



ANÁLISIS GEO-EPIDEMICO TEMPRANO CON ESTIMACION DE COSTO/BENEFICIO: EL CASO DE FIEBRE AFTOSA

Ariel L. Rivas

Coleg. de Agricultura, Universidad de Cornell,
Ithaca, NY, E. Unidos. Email: alr4@cornell.edu.

RESUMEN

Se desarrolla y evalúa un modelo de análisis de epidemias caracterizado por: 1) incluir criterios geo-biológicos, 2) ser implementable en breve tiempo, y 3) identificar medidas de control con análisis costo/beneficio. Utilizando Sistemas de Información Geográfica, se valida el modelo con datos de la epidemia de Fiebre Aftosa ocurrida en Uruguay en 2001. Cuatro variables fueron medidas: 1) ubicación y tamaño de 4022 predios rurales, de los cuales 574 fueron infectados (casos) en los 60 días posteriores a Abril 23, 2001; 2) densidad vial local (km de carreteras/km² de Sección Judicial); 3) densidad bovina departamental; y 4) porcentaje de predios dedicados a lechería. Cada variable fue sub-dividida en 2-5 clases (ej., baja/media/alta), determinándose la proporción de casos/clase correspondientes a los primeros 3 días, los días 4-6, y los ocurridos entre 7 y 60 días.

La estructura geográfica de los predios rurales mostró una significativa fragmentación («bolsones» o «clusters»). Mayor porcentaje de casos ocurrieron en los segundos 3 días que en los primeros tres en áreas de: 1) predios pequeños y medianos; 2) mediana o alta densidad vial; 3) alta densidad animal; y 4) más de 20% de predios locales (Secciones Judiciales) dedicados a lechería ($p < 0.03$). En una segunda fase se generó un mapa que incluyó estas 4 clases espaciales. Definiendo como «beneficiosa» toda área en la cual la relación entre porcentaje de casos/porcentaje de territorio es > 1 (y «costo» como «km² necesarios a controlar/caso evitado»), se compararon los valores calculados al 6to. día (estimativos o predictivos) con los hallados a 7-60 días (reales o finales) tanto en las opciones basadas en variables individuales, como la que incluía cuatro clases (identificada en la segunda fase). Los «beneficios» atribuidos a las variables individuales fluctuaron entre 1.11 y 1.24, en tanto el de la solución multi-variada fue 1.75. El «costo final» de la opción multi-variada fue 11.7 km²/caso (2 veces menor que los alternativos). Se concluye que el análisis geo-biológico de epidemias puede generar soluciones tempranas, locales (con mapas específicos) y beneficiosas.

SUMMARY

Early and cost-benefit based geo-epidemiologic assessments: the Foot-and-Mouth Disease case

A model for assessment of epidemics is developed and evaluated, which is characterized by: 1) geo-biologic considerations, 2) early implementation; and 3) identification of control measures based on cost-benefit analysis. Using Geographic Information Systems (GIS), this approach is validated with data from the 2001 Uruguayan Foot-and-Mouth Disease (FMD) epidemic. Four variables were analyzed: a) location and size of 4022 individual farms of which 574 were infected over 60 days, b) state animal density, c) percentage of dairy farms per county, and d) county road density. Each variable was

classified in 2-5 classes (eg., small/medium/large) and the proportion of cases/class reported in the first 3 days of the epidemic was compared to that recorded at 4-6 days. Farm clusters were indicated ($p < 0.01$). Higher proportion of cases were reported at 4-6 days than at 1-3 days in areas with: small and medium size farms, high animal density, non-low dairy farming, and high road density regions ($p < 0.03$). Each of these classes showed greater proportion of cases at days 7-60 than the proportion of the total territory covered by each class' area (benefit ratios: 1.11-1.24). The region characterized by these four spatial classes covered 28.8% of the territory under study, and included 50.4% of all cases reported between days 7 and 60 (actual benefit ratio: 1.75). The actual «cost» of implementing control measures in this region was 11.7 sq km/case («cost» at least 2 times smaller than any other alternative). It is suggested that geo-biologic epidemic assessments may generate early, region-specific, and less costly/more beneficial control measures..

INTRODUCCION

La epidemiología es una ciencia no experimental. Su avance está limitado al estudio de epidemias ocurridas en el pasado. Los actuales encares epidemiológicos pueden clasificarse en cuatro tendencias: 1) la «determinista», basada en modelos matemáticos; 2) la «geo-estadística», que utiliza pruebas de estadística espacial; 3) la «biológica», fundamentada en medidas profilácticas o curativas; y 4) la «cartográfica», basada en paquetes de computación (Sistemas de Información Geográfica o SIG). Pese a su utilidad relativa, todas estas alternativas poseen limitaciones.

Los métodos biológicos (la epidemiología tradicional) son descriptivos, pero pocas veces explicativos. Suelen ignorar el rol del espacio, así como cambios dinámicos (tiempo).

Los métodos deterministas utilizan ecuaciones que intentan resumir las funciones existentes en una epidemia. Se basan en la previa enunciación de hipótesis. Lamentablemente, la realidad biológica suele ser mucho más compleja que la más compleja hipótesis, y es influida por el espacio.

Los métodos geo-estadísticos intentan resolver esa limitación. Analizan la distribución de eventos espaciales (ej., ríos, carreteras, tamaño y ubicación de predios rurales), evaluando la posibilidad de que los datos no se distribuyan homogéneamente ni al azar, sino en «bolsones» («clusters»). Pero, poseen dos limitaciones: 1) suelen requerir alto número de tamaño de muestra (requisito nunca alcanzado al comienzo de epidemias), y 2) son pobres para producir predicciones.

Los métodos cartográficos han adquirido recientemente gran desarrollo, gracias a nuevas tecnologías (SIG). Permiten generar datos numéricos sobre cualquier información de origen gráfico (generar números desde mapas), así como el proceso inverso (generar mapas a partir de información numérica). No obstante, los SIG aun no ofrecen comandos adaptados al estudio de epidemias, y aun es relativamente escasa su aplicación en medicina veterinaria. Por ejemplo, en el área de Fiebre Aftosa, ningún estudio publicado sobre la epidemia ocurrida en Gran Bretaña en el 2001 ha analizado la estructura de predios

rurales ni la estructura vial. Sin embargo, los SIG pueden permitir el análisis temprano de la estructura vial en epidemias de Fiebre Aftosa (Rivas et al., 2003a).

En respuesta a estas limitaciones metodológicas, se propone una alternativa que integra estas cuatro perspectivas. Se basa en un encare biológico. Considera el tiempo mínimo en el que pueden ocurrir dos ciclos o incubaciones del agente causante. Se estima en 3 días tal período mínimo. Aunque tal período es conservador (es factible que algunos casos primarios conlleven un período de incubación más extenso), tal posibilidad es irrelevante al comienzo de una epidemia. Porque la misma se caracteriza por una progresión lineal o exponencial de casos secundarios/casos primarios. Por lo tanto, el error debido a casos primarios tardíamente reportados o que exceden los 3 días considerados, es «diluido» en el exceso de casos secundarios (Rivas et al., 2003b). La comparación de datos espaciales de los primeros 3 y los segundos 3 días de la epidemia permite inferir conclusiones de utilidad práctica. Si no hay diferencia en las características espaciales de los primeros 3 y los segundos 3 días, puede concluirse que las mismas se mantendrán (y las medidas de control adoptadas pueden priorizar áreas de tales características). Cuando hay diferencias significativas entre los primeros 3 y los segundos 3 días, el área a priorizar es la caracterizada por los segundos 3 días. Estos conceptos permiten estudiar la progresión espacio-temporal de una epidemia. Este material analiza tal progresión, agregando un análisis que permite seleccionar áreas donde el control puede resultar en menor costo/mayor beneficio.

MATERIALES Y METODOS

Los datos geo-referenciados fueron obtenidos de: 1) mapas donados por el Servicio Geográfico Militar, y 2) Páginas Web de: i) Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (Anales 2000 y Censo Agropecuario 2000); ii) Prenader (predios rurales), y iii) Oficina Internacional de Epizootias (ubicación de casos), y procesados en Arc View y Arc Info (ESRI, Redland, CA, E. Unidos). El análisis geo-estadístico utilizó S+ (Insightful, Seattle, WA, E. Unidos).

RESULTADOS

La estructura de predios rurales mostró una distribución heterogénea y fragmentada (polígonos irregulares), consistente con la existencia de «bolsones» («clusters») de fincas de distinto tamaño promedio, según indicó el análisis geo-estadístico ($p < 0.01$, prueba de Moran I). En el

segundo período considerado aumentó el porcentaje de parcelas pequeñas y medianas, la densidad vial local (medida en Secciones Judiciales), la densidad de bovinos/km², y el porcentaje de predios rurales dedicados a lechería. Consecuentemente, un mapa fue producido, el que incluyó estas cuatro clases. En último término, el «beneficio» de las cinco opciones (las cuatro basadas en variables individuales y el producido por la superposición de las cuatro clases) fue estimado.

Los datos de los días 4-6 reportaron 19 casos (de los 25 reportados en el período) en pequeños y medianos predios rurales (o 76% del total). Esa clase espacial representó 7.414 km² (66.7% del territorio bajo riesgo). Por lo tanto, el «beneficio esperado» fue 1.14 (76/66.7, o 14% por encima de un resultado neutro). Expresado como «costo esperado» (superficie a controlar/caso), una medida de control aplicada en esa área hubiera «costado» 390 km² /por caso (7.414 km² /19 casos). En la misma clase, a los 7-60 días se reportaron 447 de los 542 casos totales (82.5%), lo que equivale a un «beneficio real» de 1.24 (82.5/66.7), y un «costo real» de 16.6 km²/caso (7.414/447).

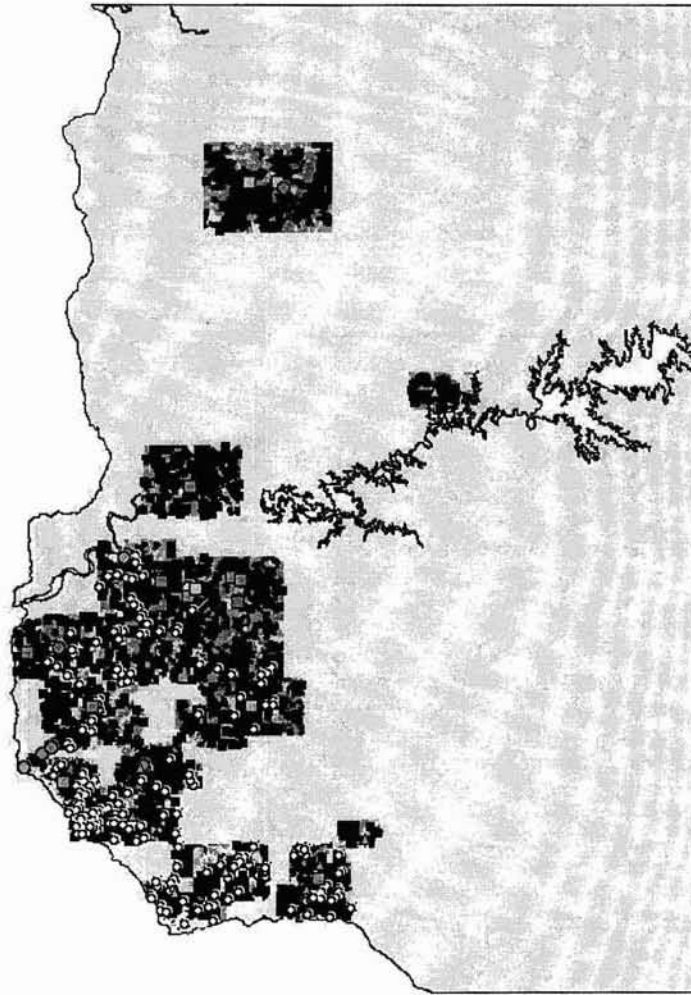
El «beneficio esperado» por controlar el área con >20% de predios lecheros resultó en una tasa de 1.37, en tanto el «beneficio esperado» del área con mediana y alta densidad vial fue de 1.28. Estas áreas mostraron tasas de «beneficios reales» de 1.11 y 1.20, respectivamente. El área de alta densidad bovina mostró tasas de beneficios esperados y reales de 1.15 y 1.18, respectivamente.

El área que superponía las cuatro soluciones individuales ya descritas, reportó, a 4-6 días, 14 de los 25 casos (56%) en un área de 3.205.5 km² (28.85% del área total bajo riesgo), o «beneficio esperado» de 1.94 y «costo esperado» de 229 km²/caso. A 7-60 días se reportaron 273 de 542 casos totales (50.37%) en esta área, o «beneficio real» de 1.41 y «costo real» de 11.74 km²/caso. Por lo tanto, controlar esta área hubiera resultado en beneficios por lo menos 13.7% mayores y costos por lo menos 30% menores que los generados por cualquiera de las variables espaciales individuales.

REFERENCIAS

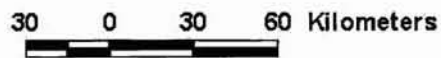
Rivas, A. L. et al. Identification of geographical factors associated with early epidemic spread of Foot-and-Mouth Disease. *Amer J Vet Res* 64: 1519-1527, 2003a.

Rivas, A. L. et al. Critical Response Time (time available to implement effective measures for epidemic control): model building and evaluation. *Can J Vet Res* 67: 307-315, 2003b.



Cases reportados en primeros 6 días

- Día 1 (Periodo I)
- Día 2 (Periodo I)
- △ Día 3 (Periodo I)
- ◐ Día 4 (Periodo II)
- ◑ Día 5 (Periodo II)
- ▲ Día 6 (Periodo II)



- Casos dentro de area de alto riesgo a 7-60 días
- Casos totales reportados entre 7-60 días

Area de alto riesgo

Establecimientos rurales

- Pequeños (<1.44 km²)
- Medianos (1.44 - 4.75 km²)
- Grandes (4.75 - 61.7 km²)
- Uruguay (seccion del Sur-Oeste)

Fig 1. Casos de Fiebre Aftosa ocurridos en los 60 días posteriores al 23 de abril de 2001. Ubicación de casos ocurridos en los primeros 3 días (amarillo), en días 4-6 (celeste), y entre los días 7-60 (azul, de los cuales, los encontrados dentro del área de "alto riesgo" se identifican en color blanco). El área de "alto riesgo" es la caracterizada por la superposición de: i) predios de pequeño y mediano tamaño, ii) mediana y alta densidad vial, iii) alta densidad bovina y iv) >20% de predios lecheros.