

Rabia en zorros

Laurie Baker¹, Elias Krainski², Håvard Rue³, Conrad Freuling⁴, Thomas Müller⁴, Micaela De La Puente León⁵, Jason Mathiopoulos¹ and Katie Hampson¹

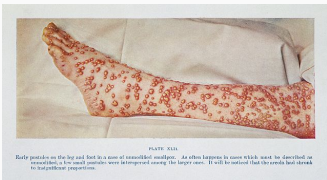
¹University of Glasgow, ²Universidade Federal do Paraná, ³King Abdullah University of Science and Technology, ⁴Friedrich Loeffler Institute, ⁵ Universidad Peruana Cayetano Heredia

- Rabia en zorros
- Introducción a los métodos
- Resultados preliminares

Persistencia y control de las enfermedades

Viruela y peste bovina

- Solo dos enfermedades se han eliminado globalmente.



<https://wellcomecollection.org/works/hbkrzs8r> CC-BY-4.0; <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rinderpest-1896-CN.jpg>

- Vacunación puede reducir las enfermedades pero sabemos poco sobre **dónde** y por **cuánto tiempo** las programmas de control deben operar para eliminar una enfermedad.

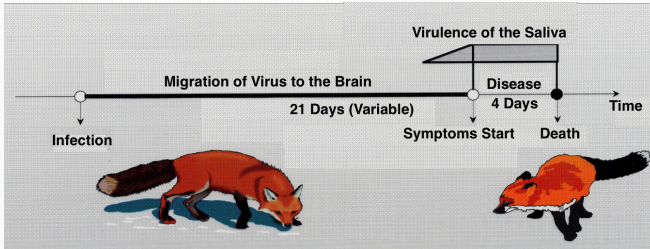
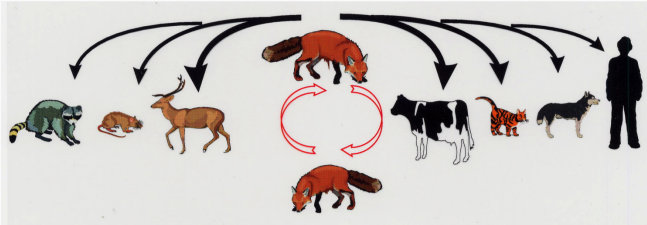
La rabia

- Casi 100% letal sin vacunación. Todavía mata >59,000 personas cada año.
- Un virus ARN del genero *Lyssavirus*.
- Causa encefalitis en un gran rango de mamíferos.
- Reservorios del virus incluye los ordenes *Carnivora* y *Chiroptera*.



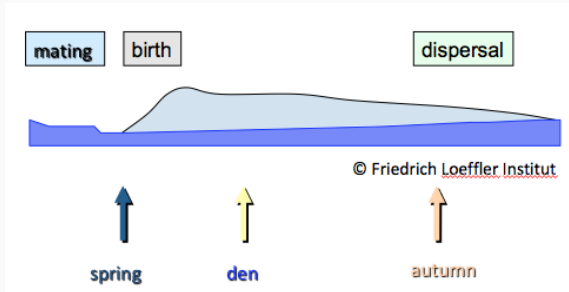
Rabies Cycle

En Europa el principal reservorio es el zorro rojo, *Vulpes vulpes*.



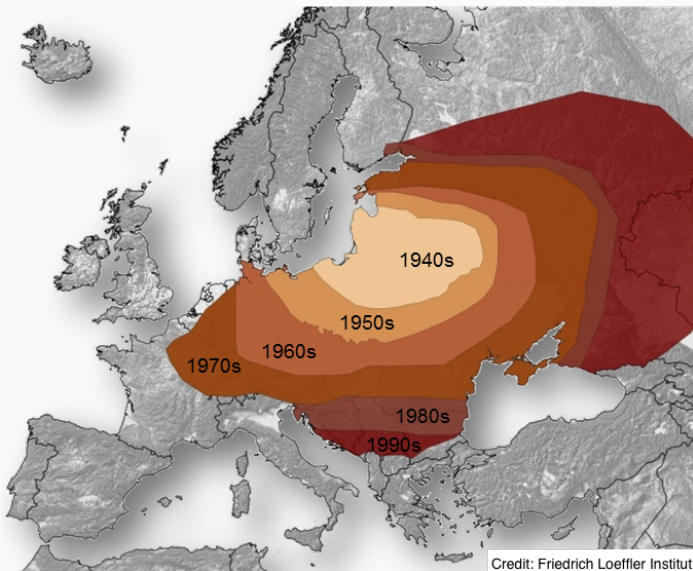
Los zorros

1. Es el carnívoro terrestre más ampliamente distribuido.
2. Territoriales, dividen el terreno en parcelas.
3. Tienen un ciclo estacional muy marcado
 - Apareamiento, reproducción, dispersión, restablecimiento, apareamiento.



4. Un pico reproductivo muy marcado, cuando la población se duplica.

Epidemia de rabia en zorros



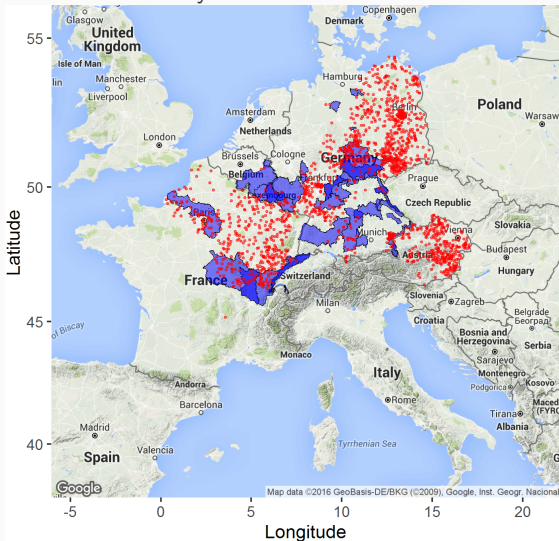
Vacunación oral de rabia

En 1978 desarrollaron una vacuna oral.



Eliminación de rabia en los zorros

Después de tres décadas y 2.36 millones de kilómetros cuadrados.



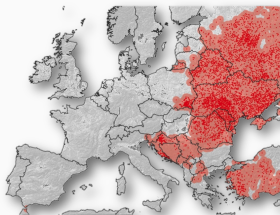
La rabia fue eliminado en 9 países del oeste de Europa.

Temas

1. Como persisten las enfermedades infecciosas?
- 2.Cuál es la dinámica de la distribución de rabia localmente?
3. Cómo podemos optimizar la vacunación para eliminar infección?

Qué podemos usar para estudiar el movimiento de la rabia?

- Muchos procesos (migración, distribución de enfermedades) están vinculados con espacio y tiempo



Migración de Wildebeest¹ y la rabia

- Son medidos a través de puntos georeferenciados en el tiempo.
- Con el "non-separable stochastic partial differential equation (SPDE)", podemos analizar estos procesos al mismo tiempo

¹

Daniel Rosengren [CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)]

Antecedentes de los datos

Los datos

- Puntos GPS de casos de rabia en Alemania oriental (1982-2006).
- Fechas y lugares donde fueron vacunados.



- **Pasiva:** Atropellados, síntomas de rabia, mordeduras; **Activa:** caza.
- No estaba siendo monitoreada adecuadamente (e.g. la densidad de zorros, la cobertura de vacunación, y la variación en la detección).

Objetivos

- Hacer un model de las dinamicas locales de la rabia usando el modelo SPDE en R-INLA.
- Estimar el correlación espacial de los casos de la rabia.

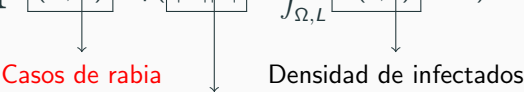
Análisis en tres pasos

1. Estimar la densidad de infectados en la zona.
2. Simular estocásticamente la densidad de la población de susceptibles.
3. Combinar las densidades de 1 y 2 para desarrollar un modelo GLM para estimar los parámetros de transmisión.

1. Estimando la densidad de infectados en la zona

We modeled the infected individuals \hat{I} , using a log-Gaussian Cox space-time point process:

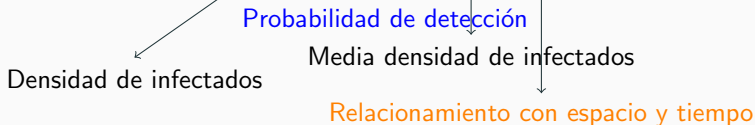
$$\pi(\hat{I}|\lambda) = \prod_i \lambda(s_i, t_i) \exp(|\Omega||L| - \int_{\Omega,L} \lambda(s, t) \partial s \partial t) \quad (1)$$


Casos de rabia Densidad de infectados
Alemania oriental, 120 meses

1. Estimando la densidad de infectados en la zona

We model the intensity function $\lambda(s, t)$ as

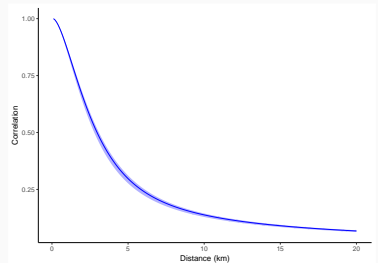
$$\log(\lambda(s, t)) = \log(\theta) + \beta_0 + d(s, t) \quad (2)$$


Densidad de infectados
Probabilidad de detección
Media densidad de infectados
Relacionamiento con espacio y tiempo

Resultados: Estimando la densidad de infectados en la zona

- Puntos negros = casos observados de rabia.
- Rojo: alta incidencia;
Azul/Gris: baja incidencia.
- Identifica donde se necesita la vacunación y las zonas en alto riesgo.

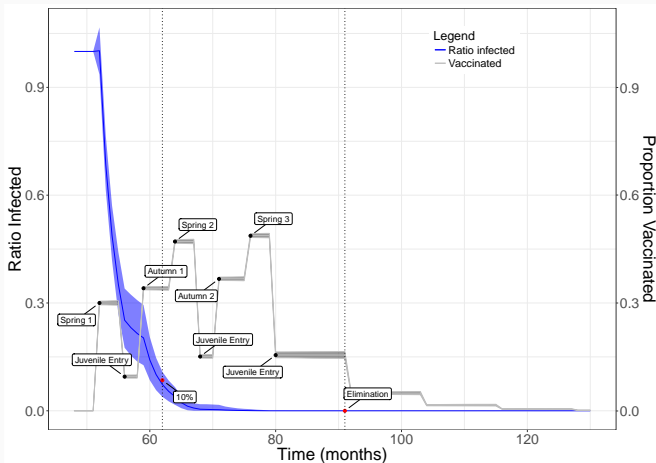
Resultados: Estimando la densidad de infectados en la zona



La mayoría de los casos están a 5 km de otro. **Están mordiendo a los vecinos!**

2. Simulando cambios en la población de su susceptibles

La población cambia con: \uparrow nacimiento; \downarrow mortalidad; \downarrow vacunación

$$S_{r,t} = \alpha_t(1 - v_{r,t}) \quad (3)$$


$S_{r,t}$ = susceptibles, α_t = nacimiento/mortalidad, $v_{r,t}$ = % vacunado.

Simulando cambios en la población: coberatura de vacunación con el tiempo

- 30% de cobertura en las campañas de vacunación.
- Cuando se duplica la población disminuye la coberatura.
- En general, todos las zonas estan en constante comunicación para realizar las campañas de vacunación al mismo tiempo.

3. Construcción de modelo lineal generalizado

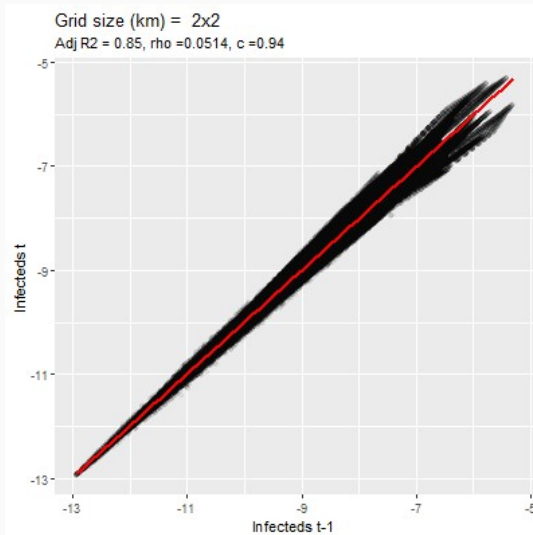
$$I_{r,t} = \rho S_{r,t-1} I_{r,t-1}^c \quad (4)$$

I = Infectados, S = Susceptibles, ρ = tasa de transmisión, c = probabilidad de encuentros entre poblaciones.

$$\log(I_{r,t}) = \log(\rho) + \log(S_{r,t-1}) + c \log(I_{r,t-1}) + \epsilon \quad (5)$$

Resultados de modelo lineal generalizado

Tasa de transmisión = 0.0514; Probabilidad de encuentros entre poblaciones = 0.94



Conclusiones

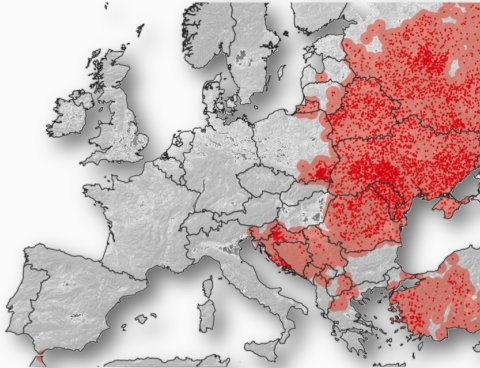
- El modelo espacio-temporal es útil para identificar las areas con alta prevalencia.

Conclusiones

- El modelo espacio-temporal es útil para identificar las areas con alta prevalencia.
- La mayoría de los casos están a 5 km de otro. Con un correlación que se reduce gradualmente hasta al alcanzar los 20km de distancia.

Planificando futuras estrategias de vacunación

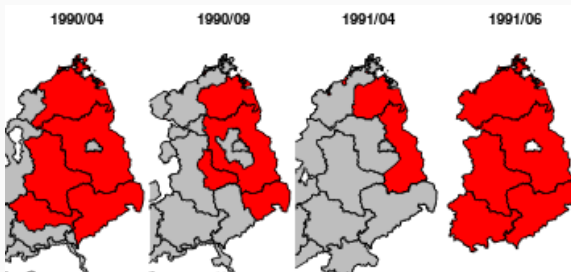
La rabia aún presente en Europa oriental → todavía necesitamos mejorar los planes de vacunación.



Dónde deberíamos llevar a cabo las campañas de vacunación para incrementar la probabilidad de eliminación?

Próximos pasos

- Estimando la dinámica espacio-temporal de rabia podemos utilizar el modelo para
 - Simular la distribución de la rabia bajo diferentes escenarios.
 - Explorar diferentes programas de control.



Agradecimientos



Katie Hampson & Jason Matthiopoulos; Thomas Müller & Conrad Freuling
(University of Glasgow) (Friedrich Loeffler Institut)



Håvard Rue, Micaela De La Puente León & Elias Krainski
(KAUST) (Universidad Peruana Cayetano Heredia) (UFPR-Brasil)

Muchas Gracias!

