stuart Sweeney University of Iowa

ANEXO 6. El abordaje Bayesiano aplicado al análisis espacial.

Es bien conocido que áreas con pequeñas poblaciones presentan grandes desviaciones en las tasas de eventos que las áreas con grandes poblaciones, aun cuando ambos tipos de áreas presentan tasas de eventos consistentes con la hipótesis de que cada persona está en igual riesgo de presentar dicho evento. Devine y Louis usan un estimador de la función bayesiana para tratar las tasas de enfermedades en poblaciones pequeñas. Este tipo de abordaje produce una distribución a priori de tasas esperadas que refleja los diferentes tamaños poblacionales de las unidades areales bajo observación.

MODELO

Sea θ_{ij} la tasa de enfermedad, η_{ij} la población en riesgo y O_{ij} los casos observados en el área $i=1, \dots, N$ y en el intervalo $j=1, \dots, M$

La variación del riesgo en el espacio y el tiempo está modelizada por un modelo de Poisson:

$$O_{ij} \sim \text{Poisson}(\eta_{ij}\theta_{ij})$$

donde el logaritmo de la tasa es una función del tiempo:

$$\log(\theta_{ij}) = (\mu + \phi_i) + (\beta + \delta_i)t_j$$

con:

μ : media global sobre todas las áreas de los logaritmos de las tasas

ϕ_i : efecto del área i , $i=1, \dots, N$

δ_i : interacción entre el efecto del tiempo y el efecto del área

β : media de la tendencia temporal sobre todas las áreas

Se elige una parametrización tal que:

$$\sum \phi_i = 0$$

$$\sum \delta_i = 0$$

ϕ_i representa la diferencia entre el logaritmo de la tasa específica de una región y la media global μ .

δ_i (efecto tiempo) representa la diferencia entre la tendencia específica de un área y la media de las tendencias β .

- un valor negativo de δ_i ($\delta_i < 0$) implica que la tendencia específica de un área no es excesiva con respecto a la media de las tendencias
- un valor positivo de δ_i ($\delta_i > 0$) implica que la tendencia específica de un área es excesiva con respecto a la media de las tendencias

Llamaremos a δ_i **tendencia diferencial del área i**.

DISTRIBUCIONES A PRIORI.

δ_i se suponen obtenidas a partir de una distribución normal con media 0 y varianza σ^2 :

$$[\delta_i | \delta_j \neq i, \sigma^2] \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$$

La variabilidad de la tendencia está controlada por el hiperparámetro σ^2 .

En el modelo la media de δ_i depende de sus vecinos δ_j .

Formalmente esto se puede escribir:

$$[\delta_i | \delta_j \neq i, \sigma^2] \sim \text{Normal}(\mu_i, \sigma^2)$$

donde:

$$\mu_i = \left(\frac{1}{\sum_{j \neq i} w_{ij}} \right) \sum_{j \neq i} w_{ij} \delta_j$$

$$\sigma_i^2 = \frac{\sigma^2}{\sum_{j \neq i} w_{ij}}$$

con los pesos definidos de la manera siguiente:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ y } j \text{ son geográficamente adyacentes} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

En ausencia de conocimiento a priori sobre las características de una región en estudio es razonable asumir que el efecto de cada área está influenciada por los efectos de las áreas cercanas.

Para completar el modelo bayesiano debe especificarse una distribución a priori para σ^2 .

La alta complejidad en el cálculo de tasas basado en la teoría bayesiana ha hecho surgir otras alternativas simplificadas de este análisis. De manera que pueden distinguirse dos aproximaciones para estimar el riesgo relativo:

- 1- **Aproximación por Bayes empírico**, que utiliza una técnica de máxima verosimilitud penalizada

2- **Aproximación completamente bayesiana**, que usa una técnica de simulación estocástica llamada muestreo de Gibbs.

La aproximación clásica consiste en mapear los SMR (standardized mortality ratios) que son estimaciones de máxima verosimilitud del riesgo relativo (RR) bajo un modelo de Poisson.

La aproximación bayesiana del riesgo relativo evita la inestabilidad del mapeo crudo de los SMRs.

La idea es imponer una estructura de relación espacial en los riesgos relativos desconocidos modelándolos colectivamente como un proceso estocástico espacial. Esto significa dotar a los riesgos relativos de una distribución multivariante a priori cuyos parámetros determinan aspectos como el nivel conjunto de riesgo o la interdependencia geográfica entre esos riesgos.

Después de la estimación de esos parámetros, la distribución a priori resume información de todas las áreas del mapa. Concretamente, cada área recibe una estimación de RR que es un compromiso entre su SMR y la información que proviene de las demás áreas.

Se producen fluctuaciones en las estimaciones del RR y se obtiene un mapa suavizado que tiene una mejor interpretación epidemiológica.

El modelo bayesiano propuesto combina dos submodelos:

- modelo de Poisson (para contar las muestras)
- la distribución multivariante a priori de los RR

Para ver las relaciones entre las variables se utiliza una representación gráfica en las que las variables del problema se representan como nodos en un gráfico y las relaciones de independencia condicional se representan mediante lazos “missing”.

El riesgo relativo en un área dada está frecuentemente influenciado por las estimaciones en las áreas geográficamente adyacentes y solo indirectamente influenciado por las estimaciones de las otras áreas del mapa.

MODELO BAYESIANO PARA RIESGOS RELATIVOS. ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO

Sea η_i el logaritmo del riesgo relativo desconocido del área i

$$\eta_i = \log(\xi)$$

η_i puede modelarse como la suma de una media global, denotada por μ , que expresa el nivel total del logaritmo del riesgo relativo a través de todo el mapa y un efecto específico

de área, denotado por ϕ_i que representa la diferencia entre el logaritmo del riesgo relativo por el área i y la media global.

Para un área genérica podemos escribir:

$$\log(\xi_i) = \eta_i = \mu + \phi_i$$

y expresarlo como:

$$[Y_i | E_i, \mu, \phi_i] \sim \text{Pois}(Y_i, E_i e^{(\mu + \phi_i)})$$

La cantidad $\exp(\mu)$ representa la media geométrica de los riesgos relativos sobre el mapa.

Los efectos ϕ_i pueden verse como variables no observadas que afectan al riesgo. Si fuese posible observar estas variables, algunas aportarían patrones de variación geográfica y otras no.

La aproximación bayesiana requiere la especificación de una distribución multivariante a priori para los ϕ_i .

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MODELO

La estructura cualitativa de las relaciones entre las variables se puede reflejar en el DAG (directed acyclic graph).

Los nodos de este gráfico representan variables o grupos de variables en el modelo.

Los nodos elípticos representan cantidades aleatorias mientras que los nodos rectangulares representan cantidades fijas:

- Los nodos Y_i, E_i son cantidades en nuestro modelo
- Los nodos μ, λ, ϕ_i cantidades desconocidas a estimar en el modelo.

Terminología

Si un nodo n_A envía una flecha a un nodo n_B , se dice que n_A es un padre de n_B . El conjunto de padres de n_B es denotado por $pa(n_B)$.

El conjunto de los nodos tales que un camino los conduce a n_B se llaman predecesores de n_B .

El DAG representa la suposición de que cada nodo aleatorio condicionado por sus padres (variable) es probabilísticamente independiente de todos sus predecesores en el grafo. (por ejemplo, Y es independiente de λ si conocemos ϕ).

Bajo esta suposición, la distribución conjunta de todas las variables aleatorias del grafo pueden factorizarse en un producto de términos, cada uno representando la distribución condicional para un nodo aleatorio dados sus padres.

(\times denota multiplicación de densidades)

$$[Y, E, \mu, \phi, \lambda] = [Y | E, \mu, \phi] \times [\phi | \lambda] \times [\lambda] \times [\mu]$$

NODO Y

Y_i se toma a partir de una variable de Poisson con media $E_i e^{(\mu + \phi_i)}$

La distribución condicional $[Y | E, \mu, \phi]$ que representa la verosimilitud de los datos está dado por el producto:

$$[Y | E, \mu, \phi] = \prod_{i=1}^N [Y_i | E_i, \mu, \phi_i] = \prod_{i=1}^N Poi(Y_i; E_i e^{(\mu + \phi_i)})$$

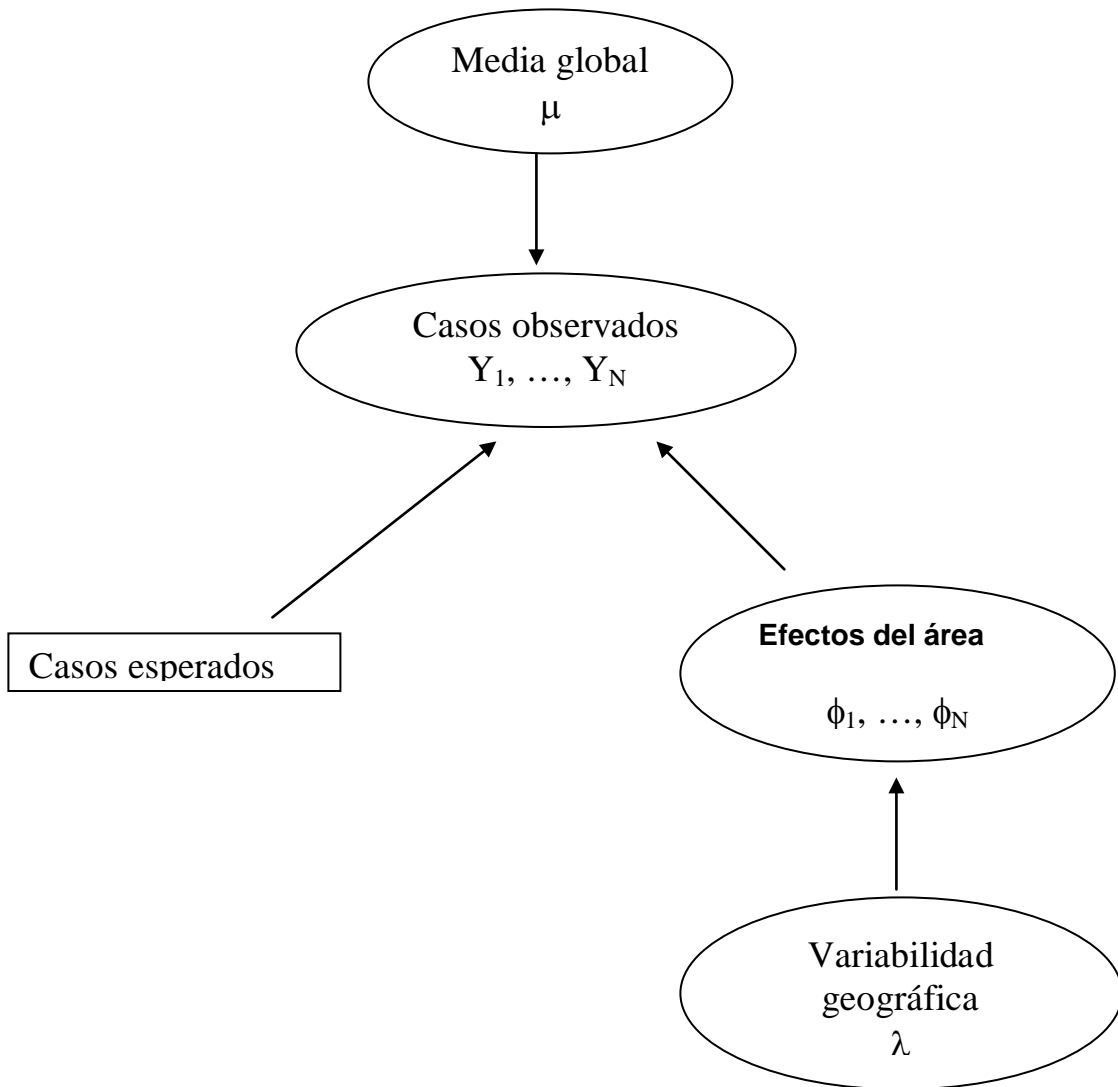
NODO ϕ (efectos desconocidos del área)

La densidad condicional $[\phi | \lambda]$ que está asociada con el nodo ϕ expresa nuestro conocimiento a priori de la colección de los efectos desconocidos del área. Podemos considerar como densidad para $[\phi | \lambda]$ una densidad de la siguiente familia:

$$[\phi | \lambda] \propto \exp \left[-\frac{\lambda}{2} \sum_{i=1}^N w_{i+} \phi_i \left(\phi_i - \frac{1}{w_{i+}} \sum_{j=1}^N w_{ij} \phi_j \right) \right] = \exp \left[-\frac{\lambda}{2} \sum_{i=1}^N n_i \phi_i (\phi_i - \bar{\phi}_i) \right]$$

con $w_{ii} = 0 \quad i=1, \dots, N$

DAG (directed acyclic graph)



donde λ actúa como hiperparámetro, los w_{ij} son pesos no negativos y la notación 'i+' denota la suma sobre j.

Hay que tener en cuenta que la fórmula anterior depende cada ϕ_i y una media ponderada de todos los otros ϕ 's.

Una posible elección para los pesos no diagonales (w_{ij}) es especificar:

$$w_{ij}=1 \quad i=1, \dots, N \quad j=1, \dots, N \quad i \neq j$$

Se puede incorporar estructura espacial a la fórmula eligiendo valores elevados para w_{ij} cuando las áreas i y j están próximas.

NODO λ (variabilidad geográfica desconocida)

λ está inversamente relacionada con la varianza a priori del logaritmo del efecto del área ϕ_i .

Para completar de especificar el modelo debemos dar una distribución a λ , que se denotará por $[\lambda]$. Para ello elegiremos una distribución χ^2 , más concretamente, dado un

número positivo λ^* , suponemos que la cantidad $\frac{\nu\lambda}{\lambda^*}$ tiene una distribución χ^2 con ν grados de libertad:

$$[\lambda] \sim \frac{\chi^2_\nu \lambda^*}{\nu}$$

$[\lambda]$ tiene valor esperado λ^* y además $\text{var}(\lambda) = \frac{2\lambda^{*2}}{\nu}$.

NODO μ (media global desconocida del logaritmo del riesgo relativo)

Como es razonable suponer que nuestro conocimiento de μ es total, podemos asignarle una distribución a priori bastante vaga, por ejemplo una densidad uniforme:

$$[\mu] \sim U(-\infty, +\infty)$$

ANÁLISIS BAYESIANO EMPÍRICO FRENTE AL ANÁLISIS BAYESIANO PURO

Esencialmente se trata de combinar nuestro conocimiento a priori sobre los riesgos (conocimiento incluido en las distribuciones $[\phi | \lambda]$, $[\lambda]$ y $[\mu]$), con la nueva información contenida en los datos $\{Y, E\}$.

Esta es una operación que se puede realizar muy a menudo en el marco de la estadística bayesiana, que nos permite calcular la distribución a posteriori $[\phi, \mu | Y, E]$ a partir de los datos a priori y de los datos.

En base a esta distribución a posteriori es posible hacer cualquier inferencia sobre los logaritmos de los riesgos relativos desconocidos $\eta_i = \phi_i + \mu$

La distribución conjunta a posteriori $[\phi, \lambda, \mu | Y, E]$ (que es función de las cantidades desconocidas del modelo puede ser escrita como el siguiente producto:

$$[\phi, \lambda, \mu | Y, E] = [Y | E, \phi, \mu] \times [\phi | \lambda] \times [\lambda] \times [\mu]$$

En una aproximación completamente bayesiana, el cálculo de la densidad marginal a posteriori $[\phi, \mu | Y, E]$ involucra la integración de la expresión anterior sobre λ . Pero esta integración es analíticamente intratable.

Esta imposibilidad ha estimulado el interés de una aproximación empírica.

La aproximación empírica no está basada en la distribución a posteriori $[\phi, \mu | Y, E]$, sino en $[\phi, \mu | Y, E, \hat{\lambda}]$, donde $\hat{\lambda}$ es una estimación de λ .

Entonces $[\phi, \mu | Y, E, \hat{\lambda}]$ se puede factorizar en un producto de términos conocidos: una constante c de normalización, la verosimilitud de los datos $[Y | E, \phi, \mu]$, el conocimiento a priori de ϕ dado $\hat{\lambda}$ y el conocimiento a priori de μ :

$$[\phi, \mu | Y, E, \hat{\lambda}] = c \times [Y | E, \phi, \mu] \times [\phi | \hat{\lambda}]$$

El análisis empírico consta de:

- a) seleccionar un valor apropiado para $\hat{\lambda}$.
- b) Calcular los valores $\hat{\phi}$ y $\hat{\mu}$ que maximicen $[\phi, \mu | Y, E, \hat{\lambda}] = c \times [Y | E, \phi, \mu] \times [\phi | \hat{\lambda}]$
- c) A partir de esos estimadores calcular $\hat{\eta}_i = \hat{\phi}_i + \hat{\mu}_i$ $i=1, \dots, N$. (esto puede realizarse por máxima verosimilitud penalizada).

La estimación empírica tiene varias desventajas:

1. La estimación de λ no es del todo precisa y eso afectará a las estimaciones de ϕ y μ .
2. Los intervalos de confianza obtenidos para los riesgos relativos son muy estrechos.

Estos problemas se pueden superar utilizando una aproximación totalmente bayesiana: Clayton propuso el uso de una técnica de MonteCarlo, llamada **muestreo de Gibbs**, que consiste en generar muestras de la distribución a posteriori $[\phi, \lambda, \mu | Y, E]$

BAYES EMPÍRICO UTILIZANDO MÁXIMA VEROSIMILITUD PENALIZADA

En un análisis empírico de nuestro modelo las estimaciones de ϕ y μ se obtienen maximizando la distribución a posteriori $[\phi, \mu | Y, E, \hat{\lambda}]$ con respecto a esas variables,

donde $\hat{\lambda}$ es un estimador adecuado para λ . Maximizar la distribución a posteriori es lo mismo que maximizar su logaritmo:

$$l^*(\phi, \mu) = \log[Y | E, \phi, \mu] + \log[\phi | \hat{\lambda}]$$

El segundo término de esta expresión puede pensarse como una función de penalización, que penaliza la salida de ϕ del modelo a priori. La forma de esa función de penalización depende del modelo a priori.

$\hat{\lambda}$ actúa como un parámetro de suavización. Cuando es grande se obtienen estimaciones suaves de los efectos $\{\phi_i\}$; cuando vale 0 la estimación de máxima verosimilitud no tiene penalizaciones.

INFERENCIA BAYESIANA UTILIZANDO EL MUESTREADOR DE GIBBS

Se puede hacer un análisis bayesiano completo utilizando un algoritmo iterativo de MonteCarlo, llamado muestreador de Gibbs.

Este muestreador nos permite obtener muestras de la distribución a posteriori:

$$[\phi_1, \dots, \phi_N, \mu, \lambda | E_1, \dots, E_N, Y_1, \dots, Y_N]$$

Para aplicar el método de Gibbs hay que partir de una muestra inicial.

Se ha demostrado que el proceso iterativo converge.

Con la metodología bayesiana, en la cual para el ajuste de tasas en un área determinada se tiene en cuenta las tasas de las áreas vecinas, se obtienen mapas suavizados con patrones claramente identificables: coinciden las áreas relevantes con el método de Poisson, añadiendo nuevas zonas que aquel no detectaba, diferenciándose los municipios que contribuyen a estas variaciones. En general las estimaciones obtenidas dependerán de la casuística de las áreas. Se observa que si existe escasez de casos se toma información de las áreas vecinas y si no es así la información que aporta cada área es dominante. Habría que tener en cuenta que las estimaciones obtenidas dependen de la creencia o conocimiento que se tenga a priori sobre qué áreas son más similares a aquellas en las que hay pocos datos.

Las limitaciones fundamentales del empleo de tasas crudas o estandarizadas radica en que no se tiene en cuenta la variación del tamaño de la población a lo largo del mapa, por tanto las tasas estimadas de forma imprecisa, basados solo en unos pocos casos, pueden ser extremos en el mapa y dominar el patrón.

Por otra parte, el mapeo de la significación ignora el tamaño del efecto, por lo tanto, en el mapa, dos áreas con idénticas tasas pueden mostrarse diferentes si no tienen el mismo tamaño poblacional y las áreas más extremas son aquellas con mayor población.

Claramente es preferible estimar y presentar una medida de riesgo que una medida de significación, pero la variación en la precisión de la estimación a lo largo del mapa debe ser tomada en cuenta.

MODELOS MIXTOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RIESGOS RELATIVOS

Supongamos que el país o la región que se mapea está dividida en N distritos mutuamente excluyentes.

El riesgo relativo en el distrito i-ésimo es θ_i , que es un parámetro desconocido que debe ser estimado.

Si O_i y E_i , son respectivamente, los números observados y esperados de muertes en el distrito i-ésimo, el **estimador de máxima verosimilitud** (MLE) de θ_i bajo un modelo de Poisson para O_i es el SMR:

$$SMR = \hat{\theta}_i = \frac{O_i}{E_i}$$

Sin embargo, tomadas juntas $\{\hat{\theta}_i, i=1, \dots, N\}$ no son necesariamente las mejores estimaciones para $\{\theta_i, i=1, \dots, N\}$

Se ha propuesto una estimación por Bayes empírico para los riesgos relativos $\{\theta_i\}$, que adopta un modelo mixto que asume una función paramétrica de densidad, $f(\theta)$, para la distribución de los riesgos relativos entre distritos. Además se asumirá que, condicionado por θ_i , O_i es una variable de Poisson con media $\theta_i E_i$.

Existen varios modelos para $f(\theta)$, entre ellos los siguientes, pero aquí nos centraremos solo en el primero.

- La distribución gamma, que producirá $\{\theta_i\}$ que siguen una binomial negativa
- La distribución lognormal, que requiere algunas aproximaciones pero que nos permite calcular la correlación espacial.

- Una aproximación no paramétrica, cuando $\{\theta_i\}$ son independientes e idénticamente distribuidos.

EL MODELO GAMMA

Se supone que los riesgos relativos $\{\theta_i\}$ son independientes e idénticamente distribuidos, siguiendo una distribución gamma con parámetro de escala α y parámetro de forma ν , es decir, con media $\mu = \frac{\nu}{\alpha}$ y varianza $\sigma^2 = \frac{\nu}{\alpha^2}$.

Las observaciones O_i (condicionadas por θ_i) siguen una distribución de Poisson con media $\theta_i E_i$, mientras que incondicionalmente los O_i siguen una distribución binomial negativa con:

$$E(O_i) = E_i \frac{\nu}{\alpha}$$

$$\text{Var}(O_i) = E_i \frac{\nu}{\alpha} + E_i^2 \frac{\nu}{\alpha^2}$$

Es fácil comprobar que la distribución de θ_i , condicionada por O_i , es una gamma con parámetro de escala $(E_i + \alpha)$ y parámetro de forma $(O_i + \nu)$.

Entonces:

$$E(\theta_i | O_i; \alpha, \nu) = \frac{O_i + \nu}{E_i + \alpha} \quad (1)$$

La **estimación por Bayes empírico** $\hat{\theta}_i$ de θ_i se obtienen sustituyendo en la ecuación anterior las estimaciones de ν y α .

Las estimaciones por Bayes empírico son menos dispersas que los indicadores de riesgo convencionales: cada estimador es un compromiso entre la tasa $(= O_i / E_i)$ y $\hat{\nu} / \hat{\alpha}$ (la media estimada de la distribución de θ_i).

Las estimaciones basadas en números muy grandes de observaciones están cercanas al correspondiente estimador de riesgo convencional, mientras que la basadas en pequeños números están cerca de la media global de los riesgos relativos.

La estimación de α y ν se puede abordar por máxima verosimilitud, y se obtiene:

$$\frac{\hat{\nu}}{\hat{\alpha}} = \frac{1}{N} \sum_i \hat{\theta}_i$$

$$\frac{\hat{\nu}}{\hat{\alpha}^2} = \frac{1}{N-1} \sum_i \left(1 + \frac{\hat{\alpha}}{E_i} \right) \left(\hat{\theta}_i - \frac{\hat{\nu}}{\hat{\alpha}} \right)^2$$

donde $\{\hat{\theta}_i\}$ son los estimadores por Bayes empírico.

Las dos ecuaciones anteriores se pueden usar de forma recursiva para calcular $\hat{\nu}$ y $\hat{\alpha}$.

En cada paso de la iteración, calculamos la estimación $\{\hat{\theta}_i\}$ por Bayes empírico utilizando la expresión (1) basada en las estimaciones actuales de $\hat{\nu}$ y $\hat{\alpha}$ y a continuación utilizar las fórmulas anteriores para obtener unas nuevas estimaciones para ν y α .

Implementaciones por software de la teoría bayesiana. El programa WINBUG. Enfoque Bayesiano para modelos espaciales en Epidemiología Geográfica.

Este enfoque se ha desarrollado recientemente para acometer los problemas de la distribución de tasas de enfermedad/mortalidad en pequeñas áreas. En él la localización se usa como una aproximación de la exposición. Este enfoque se ha demostrado ser útil para:

- I. Revelar tendencias geográficas de daños de salud.
- II. Identificar áreas que merecen un escrutinio más intenso (áreas calientes).
- III. Sugerir vínculos con covariables área-específicas (regresión ecológica).

Los resultados son frecuentemente mostrados como mapas de enfermedades o muertes, en general, eventos de salud.

Se alcanza una inferencia más realista usando un modelo Bayesiano espacial jerárquico:

- I. **Jerárquico:** asume que los R_i presentan efectos aleatorios inducidos por las distribuciones poblacionales.
 - A. El estimado de RR para cada área “toma prestada” información potente de las áreas adyacentes basada en las distribuciones de población comunes.
 - B. El efecto de suavizamiento se sopesa o pondera por el tamaño de la población de cada área.
- II. **Espacial:** Asume que los R_i están espacialmente correlacionados.
 - A. el RR de la enfermedad en la región i depende del riesgo de enfermedad en las regiones vecinas.

- B. El estimado de R_i es localmente suavizado a través de los estimados de las regiones adyacentes. (Besag)

Modelo Poisson-Gamma:

- III. Verosimilitud de los datos:

$$O_i \sim \text{Poisson}(R_i E_i), \quad i=1, \dots, I$$

- IV. Prior para los riesgos relativos, R_i :

$$R_i \sim \text{Gamma}(a, b)$$

$$\text{Media}, m = a/b$$

$$\text{Varianza}, v = a/b^2$$

- V. Distribución posterior de R_i :

$$\text{Posterior} \propto \text{Prior} \times \text{Verosimilitud.}$$

Una distribución a priori gamma combina convenientemente con la verosimilitud de Poisson para dar una distribución posterior gamma.

$$R_i \sim \text{Gamma}(a+O_i, b+E_i)$$

$$\text{Posterior} = a+O_i / b+E_i$$

Media de $R_i = (m^2/v + O_i) / (m/v + E_i)$, y tenemos:

- I. En áreas con abundantes casos:

$$\text{Media posterior}(R_i) \approx O_i/E_i$$

- II. En áreas con casos aislados, O_i , E_i son pequeños.

$$\text{Media posterior}(R_i) \approx (m^2/v) / (m/v) = m$$

ANEXO 7. Breve descripción de la técnica de detección de clusters espaciales o espacio temporales utilizando el método de Kulldorff a partir de una imagen no geo-referenciada.

Para el desarrollo de este método nos basamos en una imagen espacial tratada en un sistema gráfico convencional. Esta imagen digitalizada puede eventualmente representar cualquier sección espacial, ya sea el mapa convencional de una región o el croquis (plano) de una edificación, si por ejemplo tuvieramos como objeto de investigación determinar las zonas de riesgo o de generación de infecciones nosocomiales en un hospital, identificando para ello la cercanía espacial de los casos sépticos.

Una vez que se tiene la representación espacial digitalizada, se ubican los centroides espaciales en las sub-unidades espaciales de interés (según el caso). Esta facilidad está implícita en los sistemas gráficos que vienen incluidos en el Sistema Operativo. Estos centroides se toman como pares ordenados (x,y) para conformar uno de los ficheros necesarios al análisis estadístico posterior.

Seguidamente se confeccionan los ficheros de trabajo siguiendo las especificaciones en el tratamiento de los datos exigidos por la técnica de análisis.

Confección de ficheros de trabajo:

Se necesitan tres ficheros de trabajo, los que requieren de la siguiente estructura:

Fichero de casos nombre.cas.

Ejemplo:

AREA	no casos	año	gedad
corralill	1	1987	1
corralill	1	1987	1
corralill	1	1989	1
corralill	1	1991	1
rveloz	1	1992	1
rveloz	1	1996	1
quemado	1	1989	1
quemado	1	1991	1
quemado	1	1991	1
quemado	1	1994	2
quemado	1	1995	1
quemado	1	1998	2
irevuelta	1	1988	1
irevuelta	1	1994	2
irevuelta	1	1994	1
map	1	1990	1
map	1	1991	1
....

Estos datos se obtienen directamente de los registros convencionales de Estadística, incluyendo las tres primeras variables como obligatorias y cualquier otra covariable de interés

Fichero de población nombre.pob.

Ejemplo:

AREA	AÑOREF	POB
corralill	88	3582
rveloz	88	2422

quemado	88	4604
isabela	88	1073
irevuelta	88	6717
map	88	4305
encrucija	88	3690
elsanto	88	1065
calabazar	88	2260
etc...	etc...	etc...

Estos datos se obtienen de obtener las poblaciones de las unidades areales usadas en el estudio. La técnica es flexible y podemos elegir en cualquier nivel de unidades geográficas: municipios, áreas de salud, consejos populares, manzanas etc.

Fichero de datos geográficos nombre.geo.

Ejemplo:

AREA	X	Y
corralill	133	94
rveloz	208	116
quemado	256	133
isabela	332	100
irevuelta	369	132
map	312	141
encrucija	438	209
elsanto	463	165
calabazar	412	160
vueltas	487	216
camajuani	477	275
caib1	528	229
caib2	585	265
remedios	552	274
zulueta	541	312
bvista	587	308
carrillo	594	342
etc...	etc....	etc...

Estos datos se obtienen directamente de la imagen gráfica y son las coordenadas cartesianas X,Y del centroide de las áreas

Estos ficheros tienen carácter permanente para una misma imagen gráfica y para una misma área geográfica. NO HAY QUE TECLEARLOS CADA VEZ. Se pueden considerar como una plantilla de valor permanente que permitirá todo tipo de estudios de distribución espacial de eventos referido a ese espacio.

La creación de este último fichero requiere alguna explicación y constituye una de las novedades de este trabajo.

Paso 1: Se toma una imagen gráfica y se carga en un Sistema Gráfico Convencional: MS Paint, ACDSee, otros...Este mapa lo podemos obtener de un SIG por una única vez, pero también lo podemos obtener de escanearlo, digitalizar una imagen en papel o cualquier otra técnica convencional.

Paso 2: Se toman los datos X;Y que de forma natural nos muestra el cursor en pantalla al posicionarnos sobre el centroide. Este puede ser aproximado o lo podemos tomar con toda exactitud ampliando la imagen.

Paso 3: Se teclean los datos X;Y obtenidos de esta forma para crear el fichero.geo. Estos ficheros se comportan como una plantilla, para un mismo mapa y una misma unidad de área se pueden utilizar siempre.

Los centroides caracterizan el área, a ese punto se asignan los casos ocurridos en toda el área, pero el nivel de resolutivead lo decide el investigador: manzanas, municipios, etc...

Después de obtenidos los ficheros:

Se aplica el programa SatScan que realiza el método de Kulldorf.(9). Con él podemos:

- Determinar agrupaciones significativas de casos
- Realizar análisis puramente espaciales
- Realizar análisis puramente temporales
- Realizar análisis espacio-temporales
- Analizar comportamientos prospectivos
- Estimar el riesgo relativo de las subáreas

Todos ellos análisis de suma importancia en salud y que sin embargo, aún no están implementados en los Sistemas Geográficos de Información. Este programa se obtiene libre de costos por INTERNET. Tiene reconocimiento internacional.

The University Consortium for Geographic Information Science

Research Priorities



SPATIALIZATION: SPATIAL METAPHORS AND METHODS FOR HANDLING NON-SPATIAL DATA

THE PRIORITY

This research priority deals with the need to develop a theoretical framework, supported by empirical evidence and large-scale implementation, for the construction of cognitively adequate and computationally efficient spatializations for knowledge discovery in large, distributed repositories of non-georeferenced data.

DESCRIPTION OF RESEARCH CHALLENGE

We define spatialization as the systematic transformation of high-dimensional (non-geographic) data into lower-dimensional spatial representations to facilitate knowledge discovery from very large databases. Spatialization involves a two step process including: (1) mathematical transformations to re-arrange data items based on their content and functional relationships into a logically defined coordinate system, and (2) graphic depiction of the spatialized data for information exploration and knowledge construction.

A spatialized representation differs from ordinary data visualization

and geographic visualization in that it may be treated as if it represented spatial information, thus making possible the use of spatial metaphors and spatial analysis techniques for general data exploration. Spatialization capitalizes on people's familiarity with space in everyday life to produce information spaces that are both intuitive and internally coherent. Semantically sound information space design is called for when effective and unambiguous communication between information providers and information seekers is required as well as when knowledge from heterogeneous sources is to be analyzed as part of a knowledge discovery strategy. In either case, there is a need to derive generalization through semantic abstraction from data archives. A sound spatialization framework enables information designers to construct conceptually robust and usable information spaces and allow information seekers to more efficiently extract knowledge buried in large digital data archives.

Such a framework can be substantially supported through two major strands of work: (1) research into the cognitive and ontological

Authors:

André Skupin
Department of Geography
University of New Orleans
New Orleans, LA 70148
E-mail: skupin@uno.edu

Sara Fabrikant
Department of Geography
University of California
Santa Barbara, CA 93106
E-mail: sara@geog.ucsb.edu

Helen Couclelis
Department of Geography
University of California
Santa Barbara, CA 93106
E-mail: cook@geog.ucsb.edu

University Consortium for GIS
Suzy Jampoler, Director
Carolyn Merry, President

UGGIS

43351 Spinks Ferry Road
Leesburg, Virginia 20176-5631
TEL: (888) 850-8533
FAX: (703) 771-1635
Internet: <http://www.uggis.org>

The UGGIS is a non-profit organization of universities and other research institutions dedicated to advancing the understanding of geographic processes and spatial relationships through improved theory, methods, technology, and data.

foundations and implications of how people interact with non-spatial data on the basis of familiar spatial metaphors, and (2) work on the computational techniques that can produce meaningful spatialized geometries, visualizations, and methods of analysis.

IMPORTANCE OF RESEARCH CHALLENGE

There is a growing need for novel approaches to discovering and extracting information and knowledge from non-georeferenced data archives. While recent events have underscored the need to better analyze text, sound, and image records in counter-terrorism work, this is only one of many areas of relevance for this line of research. Visualization-based methods are seen as particularly relevant, as evidenced by the growth of information visualization as a cross-disciplinary field, including a distinct academic infrastructure. A look at various national funding programs reveals a similar picture, particularly at NSF and NIMA.

Awareness of spatialization within GIScience is growing, as indicated by dedicated sessions at the Annual AAG meetings and the GIScience conference series. Recent spatialization efforts of GIScientists have received enthusiastic reception by the information science and computer science communities. Recognition of spatialization as a GIScience priority will encourage the further infusion of GIScience expertise into spatialization research, reduce the redundancy that is still observed in many information visualization efforts, and raise the recognition of our community beyond the realm of geospatial data.

EMINENT RESEARCH QUESTIONS

Can we build an ontology of semantic information spaces? What will be its semantic primitives? For example, what kinds of proximities translate into semantic proximity in a (navigable) information space? Do people employ proximity strategies accordingly? Which visual variables are useful when dealing with the visualization of an information space, such as a collection of news stories? To what degree does the comprehension of a metaphor (e.g. map metaphor) depend on a user's background and training? What is

the empirical evidence regarding the relative advantages and problems of 2D versus 3D visualizations?

Which computational techniques are most suitable for preserving characteristics of an information space during its projection into a representational space? In other words, once we know users' spatial cognitive strategies, how do we ensure that geometric configurations are created which actually justify the employment of these strategies? Can the notion of map projections and their inherent distortions help us in this matter? To what degree will it help us to reinterpret such techniques as multidimensional scaling and self-organizing maps in the light of the object-field debate? How does insight gained from spatializations compare to traditional statistical inference?

REFERENCES

- Card, S.K., Mackinlay, J.D., and Shneiderman, B. (1999) *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco, Ca, Morgan Kaufmann Publishers
- Cruickshank, H. (1998) Worlds of Information: The Geographic Metaphor in the Visualization of Complex Information. *Cartography and Geographic Information Science* 25: 209-20
- Fabelkam, S.I. and Battenfeld, B.P. (2001) Formalizing Semantic Spaces for Information Access. *Annals of the Association of American Geographers* 91: 263-80
- Skupin, A. (2000) From Metaphor to Method: Cartographic Perspectives on Information Visualization. *Proceedings of InfoVis 2000*, October 2000, Salt Lake City, UT: 91-7
- Skupin, A. (2002) A Cartographic Approach to Visualizing Conference Abstracts. *IEEE Computer Graphics and Applications* 22: 50-8

GLOSARIO:

Análisis contextual: Enfoque analítico originalmente empleado en sociología para investigar el efecto de las características colectivas o grupales en los resultados individuales. En el análisis contextual, las variables predictivas grupales (que suelen construirse agregando características de individuos de cada grupo) se incluyen junto con variables individuales en regresiones estándar en las que el individuo es la unidad de análisis. Este enfoque permite examinar simultáneamente cómo se relacionan las *variables individuales* y las *variables grupales* con los resultados individuales, dando cabida a macroprocesos que se suponen con repercusiones a nivel individual independientemente de los efectos de las variables a nivel individual. “Análisis contextual” y *análisis multinivel* se han empleado a veces como sinónimos. Ambos planteamientos son similares en que permiten investigar de qué manera las variables grupales (macrovariables), las individuales (microvariables) y sus interacciones se relacionan con los resultados a nivel individual. Sin embargo, los *modelos multinivel* son más generales que los modelos contextuales originales, porque: 1) permiten (y tienen en cuenta) la posibilidad de correlación residual entre los individuos pertenecientes a un mismo grupo; y 2) permiten estudiar la variabilidad intergrupala y los factores asociados con ella. En cambio, en los modelos contextuales no se suele tener en cuenta la correlación residual (aunque pueden modificarse para que lo hagan) y no permiten estudiar la variabilidad intergrupala o los factores asociados con ella. (1)

Análisis de Conglomerados: Técnica estadística matemática basada en nociones de distancia, que no se restringen al espacio uni o bi dimensional, sino que pueden operar en el espacio multidimensional. Se reconocen a grandes rasgos, dos formas de acometer estos análisis: los métodos jerárquicos en los que no se impone ningún criterio *a priori*, y únicamente se permite la “unión” por pasos abarcando distancias progresivamente mayores o los métodos no jerárquicos (supervisados) donde se puede imponer una “semilla” o “modelo” para orientar la aglomeración.

Análisis multinivel: Se refiere a los métodos estadísticos, surgidos de las ciencias sociales, que analizan los resultados relacionándolos simultáneamente con los factores determinantes medidos en diferentes niveles (e.g., individual, del lugar de trabajo, del barrio, de la nación o de la región geográfica dentro de los límites geopolíticos o a través de ellos.) Si están guiados por modelos conceptuales bien elaborados que especifican claramente cuáles variables habrán de estudiarse a qué nivel, estos análisis potencialmente permiten evaluar si la salud del individuo está determinada no sólo por características “individuales” o “familiares”(por ej., el ingreso personal o familiar) sino también por características “de la población” o “de la zona”; estas últimas pueden ser “de composición” (por ej., personas que viven en la pobreza) o “contextuales” (irreducibles a nivel individual, por ej., distribución del ingreso, densidad de la población o carencia de establecimientos, como supermercados, bibliotecas o centros de salud).(1)

Autocorrelación espacial: La autocorrelación espacial es una medida del grado de relación que existe entre dos o más variables espaciales, lo que traduce en una covariabilidad en el espacio. Cada objeto geográfico tiene valores-atributos descriptivos de sus características (por ejemplo, un tipo de uso del suelo, tipo de vegetación, etc.) y coordenadas espaciales (coordenadas x e y del punto de ubicación del fenómeno). La

autocorrelación espacial viene a poner en relación las diferencias temáticas de los objetos en relación con la distancia que presentan entre sí. En general, si los objetos cercanos se parecen mucho entre sí, se dice que existe una autocorrelación espacial positiva; si por el contrario, los objetos cercanos, por el hecho de estar juntos, difieren mucho entre sí, la autocorrelación espacial es negativa. Las medidas más populares de autocorrelación espacial son la I de Moran y la C de Geary . (3)

Cartografía informatizada: Capacidad de obtener mapas digitalizados referidos a imágenes raster, (como matrices de celdas o píxeles) o vectoriales (en forma de coordenadas) con datos geo-referenciados. (3)

Correlograma: Se utiliza en el mismo sentido que el variograma (ver definición), pero en un sentido unidireccional. Permite observar la periodicidad de elementos autorregresivos y resulta de gran ayuda en la identificación del modelo. (3)

Datos georeferenciados: Datos en los que se ha establecido la relación entre las coordenadas sobre un mapa plano y las coordenadas de la tierra.(3)

Datum: Sistema geométrico de referencia medido de manera muy precisa que es empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno respecto al esferoide. Es utilizado como punto de referencia para la medición de otras coordenadas geográficas.(3)

Emergentismo: sostiene la tesis de que a cada nuevo nivel de complejidad de los sistemas aparecen nuevas propiedades capaces de explicar el comportamiento de éstos. (4)

Escalado: Reducción necesaria para representar la superficie de la Tierra en un plano. Significa el número de veces que la distancia real en el terreno es reducida en el modelo gráfico o mapa.(3)

Estimador: Estadístico que se utiliza para calcular algún parámetro poblacional. Al contener elementos muestrales, el estadístico va a ser también una variable aleatoria. Un estimador será mejor o peor que otro según el valor que nos de sea más o menos próximo al valor poblacional. Así un estimador será más o menos aceptable según cumpla una serie de propiedades:(5)

1º) Centrado o Insesgado

2º) Eficiente

3º) Consistente

4º) Robusto

- **Insesgadez:** Un estimador será insesgado o centrado, cuando su valor más probable coincida con el valor poblacional del parámetro a estimar. Si ocurre lo contrario, diremos que el estimador es sesgado.

- **Eficiencia:** También llamada precisión de un estimador es el inverso de la varianza del estimador.

- **Consistencia:** Un estimador será consistente, cuando a pesar de ser sesgado, el sesgo disminuye al aumentar el tamaño muestral. Es decir, equivale al cálculo del sesgo en el límite al tender n a infinito.

- **Robustez:** Un estimador será robusto, cuando mantiene buenas propiedades ante pequeñas variaciones en el modelo.

Exploración de datos: metodología en la que se utilizan técnicas manuales para encontrar “camino” a través de un conjunto de datos y resaltar aspectos importantes en sus relaciones que permitan un análisis ulterior. Aunque esta metodología igualmente puede ser aplicada a series de datos de cualquier tipo y tamaño, la naturaleza manual del análisis la hace más razonable para volúmenes más pequeños de información, especialmente para aquellos en los que los datos han sido cuidadosamente coleccionados y/o contruidos.(6)

Falacia atomista: Es la que puede surgir cuando se hacen inferencias sobre la variabilidad intergrupala (o la relación entre variables grupales) a partir de datos individuales. Más en general, es la falacia de inferir conclusiones sobre la variabilidad entre unidades de nivel superior con datos correspondientes a unidades de nivel inferior.(7)

Falacia ecológica: Es la que puede aparecer al inferir conclusiones a escala individual (es decir, sobre las relaciones entre variables individuales) a partir de datos grupales. La falacia ecológica surge porque las asociaciones entre dos variables grupales (o ecológicas) pueden ser diferentes de las asociaciones entre variables análogas pero individuales. De manera más general, la falacia puede surgir cuando se usan datos de unidades de nivel superior para hacer inferencias respecto a factores asociados con la variabilidad entre unidades de nivel inferior, es decir, cuando el modelo conceptual que se pone a prueba corresponde al nivel inferior, pero los datos se recopilan a un nivel superior. (7)

Fisicalismo: es la tesis de que todo en el universo, incluyendo los aspectos biológicos, psicológicos, morales o sociales se comportan conforme a las leyes de la física. Sostiene que aunque estas relaciones no sean evidentes, ello se debe a que no han sido descubiertas las leyes fisicalistas que las rigen. En el mundo físico, cada aspecto del universo puede, eventualmente ser expresado a través de ecuaciones. El fisicalismo se basa en las ideas del determinismo y el reduccionismo.(6)

Matriz de contigüidad: Un recurso metodológico para tener en cuenta las unidades geográficas con fronteras comunes, que denota mediante un código bivalente la existencia o no de contigüidades entre áreas.(8)

Minería de datos: técnica desarrollada para lidiar con grandes conjuntos de datos, para descubrir aspectos interesantes de su estructura, que puedan ser posteriormente analizados. Aunque usualmente guiados por parámetros pre-especificados, los mecanismos de clasificación son algoritmos que pueden incluir aspectos de inteligencia artificial y aprendizaje de máquinas. Esta automatización es necesaria para hacer realizable la tarea o meta del análisis cuando el volumen de datos es muy grande.(6)

Modificación de la unidad areal (MAUP): Se refiere a los efectos producidos por el cambio de la unidad geográfica de análisis, muchas veces condicionado por la escala, el nivel administrativo conveniente al estudio y otros criterios.(7)

Rejilla: Es la unidad mínima resultante de dividir artificialmente el espacio en cuadrantes regulares. Un recurso metodológico que apoya el análisis de las distribuciones espaciales.(3)

Sistemas de Información Geográfica: Sistemas computarizados diseñados para captar, almacenar, manipular, analizar y mostrar eficientemente la información geográficamente referenciada. (3)

Sistemas de Posicionamiento Global: Sistema combinado de satélites y receptores de señales de satélites usados para calcular la posición sobre la tierra con un alto grado de exactitud. (3)

Tecnocracia: Uso del poder por técnicos, personas o grupos especializados en alguna materia, con tendencia a hallar soluciones eficaces por encima de otras consideraciones ideológicas o políticas. Subordinación de los procedimientos y las acciones a una tecnología. Se ha utilizado este término para poner en perspectiva la posibilidad real de realizar y desarrollar análisis espaciales utilizando otros enfoques, y evitando subordinarse a la posesión de ciertos recursos.(9)

Topología: Métodos matemáticos descriptivos basados en relaciones de distancia y forma de los objetos. En el contexto de este trabajo ambas acepciones son utilizadas, es decir, en cuanto a la posición relativa de objetos en el espacio, en cuanto a la conformación de conglomerados multivariantes (clasificación), pero también en cuanto a las relaciones entre objetos en el espacio, incluyendo la noción de contiguidad y flujos de permisibilidad.(3)

Variograma: Técnica de análisis gráfico que permite relacionar la variabilidad de la diferencia en valor de un atributo de dos puntos de muestreo con la distancia entre ellos.(3)

Zonificación: Efecto producido sobre el espacio continuo producto de aplicar diferentes subdivisiones, generalmente sometidas a diferentes criterios.(8)

Referencias del Glosario:

- 1- Diez Roux A. (2002) Glosario de Análisis Multinivel. Divisiones de Medicina y de Epidemiología de la Universidad Columbia. Nueva York, Nueva York, Estados Unido.
- 2- Grau. R. (2002) Técnicas Estadísticas. (libro de texto para estudiantes) Cap.21 UCLV. 2002.
- 3- OPS-OMS. (2002) Sistemas de Información Geográfica en Salud. 2002 Washington DC. 92 p.
- 4- Anderson, P.W. More Is Different. Harvard University Press 1982

- 5- Canavos G., Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos, McGraw Hill, México 1988.
- 6- The Datamology Company. (2004). Visicube: The data microscope V1.4. Manual de usuario.
- 7- Krieger N, (2002) Glosario de Epidemiología Social .Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard Boston, Massachussets, Estados Unidos.
- 8- Griffith D.Layne L. (1999). A Case-book of Spatial Statistical Data Analysis. (1999) N.Y. Oxford University Press.
- 9- Diccionario de la Real Lengua Española. 23 Edición. Junio 2004.

PRODUCCION CIENTIFICA DE LA AUTORA SOBRE EL TEMA.

- 1- Alegret M. (1996) Uso de la técnica de clusters para la clasificación de áreas sometidas a vigilancia. Trabajo presentado al Primer Encuentro de Geógrafos de la Salud. Unidad Nacional de Análisis y Tendencias en Salud, MINSAP, Cuba, 1996.
- 2- Alegret M. (1997) Las relaciones espaciales y espacio-temporales en la geografía médica. Mas allá del mapa. Trabajo presentado al 1er. Congreso Latinoamericano de Medicina Tropical.
- 3- Alegret M. (1998) Clustering vs Puntajes: ¿Dónde opinan los expertos? Conferencia dictada en el Primer Taller Nacional de Estratificación Geográfica. Auspiciado por OPS-OMS. Cienfuegos, 1998.
- 4- Casas G, Grau R. Alegret M. (1998) Técnicas de clustering para el estudio de epidemias. Tesis de Maestría en Matemática Aplicada. UCLV, 1998.
- 5- Rodríguez M., Alegret M., Rivero E. (2001) Atlas Automatizado de Salud de la Provincia de Villa Clara. REGISTRO CUMED 865 Año 2002 Vol 1. Publicado en el Portal de Capiro. www.capiro.vcl.sld.cu/atlas.html
- 6- Rodríguez M., Alegret M., Monteagudo D. (2001) Los SIG como herramientas en la lucha antivectorial. REGISTRO CUMED 674 Año 2002 Vol 1
- 7- Font M, Rodríguez M, Alegret M, (2000) Espacio y Salud en Santa Clara. Trabajo publicado en las memorias del Evento Internacional Trópico '99.
- 8- Rodríguez M. Alegret M. (2003) Los Sistemas de Información Geográfica: una herramienta para la estratificación en salud. En: Estratificación Epidemiológica UATS CDS Ediciones Junio 2003.

- 9-Alegret M, Spiegel J, Yassi A. (2004) Importance of Stratification and Territorial Ordering in Prospection, Prediction and Surveillance in Public Health. Presented at 4th Annual Meeting of the CCGHR. Ottawa October 24 2004
- 10- Alegret M. (2005) . Del espacio a la estructura espacial. Trabajo presentado al II Congreso Interamericano de Ambiente y Salud. Palacio de las Convenciones. La Habana Cuba, Sep 19-24 2005.
- 11- Alegret M. (2004) Presentación de una técnica para acercar el análisis de datos espaciales al quehacer de la Epidemiología. Premio Relevante del XV Forum de Ciencia y Técnica Municipal y Provincial Seleccionado al XV Forum de Ciencia y Técnica Nacional.
- 12 Alegret M. Herrera M. (2005). Aplicación de una técnica de análisis de clustering espacio-temporal en la Epidemiología. Caso de estudio: Síndrome de Down. Revista Mediceuro. Vol. No.
- 13- Alegret M. (2005) Aproximaciones metodológicas en el análisis de datos espaciales. Validación de un método. Premio Salud Provincial. Premio Relevante XVI Forum Provincial.
- 14- Casas G, Grau R, Alegret M. (1999). Métodos para la Vigilancia de Eventos (III): Técnicas de Clustering para la Detección de Epidemias. Reporte Técnico de Vigilancia. 28 de julio, 1999; 4(7).
- 15- Alegret M. (2005). Del espacio a la estructura. Revista Mediceuro. Vol 9 (4). Suppl. 1, 2005.

PREMIACIONES Y RECONOCIMIENTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCION CIENTIFICA DE LA AUTORA SOBRE EL TEMA.

- 1- Rodríguez M., Alegret M., Rivero E. (2001) Atlas Automatizado de Salud de la Provincia de Villa Clara. Premio del Concurso Anual Salud Provincial, Mención al Premio Nacional del Concurso Anual de Salud.
- 2- Rodríguez M., Alegret M., Monteagudo D. (2002) Los SIG como heramientas en la lucha antivectorial. Premio Concurso Anual Salud Provincial.
- 3- Alegret M. (2004) Presentación de una técnica para acercar el análisis de datos espaciales al quehacer de la epidemiología. Premio Relevante en el XV Forum municipal de Ciencia y Técnica, Premio Destacado en el XV Forum provincial de Ciencia y Técnica. Seleccionado al XV Fórum Nacional de Ciencia y Técnica (aún no realizado al cierre de este trabajo).
- 4- Alegret M. (2005) Aproximaciones metodológicas en el análisis de datos espaciales en salud. Validación de un método. Premio relevante en el XVI Forum de base de ciencia y Técnica. Premio Anual de la Salud (Provincial).
- 5- Alegret M. (2006) Aproximaciones metodológicas para la incorporación más efectiva del análisis espacial en Ciencias de la Salud. Premio relevante en el XVI Forum provincial de Ciencia y Técnica.