



SEMINARIO INTERNACIONAL PRÉ COSALFA

Guía técnica para la transición de estatus sanitario de Fiebre Aftosa en Sudamérica: metodologías para su implementación

Punta del Este, Uruguay, 4 y 5 de abril de 2016

LA DETECCIÓN DE LOS "HUBS" RED DE TRÁNSITO DE LOS CERDOS EN LA PRIMERA MITAD DE 2015, ECUADOR

Alexandre Guerra dos Santos¹, Alfredo Javier Acosta Batallas³, Alvaro Barreno³, Alejandro Mauricio Riveira²,
Javier Vargas Estrella³, Alexandra Burbano³, Manuel J. Sanchez Vazquez¹

¹Unidad Técnica de Epidemiología, PANAFTOSA/POS/OMS;

²Unidad Técnica de Fiebre Aftosa y Enfermedades Vesiculares, PANAFTOSA/POS/OMS;

³AGROCALIDAD, Ecuador

INTRODUCCIÓN

Ecuador tiene una población total de cerdos de 1.527,111 animales, es la octava población porcina del continente de América del Sur (1). El Censo Nacional de Salud en Granjas de Porcinos que llevó a cabo en 2010, el país tenía 1.737 granjas con 20 o más animales y/o por lo menos 5 cerdas jóvenes, con una población de 310,607 cerdos. El ganado porcino se concentra en las regiones de la Sierra y la Costa, con el 62 % y el 33 % de los animales, respectivamente (2).

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) recomienda a sus miembros que hagan uso de la trazabilidad de su rebaño como la herramienta de apoyo en los programas de vigilancia de la salud de los animales (3). Con el mayor desarrollo y mayor uso de la trazabilidad de los animales surgieron en los últimos años varios grupos que desarrollaron el uso de la herramienta de análisis de redes sociales (ARS) para los análisis de movimientos de animales. Los ARS tienen su origen en las ciencias sociales en las décadas de los 1930 y 1940.

El objetivo del ARS es describir la interacción entre los individuos dentro de un grupo (4,5). La medicina veterinaria utiliza este concepto para describir el movimiento de animales a través de los movimientos de sus registros de compra y venta (6). Además, el ARS también permite evaluar la propagación de algunas enfermedades en la población animal (7-9).

Actualmente existen dos tipos de redes, son ellas: la dirigida (direccionada) y no dirigida (no direccionada). En la dirigida, los contactos entre los elementos de la red obedecen una dirección (sentido), por ejemplo, de A para B (la red de tráfico aéreo), y en la no dirigida no existe una dirección y sí un contacto mutuo entre A y B (red de amigos).

A través de ARS se puede identificar nodos con características más centrales ("importantes") también llamado "hubs" que se pueden clasificar a través de varios parámetros de una red. Para Barabási & Bonabeau (10), un "hub" de una red está representado por el nodo que posee un mayor número de contactos con otros nodos dentro de la misma red. Otra manera para caracterizar un "hub" es con el uso del método de PageRank, que es la probabilidad de que un caminante aleatorio (random walker) pase por el nodo (11). Este último método fue utilizado inicialmente por Google® para rankear (clasificar) los sitios web. En el estudio de Zhang et al. (12) se muestra la importancia que un "hub" tiene en la propagación de una enfermedad y su control. En el mismo estudio se demuestra que las intervenciones realizadas en un "hub" pueden resultar en un efecto hasta dos veces mayor que la intervención en una red aleatoria, demostrando el impacto del "hub" dentro de la red.

METODOLOGÍA

El registro de movimiento de los cerdos del primer semestre de 2015 fueron suministradas por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). Para la caracterización de la red no se consideraron los movimientos a los mataderos, como se recomendó en otro estudio anterior de Bigras-Poulin en 2007 (13). Según este estudio, este tipo de movimiento representa, para la mayoría de las enfermedades un bajo riesgo de transmisión entre los cerdos. para encontrar los "centros" dentro de la red utilizan el algoritmo de PageRank, que se define por:

$$\pi^T = \pi^T G,$$

Donde π^T es vector línea estacionario del G llamado vector de PageRank, y cada elemento π_i es la probabilidad de que un caminante aleatorio va a visitar el nodo i en el estado estacionario. G se llama fr matriz del Google y es la matriz de probabilidad para el proceso de paseo aleatorio. Cada elemento G_{ij} es la probabilidad de que un caminante aleatorio en el nodo i se mueva hacia el nodo j al próxima fase del paseo aleatorio. G_i es definido como $G_{ij} = w_{ij} / w_{iout}$ hacia afuera, dónde w_{ij} es el elemento de la matriz de adyacencia ponderada en redes dirigidas y w_{iout} es la potencia de salida del nodo i (11).

Los datos se analizaron con la ayuda del software R (14) y ese con la ayuda del software "Matrix" (15) e "igraph" (16). La obtención de los gráficos de red se ha tomado el software Gephi (16).

RESULTADOS

Durante este período fueron registrados 59,299 movimientos (lotes), donde se transportaron 312,276 cerdos. El movimiento de los cerdos en Ecuador en el primer semestre de 2015 se dividieron en seis diferentes grupos (matadero-industrialización, la feria comercial, feria de exhibición, predio, el predio cuarentenario y otros). La distribución de los registros y la cantidad de animales manejados por grupo puede observarse en la Tabla 1.

	Matadero	Feria Comercial	Feira Exhibición	Predio	Prédio cuarentenario	Otros	Total
Registros de movimientos de cerdos	24.503 (41,70%)	17.769 (30,22%)	3 (0.005%)	16.466 (28,01%)	6 (0.01%)	34 (0.058%)	58.787 (100%)
Número de cerdos manejados	129.014 (41,48%)	104.481 (33,59%)	18 (0.006%)	76.923 (24,73%)	25 (0.008%)	551 (0.18%)	311.012 (100%)
Promedio del número de movimientos de animales por lote	7.0	5.9	6.0	4.7	4.2	16.2	5.3
La mediana del número de movimientos de los animales por lote	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	4.5	2.0

Tabla 1: La distribución del movimientos y el número de cerdos manejados en el primer semestre de 2015, Ecuador.

La Figura 1 muestra la distribución de los valores de PageRank de nodos de la red, se denomina los "hubs" de la red de nodos con valores "outliers". Fue posible encontrar 20 vértices que podrían clasificar como "hubs" en la red de tránsito de cerdos en Ecuador.

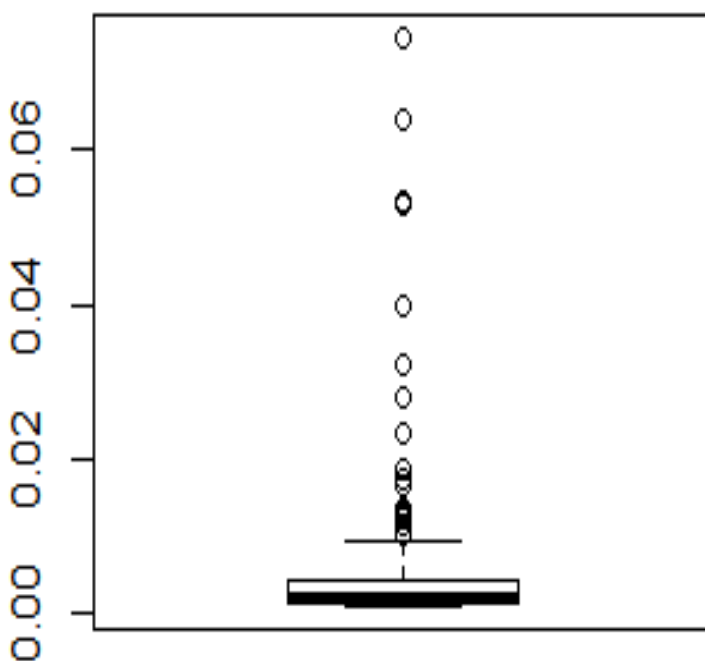


Figura 1: Gráfico de la distribución de los valores de PageRank de nodos de la red de tránsito de cerdos en el primer semestre de 2015, Ecuador.

Debido a esta característica, fueron encontrados 17 "hubs" en la red del tráfico de cerdos en el primer semestre de 2015. En la Figura 2 podemos observar los gráficos de red de movimientos con los "hubs" en destacados.

Figura 2: Representación del gráfico de la red de tránsito de cerdos entre Cantones, en el primer semestre de 2015, Ecuador

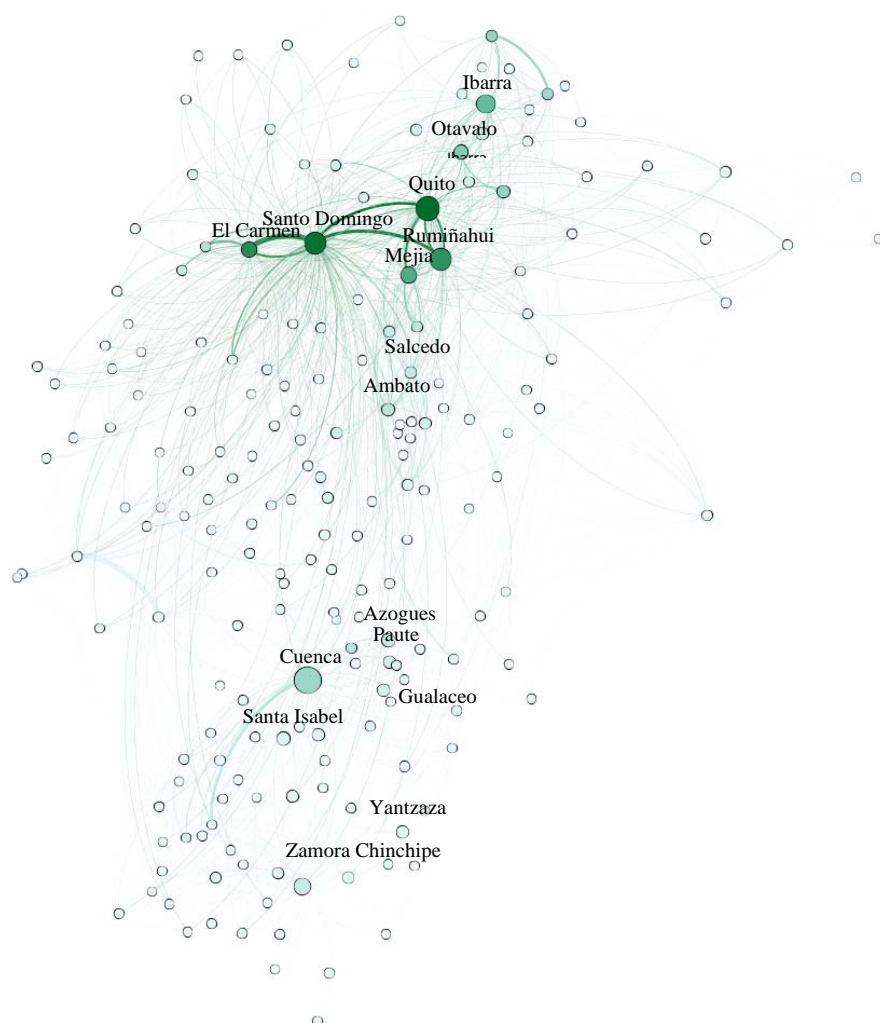


Figura 2 - Leyenda: La posición de los nodos de la red se ocurre por las coordenadas de los centroides del Cantón correspondiente. Los colores de los nodos representan el valor de grados (degree) de los nodos que van del blanco al verde oscuro. El tamaño de los nodos representa el valor de PageRank. Los nombres de los cantones que aparecen corresponden a los 17 "hubs" encontrados en la red.



SEMINARIO INTERNACIONAL PRÉ COSALFA

Guía técnica para la transición de estatus sanitario de Fiebre Aftosa en Sudamérica: metodologías para su implementación

Punta del Este, Uruguay, 4 y 5 de abril de 2016

CONCLUSIONES

Dada la importancia de los "hubs" en la red, describir sus resultados es una importante fuente de datos para una mejora del sistema de vigilancia de enfermedades. Por lo tanto, la realización del monitoreo epidemiológico en 17 "hubs" encontrados en el estudio puede resultar en una forma más eficiente (en el ámbito de la logística y financiero) que el monitoreo en regiones que tengan una gran concentración de animales.

BIBLIOGRAFIA

1. PANAFTOSA - OPS/OMS. Informe de Situación de los Programas de Erradicación de la Fiebre Aftosa en Sudamérica y Panamá, año 2014. QUITO; 2015.
2. AGROCALIDAD, MAGAP, ASPE. Encuesta Nacional Sanitaria de Granjas de ganado Porcino - 2010. QUITO; 2010.
3. OIE. Terrestrial Animal Health Code - 2015 [Internet]. Paris; 2015 [cited 2015 Dec 11]. Available from: <http://www.oie.int/international-standard-setting/terrestrial-code/access-online/>
4. Martínez-López B, Perez a M, Sánchez-Vizcaíno JM. Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transbound Emerg Dis.* 2009 May;56(4):109–20.
5. Bigras-Poulin M, Thompson R a, Chriel M, Mortensen S, Greiner M. Network analysis of Danish cattle industry trade patterns as an evaluation of risk potential for disease spread. *Prev Vet Med.* 2006 Sep;76(1-2):11–39.
6. Dubé C, Ribble C, Kelton D, McNab B. A review of network analysis terminology and its application to foot-and-mouth disease modelling and policy development. *Transbound Emerg Dis.* 2009 Apr;56(3):73–85.
7. Frössling J, Ohlson A, Björkman C, Håkansson N, Nöremark M. Application of network analysis parameters in risk-based surveillance - Examples based on cattle trade data and bovine infections in Sweden. *Prev Vet Med. Elsevier B.V.*; 2012 Jul 1;105(3):202–8.
8. Dorjee S, Revie CW, Poljak Z, McNab WB, Sanchez J. Network analysis of swine shipments in Ontario, Canada, to support disease spread modelling and risk-based disease management. *Prev Vet Med. Elsevier B.V.*; 2013;112(1-2):118–27.
9. Rautureau S, Dufour B, Durand B. Structural vulnerability of the French swine industry trade network to the spread of infectious diseases. *Animal.* 2012;6(07):1152–62.
10. BARABÁSI A-L, BONABEAU E. Scale-Free Networks. *Sci Am.* 2003;288(May):50–9.
11. Page L, Brin S, Motwani R, Winograd T. The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. [Internet]. Stanford InfoLab; 1999. Available from: <http://ilpubs.stanford.edu:8090/422>
12. Zhang H, Zhang J, Zhou C, Small M, Wang B. Hub nodes inhibit the outbreak of epidemic under voluntary vaccination. *New J Phys.* 2010;12:11.
13. Bigras-Poulin M, Barfod K, Mortensen S, Greiner M. Relationship of trade patterns of the Danish swine industry animal movements network to potential disease spread. *Prev Vet Med.* 2007 Jul;80(2-3):143–65.
14. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria; 2015. Available from: <https://www.r-project.org>
15. Bates D, Maechler M. Sparse and Dense Matrix Classes and Methods. 2015; Available from: <http://matrix.r-forge.r-project.org/>
16. Kutmon M. Network Analysis and Visualization. 2015;(September). Available from: <http://igraph.org>
17. Bastian M, Heymann S, Jacomy M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks [Internet]. 2009. Available from: <http://www.aiai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/view/154>