

# Identificación de las zonas de riesgo ofídico en Córdoba, Argentina, mediante el programa SIGEpi

Gerardo C. Leynaud<sup>1</sup> y Gustavo J. Reati<sup>1</sup>

## Forma de citar

Leynaud GC, Reati GJ. Identificación de las zonas de riesgo ofídico en Córdoba, Argentina, mediante el programa SIGEpi. Rev Panam Salud Publica. 2009;26(1):64–9.

## RESUMEN

**Objetivos.** Describir la distribución de los accidentes ofídicos en la provincia de Córdoba, Argentina, identificar las zonas de mayor riesgo y analizar la utilidad del programa informático SIGEpi.

**Métodos.** Se recopiló la información relacionada con los 299 accidentes ofídicos notificados en la provincia de Córdoba entre los años 1995 y 2006, tomados del registro oficial de la Dirección de Epidemiología provincial para accidentes por animales venenosos. Para su localización geográfica se utilizó el programa informático SIGEpi. Se generaron mapas específicos que permitieron identificar, cuantificar y visualizar las zonas vulnerables y de mayor riesgo ofídico.

**Resultados.** Los accidentes se concentraron en el sector norte y oeste de la provincia. A las serpientes del género *Bothrops* correspondió la mayoría de los accidentes (87,7% del total). Los departamentos con mayor incidencia anual de accidentes de este tipo fueron Pocho y Río Seco (> 10 accidentes por 100 000 habitantes). Se identificaron tres zonas de mayor riesgo ofídico: una en el extremo oeste de la provincia, una en el extremo norte y otra al norte de Bañados del Río Dulce y la laguna Mar Chiquita.

**Conclusiones.** Los accidentes ofídicos constituyen un importante problema de salud en la provincia de Córdoba, con una incidencia superior en las zonas de mayor carencia económica vinculadas al trabajo rural. El programa SIGEpi constituye una opción adecuada para estudiar problemas de salud pública y resultó eficaz para identificar las zonas de mayor riesgo ofídico.

## Palabras clave

Mordedura de serpientes, sistemas de información geográfica, Argentina.

En los últimos años ha cobrado fuerza el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para fortalecer la capacidad de análisis, gestión, monitoreo y toma de decisiones en salud (1). Esta tecnología

de análisis espacial se ha utilizado con frecuencia en diversas áreas de investigación médica y epidemiológica (2) y numerosos estudios recientes han empleado sensores remotos y técnicas de investigación espacial para identificar y mapear elementos del medio ambiente relacionados con enfermedades y para analizar ciertas dinámicas poblacionales humanas vinculadas con la transmisión y diseminación de enfermedades (3–6).

Los SIG han evolucionado notablemente y cuentan con más funciones diri-

gidas a facilitar el procesamiento de los datos y, sobre todo, a permitir una óptima visualización gráfica de los resultados. Estas ventajas ayudan a establecer diagnósticos más precisos de los problemas analizados. Hasta el momento en Argentina no se han aplicado los SIG para visualizar y analizar la magnitud y las características de los accidentes por mordedura de serpientes.

En la provincia de Córdoba, ubicada en el centro geográfico del país, los accidentes ofídicos han constituido una preo-

<sup>1</sup> Centro de Zoología Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. La correspondencia se debe dirigir a Gerardo C. Leynaud, Centro de Zoología Aplicada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Rondeau No. 798, Córdoba (5000), Argentina. Correo electrónico: gleynaud@efn.uncor.edu

cupación constante en diferentes sectores de gobierno. Entre 1995 y 2006 se notificaron 299 casos de mordeduras de serpientes, producidas mayormente por serpientes yarará (*Bothrops alternatus* y *B. diporus*) y en menor medida por serpientes cascabel (*Crotalus durissus terrificus*) y coral (*Micrurus pyrrhocryptus*), según cifras suministradas por el Ministerio de Salud de Córdoba (datos no publicados). El número de casos registrados en los últimos años es similar al de décadas pasadas (7–8), lo que indica que los accidentes ofídicos en la provincia no han disminuido con respecto a su promedio histórico. Probablemente, esta tendencia puede deberse a la permanente intrusión de las personas en las áreas silvestres como consecuencia de la expansión urbana, el aumento de los trabajos agrícolas y el incremento de las actividades turísticas y recreativas al aire libre. Se debe destacar que no todos los accidentes por serpientes se notifican (8, 9), por lo que las cifras reales podrían ser superiores a las oficiales. A todo esto se debe agregar la falta de información sobre las medidas de prevención que predomina en algunos sectores de la población en los que la incidencia de mordeduras accidentales de serpientes es muy alta.

Laboratorios de la administración nacional producen antídotos (o sueros antiofídicos) y los distribuyen a las provincias con casos de ofidismo, entre ellas Córdoba. Como el Ministerio de Salud de esa provincia cuenta con una ajustada provisión de antídotos, es prioritario contar con un esquema eficiente para su distribución, tanto espacial como temporal. El esquema de suministro debe ajustarse a los patrones de distribución geográfica de las especies de ofidios peligrosos y de sus modelos de actividad anual. Aunque en la provincia de Córdoba se conoce en detalle la distribución espacial y temporal de las diferentes especies de serpientes (9–11), la vulnerabilidad de una región al riesgo ofídico se puede ver agravada por la falta de vías de acceso (rutas y caminos) para lograr el rápido traslado del accidentado y por la ausencia de centros sanitarios locales con disponibilidad de sueros antiofídicos. En algunas regiones, la carencia de recursos e infraestructura agudiza esta problemática, ya que muchas comunidades no cuentan con servicios de salud adecuados o personal capacitado para atender este tipo de accidentes.

El programa computacional SIGEpi (1) es una aplicación de información geográfica

desarrollada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) con el propósito de fortalecer la capacidad de análisis epidemiológico y de salud pública en la Región de las Américas y superar algunas de las barreras que limitan el uso de otros SIG de uso general. Este programa, desarrollado en Visual Basic, se basa en diversos componentes —como MapObjects 2.0, SIGEpi Legend, SIGEpi Scale Bar, MapCanvas y Microsoft Data Engine para bases de datos— y comandos del tipo SQL para consultas de datos. Entre sus características más atractivas, además de su bajo costo, se encuentran su orientación hacia la salud pública y que ofrece una interface de fácil utilización. SIGEpi resulta especialmente útil cuando se necesita identificar grupos de población y unidades geográficas críticas para priorizar y focalizar acciones e intervenciones de salud (1).

Este artículo tiene como objetivo describir la distribución de los casos de mordedura de serpientes en la provincia de Córdoba e identificar las zonas de mayor riesgo. Además, se discute acerca de la utilidad y el alcance del programa SIGEpi para describir y analizar la información epidemiológica relacionada con los accidentes ofídicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de la distribución geográfica de los registros de accidentes y su relación con las características del terreno. Para ello se creó una base de datos con la información relacionada con los 299 accidentes ofídicos notificados en la provincia de Córdoba entre los años 1995 y 2006, tomados del registro oficial de la Dirección de Epidemiología de la provincia para accidentes por animales venenosos. Ese registro contenía información sobre el accidente: la localidad, la posición geográfica, el departamento, el animal que provocó el accidente y el antídoto utilizado. Para el cálculo de las tasas epidemiológicas se utilizaron los últimos datos censales de la población de Córdoba (2001), provistos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (12). Se escogieron los datos censales del año 2001 por corresponder al año intermedio del período de estudio.

Para la localización geográfica de los accidentes se utilizó el programa informático SIGEpi y se utilizaron las herramientas de procesamiento geográfico y

análisis estadístico espacial, disponibles en ese programa.

El estudio constó de las siguientes etapas:

### Ubicación geográfica de los accidentes.

Se utilizó la aplicación “Creación de capas de puntos” sobre una base cartográfica digital, para ubicar en un mapa de la provincia los sitios en que se registraron los accidentes, según la especie de serpiente venenosa involucrada (*Bothrops* spp., *Crotalus durissus terrificus* y *Micrurus pyrrhocryptus*). También se ubicó la posición geográfica de los centros asistenciales con disponibilidad de suero antiofídico.

### Análisis exploratorio de los datos y distribución de las frecuencias de los accidentes.

Los datos se agruparon por unidades administrativas menores (departamentos) y se clasificaron en categorías de acuerdo con el número absoluto de accidentes ocurridos dentro de sus límites. Asimismo, mediante la herramienta “Cálculo de tasas”, se clasificaron los departamentos según el número promedio anual de accidentes por 100 000 habitantes en el período de 12 años analizados. Para evitar la variabilidad generada por el desigual tamaño poblacional de las unidades de estudio —que podría provocar que los departamentos con menor población presentasen tasas de accidentes más elevadas— se estimaron las tasas suavizadas de accidentes mediante un procedimiento de estadística espacial bayesiana disponible en SIGEpi (herramienta “Suavizamiento de tasas”). Para ello se debe considerar que la incidencia ofídica no varía bruscamente de una unidad geográfica contigua a otra, sino que lo hace gradualmente conforme se avanza por el territorio y, por lo tanto, la tasa de un departamento se “suaviza” con las de sus departamentos vecinos.

### Determinación de las zonas de riesgo ofídico.

Se utilizó la herramienta “Identificación de áreas críticas” para establecer las zonas críticas de mayor riesgo. Para ello se vinculó la disponibilidad de centros de salud, caminos y rutas con los departamentos que registraron accidentes ofídicos. Se definieron como zonas críticas de mayor riesgo las localidades ubicadas en los departamentos con alta incidencia anual de accidentes ofídicos (más de 1 accidente por 100 000 habitantes) que se encontraban a más de 30 km de un centro de salud con provisión de an-

tídotos y a más de 10 km de un camino pavimentado. Estas distancias se fijaron arbitrariamente, ya que no existe una medida real que indique la imposibilidad de llegar a un centro asistencial por medios propios. A los fines de este trabajo, se consideró que 30 km es la distancia que puede recorrer una persona sin un vehículo apropiado en un lapso de 6 ó 7 horas, tiempo crítico en caso de una mordedura de serpiente (8).

**RESULTADOS**

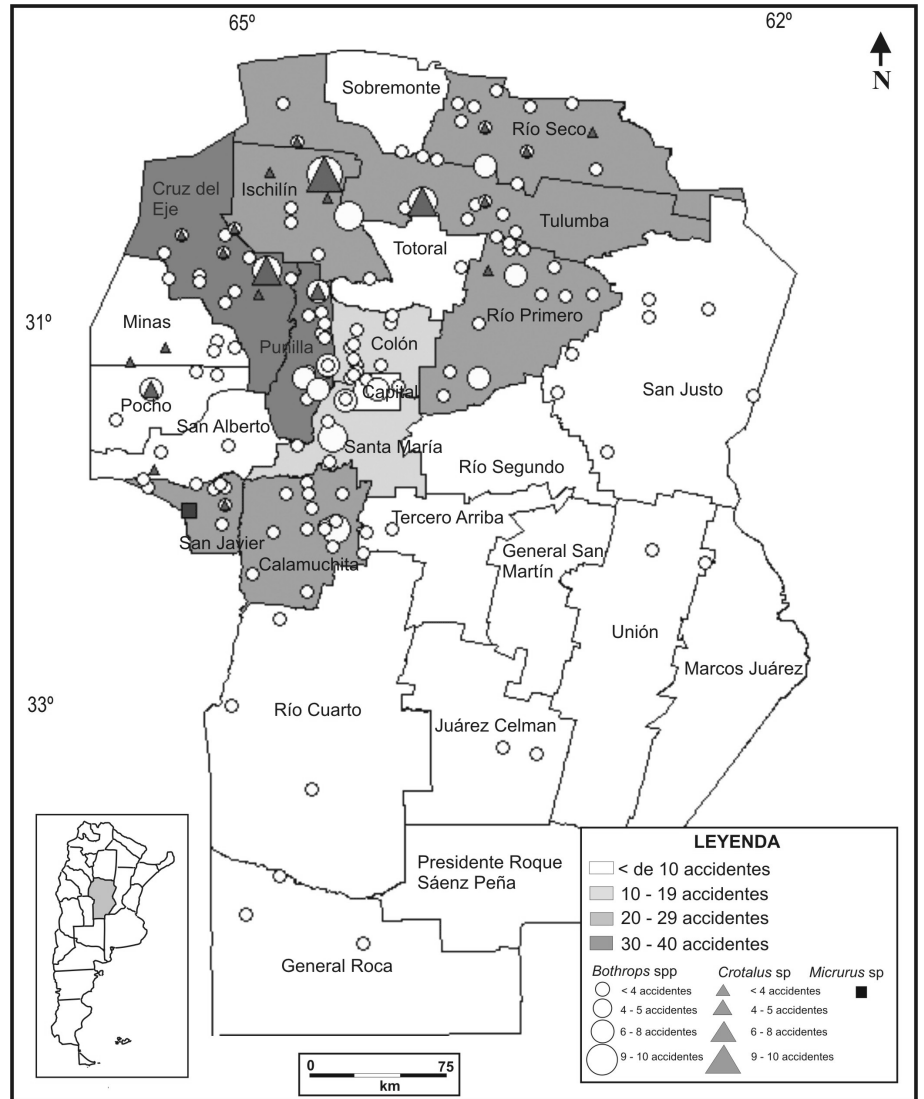
La ubicación de los 299 casos de accidentes ofídicos en el mapa de la provincia de Córdoba reveló una alta concentración en los sectores norte y oeste. Los departamentos con el mayor número de accidentes fueron Punilla (39 casos) y Cruz del Eje (31 casos) (figura 1). Sin embargo, los departamentos con mayor incidencia anual de accidentes de este tipo por habitante fueron Pocho (13,3 accidentes por 100 000 habitantes) y Río Seco (12,5 accidentes por 100 000 habitantes) (figura 2). A las serpientes del género *Bothrops* correspondió la mayoría de los accidentes (87,7%), seguida por las de los géneros *Crotalus* (8,7%) y *Micrurus* (0,3%) (cuadro 1). Las mordeduras de serpientes del género *Bothrops* ocurrieron principalmente en el sector norte, oeste y centro, mientras que los accidentes con *Crotalus* se localizaron en su totalidad en el extremo norte y el oeste. El único accidente con *Micrurus* se registró en el extremo oeste; en otros 10 casos (3,3%) no se identificó la especie causante del accidente.

Se identificaron tres zonas críticas de mayor riesgo ofídico según los tres criterios establecidos: una en el extremo oeste de la provincia, ocupado por los departamentos Pocho, San Alberto, Minas y Cruz del Eje; una en el extremo norte, que comprende parte del departamento Sobremonte; y otra que cubre los territorios de los departamentos Río Seco y Tulumba, al norte de la formación conocida como Bañados del Río Dulce y la laguna Mar Chiquita (figura 3).

**DISCUSIÓN**

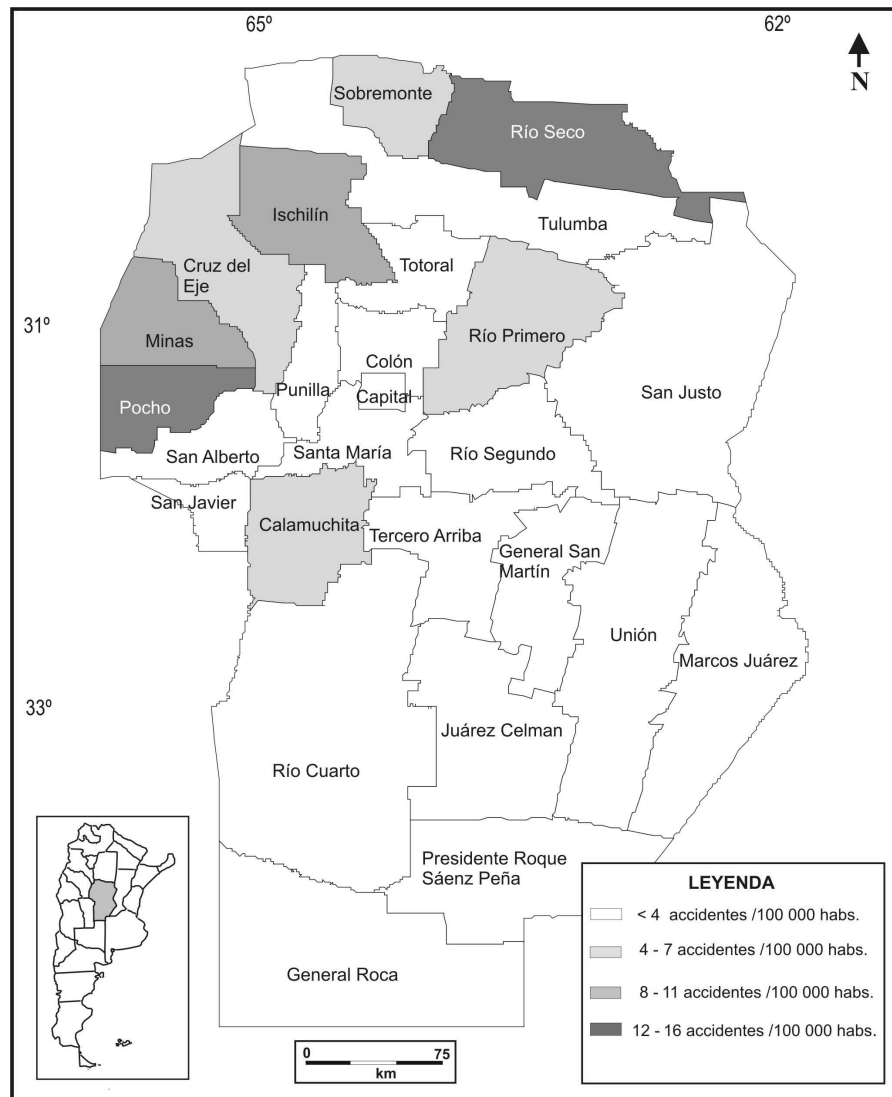
Los resultados obtenidos demuestran la tendencia estable e incluso creciente del número de mordeduras de serpiente en la provincia de Córdoba en el período estudiado y confirman que este es un im-

**FIGURA 1. Distribución de los accidentes ofídicos en los departamentos de la provincia de Córdoba, Argentina, 1995–2006**



portante problema de salud pública en la provincia (8, 9). Una situación similar sucede en otros países de la Región (13–17). La distribución de los accidentes observada en este estudio sigue un patrón generalizado en muchos países latinoamericanos (7, 13–17, 18): las zonas más afectadas presentan un considerable aislamiento, carecen de buenos caminos que las vinculen con centros urbanos y una gran parte de su población establece realiza tareas rurales en condiciones precarias (tala y desmonte, y caza de subsistencia, entre otras). Estas condiciones aumentan la probabilidad de encuentros con serpientes y dificultan recibir ayuda médica oportuna.

La gran mayoría de los accidentes analizados en este trabajo estuvieron relacionados con serpientes del género *Bothrops*, muy por encima de la frecuencia de accidentes con otras especies venenosas (*Crotalus* y *Micrurus*). Este patrón, compartido por la mayoría de los países sudamericanos, puede deberse principalmente a su abundancia, amplia distribución y agresividad (13–15, 17). Se debe destacar que los daños a la salud provocados por la mordedura de ofidios de estos tres géneros pueden neutralizarse con antídotos específicos, por lo que conocer la distribución geográfica de los accidentes según la especie responsable resulta fundamental para garantizar la

**FIGURA 2. Distribución de las tasas de accidentes ofídicos (número de casos anuales por cada 100 000 habitantes) en los departamentos de la provincia de Córdoba, Argentina, 1995–2006**

herramientas de gran utilidad práctica, como ha quedado demostrado en este estudio. Resultó también muy útil la posibilidad que ofrece SIGEpi de realizar el análisis a partir de varios criterios externos, como la distancia o la densidad de caminos, la distancia a los centros de atención, los niveles de incidencias, etc.

Al interpretar estos resultados se deben tener en cuenta algunas limitaciones, fundamentalmente relacionadas con la principal fuente de información empleada, basada en la notificación de los accidentes atendidos en los hospitales de la provincia. Se consideró que para registrar la información epidemiológica reunida se emplearon criterios idénticos en toda la provincia y que los detalles eran fidedignos. Sin embargo, muchos registros de accidentes no se pudieron incorporar al análisis por presentar información insuficiente o confusa.

En conclusión, los accidentes ofídicos constituyen un importante problema de salud en la provincia de Córdoba, Argentina, con una incidencia superior en las zonas de mayor carencia económica vinculadas al trabajo rural. La identificación de las zonas críticas de mayor riesgo ofídico debe contribuir a trazar estrategias y elaborar intervenciones dirigidas a los sectores de la población con mayor riesgo, orientar mejor los escasos recursos disponibles para programas asistenciales, programar los cursos de educación ambiental y distribuir los antídotos de manera óptima. Se deben incluir los accidentes por mordedura de serpientes entre las afecciones ocupacionales y elaborar una adecuada política de prevención y tratamiento inmediato de las personas accidentadas.

El programa SIGEpi, con herramientas integradas y de bajo costo para el análisis epidemiológico y de salud pública, facilita el uso de medidas e indicadores

**CUADRO 1. Accidentes por mordedura de serpientes, según su especie. Provincia de Córdoba, Argentina, 1995–2006**

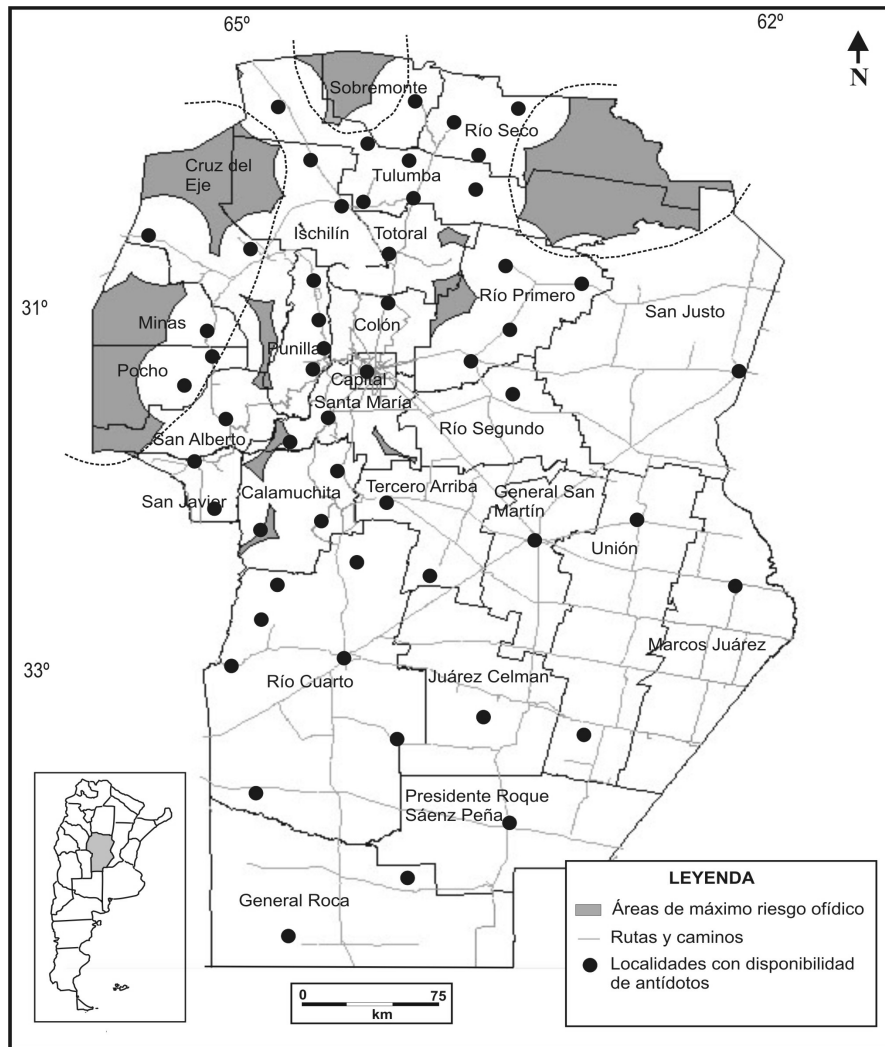
Especie de ofidio	Accidentes	
	No.	%
<i>Bothrops</i> spp.	262	87,7
<i>Crotalus durissus terrificus</i>	26	8,7
<i>Micrurus pyrrhocryptus</i>	1	0,3
No identificada	10	3,3
Total	299	100,0

disponibilidad de los antídotos adecuados en el momento y el lugar oportunos.

Se comprobó que el programa SIGEpi tiene la capacidad y el alcance necesarios para analizar adecuadamente problemas como el abordado en este estudio, ya que se basa en un SIG diseñado especialmente para localizar factores de riesgo a partir del levantamiento de capas con la información del terreno (generalmente puntos). De esta manera se pueden determinar riesgos epidemiológicos con una lógica muy similar a la usada por otros autores con otras herramientas de SIG, como Arc-View (1, 2). Sin embargo, aunque otros SIG no estén totalmente automatizados e integrados en un solo pro-

grama informático, aventajan a SIGEpi en que pueden trabajar a escalas mayores —y por lo tanto más precisas— y en que utilizan polígonos. Los polígonos permiten una mayor expresión territorial que las capas de puntos, a menos que estas se utilicen con métodos robustos de interpolación y análisis espacial. Sin embargo, SIGEpi tiene la ventaja de contar con algunas herramientas de análisis —como menús y aplicaciones— que permiten, de manera simple, agrupar variables, calcular tasas de contagio o seguir los cambios epidemiológicos, entre otras. Asimismo, permite calcular tasas epidemiológicas suavizadas y delimitar las zonas de riesgo (según diferentes niveles críticos),

**FIGURA 3. Áreas de riesgo ofídico en la provincia de Córdoba, Argentina. En línea de puntos se indican las áreas de mayor riesgo, según la incidencia de accidentes, la distancia a los centros asistenciales y las vías de acceso**



de distintas fuentes y su ubicación en un espacio común para su análisis, tanto estadístico como geográfico. Este sistema constituye una opción adecuada para estudiar problemas de salud pública y resultó eficaz para identificar las zonas críticas de mayor riesgo ofídico en la provincia de Córdoba.

Las especies de serpientes venenosas presentes en Córdoba predominan en una gran parte del centro del país, pero difieren de las identificadas en otras zonas, por lo que se deben emprender investigaciones similares en las demás provincias del centro y el norte de Argentina. Se debe fomentar el uso de herramientas de referencia geográfica para definir y delimitar con criterios rigurosos las regiones críticas y de mayor riesgo ofídico, y sobre esa base, estructurar planes de educación ambiental tendientes a disminuir el número de accidentes y desarrollar políticas más eficaces de prevención y distribución de antídotos.

**Agradecimientos.** Este trabajo recibió financiamiento de la Agencia Córdoba Ciencia (No. 0279-004301/2005) y la Secretaría de Ciencia y Tecnología (Universidad Nacional de Córdoba) (No. 69/08). Se agradece a Celso Rodríguez y Albino Belotto, de la Organización Panamericana de la Salud, por conceder el permiso para utilizar SIGEpi, a Diana De Petri por su permanente apoyo en la utilización del programa informático y a José Gutiérrez por la lectura crítica del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Martínez-Piedra R, Loyola-Elizondo E, Vidaurre-Arenas M, Nájera Aguilar P. Paquetes de programas de mapeo y análisis espacial en epidemiología y salud pública. *Bol Epidemiol OPS*. 2004;25(4):1-9.
- Scavuzzo CM, Fea M. International workshop on space technologies applied to human health for the benefit of Latin American and Caribbean countries—some highlights. Luján, Argentina: Selper International; 2005.
- Wood B, Beck LR, Washino RK, Hibbard KA, Salute JS. Estimating high mosquito producing rice fields using spectral and spatial data. *Int J Rem Sens*. 1992;13(4):2813-26.
- Glass GE, Morgan JM, Johnson DT, Noy PM, Israel E, Schwartz BS. Infectious disease epidemiology and GIS: a case study of Lyme disease. *Geo Info Syst*. 1992;2(1):65-9.
- Rotela C, Fouque F, Lamfri M, Sabatier P, Introini V, Zaidenberg M, et al. Space-time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. *Acta Tropica*. 2007;103(1):1-13.
- De Pietri DE, García S, Rico O. Modelos geospaciales para la vigilancia local de la salud. *Rev Panam Salud Publica*. 2008;23(6):394-402.
- Organización Panamericana de la Salud. Informe final de la Consulta Técnica sobre Accidentes con Animales Ponoñosos en América Latina. São Paulo: PANAFTOSA; 2007.
- Esteso S. Ofidismo en la República Argentina. Córdoba, Argentina: Arpón; 1985.
- Cabrera MR. Las serpientes de Argentina central. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba; 2001.
- Leynaud GC, Reati GJ, Bucher EH. Annual activity patterns of snakes from central Argentina (Córdoba province). *Stud Neotrop Fauna Environ*. 2008;43(1):1-6.
- Reati GJ. Serpientes de la provincia de Córdoba, Argentina. En: Di Tada I, Bucher EH, eds. Biodiversidad de la provincia de Córdoba: fauna. Río Cuarto, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto; 1996. Pp. 239-54.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional de Población y Vivienda. Buenos Aires: Ministerio de Economía; 1991.

13. Campbell JA, Lamar WW. The venomous reptiles of the western hemisphere. Ithaca, New York: Cornell University Press; 2004.
14. Gutiérrez JM, Rojas G, Aymerich R. El envenenamiento por mordedura de serpiente en Centroamérica. San José: Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica; 2006.
15. Caiiffa WT, Antunes CMF, Ramos de Oliveira H, Diniz CR. Epidemiological and clinical aspects of snakebite in Belo Horizonte, Southeast Brazil. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 1997;39(2):113–8.
16. Belluomini H, Wakamatsu CT, Lucas JLC. Acidentes de trabalho por animais peçonhentos. *Rev Bras Saude Ocup.* 1987;60:38–42.
17. Caraballo A, Navarro J, Sánchez E, Pérez JC, Rodríguez-Acosta A. Epidemiological and clinical aspects of snakebites in Bolívar state, Venezuela. *Rev Fac Med (Caracas).* 2004; 27(1):25–8.
18. Leynaud GC, Pellegrín N, Lescano JN. Anfibios y reptiles. En: Bucher EH, ed. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias; 2006. Pp. 219–35.

Manuscrito recibido el 30 de mayo de 2008. Aceptado para publicación, tras revisión, el 3 de diciembre de 2008.

## ABSTRACT

### Identifying areas of high risk for ophidism in Cordoba, Argentina, using SIGEpi software

**Objectives.** To determine the case distribution of accidental ophidism in the Córdoba province of Argentina, identify high risk areas, and evaluate the usefulness of the SIGEpi software program (Pan American Health Organization, Washington, DC, United States of America).

**Methods.** Information regarding the 299 cases of accidental ophidism reported in Córdoba in 1995–2006 was collected from the Provincial Epidemiology Department's official records of incidents involving venomous creatures. The SIGEpi software program was used for geographic mapping. Specific maps were produced to identify, quantify, and visualize the danger zones and areas of high risk for ophidism.

**Results.** The incidents occurred mostly in the northern and western areas of the province. Snakes of the *Bothrops* genus were responsible for the majority of the incidents (87.7% of the total). The departments with the highest annual incidence rates were Pocho and Río Seco (> 10 incidents per 100 000 residents). Three ophidism high-risk zones were identified: one in far west of the province, another in the far north, and another just north of Bañados del Río Dulce and the Mar Chiquita lagoon.

**Conclusions.** Accidental ophidism constitutes a major health problem in the Córdoba province where incidence rates are higher than those areas with more severe economic issues tied to rural labor. SIGEpi software is a reasonable choice for studying public health challenges and proved to be effective in identifying areas at high risk for ophidism.

**Key words** Snake bites, geographic information system, Argentina.