



## DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS CASOS DE ANOMALÍAS CONGÉNITAS CALI, COLOMBIA

**Daniel Elías Cuartas Arroyave**  
[delcuave@hotmail.com](mailto:delcuave@hotmail.com)

GESP – Universidad Del Valle

**Lina María Perdomo Cuenca**  
[linisgeo@yahoo.com](mailto:linisgeo@yahoo.com)  
Universidad Del Valle

**Yoseth Ariza Araujo**  
[yosethj@yahoo.com](mailto:yosethj@yahoo.com)  
GESP / Universidad del Valle

**Harry Mauricio Pachajoa**  
[harrympl@yahoo.com](mailto:harrympl@yahoo.com)  
Macos – Universidad del Valle

### RESUMEN

En Santiago de Cali las Anomalías Congénitas son consideradas como una de las principales causas de muerte fetal, convirtiéndose en un problema de salud pública y mereciendo la atención del sector salud. Esto impulsó el desarrollo de un sistema de vigilancia en el Hospital Universitario del Valle bajo la metodología del Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas, que inició recolección de datos en marzo de 2004 y hasta el mes de octubre de 2008 ha registrado 520 casos de anomalías congénitas mayores con una prevalencia al nacimiento de 4.8 por cada mil recién nacidos vivos. Entre diciembre de 2004 y febrero de 2005 identificó un foco de casos de sirenomelias y ciclopías (anomalías con una prevalencia de 1 en 50000 o 100000), lo que motivó el desarrollo del proyecto “Factores Ambientales Asociados a la Ocurrencia de Anomalías Congénitas en Cali”. En el marco de este proyecto se desarrolló una caracterización de la distribución espacial de las anomalías congénitas mayores y de un subgrupo de anomalías que según la literatura tiene una fuerte asociación con factores ambientales. Con la ayuda de técnicas estadísticas propias del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, logró identificarse la agregación de casos de anomalías congénitas mayores en algunas comunas de la ciudad. Para el subgrupo de las anomalías congénitas ambientales la evidencia no fue estadísticamente significativa, sin embargo fue posible observar una tendencia similar a la de las anomalías congénitas mayores. La agregación identificada, ocurre en áreas de la ciudad donde está asentada gran parte de la población de bajo nivel socioeconómico, con crecimiento urbano no planificado, bajo acceso a servicios, condiciones de vida deficientes, comportamientos de riesgo y exposición de la población a lugares con presencia de contaminantes, lo que configura una situación favorable para la ocurrencia de problemas de salud, como las anomalías congénitas.

**Keywords:** Análisis exploratorio de datos espaciales, geografía de la salud, anomalías congénitas

### INTRODUCCIÓN

Las anomalías congénitas (AC) son defectos estructurales primarios de un órgano o parte de él o de una región corporal y son el resultado de una anomalía intrínseca del desarrollo. La presencia de una malformación implica que el desarrollo de un tejido en particular se ha interrumpido en su fase inicial o que ha tenido un desarrollo erróneo durante

la maternidad (Pinto, 1998). Las AC atraen la atención tanto a nivel mundial como a nivel local, lo que ha motivado el desarrollo de diferentes sistemas de vigilancia a escala regional, nacional, municipal y en muchos casos en instituciones específicas. En 1967 inició actividades el Estudio Colaborativo Latinoamericano de Anomalías Congénitas – ECLAMC -, que busca conocer y estudiar el origen, la frecuencia y distribución de las MFC en América Latina; actualmente participan diferentes instituciones de Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela (ECLAMC, 2002).

En el marco del ECLAMC, Colombia inicia la participación en el 2001 y en la ciudad de Cali la recolección de datos de casos de AC empieza el 1 de marzo de 2004 en el Hospital Universitario del Valle – HUV- configurando el sistema de vigilancia de MFC del HUV. Desde esta fecha y hasta el 31 octubre de 2008 se presentaron 520 casos de anomalías congénitas mayores – ACM - en 107.640 nacidos vivos (población calculada con datos de nacidos vivos en el 2006 suministrados por la Secretaria de salud Pública Municipal), teniendo una prevalencia al nacimiento de 4.8 ACM por cada 1000 nacidos vivos. Entre los meses de diciembre de 2004 y marzo de 2005, el sistema de vigilancia del HUV logró identificar una epidemia de ACM al presentarse 4 casos de sirenomelias y 4 casos de ciclopías en 42.103 nacimientos, eventos que según la literatura tienen una frecuencia de 1 en cada 50000 -100000 nacimientos (Arcminson, *et al*, 2006).

La ocurrencia de este importante número de ACM motivo el desarrollo del proyecto “Factores Ambientales Asociados a la Ocurrencia de anomalías Congénitas en Cali”, que busca identificar cuáles son los factores ambientales que pueden estar afectando la ocurrencia de anomalías congénitas. En este sentido el objetivo del presente trabajo y aporte de la geografía al proyecto antes mencionado es la caracterización de la de la distribución de los casos de anomalías congénitas mayores presentadas entre marzo de 2004 y octubre de 2008.

### ***Etiología de las Anomalías Congénitas***

Las causas generales de ocurrencia de ACM pueden ser anormalidades cromosómicas, genes mutantes, factores ambientales, causas multifactoriales (combinación entre factores ambientales y genéticos) y causas desconocidas. Aproximadamente entre el 13% y el 15% de estas MFCM ocurren debido a genes mutantes o anormalidades cromosómicas, el 85% – 87% restante tienen alguna relación con factores ambientales o tienen una causa desconocida. (Moore, 1993 en COLORADO DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT, 2002)

Tabla 1 Porcentaje de ocurrencia de ACM según su etiología

<b>CAUSAS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Anormalidades Cromosómicas	6-7
Genes Mutantes	7-8
Factores ambientales (por ejemplo drogas)	7-10
Inherencia Multifactorial (Combinación entre factores ambientales y genéticos)	20-25
Causas desconocidas	50-60

Fuente: COLORADO DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT, 2002

En el caso de las ACM con causa etiológica de factores ambientales, inherencia multifactorial y de causa desconocida, existe gran dificultad para la identificación de un único agente etiológico, se plantea que las personas tienen una predisposición genética o biológica que no se manifiesta (son como un vaso de agua medio lleno) y al exponerse a las manifestaciones ambientales de los lugares dada por la presencia o ausencia de

contaminación, servicios básicos y recursos (MINISTÉRIO DA SAÚDE DA BRAZIL & FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Vol. 1. 2007) pueden activar el mecanismo (llenar el vaso) y manifestarse como una malformación (Entrevista con Harry Pachajoa, 2009).

## METODOLOGIA

Para alcanzar el objetivo de caracterizar la distribución espacial de las ACM presentadas entre el 2004 y 2008 en la ciudad de Cali, se propone desarrollar un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) que describa la distribución espacial, identifique localizaciones atípicas (Outliers espaciales), descubra esquemas de asociación, y sugiera regímenes o inestabilidades espaciales, además de un análisis de densidad de casos. Los datos abordados desde el AEDE pueden ser de naturaleza continua o discreta. Para datos de naturaleza continua el principal supuesto estriba en que la interacción espacial es dependiente de la distancia entre pares de observaciones (perspectiva geoestadística), mientras que para datos de naturaleza discreta la interacción espacial viene dada por relación existente entre cada localización y un número determinado de vecinos (perspectiva lattice) (Moreno et al, 2000). En la tabla No. 1 se presentan las diferentes técnicas que pueden desarrollarse en cada una de las perspectivas del AEDE.

Tabla No. 1 ANALISIS EXPLORATORIO DE DATOS - TECNICAS

	Perspectiva Geoestadística	Perspectiva Lattice
Distribución Espacial	Función de distribución acumulada espacial	Diagrama/mapa de caja
Asociación Espacial Global	Scatterplot retardo espacial Nube del variograma Box Plot del variograma	Gráficos de retardo espacial Mapa y scatterplot de Moran
Asociación Espacial Local	Outliers en el Box Plot del variograma Outliers en la nube del variograma	Mapas LISA Outliers en el scatterplot de Moran

Fuente: Moreno, 2000, choro castro

Elementos importantes y complementarios adicionales en la caracterización de la distribución espacial de las ACM son el análisis de densidad de casos y el análisis de cluster con la técnica scan. El análisis de densidad de puntos en epidemiología y en el contexto de sistemas de vigilancia es una manera rápida de identificar concentración de casos por que permite conocer por medio de una superficie continua los lugares donde se están concentrando los eventos. La técnica más empleada es la densidad de Kernel que es una técnica estadística de interpolación. Por otro lado la identificación de cluster por medio de la técnica scan presenta la ventaja de poder ajustar por la población y/o por variables confusoras al tiempo de conocer un único valor de p (MINISTÉRIO DA SAÚDE DA BRAZIL & FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Vol. 3. 2007 : p51). En el presente trabajo los análisis que se desarrollan son:

- Análisis de densidad de casos.
- Análisis de tendencia espacial, tasa de ocurrencia por comuna.
- Análisis de Asociación Espacial, tasa de ocurrencia por comuna.
- Análisis de concentración de casos, tasa de ocurrencia por comuna.
- Análisis de cluster.

Estos análisis involucraron dos grupos de anomalías, el primero compuesto por todos los casos de anomalías congénitas mayores y el segundo compuesto por un grupo de anomalías congénitas ambientales – ACA – las cuales vienen siendo relacionadas en la literatura con factores ambientales.

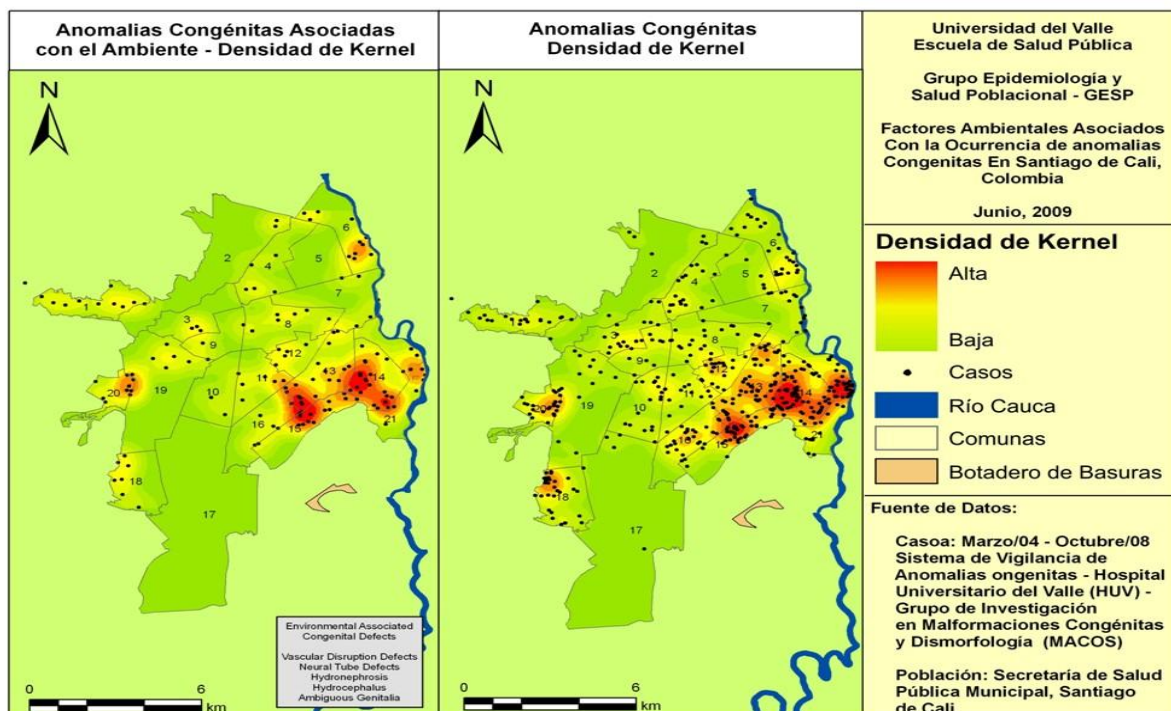
## RESULTADOS E DISCUSIÓN

### Análisis de densidad de casos

El análisis de densidad de puntos o casos permite identificar puntos calientes o aglomeraciones de casos, que en ocasiones rompen con la estructura político-administrativa. Existen diferentes técnicas para realizar el análisis de densidad dentro de las que se destaca la densidad de Kernel como una de las más empleadas para estimar la densidad de casos. La densidad de Kernel es una técnica de interpolación exploratoria en donde una distribución de puntos es convertida en una superficie continua de riesgo para la ocurrencia, otorgando para todos los puntos de la superficie calculada una densidad específica. Esta técnica no permite la identificación de cluster o aglomerados de casos, pero si permite explorar rápidamente patrones que se estén presentando en la distribución de los casos. Para realizar el análisis de densidad de Kernel es necesario definir dos parámetros básicos, el radio de influencia que es un radio de un círculo centrado en el punto al cual se le va a calcular el valor de la densidad y la función de Kernel que se emplea, esta puede ser normal, cuadrática, triangular o uniforme. Las más empleadas son la normal y la cuadrática (2007 : p44).

El radio según Silverman (Silverman, 1986 En : MINISTÉRIO DA SAÚDE DA BRAZIL & FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Vol. 3. 2007 : p48) debe tomar diferentes valores de tal forma que se encuentre el patrón que mejor se adapte al estudio y sirva para la formulación de hipótesis, debe ser una radio que no generalice demasiado pero que tampoco especifique en exceso los lugares donde se presenten puntos calientes.

Al realizar el análisis de densidad de Kernel para todos los casos de AFCM y para los casos de ACA se obtuvo que los casos tiendan a concentrarse en el oriente de la ciudad en donde se encuentra el 31% de la población de la ciudad (DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA DANE, Censo 2005) y estas comunas pertenecen a estratos socioeconómicos bajos.

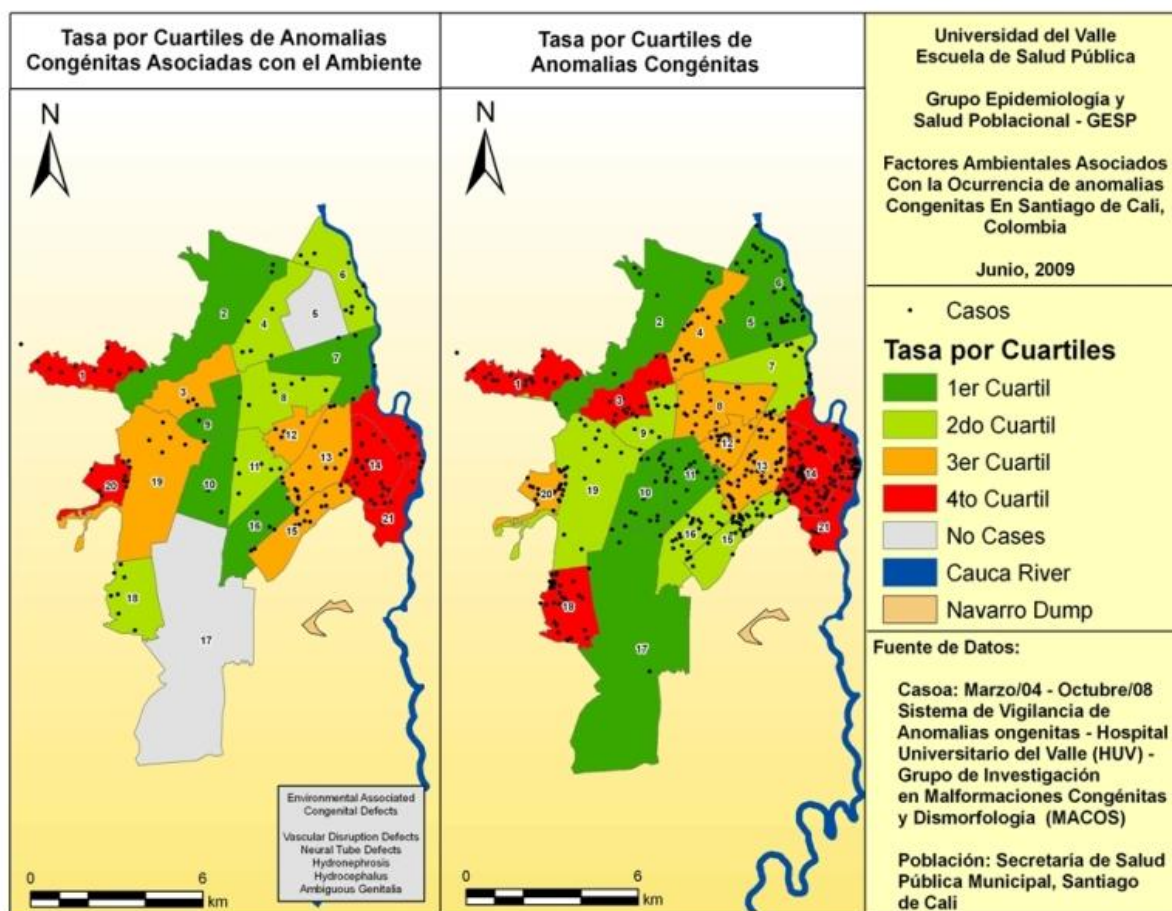


### Análisis de tendencia espacial, tasa de ocurrencia por comuna.

Los datos geográficos por la particularidad de distribuirse en el espacio, son multidireccionales, no presentan una direccionalidad lineal como las series de tiempo. Lo anterior implica que la multidireccionalidad debe ser abordada y representada de alguna manera. Para conocer esta tendencia en la distribución de la tasa de ACM y ACA se emplean mapas temáticos de cuantiles, donde cada cuartil tiene el mismo número de observaciones que los demás. Cuando se emplean 4 cuantiles se obtiene un mapa de cuantiles, donde cada grupo de observaciones equivale al 25% de las comunas de la ciudad. De esta manera se pueden observar cuales son las comunas con los valores de la tasa más bajos, mas altos y los intermedios (CHASCO, C. 2006 : p38).

Otra manera de representar la tendencia es a través del diagrama-mapa de caja, este es un grafico empleado para la exploración de variables espaciales y no espaciales, su construcción consiste en el cálculo de los cuantiles, la media de la variable y de los limites inferior y superior que es el producto de multiplicar los valores del primer y tercer cuartil por 1.5 veces el recorrido intercuartilico (2006 : p39). Con el mapa temático de cuantiles y el diagrama de caja de alambres es posible conocer cuál es la tendencia de distribución de la tasa por comuna.

Al construir los mapas por cuantiles de las tasas de casos de ACM y ACA, teniendo como población referencia los nacidos vivos en la ciudad por comuna, se observa que las comunas del oriente de la ciudad poseen valores altos y medio-altos de la tasa, de igual forma comunas del occidente presentan un valor alto de la tasa. En este mapa los casos ya están ajustados por nacidos vivos por comuna y es en las comunas con la población más pobre donde se presenta una mayor tasa de ACM y ACA.



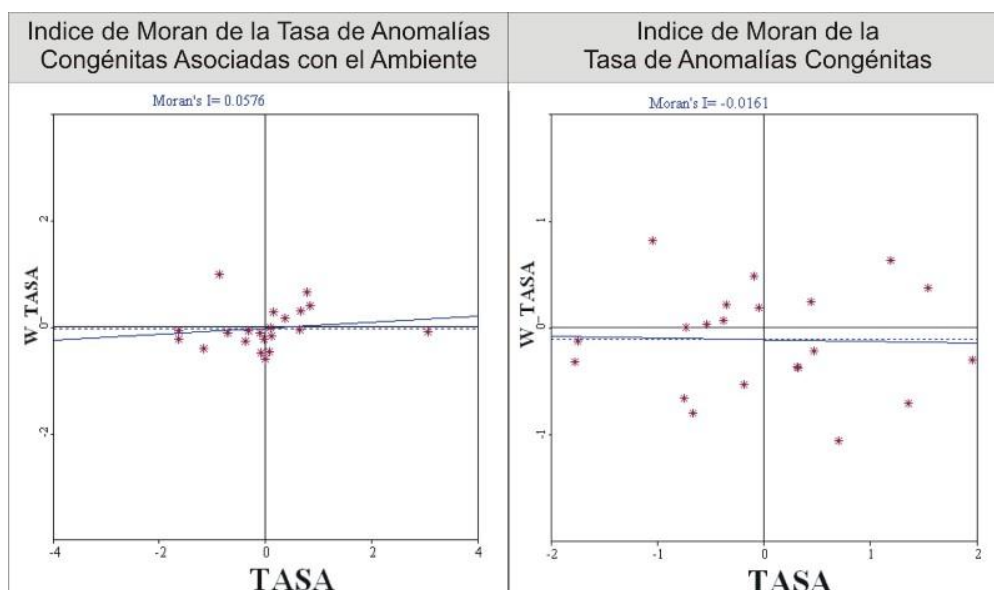
### **Análisis de Asociación Espacial, tasa de ocurrencia por comuna.**

La asociación espacial según Choro Castro (2006 : p40) consiste en la coincidencia de valores ya sean altos o bajos en determinados lugares del espacio geográfico, este concepto también se conoce como autocorrelación espacial. El principal supuesto de la autocorrelación espacial es la no independencia entre las observaciones, dicho de otra manera el valor que una variable toma en determinada área no solo está determinada por las particularidades internas, sino que también es explicada por el valor que la misma variable toma en las regiones vecinas.

La autocorrelación puede ser positiva cuando la presencia de un fenómeno en una determinada área conlleva a la aparición de ese fenómeno en áreas adyacentes, por el contrario, es negativa cuando impide la aparición en las áreas vecinas. Una de las técnicas más conocidas y empleadas para identificar la autocorrelación espacial es el diagrama de dispersión de Moran, que representa en el eje X los valores de la variable estandarizada y en el eje Y los valores de la variable retardada espacialmente (2006 : p40). El Retardo espacial o la definición de la variable espacialmente retardada se realiza calculando para cada área el promedio ponderado de la variable de estudio de los valores de las áreas vecinas (Moreno et al. 2000 : p26).

En el diagrama de dispersión de Moran la pendiente de la recta coincide con el valor del Índice global de Moran (tiene en cuenta todas las observaciones), que varía entre -1 y 1, entre mas se acerque a 1 o -1 indica autocorrelación positiva o negativa respectivamente, si por el contrario el valor es próximo a cero indica que la distribución tiende a no tener autocorrelación espacial y por lo tanto a tener una distribución aleatoria. El diagrama de dispersión de Moran en el análisis de autocorrelación espacial tiene la limitación que es un análisis global, solo informa de la existencia de autocorrelación espacial y de la fuerza de la misma al tener en cuenta todas las unidades espaciales, pero no es capaz de dar cuenta de la existencia de aglomeraciones (CHASCO, C. 2006 : p43).

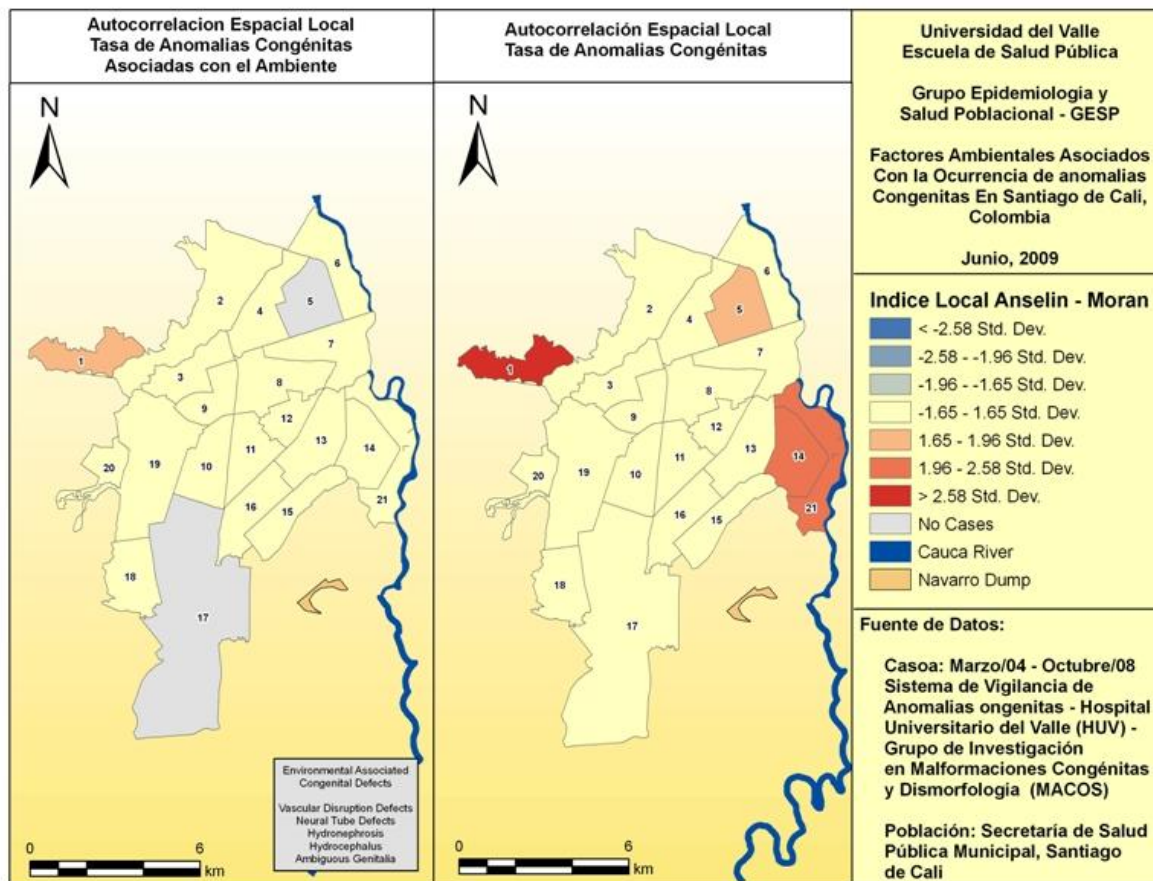
Al calcular el índice de autocorrelación espacial global de Moran para la tasa de anomalías congénitas de ACM y ACA, los resultados sugieren al tener en cuenta todas las comunas de la ciudad que la distribución espacial de la tasa de ocurrencia es aleatoria, siendo importante mencionar que este indicador no informa sobre la existencia de cluster o agregaciones espaciales, como se sugirió anteriormente, siendo necesario desarrollar el análisis de concentración espacial y el análisis de cluster



**Análisis de concentración de casos, tasa de ocurrencia por comuna.**

La concentración espacial es el resultado de la agrupación de valores extremos en torno a una o varias unidades territoriales próximas. Para detectar la existencia de este comportamiento en una variable geográfica se diseñó el gráfico LISA (Local Indicator of Spatial Association) de concentración (2006 : p44). Los gráficos LISA generalmente tiene como base el indicador local de Moran que no se calcula de manera global como en el diagrama de dispersión de Moran en el análisis de asociación espacial. Por el contrario el I local de Moran se calcula para cada una de las observaciones (áreas). Además para cada valor del I local de Moran en cada una de las observaciones es posible realizar una inferencia, con el objetivo de evaluar la significancia estadística del rechazo de la hipótesis nula (no concentración de valores altos o bajos en torno a una localización específica) (2006 : p44).

El análisis de autocorrelación espacial local por medio de índice de Anselín – Moran muestra que no existe concentración espacial de la tasa de ACA, mientras que para la tasa de ACM se presenta concentración espacial con una p de 0.05 en tres comunas de la ciudad, dos ubicadas al oriente y una localizada al occidente



**Análisis de cluster.**

Al igual que el análisis de concentración espacial la técnica estadística scan busca identificar cluster. En esta técnica una ventana circular recorre toda el área en busca de aglomerados. El radio del círculo puede variar entre cero y un máximo que no incluya más del 50% de la población, brindando flexibilidad en tamaño y localización a la ventana.

Al recorrer toda el área de interés se crea un conjunto con un número finito de círculos de diferentes tamaños, en los cuales pueden estar contenidos distintas áreas o comunas

vecinas con la posibilidad de contener un cluster y cada círculo es tratado como un cluster potencial. Esto se logra al contrastar la hipótesis nula con la alternativa, dicho en otras palabras se compara la existencia de un riesgo potencial dentro de la ventana frente al riesgo del exterior, al comparar el número de casos dentro del círculo con el número de casos esperados si la distribución fuera aleatoria. Para cada ventana o círculo se maximiza la función de verosimilitud y la ventana que presenta el valor más alto de la función de verosimilitud es considerada como el cluster más probable (MINISTÉRIO DA SAÚDE DA BRAZIL & FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Vol. 3. 2007 : p51-52).

En el análisis de cluster se encontró que MFCM presentan cluster a nivel espacial, temporal y espacio temporal que coinciden con los anteriores resultados. El análisis temporal se realizó utilizando la fecha de concepción identificando una agregación de casos en el primer año de recolección de información (2004-2005). Para el caso de las MFCA se identificaron cluster pero los resultados no fueron significativos.

	ANÁLISIS DE CLUSTER									
	ESPACIAL			TEMPORAL			ESPACIO TEMPORAL			
	COMUNAS	RR	P	FECHA	RR	P	COMUNAS	FECHA	RR	P
Anomalías Congénitas Mayores	14, 21, 13, 12	1,671	0,001	14/10/2003 - 13/03/2005	1,828	0,001	14, 21, 13, 12, 15, 7, 8	14/09/2003 - 13/01/2005	2,032	0,001
Anomalías Congénitas Asociadas con el Ambiente	14, 21, 13, 12, 15	1,59	0,15	14/10/2003 - 13/02/2009	1,911	0,016	14, 21, 13	14/02/2007 - 13/01/2008	3,153	0,186

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo del AEDE se logró conocer que la distribución espacial de la ocurrencia de ACM registradas en el HUV entre el 2004 y el 2008 en la ciudad de Cali, está marcada por la tendencia a concentrarse en el oriente de la ciudad (comunas 13,14, 15 y 21) y en una comuna al occidente (comuna 1). De otro lado no se encontró evidencia estadísticamente significativa de que las ACA se estén concentrando, pero si es posible ver que en la ciudad existe una tendencia similar a la de las ACM.

Estas herramientas estadísticas son de útil aplicación en los sistemas de vigilancia en salud debido a que proporcionan elementos para direccionar esfuerzos a nivel del sistema de vigilancia y/o por parte de entidades prestadoras de servicios de salud encargadas de desarrollar los procesos de intervención en la ciudad. Por otro lado permiten conocer áreas en las cuales se hace relevante formular nuevos proyectos de investigación que den cuenta de la etiología del evento.

Al conocer a priori la distribución de la población en la ciudad y observar la tendencia espacial de la ocurrencia de las ACM, resulta difícil no establecer una relación entre anomalías congénitas y pobreza, dado que son las comunas donde se concentra el evento en estudio en las que se localizan gran parte de la población con escasos recursos. Localización que es el resultado del proceso de urbanización no planificado caracterizado por la formación de asentamientos subnormales como respuesta a un déficit de vivienda alimentado por el alto desplazamiento de población rural hacia la ciudad, efecto del conflicto interno del país. Esto ha producido espacios con deficiente infraestructura, con redes sociales rotas, con problemas de acceso a recursos, servicios y bienes, que condicionan los modos de vida de las personas, generando que las personas se expongan a espacios con deficientes condiciones ambientales.

La exposición a lugares con condiciones de vida deficientes, en los cuales existe la presencia de contaminación en suelo, aire, agua y/o alimentos, además de la ausencia de servicios básicos y recursos configuran un problema de salud, en este caso evidenciado por la ocurrencia de ACM, que es necesario estudiar desde la geografía de la salud en compañía de un grupo de trabajo transdisciplinar que identifique las relaciones y objetos que configuran el evento estudiado, con el objetivo de orientar el desarrollo de intervenciones efectivas, que logren modificar la exposición, mejorando la salud de las comunidades.



**AGRADECIMIENTOS** los grupos de investigación de la Universidad del Valle, Grupo Epidemiología y Salud Poblacional – GESP – y al Grupo de Malformaciones Congénitas, Perinatales y Dismorfología – MACOS – por el apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

## REFERÊNCIAS

ARCMINSON, F *et al.* Foco Epidémico de Sirenomelia en Cali, Colombia : Informe de Cuatro Casos en el Hospital Universitario del Valle en 54 Días. **Colombia Médica**, v. 37, n. 3, 2006.

Chasco, Coro. Análisis Estadístico de Datos Geográficos en Geomarketing: El Programa GeoDa. En : **Distribución y Consumo**. V. 34, n. 45, 2006.

COLORADO DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT. **Analysis of birth defect data in the vicinity of the redfield plume area in the southeast denver county : 1989 – 1999**. Colorado, 2002. Disponible en [www.cdphe.state.co.us/hm/redfieldbirthdefects.pdf](http://www.cdphe.state.co.us/hm/redfieldbirthdefects.pdf)

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA – DANE-. **Censo 2005**. Disponible en: [www.dane.gov.co/censo/](http://www.dane.gov.co/censo/).

ESTUDIO COLABORATIVO LATINOAMERICANO DE MALFORMACIONES CONGENITAS – ECLAMC- . **Manual Operacional**. Rio de Janeiro, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DA BRAZIL & FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Abordagens Espaciais na Saúde Pública**. En : Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde. Série B: Textos Básicos de Saúde, Brasília. Vol 1, 2006.

\_\_\_\_\_, **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. En : Série: Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde. Série B: Textos Básicos de Saúde, Brasília. Vol 3, 2007.

MORENO, R. & VAYA, E. **Técnicas Econométricas para el Tratamiento de Datos Espaciales: La Econometría Espacial**. Barcelona : Ediciones de la Universidad de Barcelona, 2000.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Informe sobre la salud en el mundo, periodo 2000-2003**. Disponible en: <http://www.who.int/whr/2003/es/>