

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG).
Revista digital del Programa de Docencia e Investigación en
Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad
Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 12, Número 17, 2020, Sección I: Artículos. pp. 1-18

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SEROPOSITIVIDAD DE LEPTOSPIROSIS HUMANA EN UN ESPACIO RURURBANO DEL PARTIDO DE TANDIL MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Julia Silva¹, Mariana Rivero¹, Exequiel Scialfa², Santiago Linares³

¹Facultad de Ciencias Veterinarias (UNCPBA)- CIVETAN- CICPBA.

²Departamento Zoonosis Rurales, Ministerio de Salud, Provincia de Bs. As.

³Facultad de Ciencias Humanas (UNCPBA)- CIG- IGEHCS- CONICET.

E-mail: julia.silva.ciliberti@gmail.com

RESUMEN

La leptospirosis es la zoonosis de mayor distribución mundial, endémica en Argentina. Las herramientas de análisis espacial contenidas en los Sistemas de Información Geográfica permiten evaluar las correlaciones entre determinantes socioeconómicos y ambientales de la leptospirosis, conocer sus posibles causas y tomar decisiones aplicables en base a información precisa y confiable. En este trabajo se tomó como caso de estudio la localidad de María Ignacia Vela, en el partido de Tandil, la cual presenta una dinámica social y configuración territorial con estrecha vinculación rural y urbana. El trabajo persiguió dos objetivos, en primera instancia, detectar la existencia de patrones de distribución espacial de la seropositividad a leptospirosis y en segundo lugar, modelar un escenario predictivo de la probabilidad de infección por *Leptospira* spp. en el área de estudio. Para detectar positividad a *Leptospira* spp. se realizó el diagnóstico serológico a través de la técnica de microaglutinación (MAT). Con los resultados de laboratorio, la información obtenida a partir de encuestas y la georreferencia de los participantes se aplicaron técnicas de análisis estadísticos y espaciales aplicando los softwares EpiInfo versión 3.5.3, InfoStat versión 2018 y ArcGIS 10.6. Las relaciones espaciales halladas entre los determinantes estudiados y la seropositividad a *Leptospira* spp. facilitarán la definición de estrategias específicas que contribuyan a mejorar la toma de decisiones territoriales en cuestiones de salud en las áreas rururbanas.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica (SIG), Leptospirosis, Análisis Centrográfico, Regresión logística.

ABSTRACT

Leptospirosis is the most widespread zoonosis, endemic in Argentina. Spatial analysis with Geographic Information Systems allow to evaluate the correlations between socioeconomic and environmental determinants of leptospirosis, understand their possible causes and make applicable decisions based on accurate and reliable information. The case study is Maria Ignacia Vela, Tandil county, which presents a social dynamic and territorial configuration with rural/urban entailment. The aims of this study included to detect the existence of spatial distribution patterns of seropositivity to leptospirosis and, secondly, to model a predictive scenario of the probability of infection with *Leptospira* spp. in the study area. The serological diagnosis was made by Microscopic Agglutination Test (MAT) for the detection of antibodies anti-*Leptospira* spp. With laboratory results, survey's information and georeferencing of the population, statistical and spatial analysis techniques were applied, by the softwares softwares EpiInfo versión 3.5.3, InfoStat versión 2018 y ArcGIS 10.6. The relations between determinants and *Leptospira* spp. seropositivity allow defining specific strategies to make territorial decisions in health of rururban areas.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Leptospirosis, Centographic Analysis, Logistic regression.

INTRODUCCIÓN

La leptospirosis es la zoonosis con mayor distribución a nivel mundial. Es causada por bacterias denominadas leptospirosas (Adler *et al.* 2010). Esta enfermedad impacta significativamente en la salud humana y animal, siendo endémica en regiones de climas tropicales y templados, con la mayoría de los casos reportados en Asia y América (WHO, 2010; OIE, 2014). La epidemiología de la enfermedad varía entre regiones geográficas dependiendo del ecosistema y de las condiciones de vida. Se considera a la leptospirosis como una enfermedad que ocurre en temporadas de grandes precipitaciones, temperaturas altas, y se la asocia a eventos climáticos extremos como temporales e inundaciones (Alonso-Andicoberry *et al.*, 2001; WHO, 2010; Olmo Montes *et al.*, 2014). En Latinoamérica los principales grupos de riesgo para leptospirosis son los habitantes de áreas urbanas periféricas, la población de bajos recursos, y los trabajadores rurales (WHO, 2010; Togerson *et al.*, 2015). Actualmente, se desconoce su impacto real en la salud pública de los países en desarrollo debido a la subnotificación de los casos, producto del dificultoso diagnóstico clínico y de laboratorio (Seijo, 2008; Hartskeerl *et al.*, 2011). Por esto la leptospirosis es considerada como una enfermedad no reconocida y desatendida (Costa *et al.*, 2015).

Los reservorios de *Leptospira* spp. son animales que mantienen una relación de comensales con las bacterias, y se mantienen asintomáticos o sufren levemente la enfermedad favoreciendo la transmisión (Céspedes, 2005). Estos animales eliminan leptospirosas a través de la orina hacia el ambiente infectando a otras especies, en su mayoría mamíferos que entran en contacto con agua o suelo contaminados, en consecuencia, se transforman en fuente de infección para las personas y para los animales domésticos (Carneiro *et al.*, 2004; Seijo, 2008; Agudelo Florez *et al.*, 2010).

Los humanos pueden infectarse de manera accidental a través de la exposición directa, o por contacto indirecto con material contaminado con orina de animales infectados. De esta manera las leptospiras pueden ingresar al organismo de las personas a través de la piel, mucosa nasal, conjuntivas y boca (Levett, 2006; Seijo, 2008).

En la infección por leptospiras existen una serie de factores asociados, los cuales son dependientes del agente etiológico, del hospedador, y del ambiente natural en el que se encuentran (Alonso-Andicoberry *et al.*, 2001; Brihuega, 2014). El contexto geoclimático que propicia la existencia de factores de riesgo potenciales incluye la exposición y el contacto con aguas estancadas; las inundaciones; el estrecho contacto con animales; las actividades agrícolas; las actividades ocupacionales, y la desigualdad social que incluye las condiciones de pobreza, falta de servicios públicos básicos como el agua potable y el desagüe cloacal a red pública, la escasa recolección y tratamiento de los residuos, y la falta de programas de vigilancia epidemiológica activa en especies animales y en humanos (Seijo, 2008; Romero Peñuela *et al.*, 2011; Molineri *et al.*, 2013).

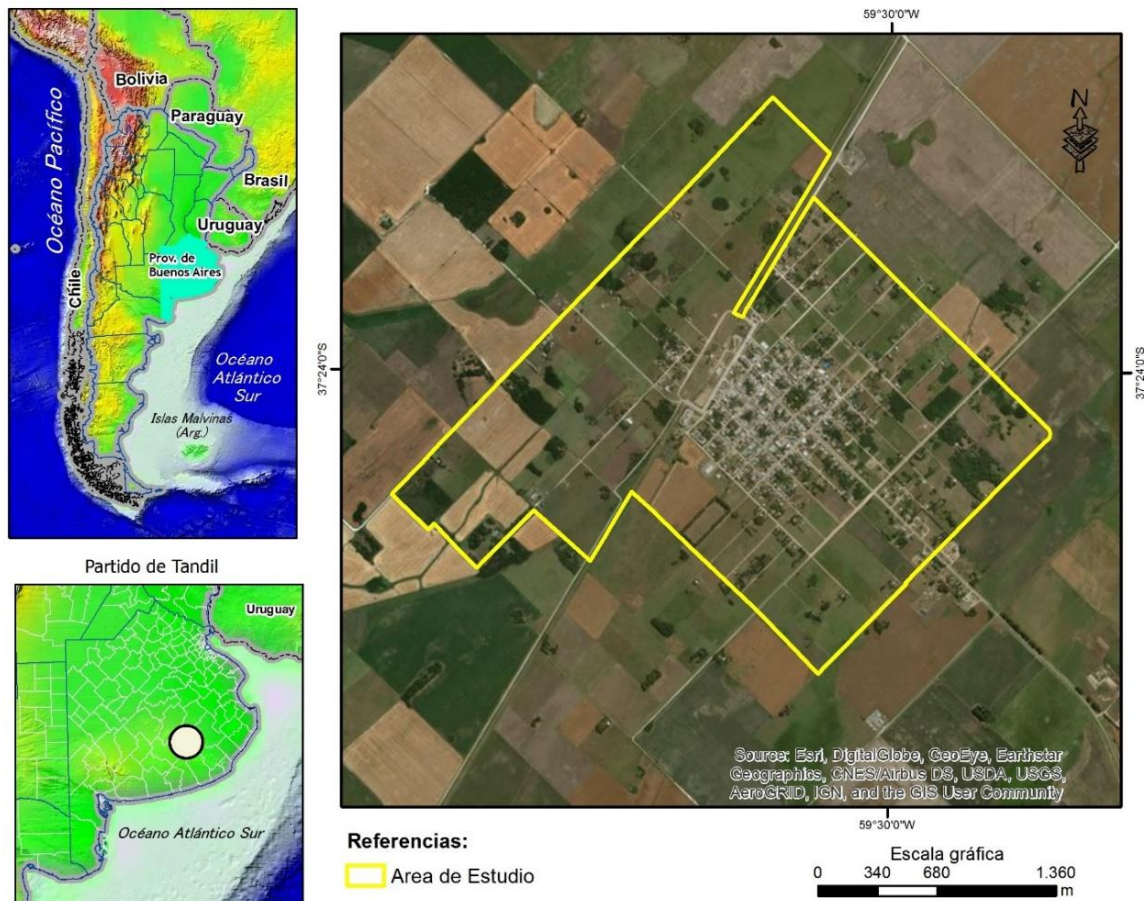
El término rururbano hace referencia a un proceso trascendente en la sociedad contemporánea, caracterizado por la incorporación de los pobladores rurales a las urbes, preservando sus características culturales, funciones, actividades productivas, dinámica económica y formas de vida (Ávila-Sánchez, 2005). En esta transición no existe una clara delimitación del área rural/urbana debido a la ausencia de planificación del proceso migratorio (Samartino y Eddi, 2010). Estas áreas son consideradas de riesgo para la transmisión de enfermedades zoonóticas debido a que en este espacio se produce una alteración en el equilibrio logrado entre la bacteria, el huésped y el ambiente, sumado a que en estos casos las áreas presentan una ausencia de reordenamiento y saneamiento ambiental, invasión y proliferación de roedores, manejo inadecuado de efluentes, elevado número de caninos con hábitos callejeros, y una relación estrecha que se establece entre los animales y el hombre, por consiguiente, la exposición a los agentes infecciosos es mayor (Samartino y Eddi, 2010; Scialfa, 2014).

Para entender los cambios dinámicos que ocurren entre el humano y el ambiente natural en relación al proceso salud-enfermedad, es necesario ubicar en el espacio geográfico las variables involucradas, como la extensión espacial, la estadística poblacional, el momento histórico y otras características propias del contexto (CONAE 2014; Beceyro, 2015). A través de las herramientas contenidas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resulta posible la identificación y el análisis de los patrones de la distribución espacial de las enfermedades y sus determinantes (Chung, Yang, y Bell, 2004), frente a las complejas relaciones que se producen entre la sociedad y el ambiente. Como resultado se obtiene la estructura espacial de un evento de salud en una región geográfica determinada, que puede ser representada de manera cartográfica facilitando la comprensión de una problemática (Iñíguez Rojas, 1998; Iñíguez Rojas, 2003). La identificación de los componentes del espacio y su funcionalidad integrados en un mapa permite definir y detectar determinantes ambientales y socioeconómicos que podrían favorecer la prevalencia de leptospirosis sobre la población para facilitar la optimización de los recursos a fin de contribuir al fortalecimiento de las políticas públicas y de la capacidad de gestión de los servicios de salud (CONAE, 2014).

Para tal fin se propone el diseño de un procedimiento metodológico que incluye tres tipos de metodologías de análisis de base espacial. En principio un análisis Centrográfico, el cual permite detectar la existencia de algún patrón de distribución de la infección (Buzai y Baxendale, 2011; Ebdon, 1982; Levine, 1996), en segunda instancia un análisis de Regresión Logística Espacial que nos permita, en base a factores determinantes, construir un modelo explicativo de dicha distribución (Rogerson, 2012, Kleinbaum y Klein, 2010) y finalmente, la aplicación de técnicas de Interpolación para generalizar los resultados a toda el área de estudio (Lloyd, 2011; Mitas y Mitasova, 2005).

En el partido de Tandil (provincia de Buenos Aires), a 50 km de esta ciudad se encuentra la localidad de María Ignacia Vela (Figura 1), la cual cuenta con 1948 habitantes según el último censo realizado en Argentina (INDEC, 2010). Esta comunidad presenta una dinámica social y configuración territorial con estrecha vinculación rural y urbana.

Figura 1. Situación geográfica de la localidad de María Ignacia Vela, Buenos Aires, Argentina.



Fuente: Elaboración personal

Los posibles factores asociados y el riesgo potencial de exposición a la leptospirosis que poseen los habitantes de esta comunidad, hacen necesaria la investigación de los

diversos determinantes socioeconómicos y ambientales de esta enfermedad, a fin de proveer información que permitan tomar decisiones aplicables en base a información precisa y confiable.

A tal fin se proponen los siguientes objetivos: en primera instancia, detectar la existencia de patrones de distribución espacial de la leptospirosis en la comunidad de María Ignacia Vela y, en segundo lugar, modelar un escenario predictivo de la probabilidad de infección por *Leptospira* spp. en el área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de muestras corresponde al método de muestreo espacial estratificado aleatorio descripto por Longley *et al.* (2013). Para ello, se tomaron muestras de sangre a 202 habitantes de la localidad de María Ignacia Vela que se encontraban aparentemente sanos (sin sospecha clínica de la leptospirosis) y que aceptaron voluntariamente a participar del estudio. Para el cálculo del tamaño de la muestra (n) se tuvo en cuenta un universo constituido por la población total de la localidad aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{e^2(N-1) + Z^2 pq}$$

Donde:

N = Total de la población de María Ignacia Vela

$Z^2 = 1.96^2$

p = 59.6

q = 40.4

d = 6.5

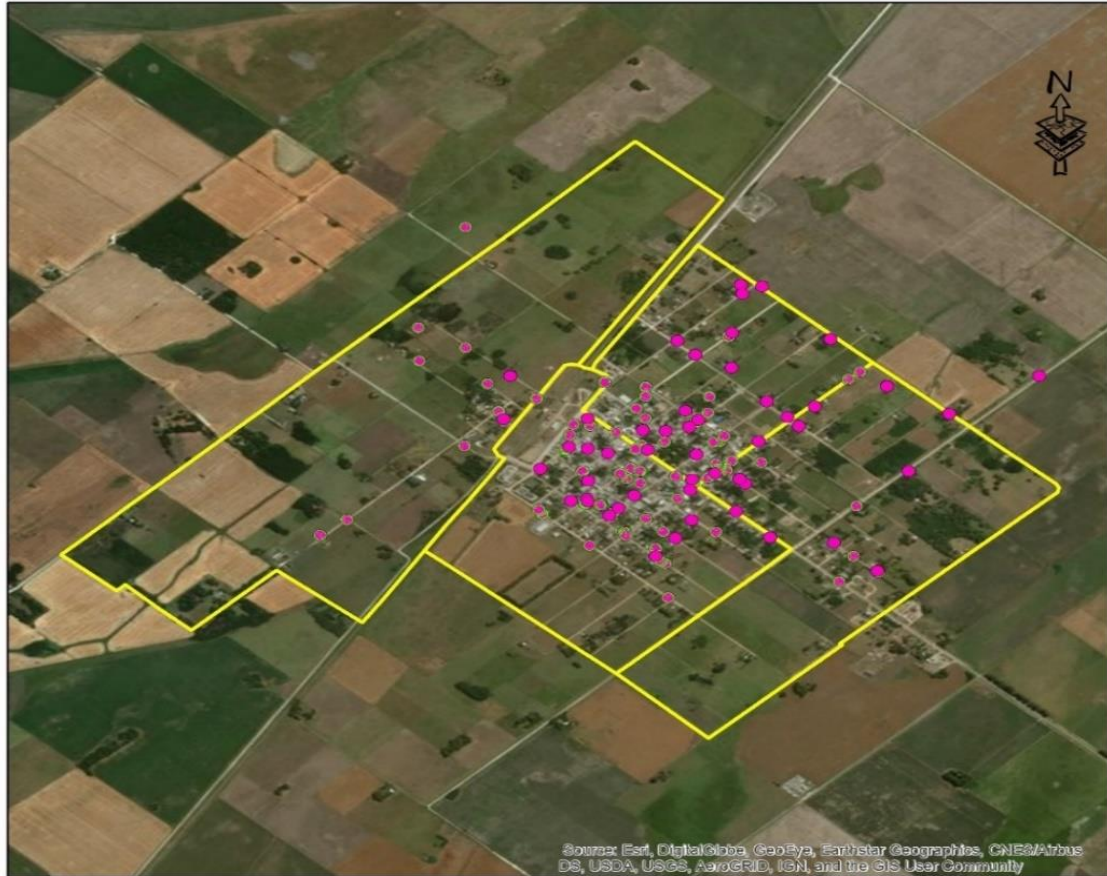
Tomando como referencia una prueba piloto, se consideró una tasa de positividad estimada del 59.6% (Silva *et al.*, 2017), un error relativo 6.5% y un nivel de confianza del 95%, obteniéndose un valor mínimo de 198 muestras.

La sangre de cada una de las personas la extrajo un profesional de la salud en 3 sitios diferentes: en el Hospital Municipal de la localidad, en instituciones educativas y espacios públicos cerrados donde se llevaron a cabo jornadas y talleres especiales de prevención de zoonosis y en los domicilios particulares. Se realizó la separación del suero por centrifugación y se conservó a -20°C hasta el momento del diagnóstico serológico en el laboratorio.

A todos los participantes se les realizó una encuesta con el fin de indagar acerca de su exposición a los posibles determinantes socioeconómicos y ambientales asociados a la infección por *Leptospira* spp. A cada persona encuestada se le registró la georreferencia de su domicilio particular y se confeccionó la cartografía de localización (Figura 2). En los cuestionarios se consideraron variables de tipo demográficas, socioculturales, económicas, de infraestructura y servicios en la vivienda y también ambientales en relación a las características del entorno y al contacto con animales domésticos, de cría

y silvestres. La elección de estas variables se basó de tal modo que las mismas permitan caracterizar el comportamiento de la infección en relación a cada una de ellas.

Figura 2. Localización de los domicilios de las viviendas muestreadas en María Ignacia Vela (2018).



Referencias:

- Muestras María Ignacia Vela
- Radios María Ignacia Vela

Escala gráfica

0 355 710 1.420
m

Fuente: Elaboración personal.

El diagnóstico serológico se realizó en el al Laboratorio de Leptospirosis del Departamento de Zoonosis Rurales de la localidad de Azul (Ministerio de Salud de la provincia de Buenos Aires). Para la detección de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. se empleó la técnica de microaglutinación (MAT) de acuerdo con los métodos estándares descritos por el subcomité Taxonómico de *Leptospira* spp. (International Committee on Systematic Bacteriology, 1984).

Con la información obtenida a partir de las encuestas y los resultados del laboratorio se confeccionó una base de datos utilizando el *software* EpiInfo versión 3.5.3. (2011), se realizaron los primeros análisis de estadísticas descriptivas sobre dicha base y se estimó la seroprevalencia con el intervalo de confianza del 95% (IC95%). Para hallar la

asociación entre las variables se utilizó InfoStat versión 2018 mediante el estadístico Chi Cuadrado de Pearson (X^2 Pearson) o el Test Exacto de Fisher cuando fue necesario.

Aplicando herramientas de ArcGIS 10.6 (2018) se confeccionó la cartografía temática del área de estudio y la georreferenciación de las muestras. Al disponer de la distribución espacial de ellas, el paso siguiente consistió en obtener el centro medio, calculando la media de las coordenadas x (hacia el este) y la media de las coordenadas y (hacia el norte). Estas dos coordenadas medias marcan la localización del centro medio, epicentro o centro de gravedad de una distribución. La ecuación es la siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

donde x e y son las coordenadas de los puntos, \bar{x} e \bar{y} son las medias de las coordenadas x e y , respectivamente, y n es el número de puntos.

Una vez obtenidos los centros medios de la distribución de muestras y de la distribución de seropositivos, se evaluó la existencia de algún patrón de desplazamiento diferencial entre ellos, el cual será más fuerte cuanto más distantes se encuentren y la cardinalidad estará definida por la dirección que se desplace el segundo con respecto al primero.

Del mismo modo, se calcularon las medidas de dispersión espacial que informan sobre la distribución zonal de los puntos alrededor de un centro. La medida más sencilla es la Distancia Standard, que, en analogía a la Desviación Standard, es la raíz de la media de los cuadrados de las desviaciones de las distancias. Esta medida resume la dispersión de los puntos mediante un único valor. En este trabajo se adoptó una media más compleja, la Elipse de Desviación Standard, que tiene en cuenta el hecho de que la dispersión alrededor del centro medio puede ser distinta según direcciones distintas, describiendo el resultado con forma de elipse en lugar de un círculo. La elipse está centrada sobre el centro medio, con su eje mayor en la dirección de la dispersión máxima y su eje menor en la dirección de la dispersión mínima. Para poder ajustar una elipse alrededor del centro medio de una estructura de puntos, fue preciso conocer la longitud del eje menor, la longitud del eje mayor y la orientación de la elipse, según la metodología descrita por Ebdon (1982). De la misma manera que las diferencias entre los centros medios exhiben un patrón diferencial entre las muestras y los seropositivos, las diferencias entre las superficies de las elipses indicaron si existen diferencias de dispersión y orientación.

Para modelar las relaciones entre la distribución de la leptospirosis y sus posibles causas, se realizó un análisis de Regresión Logística Espacial. Esta técnica permite modelar la relación entre una variable respuesta de naturaleza dicotómica (seropositividad/no seropositividad) en relación a una o más variables independientes o regresoras. Se seleccionaron aquellas variables cuyo p valor fue menor a 0.02 luego de realizar el test de independencia correspondiente. Los coeficientes de la combinación lineal que modela esta relación permitieron estimar la razón de productos cruzados (odds ratio) para cada variable regresora (Rogerson, 2012; Kleinbaum y Klein, 2010; Smith, 1994).

El modelo de Regresión Logística Espacial puede ser usado para predecir la probabilidad (p_i) de que la variable respuesta asuma un valor determinado, por ejemplo, probabilidad de éxito ($y=1$) en una variable dicotómica que asume los valores 0 y 1.

Para una respuesta binaria, el modelo de Regresión Logística Simple (es decir con una regresora) tiene la siguiente forma:

$$\text{Logit}(p_i) = \log(p_i/(1-p_i)) = \alpha + \beta X_i$$

donde p_i es la probabilidad de éxito dado X_i , α es la ordenada al origen (constante), β es la pendiente o coeficiente de regresión asociado a X y X es la variable explicativa. Luego, en Regresión Logística, se modeló la transformación Logit de la probabilidad de éxito como una función lineal de una o más variables explicativas.

Los parámetros a interpretar en este análisis son:

- Est.: Es el coeficiente de regresión, permite conocer la fuerza y el sentido en que cada variable regresora afectará la probabilidad de ocurrencia de un éxito en la dependiente.
- O.R (odd ratio): Es la razón de productos cruzados para cada variable regresora, permite conocer cuánto y cómo varía proporcionalmente la probabilidad de presencia/ausencia de la variable dependiente según cambios en las unidades de la variable regresora.
- p: Es el resultado de la prueba de hipótesis $H_0: B_i=0$ versus $B_i \neq 0$ para un nivel de significación $\alpha = 0.0001$, permite evaluar la significatividad de la relación entre la variable regresora y la dependiente.
- $-2(L_0-L_1)$: contiene -2 veces la diferencia de los logaritmos de la verosimilitud entre el modelo reducido (L_0) y el modelo completo (L_1). Es menor cuanto más explicativa es la variable y esto ocurre cuando la distribución de las variables se asemejan a una curva logística, permitiendo así seleccionar el orden para elaborar un modelo predictivo.
- Deviance: Evalúa la bondad del modelo construido, cuanto menor es la deviance mejor es el modelo. Permite detectar la mejor combinación posible de variables regresoras.

Finalmente, con la intención de generalizar los resultados del modelo obtenido al área de estudio se aplicó un método de Interpolación Espacial. Éste es un proceso de aproximación inteligente mediante el cual es posible obtener una estimación razonable de valores continuos en lugares donde no fueron obtenidas muestras de campo. Todos los métodos usan la distancia, basados en la suposición de que el valor en un lugar es más similar a los valores medidos en puntos muestrales vecinos que en los distantes. Hay dos variantes principales de técnicas de interpolación: determinística y geoestadística. Los métodos determinísticos de interpolación asignan valores a las ubicaciones basándose en los valores medidos circundantes y en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante. Entre ellos se incluyen IDW (ponderación por el inverso de la distancia), Vecino Natural, Tendencia y

Spline. Por su parte, los métodos geoestadísticos están basados en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación (la relación estadística entre los puntos medidos) y Kriging (método de interpolación de este grupo más aplicado). Gracias a esto, las técnicas de geoestadísticas no sólo tienen la capacidad de producir una superficie de predicción, sino que también proporcionan alguna medida de certeza o precisión de las predicciones (Llyod, 2011; Mitas y Mitasova, 2005).

En este trabajo comparamos cuatro métodos diferentes de interpolación espacial usando el software ArcGIS 10.6 y seleccionamos finalmente el método de Interpolación Ponderado por el Inverso de la Distancia (IDW).

RESULTADOS

La población participante estuvo comprendida por 134 (66.3%) mujeres y 68 (33.6%) hombres, con una edad promedio de 43 años. En el diagnóstico serológico la seroprevalencia detectada fue 32.2 % (IC95% 25.8 - 39.1).

En la Figura n°3 se presentan las distribuciones puntuales de la muestra total y la de aquellos que exhibieron seropositividad en el área de estudio. Mediante la aplicación de las técnicas de Análisis Centrográfico, específicamente, el cálculo del centro medio para cada conjunto de distribuciones, fue posible identificar un patrón o tendencia diferente de los casos de seropositividad a leptospirosis hacia el norte - noreste de la localidad (Figura 4). Este patrón se confirma al analizar las elipses de dispersión presentadas en la Figura n°5, las cuales indican la distancia media de los puntos con respecto al centro medio y vuelve a exhibir un desplazamiento de la seropositividad hacia el norte- noreste de la localidad de María Ignacia Vela.

Figura 3. Distribución de la muestra total (a) y seropositividad (b).



Fuente: Elaboración personal.

Figura 4. Comparación Centro medio muestra total vs. Centro medio seropositividad



Fuente: Elaboración personal.

Figura 5. Comparación Elipse de dispersión muestra total vs. Elipse de dispersión seropositividad



Fuente: Elaboración personal.

Además del análisis descriptivo del patrón de distribución de la seropositividad, en este trabajo se tuvieron en cuenta las asociaciones entre las variables que pueden propiciar la

infección por leptospiras, las cuales constituyeron un insumo para facilitar la comprensión del patrón de distribución encontrado. Es en este sentido que se presentan en la Tabla 1, los resultados del análisis bivariado mediante el cálculo del X^2 de Pearson o Test Exacto de Fisher, resaltando (*) aquellas variables que presentaron asociación ($p < 0.02$) con la infección por leptospiras.

Tabla 1. Análisis estadístico de las variables estudiadas.

Variables/MAT	X² Pearson valor	Valor p
Relacionadas al individuo		
Género	0.08	0.7788
Caza animales	0.94	0.3324
Matarife o empleado de frigorífico	0.59	0.4409
Profesional de la salud	1.21	0.2709
Limpieza o poda de ramas	1	0.3166
Obrero de construcción	0.2	0.6574
Quintero	0.08	0.7741
Realiza tareas rurales	2.63	0.1048
Habitacionales		
Material del techo	1.23	0.7457
Material del piso	4.46	0.3478
Material de las paredes	10.06	0.0395
Abastecimiento agua (*)	14.33	0.0008
Efluentes	0.29	0.5877
Luz	2.43	0.1188
Gas	3.71	0.0541
Interacción humano/animales		
Contacto con bovinos	0.04	0.8375
Contacto con caninos	4.32	0.0376
Contacto con equinos (*)	6.23	0.0125
Contacto con ovinos	2.33	0.1268
Contacto con felinos	1.94	0.1638
Contacto con porcinos	1.77	0.1836
Contacto con otros animales (*)	10.01	0.0016
Interacción entorno social/natural		
Contacto con aguas poco seguras (*)	5.66	0.0174
Roedores en cercanía de la	1.3	0.2549
Roedores en el trabajo	0.61	0.4334
Cerca de arroyo, aguas estancadas	4.54	0.0331
Cerca de baldíos	0.95	0.3309
Cerca de calles inundables (*)	13.3	0.0003
Cerca de corrales	1.24	0.2646
Cerca de explotaciones pecuarias(*)	6.01	0.0142

A partir de este análisis pudieron deducirse cuáles son los grupos de causas o factores más significativos que están asociados con la seropositividad a *Leptospira* spp. en el área de estudio. Para tal fin se seleccionaron aquellas variables que arrojaron valores de X^2 $p < 0.020$ en el análisis estadístico.

En el grupo relativo a las características de la vivienda, se destacó con fuerte asociación a la variable dependiente el abastecimiento de agua. Profundizando en el análisis se detectó que presentan mayor riesgo aquellas personas cuya fuente de agua es el pozo respecto a los que poseen el servicio de agua corriente.

En referencia a las variables socioculturales, el contacto con aguas poco seguras podría considerarse una situación de riesgo, principalmente en aquellas actividades recreativas en que las personas toman contacto con este tipo de agua en espacios públicos.

Otro grupo de determinantes está relacionado con el grado de interacción con animales domésticos y de cría, donde particularmente podría considerarse una situación de riesgo el contacto con equinos y el contacto con otros animales, donde la mayoría de este grupo está representado por aves de corral.

Finalmente presentaron asociación aquellas variables ambientales o del entorno social y natural, como la cercanía de la vivienda a calles inundables y a explotaciones pecuarias. Estas asociaciones permiten predecir que aquellas personas que se encuentran en la cercanía de estos determinantes presentes en la localidad, poseen mayor riesgo de enfermarse por leptospirosis.

A partir del insumo obtenido fue posible generalizar los resultados y obtener la cartografía temática que indica cuáles son las áreas del espacio rururbano que son más propensas a la leptospirosis, según los diferentes patrones de distribución espacial de los factores incidentes. En la Figura 6 se expone la distribución de probabilidades de seropositividad para las 202 muestras, obtenida mediante un modelo predictivo de regresión logística en base a las variables significativas (Tabla 2). En la Figura 7 se observa una generalización del modelo sobre el área urbana y complementaria de María Ignacia Vela mediante la aplicación del método de interpolación IDW. En ambos casos es posible visualizar que la probabilidad de contraer la enfermedad posee un claro patrón que se incrementa desde el suroeste hacia el noroeste, visualizándose las zonas de alto riesgo respecto de otras dentro del área estudiada.

Tabla 2. Modelo de Regresión Logística.

Variable	OR	Valor p
Abastecimiento agua	2.16	0.0242
Contacto con equinos	1.83	0.0909
Contacto con otros animales	2.38	0.0231
Contacto con aguas poco seguras	3.06	0.0093
Cerca de calles inundables	1.10	0.8228
Cerca de explotaciones pecuarias	2.19	0.1278

Figura 6. Modelo de Regresión Logística Espacial: distribución de probabilidades de seropositividad.



Referencias:

Probabilidad

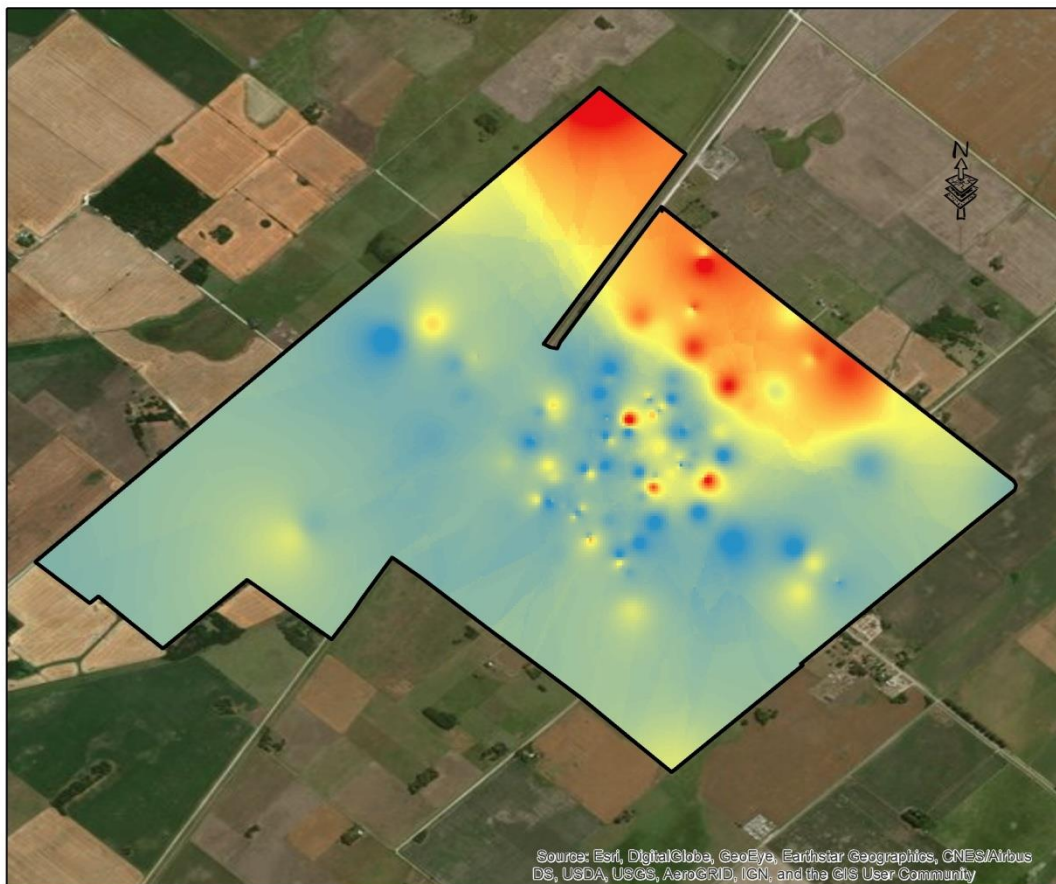
- 0,14 - 0,28
- 0,29 - 0,44
- 0,45 - 0,55
- 0,56 - 0,70
- 0,71 - 0,83

□ AreaEstudio

Escala gráfica
0 390 780 1.560 metros

Fuente: Elaboración personal.

Figura 7. Modelo IDW-distribución de probabilidades de seropositividad.

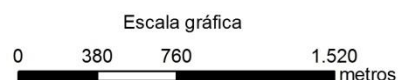


Referencias:

Probabilidades



AreaEstudio



Fuente: Elaboración personal.

CONSIDERACIONES FINALES

La combinación de técnicas de laboratorio, estadísticas y espaciales constituyeron un método eficiente para conocer los determinantes sociales, económicos y ambientales de la población de María Ignacia Vela que pueden conducir a la presentación de una enfermedad zoonótica. Esto permitió además la comprensión de las relaciones recíprocas entre estos determinantes en combinación con los modos de vida que poseen los habitantes de esta área rururbana que propician la infección por *Leptospira* spp.

El orden de las técnicas de análisis espacial propuestas en este trabajo, permitió aplicar el método científico al problema en cuestión, conociendo en principio los aspectos

descriptivos asociados a la distribución espacial de la leptospirosis mediante la implementación de técnicas morfométricas como el cálculo del Centro Medio y Elipse de Dispersión, respondiendo así a la pregunta ¿existen algún patrón de distribución distinto al de la población total? Al comparar los resultados de los seropositivos contra el total de la muestra fue posible detectar una distribución diferencial de los afectados en un sentido Norte-Noreste. Esto posibilitó avanzar en los interrogantes y plantear incógnitas sobre ¿Cuáles serán las posibles variables explicativas de dichas diferencias en la distribución espacial?, para lo cual se emplearon una diversidad de variables localizadas que fueron correlacionadas con los casos mediante análisis de Regresión Logística, obteniendo como resultado un modelo con seis variables que permitieron estimar la probabilidad de presentarse la leptospirosis con altos niveles de confianza. Finalmente, dado que el modelo se elabora basado en las 202 viviendas a las cuales hacen referencia las muestras, la distribución de probabilidades fueron generalizadas al área de estudio empleando un método de interpolación ponderado por el inverso de la distancia (IDW), generando una superficie continua de riesgo en el área urbana y complementaria de la localidad de María Ignacia Vela.

La información obtenida en este estudio pretende facilitar la toma de decisiones en el ámbito de las políticas públicas a fin de apuntar las estrategias de prevención de la leptospirosis, con el propósito de garantizar que todos los sectores de la población tengan acceso a condiciones de vida óptimas en beneficio de la salud.

BIBLIOGRAFÍA

Adler, B.; de la Peña Moctezuma, A. (2010). *Leptospira and leptospirosis*. *Veterinary Microbiology*. 1(40): 287-296.

Alonso-Andicoberry, C.; García-Peña, F.; Ortega-Mora, L.M. (2001). Epidemiología, diagnóstico y control de la leptospirosis bovina. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*. 16(2).

Ávila-Sánchez, H. (2005). *Lo urbano-rural, ¿nuevas expresiones territoriales?* Cuernavaca, UNAM. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.

Beceyro, A. (2015). El significado de las magnitudes geográfico-epidemiológicas y las escalas de análisis. Una mirada desde la Geografía de la Salud. *Revista del Departamento de Geografía. FFyH – UNC – Argentina*. 3(5):15-35.

Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster*. Lugar Editorial. Buenos Aires. 304 p.

Buzai, G. y Baxendale, C. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 2: Ordenamiento Territorial / Temáticas de base vectorial*. Lugar Editorial. Buenos Aires. 315 p.

Céspedes, M. (2005). Leptospirosis: enfermedad zoonótica reemergente. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 22(4):290-307.

Chung, K.; Yang, D.H. & Bell, R. (2004). Health and GIS: Toward Spatial Statistical Analyses. *Journal of Medical Systems*, 28(4):349–360.

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE); Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios; Ministerio de Salud de la Nación. (2014). *Epidemiología Panorámica. Introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la Salud Pública*. Primera edición.

Costa, F.; Hagan, J.; Calcagno, J.; Kane, M.; Torgerson, P.; Martinez-Silveira, M. (2015). Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. *PLoS Neglected Tropical Disease*. 9(9).

Ebdon, D. (1982). *Estadística para geógrafos*. Oikos- Tau S. A. Ediciones. Madrid, España.

Hammond, R. y MC Cullagh, P. (1974). *Técnicas cuantitativas en Geografía*. Editorial Saltés. Madrid.

Hartskeerl, A.; Collares-Pereira, M.; Ellis, W. (2011). Emergence, control and re-emerging leptospirosis: dynamics of infection in the changing world. *Clinical Microbiology and Infection* 17:494-501.

International Committee on Systematic Bacteriology, Subcommittee on the Taxonomy of *Leptospira* (1984). Minutes of the meeting, 6 to 10 August, 1982, Boston, Massachusetts, USA. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 34:258-259.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2010). Extraído el 20 de enero de 2017. Disponible en: http://www.indec.gov.ar/censos_provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&p=06&d=791&t=0&s=0&c=2010.

Íñiguez Rojas, L. (1998). Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina. *Cadernos Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 14(4):701-711.

Íñiguez Rojas, L.; Barcellos, C. (2003). Geografía y salud en América Latina: evolución y tendencias. Centro de Estudios de Salud y Bienestar Humanos. Universidad

Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2010). *Logistic Regression. Statistics for Biology and Health*. 3rd ed. Springer.

Levett, P.; Morey, R.; Galloway, R.; Steigerwalt, A. (2006). *Leptospira broomii* sp. nov., isolated from humans with leptospirosis. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 56:671-673.

Lloyd, C. (2011). *Local Models for Spatial Analysis*. 2nd Edition. CRC Press.

Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J. y Rhind D. W. (2013). *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Bookman, Porto Alegre, Brasil. (Tercera edición).

Mitas, L. y Mitsova, H. (2005). Spatial Interpolation. In: Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W., Eds., *Geographic Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 2nd Edition, Vol. 1, Part 2, Chapter 34. Disponible en: www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/

- Molineri, A.; Signorini, M.; Tarabla, H. (2013). Conocimiento de las vías de transmisión de las zoonosis y de las especies afectadas entre los trabajadores rurales. *Revista Argentina de Microbiología*. 46:7-13.
- OIE (World Organization for Animal Health) (2014). Manual Terrestre de la OIE. Leptospirosis. Capítulo 2.1.9, 16.
- Olmo Montes, F.; Peñas Espinar, C.; Sojo Dorado, J.; Muniaín Ezcurra, M. (2014). Leptospirosis. *Enfermedades Infecciosas III. Medicine* 11(51):3003-8.
- Pan American Health Organization / World Health Organization / International Leptospirosis Society (PAHO/WHO/ILS). (2008). Leptospirosis humana: guía para el diagnóstico, vigilancia y control.
- Rogerson, P. (2012). Métodos estadísticos para Geografía. Um guía para o estudante. 3era Edicao. Porto Alegre, Brasil. Bookman.
- Romero Peñuela, M.; Sánchez Valencia, J.; González Gordon, L. (2011). Revisión sobre la importancia de la fauna silvestre en la epidemiología de la leptospirosis. *Biosalud* 10(2):112-122.
- Samartino, L.; Eddi, C. (2010). Zoonosis de las áreas urbanas y periurbanas de América Latina. *Temas de Zoonosis IV, capítulo 53. Veterinaria Argentina*. 27:270.
- Scialfa, E.; Aguirre, P.; Bolpe, J.; Azul, C. (2014). Características de las granjas familiares periurbanas de producción de alimentos y su relación con las zoonosis prevalentes. III Jornada de Extensión del Mercosur. Unicen. Tandil, Buenos Aires, Argentina.
- Seijo A. (2008). Leptospirosis. En: *Patologías regionales y enfermedades emergentes*. Gorodner, J.O y Merino D. E, Eds. Corpus, Rosario, Argentina.
- Silva, J.; Scialfa, E.; Rivero, M. (2017). Epidemiología de la leptospirosis humana en un área rururbana del partido de Tandil. XVIII Simposio Internacional sobre Enfermedades Desatendidas. Mundo Sano. 5 y 6 de octubre.
- Smith, P. A. (1994). Autocorrelation in Logistic Regression Modelling of Species' Distributions. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 4(2):47.
- Togerson, P.; Hagan, J.; Costa, F.; Calcagno, J.; Kane, M.; Martinez-Silveira, M. (2015) Global Burden of Leptospirosis: Estimated in Terms of Disability Adjusted Life Years. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 9:10.
- Watson, D. F. y Philip, G. M. (1985). A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing* 2:315–327.
- World Health Organization (WHO). (2010). Report of the First Meeting of the Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group. Geneva, Switzerland.

© Julia Silva, Mariana Rivero, Exequiel Scialfa, Santiago Linares.

Silva, J.; Rivero, M.; Scialfa, E.; Linares, S. 2020. Análisis espacial de la seropositividad de leptospirosis humana en un espacio rururbano del partido de Tandil mediante Sistemas de Información Geográfica. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*. 12(17) Sección I: 1-18

On-line: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Recibido: 15 de mayo de 2019

Aceptado: 6 de septiembre de 2019