



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrados

**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA PARA FIEBRE
AFTOSA EN URUGUAY**

MARÍA VICTORIA IRIARTE BARBOSA

Tesis de Maestría en Salud Animal

URUGUAY

2019



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrados

**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA PARA FIEBRE
AFTOSA EN URUGUAY**

MARÍA VICTORIA IRIARTE

Dr. MSc. PhD Andrés Gil
Director de Tesis

Dr. MSc. Edgardo Vitale
Co-Director de Tesis

Dr. MSc. Federico Fernandez
Co-Director de Tesis

2019

**INTEGRACIÓN DEL TRIBUNAL DE
DEFENSA DE TESIS**

Álvaro Nuñez; DVM, MS
Facultad de Veterinaria
Universidad de la República – Uruguay

José Miguel Piaggio; DVM, MS
Facultad de Veterinaria
Universidad de la República – Uruguay

Francisco Muzio; DVM
Academia Nacional de Veterinaria
Uruguay

2019



**FACULTAD DE VETERINARIA
Programa de Posgrados**

**ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS
DE MAESTRÍA EN SALUD ANIMAL**

**“EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA PARA
FIEBRE AFTOSA EN URUGUAY”**

Por: Dra. María Victoria IRIARTE BARBOSA

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ANDRÉS GIL
CODIRECTORES DE TESIS: DR. EDGARDO VITALE
DR. FEDERICO FERNÁNDEZ**

Tribunal

Presidente: Dr. Álvaro Núñez

Segundo Miembro: Dr. José Piaggio

Tercer Miembro: Dr. Francisco Muzio

Fallo del Tribunal: CON MENCIÓN

**Salón de Posgrado
Viernes 30 de agosto de 2019**

El Fallo de aprobación de la Tesis puede ser: Aprobada (corresponde a la nota BBB- en el Acta), o Aprobada con Mención (corresponde a la nota SSS- 12 en el Acta)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a cada una de las personas que estuvo presente en esta etapa de mi vida. En primer lugar, a mi familia y a mis amigos por su apoyo incondicional.

Quiero agradecer especialmente a mis compañeros de trabajo de la UNEPI (Pablo, Cyntia, Gabriel, Pato, Carolina, Vicky, Yoya y Edgardo) por el apoyo de todos los días y por su ayuda para la realización del trabajo.

Agradezco también al Laboratorio oficial de Fiebre Aftosa, en especial a Sirley.

Agradezco muy especialmente a mi director de tesis, Dr. Andrés D. Gil y a mis co-directores Dr. Edgardo Vitale y Dr. Federico Fernández por los conocimientos técnicos brindados y por su gran apoyo.

Un especial agradecimiento al Dr. Javier Sanchez quien escribió los códigos para poder utilizar el paquete R*Surveillance* para los cálculos realizados. Además, junto a la Dra. Ana Alba Casals, a quien también agradezco, nos brindaron generosamente sus conocimientos técnicos relativos al tema durante un taller realizado en PANAFTOSA. Por supuesto, agradecer a los técnicos de PANAFTOSA, especialmente al Dr. Alejandro Rivera, y al Dr. Manuel Sánchez, a quienes realicé varias consultas.

A su vez, me gustaría agradecer a los profesores del ProgRESSVet, en especial al Dr. Andrés Pérez quien fue el tutor de mi trabajo final, que sin dudas fue una capacitación con un gran aporte para la realización de esta Maestría.

También me gustaría agradecer a las autoridades de la DGSG, al Dr. Eduardo Barre y al Dr. Marcelo Rodríguez, por autorizar y facilitar la realización de los análisis utilizando los datos del sistema de vigilancia para fiebre aftosa de Uruguay. En ese mismo sentido agradezco al Dr. Álvaro Nuñez y al Dr. Carlos Fuellis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Historia de la lucha contra la enfermedad en Uruguay	2
2. Situación actual y Sistemas de Vigilancia para Fiebre Aftosa en Uruguay	3
II. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	6
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	9
Hipótesis.....	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos.....	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
1. Estimación de la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia.....	10
1.1. Estructura del árbol	10
1.2. Fuentes de información	22
1.3. Estimación de parámetros a utilizar en el modelo.....	24
1.4. Cálculo de la Sensibilidad de cada componente	28
1.5. Cálculo de la Sensibilidad del Sistema	29
2. Riesgo de introducción	30
3. Cálculo de la Probabilidad de libre	30
V. RESULTADOS	31
1 Sensibilidad de cada componente (SeC)	31
2 Sensibilidad del Sistema (SeS).....	32
3 Sensibilidad del Sistema en el espacio	33
4 Probabilidad de libre.....	35

VI. DISCUSIÓN.....	37
VII. CONCLUSIONES.....	41
VIII. REFERENCIAS BIBILOGRÁFICAS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de los componentes del Sistema de Vigilancia (Ci) utilizados para el análisis.....	11
Figura 2. Árbol de escenarios representando a un componente del Sistema de Vigilancia	12
Figura 3. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2016	13
Figura 4. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2017	13
Figura 5. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2018.....	14
Figura 6. Resumen de la cantidad de muestras analizadas por mes (por Muestreos Serológicos) durante el período 2016-2018.....	14
Figura 7. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2016.....	16
Figura 8. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2017.....	16
Figura 9. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2018.....	17
Figura 10. Resumen de la cantidad de bovinos inspeccionados por mes durante el período 2016-2018	17
Figura 11. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2016.....	18
Figura 12. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2017.....	18
Figura 13. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2018.....	19
Figura 14. Resumen de la cantidad de ovinos inspeccionados por mes durante el período 2016-2018	19
Figura 15. Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2016.....	20
Figura 16. . Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2017.....	20
Figura 17. . Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2018.....	21
Figura 18. Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en el período 2016-2018	21
Figura 19. Ejemplo de base de datos para el componente de serología de bovinos.....	23
Figura 20. Ejemplo de base de datos para el componente de inspección de bovinos con destino a faena.....	23
Figura 21. Ejemplo de base de datos para el componente de inspección de ovinos con destino a faena.....	24
Figura 22. Ejemplo de base de datos para el componente de presencia del VLEA en campo por campaña de BrB (serología)	24
Figura 23. Representación de las zonas de riesgo. En rojo buffer de 10 km desde la frontera (alto riesgo) y en verde el resto del país (bajo riesgo)	25
Figura 24. Mapa de riesgo para FA. Análisis de riesgo espacial. Dr. Luis Gustavo Corbellini, INIA.....	26
Figura 25. Sensibilidad del Sistema por mes y por año para el período 2016-2018	33

Figura 26. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2016	34
Figura 27. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2017	34
Figura 28. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2018	35
Figura 29. Sensibilidad del Sistema, Riesgo de Introducción y Probabilidad de libre de FA para el período 2016-2018.....	37
Figura 30. Estimación de la SeS y la Plibre con un riesgo de introducción del 10% para distintas Prevalencias de diseño. A: Modelo planteado P*E 1% & P*U 10%. B: P*E 0.5% & P*U 10%. C: P*E 1% & P*U 5% y D: P*E 0.5% & P*U 5%.....	39
Figura 31. Distintos escenarios modificando el riesgo de introducción. A: Modelo planteado, RI 10%, 1 foco cada 10 años. B: Menor riesgo, RI 5%, 1 foco cada 20 años. C: Mayor riesgo: RI 20%, un foco cada 5 años. D: Mayor riesgo RI 50%, 1 foco cada 2 años.	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Nomenclatura	10
Cuadro II. Resumen de parámetros utilizados en el modelo	28
Cuadro III. Resumen de la Sensibilidad de cada componente del Sistema de vigilancia	32
Cuadro IV. Resumen de la Sensibilidad del Sistema por mes y por año para el período 2016-2018	32
Cuadro V. Sensibilidad del Sistema, Riesgo de Introducción y Probabilidad de libre de FA para el período 2016-2018.....	35

RESUMEN

La Fiebre Aftosa (FA), es una de las enfermedades más importantes de la ganadería mundial. Uruguay es reconocido como país libre de FA con vacunación desde el año 2003 por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Ese estatus requiere reconfirmación anual ante la OIE, en base a la información proporcionada por el sistema de vigilancia. Además, esa información le sirve al Servicio Veterinario Oficial para la toma de decisiones y este trabajo pretende ser un aporte en este sentido.

Se trabajó sobre un modelo desarrollado para el análisis cuantitativo de la Sensibilidad (Se) del sistema de vigilancia para FA en Uruguay, basado en la metodología del árbol de escenarios desarrollado por Martín et al. (2007).

El árbol de escenarios fue aplicado para algunos de los componentes del sistema de vigilancia: muestreo serológico de bovinos, inspección de bovinos que van a plantas de faena habilitadas para la exportación, inspección de ovinos que van a plantas de faena habilitadas para la exportación y presencia del Veterinario de Libre Ejercicio Acreditado (VLEA) en el campo por la campaña de Brucelosis bovina (BrB). Se estimó la Se de cada uno de esos componentes durante el período comprendido entre enero de 2016 y diciembre de 2018. Posteriormente, la Se de cada componente fue combinada para estimar la Se global del sistema.

Finalmente, tomando en cuenta el riesgo de introducción del virus de la FA, la estimación de la Se del sistema durante el período 2016-2018 y asumiendo una Especificidad perfecta ($Sp=1$), se estimó el nivel de confianza de que Uruguay sea libre de FA tomando un marco temporal mensual para ese período.

El análisis de los resultados negativos arrojados por el sistema de vigilancia para FA en Uruguay durante los años 2016, 2017 y 2018, y considerando un riesgo constante de introducción del virus del 10% anual, brinda un alto nivel de confianza (99%) de estar libre de la enfermedad para una prevalencia de diseño entre establecimientos de 1% e intra establecimiento de 10%, o mayor, al final del período en cuestión.

SUMMARY

Foot and Mouth Disease (FMD) is one of the most important diseases of world livestock. Uruguay is recognized as a FMD-free country with vaccination by World Organization for Animal Health (OIE) since 2003. This status requires annual reconfirmation to OIE, based on the information provided by the surveillance system. In addition, this information serves the Official Veterinary Service for decision-making, and this piece of work aims to be a contribution in this regard.

We worked on a model developed for the quantitative analysis of the Sensitivity (Se) of the surveillance system for FMD in Uruguay, based on the methodology of the scenario tree developed by Martin et al. (2007).

A scenario tree was applied for some of the components of the surveillance system: serological sampling of bovines, veterinary inspection of bovines that go to abattoirs authorized for export, inspection of ovine that go to abattoirs authorized for export, and the work of Accredited Veterinarian in the field by the Bovine brucellosis (BrB) program. The Se of each component was estimated during the period between January 2016 and December 2018. Subsequently, the Se of each component was combined to estimate the system's global Se.

Finally, the level of confidence that Uruguay is free from FMD was estimated taking into account the risk of introduction of the FMD - virus, the Se of the surveillance system during the period 2016-2018, and assuming a perfect Specificity ($Sp = 1$), taking a monthly time frame during that period.

The analysis of the negative results obtained from the FMD surveillance system in Uruguay, during the years 2016, 2017 and 2018, and considering a constant risk of introduction of the virus of 10% annually, provides a high level of confidence (99%) of being free of the disease for a among-herd design prevalence of 1% and within-herd design prevalence of 10%, or greater, at the end of the period.

I. INTRODUCCIÓN

La Fiebre Aftosa (FA) es una de las enfermedades más importantes de la ganadería mundial. Esta importancia está dada por su alto poder infeccioso, el daño clínico que produce en varias especies animales, tanto domésticas como silvestres, con significativo impacto directo en el bienestar animal y económico en la productividad del agro negocio. El impacto económico que produce se debe fundamentalmente a las serias dificultades de acceso a mercados de ganado y productos ganaderos, originadas por las restricciones al comercio establecidas por los servicios veterinarios de países importadores. Estas restricciones comerciales tienen muy negativas consecuencias económico-sociales para los países y zonas afectadas que tienen dependencia en su economía de la producción agropecuaria. Además, la FA perjudica también a los pequeños productores siendo una amenaza para su seguridad alimentaria, imponiendo serios obstáculos para el desarrollo (PANAFTOSA, 2010).

El agente causal de la FA es un virus RNA de la familia Picornaviridae, género Aphthovirus, que presenta una alta variabilidad genética y antigénica. Existen siete serotipos inmunológicamente distintos: A, O, C, ASIA 1, SAT 1, SAT 2 y SAT 3. La infección con un serotipo no confiere inmunidad contra los otros serotipos. Presenta baja tasa de mortalidad en animales adultos, pero a menudo se presenta con una alta mortalidad en animales jóvenes, debido a la miocarditis. Los signos clínicos pueden variar según la especie afectada, pero en general la FA cursa con fiebre, formación de vesículas en los tejidos epiteliales de boca, tubo digestivo, espacio interdígital, piel y mamas. Las vesículas suelen romperse rápidamente y se convierten en erosiones. El dolor de las lesiones causa signos clínicos tales como depresión, anorexia, salivación excesiva, cojera y renuencia a moverse. Las lesiones en la banda coronaria pueden causar un cese en las líneas de crecimiento de las pezuñas. En casos graves, puede producirse desprendimiento de las pezuñas o las almohadillas plantares (Spickler, 2014).

La FA es una enfermedad inscripta en la lista del Código Sanitario para los Animales Terrestres de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), por lo tanto, es de declaración obligatoria ante dicha organización. Es la primera enfermedad para la cual la OIE ha establecido una lista oficial de países y zonas reconocidos libres con o sin vacunación. El reconocimiento oficial del estatus sanitario de los países miembros es de gran importancia para el comercio internacional y constituye uno de los vínculos legales esenciales entre la OIE y la Organización Mundial de Comercio (OMC), en el marco del Acuerdo de la OMC sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias (Acuerdo MSF), que entró en vigor en 1995. En 1998, el acuerdo oficial entre la OMC y la OIE confirmó el mandato de la OIE para reconocer las zonas libres de pestes y enfermedades, según lo estipulado por el Acuerdo MSF. A través de este reconocimiento un país puede mejorar su atractivo comercial frente a socios importadores y a su vez dar muestras de transparencia (OIE, 2019).

Uruguay es el séptimo exportador de carne vacuna del mundo, exporta el 70% de su producción de carne y ésta ocupa aproximadamente el 23% del total de las exportaciones del país (INAC,

2015). Estas cifras explican el gran impacto socioeconómico que puede provocar la presencia de la enfermedad en el país.

Uruguay fue reconocido como libre de FA con vacunación por la OIE, en la asamblea del 22 de mayo de 2003 y anualmente debe reconfirmar su estatus ante esta organización.

El Servicio Veterinario Oficial del Uruguay, bajo el nombre de Dirección General de Servicios Ganaderos (DGSG), es la autoridad sanitaria competente para la ejecución de la campaña contra la FA (Ley 16082). Anualmente, la DGSG planifica, programa y ejecuta las actividades de vigilancia que debe cumplir el país para mantener su estatus de libre de FA (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

1. Historia de la lucha contra la enfermedad en Uruguay

La FA fue diagnosticada por primera vez en Uruguay por el Dr. Bertrand Duprat en 1870. El 9 de noviembre de 1961 se declaró obligatoria su lucha en todo el territorio nacional con la aprobación de la Ley 12938. En marzo de 1968 se crea la Dirección de Lucha contra la Fiebre Aftosa (DILFA), dependiente del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), para centralizar las acciones para el control de la enfermedad. Se trabajó en conjunto con los productores y veterinarios. En 1979 se firmó un convenio entre el Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (PANAFTOSA) y el MGAP para realizar una prueba utilizando la vacuna con adyuvante oleoso producida en PANAFTOSA, logrando resultados exitosos. El 24 de junio de 1987 se integró la lucha en un marco regional con la firma del convenio para el control y erradicación de la FA entre Argentina (Entre Ríos, Corrientes y Misiones), Brasil (Río Grande del Sur), Uruguay y PANAFTOSA. Con la Ley 16082 de octubre de 1989 se da el marco legal para la aplicación de medidas de erradicación y de prevención posteriormente. En 1993 se obtiene el estatus de libre de FA con vacunación por primera vez. A partir de junio de 1994 el país ingresó en una segunda etapa donde se establecieron acciones para erradicar la enfermedad: supresión y prohibición de la vacunación, rifle sanitario ante aparición de un foco, destrucción de los virus manejados por los laboratorios, prohibición del ingreso de animales vacunados al país, aplicación de normas para importación de animales y productos de origen animal. La Ley 16082 establece que en caso de existir una emergencia la Dirección General de los Servicios Ganaderos (DGSG) del MGAP activa el Sistema Nacional de Emergencia Sanitaria Animal (SINAESA). La DGSG tiene la facultad para ejercer todas las funciones inherentes a la dirección de la campaña (aislamientos, interdicciones, sacrificios, control de movimientos, entre otras) y puede requerir apoyo y colaboración de instituciones públicas o privadas que considere necesarias (Días, 2008).

El Servicio Veterinario oficial disponía de una estrategia bien definida para el control y erradicación de la enfermedad, logrando la integración del sector público y privado lo cual fue fundamental en el éxito de la campaña. A su vez, contó con la colaboración de PANAFTOSA y otras organizaciones internacionales y con un marco legal adecuado (ley 16082 y su decreto

reglamentario). Además, Uruguay tuvo un importante respaldo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la erradicación de la FA (Días, 2008).

El 23 de mayo de 1996, luego de dos años de haber suspendido la vacunación, Uruguay fue reconocido libre de FA sin vacunación por la OIE y mantuvo ese estatus por seis años. En el 2000 y 2001 ocurrieron reintroducciones del virus de FA al territorio nacional, provocando un fuerte impacto en la economía debido principalmente al cierre de mercados y a los recursos financieros necesarios para su control y erradicación, alcanzando una cifra equivalente a 730 millones de dólares (OPYPA-MGAP, 2004). En el año 2000, el virus introducido fue serotipo “O”, y se logró la erradicación sin el uso de vacunas, mientras que, en la segunda reintroducción del año 2001, virus tipo “A”, se logra la erradicación con aplicación de vacunas en anillo, luego en zonas y finalmente, vacunando todo el rodeo bovino. Uruguay fue reconocido como libre de FA con vacunación por la OIE el 22 de mayo de 2003 (Días, 2008).

2. Situación actual y Sistemas de Vigilancia para Fiebre Aftosa en Uruguay

Uruguay practica la vacunación sistemática desde la última reintroducción del virus en 2001 siguiendo un cronograma que consiste en: una vacunación en febrero a todo el rodeo bovino y otra en mayo para bovinos menores de dos años. Hasta el 2015, también se vacunaron los terneros nacidos en el año en el mes de noviembre. Las vacunas utilizadas son bivalentes y contienen los antígenos A₂₄ y O₁ inactivados, en suspensión oleosa. Son adquiridas mediante licitación pública internacional debido a la prohibición desde 1994 del manejo del VFA en el país (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

La notificación de casos con sintomatología compatible con la FA, la vigilancia clínica activa y la investigación epidemiológica son los componentes más importantes del sistema de vigilancia para la FA. El principal objetivo de la vigilancia es demostrar la ausencia de la enfermedad y en caso de introducción del virus, la detección precoz y limitar su circulación en la población (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

La vigilancia es la recopilación sistemática y continua de información relacionada con la salud animal, su análisis y difusión oportuna. El sistema de vigilancia comprende las distintas actividades que producen datos sobre el estado de una enfermedad en la población (OIE, 2018). Uno de los criterios utilizados para clasificar la vigilancia epidemiológica puede ser el origen de la información colectada, dividiéndola en vigilancia pasiva y vigilancia activa. La vigilancia activa comprende las actividades que se llevan a cabo específicamente con el objetivo de recolectar información para vigilancia. Éstas son diseñadas e implementados por la autoridad sanitaria y por lo tanto tienen la ventaja de que la información obtenida se adapta a sus necesidades para respaldar la toma de decisiones. La vigilancia pasiva comprende actividades que brindan información sobre eventos de enfermedades a la autoridad sanitaria, pero no son establecidas con ese fin (Cameron et al., 2014).

Vigilancia pasiva

La vigilancia pasiva incluye actividades realizadas por los productores, veterinarios de libre ejercicio de la profesión acreditados (VLEA) y veterinarios oficiales (VO).

A nivel de campo, las tareas de vigilancia oficial de la enfermedad son realizadas por la División Sanidad Animal (DSA) de la DGSG a través de sus oficinas locales y zonales. Dichas actividades consisten en la inspección de establecimientos ganaderos y de locales de concentraciones de animales, controles de tránsito de animales y atención de sospechas de enfermedades. A su vez, se realizan sistemáticamente inspecciones clínicas por medio de veterinarios de libre ejercicio acreditados (VLEAS) para el movimiento de animales con destino a faena en frigoríficos exportadores. Además, se realizan otras actividades en el marco de las distintas campañas sanitarias que implican la presencia del VLEA en los establecimientos y en caso de la existencia de signos clínicos compatibles con FA, éste si los detecta está obligado legalmente a realizar la notificación de la sospecha correspondiente al Servicio Oficial. Entre estas actividades se incluyen el despacho de tropa y las actividades que realiza el VLEA en el marco de la campaña para el control/erradicación de la Brucelosis bovina (BrB) (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

También son parte de la vigilancia de FA los controles del Servicio Oficial efectuados a los ganados trasladados dentro del territorio nacional, ya sea para el abasto interno, ferias, exposiciones, en puestos sanitarios de paso oficial (7 puestos de paso) y las actividades determinadas por otros programas sanitarios (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

A su vez, en los establecimientos de faena se realiza la inspección ante y pos mortem de los animales que se faenan, existiendo procedimientos específicos tendientes a detectar signos o lesiones de la FA (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

Vigilancia activa

Los muestreos sero epidemiológicos se realizan periódica y sistemáticamente con el objetivo de garantizar la ausencia de actividad viral y determinar los niveles de inmunidad poblacional en el territorio nacional (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

En febrero se realiza un muestreo para vigilancia de FA con el objetivo de establecer que al menos el 99% de los establecimientos con bovinos del Uruguay no tienen actividad del virus de la fiebre aftosa con un 95% de confianza. Otro de los objetivos es estimar los niveles de protección vacunal de la especie bovina en el momento más crítico desde el punto de vista inmunitario, ya que, la población adulta recibió su última dosis de vacuna hace un año y los menores de dos años hace nueve meses (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

Además, se realiza un muestreo panel entre agosto y noviembre con una frecuencia mensual que permite aseverar que más del 98% de los establecimientos del país, en ese mes, están libres de la enfermedad con un 95% de confianza. Una vez consolidada la información de los 4 meses del estudio, con los resultados negativos se puede establecer que el 99,5% de los predios del país

están libres de la enfermedad con un 95% de confianza. Para la evaluación dentro de los establecimientos se muestrean 30 bovinos menores de 12 meses y 60 ovinos que representen las diferentes categorías de la población. Las 30 muestras permitirán aseverar que más del 90% de la población representada en cada establecimiento muestreado no tiene actividad viral con un 95% de confianza. El resultado de los ovinos permitirá asegurar que más del 95% de la población representada en cada establecimiento muestreado no tiene actividad viral con un 95% de confianza (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017). La elección de la categoría terneros para el muestreo se basa en que es la categoría más susceptible (de riesgo) dado que en mucho de los casos no ha sido vacunada y en los casos en que cuenta con una vacunación se sabe por los estudios de inmunidad que tiene bajos niveles de protección. Por otro lado, en el caso de los ovinos al no estar vacunados se considera que la susceptibilidad es similar en todas las categorías y por esa razón no se direcciona el muestreo a ninguna en particular.

Las pruebas de laboratorio utilizadas en la vigilancia de FA sólo se realizan en la sede central del laboratorio oficial de la División de Laboratorios Veterinarios “Miguel C Rubino” (DILAVE). Para bovinos se utilizan pruebas en serie, ELISA 3ABC como prueba presuntiva y EITB (Enzyme-linked immuno-electrotransfer blot es un Western Blot que utiliza como antígeno 5 proteínas no estructurales del virus: 3A, 3B, 2C, 3D and 3ABC) como confirmatoria. Este esquema diagnóstico se basa en la detección de anticuerpos contra la proteína no capsidal (PNC) 3ABC del virus de la FA (VFA), como marcador de exposición al virus activo. Puede ser usado independientemente del estado de vacunación del animal, siempre que se utilicen vacunas purificadas. Como las PNC son altamente conservadas entre los diferentes serotipos, la prueba puede ser aplicada para investigación de cualquier serotipo del VFA (PANAFTOSA, 2012). Para ovinos, se utiliza ELISA 3ABC PRIONICS como presuntiva y ELISA de competición en fase líquida (CFL) para los 3 virus tradicionales “A, O y C” como confirmatoria dado que se trata de una especie que no se vacuna (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

Sistemas de Información

El programa de vigilancia de la FA de Uruguay cuenta con un sistema de alerta inmediata que abarca toda la cadena de producción, distribución y transformación para notificar los casos sospechosos. A partir del 2002 se crea el Sistema de Información en Salud Animal (SISA) para el registro y notificación de enfermedades. El Servicio Ganadero local ingresa la información generada al sistema y en tiempo real se comparte a nivel nacional con los integrantes de la red. Desde el año 2006, por Ley N° 17.997, se hace obligatorio el Sistema de Identificación y Registro Animal (SIRA), comenzando la identificación individual mediante dispositivo electrónico a todos los bovinos. Desde al año 2011, todo el rodeo nacional está identificado individualmente, lo cual significa una importante herramienta a los efectos de la rastreabilidad y también una fortaleza en el sistema veterinario, ya que la misma permite el control y registro de los movimientos de todos los bovinos, previo a su realización. El Sistema Nacional de Identificación Ganadera (SNIG) es un sistema de información que tiene como objetivo principal asegurar la trazabilidad del ganado vacuno desde el establecimiento de origen del animal hasta

el frigorífico, tanto individualmente como por grupos de animales, de acuerdo a las disposiciones y reglamentaciones del MGAP. El SISA está interrelacionado con el SNIG (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

Además de la vacunación sistemática y las actividades de vigilancia activa y pasiva para la FA, Uruguay realiza otras actividades en el marco del programa para FA como ser: programas de capacitación y divulgación y en el marco de políticas preventivas y de cuarentena se incluyen el control de los sitios de disposición final de residuos, los procedimientos de control de las importaciones y los puestos de control en fronteras (PANAFTOSA, 2016; PANAFTOSA, 2017).

Como fue descripto anteriormente, el sistema de vigilancia para FA en Uruguay es un sistema complejo, que está compuesto por varios componentes cuyas actividades aportan información acerca del estatus sanitario en relación a esta enfermedad. El análisis de los resultados obtenidos del muestreo serológico nos permite realizar una estimación cuantitativa acerca de la Sensibilidad del componente y a su vez, podemos estimar el nivel de confianza de estar libres de FA. Sin embargo, el hecho de basarnos solamente en los resultados de los muestreos nos lleva a ignorar otras fuentes de información que podrían fortalecer la evidencia acerca de la ausencia de circulación viral.

II. ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

La vigilancia sanitaria tiene por objeto la detección precoz de una enfermedad o infección, evaluar la distribución de una enfermedad o, por el contrario, demostrar su ausencia cuando se trata de enfermedades exóticas o emergentes. El tipo de vigilancia ejercida depende de los resultados que se necesiten para la toma de decisiones. La vigilancia sanitaria de los animales es también una herramienta para seguir la evolución de una enfermedad, facilitar la lucha contra enfermedades o infecciones, aportar datos al análisis de riesgos, mejorar la sanidad animal y la salud pública y justificar la adopción de medidas sanitarias (OIE, 2018).

Para los países libres de FA el sistema de vigilancia tiene como principal objetivo la detección precoz en caso de una introducción del virus y demostrar la ausencia de la enfermedad a los socios comerciales de animales o productos de origen animal. El sistema de vigilancia puede estar compuesto por diferentes actividades que brindan información acerca del estatus de la enfermedad en la población y cada una de esas actividades corresponde a un componente del sistema de vigilancia. Martin et al. (2007) desarrollaron una metodología para el análisis cuantitativo de fuentes de información múltiples y complejas para demostrar la ausencia de una enfermedad.

La calidad del sistema de vigilancia para demostrar la ausencia de una enfermedad o para la detección temprana puede medirse a través de la sensibilidad del sistema de vigilancia (SeS). Este concepto es similar al de la sensibilidad de una prueba (test) diagnóstica (Se) aplicada a un individuo. La Se de un test es la probabilidad de que el test arroje un resultado positivo dado

que el individuo está infectado. Este concepto extendido a la población, sería la probabilidad de que el sistema de vigilancia detecte la enfermedad dado que la infección esté presente en el país. Sin embargo, al tratarse de una enfermedad que no está presente puede resultar más fácil de comprender la utilización de la probabilidad de que la infección esté ausente o el nivel de confianza que tiene el país de estar libre de la enfermedad. Este concepto es similar al del valor predictivo negativo de un test (VPN). El VPN de un test es la probabilidad de que el individuo sea verdaderamente negativo dado que el test arrojó un resultado negativo. A nivel de la población, es la probabilidad de que el país sea verdaderamente negativo dado los resultados negativos del sistema de vigilancia (Cameron et al., 2014).

La estimación de la probabilidad de país libre de una enfermedad dado los resultados negativos arrojados por el sistema de vigilancia, requiere una estimación de la probabilidad de infección previa (P_{prev}) y una estimación de la SeS . La SeS se estima como una combinación de la sensibilidad de cada componente (SeC) y ésta es estimada usando la metodología del árbol de escenarios. Este método está basado en dos supuestos: en primer lugar, que todos los resultados obtenidos son consistentes con un país libre de la enfermedad, es decir que todos son negativos, y en segundo lugar que la especificidad del sistema de vigilancia es 100%, es decir que no existen resultados falsos positivos. Con respecto al primer supuesto, se refiere a que el resultado final es negativo, es decir que pueden existir resultados positivos derivados de la vigilancia clínica (notificación de sospechas), los cuales indican un buen funcionamiento del sistema de vigilancia, pero luego se confirman como negativos con las pruebas de laboratorio que se establecen. Con respecto al segundo supuesto, está basado en que si la Sp es imperfecta pueden existir falsos positivos lo cual implicaría decir que el país está infectado cuando no lo está y activar el sistema de emergencia que es muy costoso. Esto hace que se utilicen esquemas diagnósticos en serie para aumentar la Sp aunque tenga como consecuencia teórica bajar la Se y aumentar los falsos negativos (Cameron et al., 2014).

El árbol de escenarios divide a la población en subpoblaciones dentro de las cuales cada unidad tiene la misma probabilidad de ser detectado dado que la población está infectada. El árbol describe la estructura de la población y los eventos dentro del componente que influyen en la probabilidad de que, si la infección está presente, sea detectada. La metodología del árbol de escenarios permite incorporar el concepto de riesgo de infección y riesgo de detección, dividiendo a la población por características que la hagan más susceptibles de estar infectadas y/o ser detectadas. En cada rama del árbol se estima la probabilidad de cada resultado posible. El cálculo de la Se se realiza multiplicando las probabilidades de cada rama dentro de cada camino que culmina con un resultado positivo, es decir que la infección es detectada. A diferencia del concepto de Se de un test aplicado a un animal, donde la presencia de la enfermedad es una variable dicotómica, la estimación de la SeC se basa en el supuesto que la enfermedad está presente a una prevalencia dada, denominada “prevalencia de diseño”. Cuando se usan prevalencias de diseño bajas se requiere una alta SeC para demostrar la ausencia de una enfermedad. Un componente del sistema de vigilancia tendrá una SeC más alta para detectar la

enfermedad a una alta prevalencia de diseño comparado con una más baja. (Cameron et al., 2014).

La metodología consiste en calcular en primer lugar la sensibilidad a nivel de la unidad de análisis que en este caso será el establecimiento (SeU), luego a nivel del componente (SeC) y finalmente combinarla para estimar la sensibilidad del sistema (SeS). La SeU es la probabilidad de que al menos un animal de un resultado positivo dado que el predio está infectado a la prevalencia de diseño intra predio (P^*U). La SeC es la probabilidad de que al menos un predio de un resultado positivo dado que el país está infectado a una prevalencia de diseño dada entre predio (P^*E) (Cameron et al., 2014).

$$SeU = 1 - (1 - SeTest * P * U)^n$$

$$SeC = 1 - \prod_i^j (1 - SeU_i * P * E)$$

$$SeS = 1 - \prod_i^j (1 - SeC_i)$$

Para calcular la probabilidad de que el país esté libre dados los resultados negativos del sistema de vigilancia se utiliza el teorema de Bayes, asumiendo Sp perfecta:

$$P_{libre} = \frac{1 - P_{prev}}{1 - P_{prev} + (1 - SeS * P_{prev})}$$

donde P_{prev} es la probabilidad de que el país esté infectado previo a la vigilancia.

Este modelo permite incorporar la información histórica del sistema de vigilancia, la cual pierde valor a medida que pasan los años. Por ejemplo, no tienen el mismo peso los datos de vigilancia del año anterior que los datos de 20 años atrás. Sin embargo, es probable que brinde más confianza acerca del estatus un país cuyo sistema de vigilancia arroja resultados negativos desde hace 20 años que uno que comenzó su vigilancia hace solamente un año. La razón por la cual el valor de los datos históricos disminuye con el tiempo es el riesgo de introducción de la enfermedad, determinando que el valor de la información histórica sea insignificante cuando el riesgo es alto. Por lo tanto, la probabilidad de infección debe ajustarse por el riesgo de introducción. Luego de que se lleva a cabo la actividad de vigilancia en un período determinado, se obtiene la P_{libre} de la enfermedad usando una P_{prev} como punto de partida. A partir de la P_{libre} obtenida ($P_{librepost}$) se calcula la probabilidad de infección posterior ($1 - P_{librepost}$), que ajustada por la probabilidad de introducción de la enfermedad (riesgo de introducción) nos da la P_{prev} para usar en el siguiente período de análisis (P_{prevAj}) (Cameron et al., 2014).

$$P_{prevAj_t} = P_{inf_{t-1}} + Riesgo\ de\ intr - (P_{inf_{t-1}} * Riesgo\ de\ intr)$$

Según los autores, la metodología presentada permite el uso de toda la evidencia existente respecto a la ausencia de enfermedad para respaldar la declaración de libre de un país. Sin embargo, plantean que algunas áreas requieren un estudio más profundo como por ejemplo la estimación de los parámetros a través de la opinión de expertos. Además, la metodología propone un método para tomar en cuenta un tipo de ausencia de independencia entre los componentes, pero no contempla otros tipos de dependencia que pueden existir (Martin et al., 2007).

Martin et al., (2007) describen la aplicación de la metodología usando como ejemplo la vigilancia de la Peste Porcina Clásica (PPC) en Dinamarca en 2005. En dicho trabajo el componente del sistema de vigilancia de PPC evaluado fue la serología en plantas de faena de cerdos adultos originarios de establecimientos de cría de cerdos de Dinamarca.

Otros autores han utilizado esta metodología para demostrar la ausencia de enfermedad a partir de los datos brindados por su sistema de vigilancia. Un ejemplo de ello es un estudio que describe el modelo estocástico del árbol de escenarios empleado para determinar la probabilidad de que Suecia esté libre de PRRS luego de las acciones realizadas posteriormente a detectar por primera vez PRRS en julio de 2007 (Frössling et al., 2009).

Esta metodología no solo ha sido utilizada para evaluar la sensibilidad de sistemas de vigilancia para enfermedades agudas, sino también, ha sido empleada para evaluar la capacidad de detección de enfermedades crónicas para sistemas de vigilancia complejos. En Canadá se llevó a cabo un estudio para estimar la sensibilidad del sistema de vigilancia para Tuberculosis bovina y la sensibilidad de cada uno de sus componentes (El Allaki et al., 2016).

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

Uruguay es libre de FA y cuenta con un Sistema de Vigilancia que tiene una Sensibilidad suficiente para detectar la enfermedad en caso de una introducción.

Objetivo general

Evaluar el Sistema de Vigilancia para FA en Uruguay en el período 2016-2018

Objetivos específicos

- Estimar la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia para FA en Uruguay
- Analizar la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia de forma temporo-espacial.
- Estimar la confianza de ser libre de FA utilizando como base la estimación de la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia y al riesgo de introducción del virus.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleará la metodología del árbol de escenarios descrita por Martin et al., (2007) en su publicación y por Cameron et al., (2014) en el manual “Vigilancia Basada en Riesgo”.

Para estimar el nivel de confianza de estar libre de FA durante el período 2016-2018, se requiere en primer lugar estimar tanto la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia para FA, como el riesgo de introducción del virus de la FA (VFA) en dicho período.

En la Cuadro I se describen las abreviaciones, acrónimos y nombres de las variables que se utilizan a lo largo de este trabajo para facilitar su comprensión.

Cuadro I. Nomenclatura

Término empleado	Definición
SeS	Sensibilidad del Sistema de Vigilancia
SeC	Sensibilidad de un Componente del Sistema de Vigilancia
SeU	Sensibilidad a nivel de establecimiento dentro de un componente
P*E	Prevalencia de diseño entre establecimientos
P*U	Prevalencia de diseño dentro de los establecimientos
Plibre	Probabilidad de libre de infección
VPN	Valor predictivo negativo del Sistema de Vigilancia
Pprev	Probabilidad de infección previa a la vigilancia
PprevAj	Probabilidad de infección previa a la vigilancia ajustada por el riesgo de introducción
RRf	Riesgo relativo para establecimientos ubicados en la frontera
RRo	Riesgo relativo de otros establecimientos
RAf y RAo	Riesgos relativos ajustados
PrF	Proporción de establecimientos ubicados en la zona de frontera
PrO	Proporción de establecimientos ubicados en otra zona
EPI	Probabilidad efectiva de infección

A continuación, se describen los pasos necesarios y las técnicas utilizadas en esta metodología.

1. Estimación de la Sensibilidad del Sistema de Vigilancia

1.1. Estructura del árbol

La estimación de la SeS se realizó tomando en cuenta los siguientes componentes durante los tres años que abarca el período de estudio (2016 a 2018):

- a) Muestreo serológico de bovinos
- b) Inspección de bovinos que van a plantas de faena habilitadas para la exportación: certificación del VLEA, inspección ante mortem y pos mortem realizadas por el VO de la División Industria Animal (DIA).
- c) Inspección de ovinos que van a plantas de faena habilitadas para la exportación: certificación del VLEA, inspección ante mortem y pos mortem realizadas por el VO de la División Industria Animal (DIA).

- d) Presencia del Veterinario de Libre Ejercicio Acreditado en campo por campaña de BrB (serología).

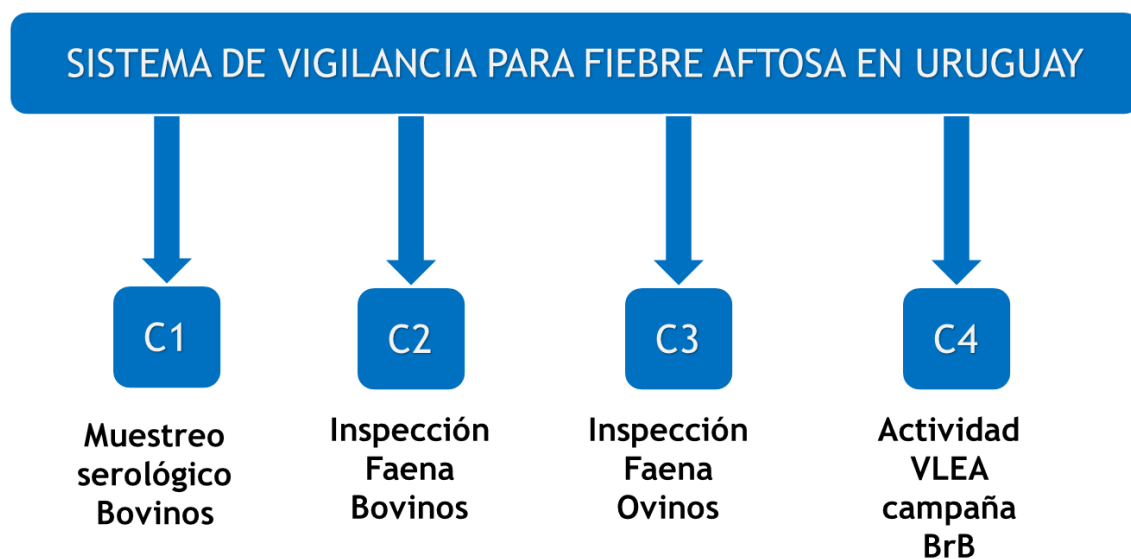


Figura 1. Representación esquemática de los componentes del Sistema de Vigilancia (Ci) utilizados para el análisis

El árbol de escenarios representa todos los caminos posibles desde el punto de partida, es decir desde la población, hasta los resultados de los test aplicados para cada componente del Sistema.

Árbol de escenarios para un componente del Sistema de Vigilancia

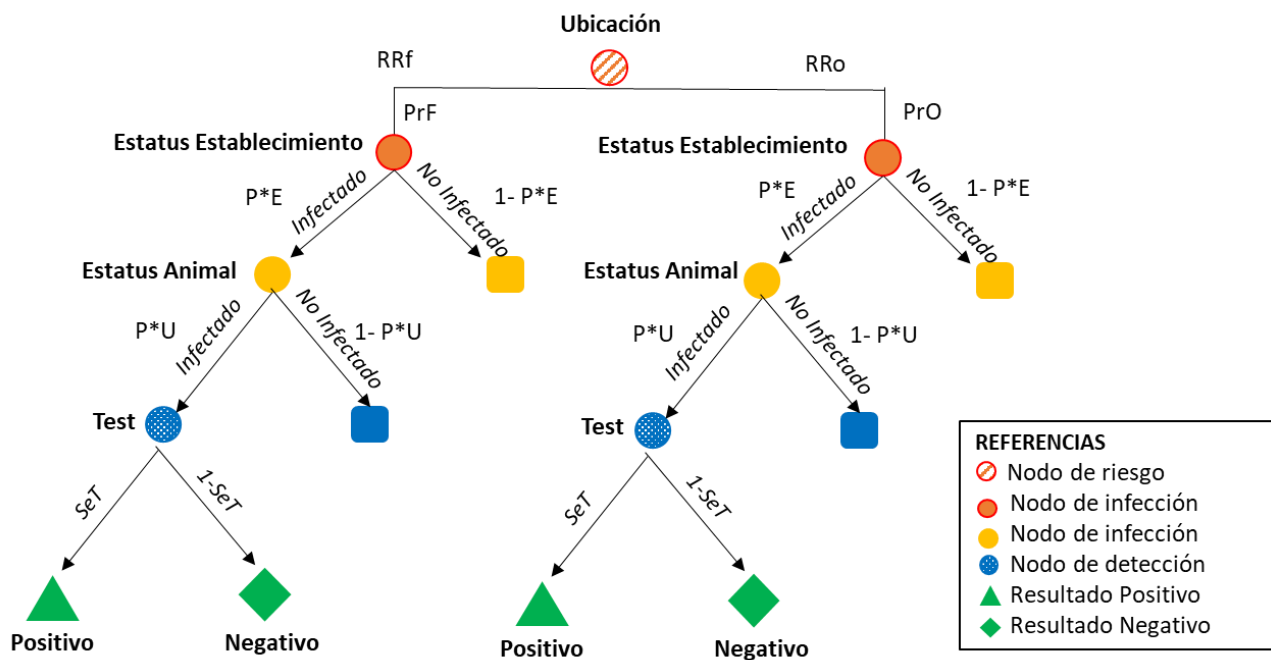


Figura 2. Árbol de escenarios representando a un componente del Sistema de Vigilancia

Muestreo serológico de bovinos

Como se describió en la introducción de este trabajo, en febrero se realiza un muestreo con el objetivo de establecer que al menos el 99% de los establecimientos con bovinos del Uruguay no tienen actividad del virus de la fiebre aftosa con un 95% de confianza. Además, se realiza un muestreo panel entre agosto y noviembre con una frecuencia mensual que nos asegure que más del 98% de los establecimientos del país, en ese mes, están libres de la enfermedad con un 95% de confianza. En ambas instancias se muestrean 30 terneros (bovinos menores a 12 meses) por establecimiento.

Para el diagnóstico el kit utilizado es el denominado I-ELISA 3ABC-EITB del sistema NCPanaftosa, el cual permite la detección in vitro de anticuerpos contra la proteína no capsial (PNC) 3ABC del VFA. El ensayo consiste en una prueba I-ELISA (Indirect – Enzyme Linked Immunosorbent Assay), como prueba tamiz y EITB (Enzyme-Linked Immunoelctrotransfer Blot) como prueba confirmatoria que busca además de la proteína 3ABC otras cuatro proteínas no capsiales.

Este estudio se realizó utilizando los resultados de los muestreos de los años 2016, 2017 y 2018.

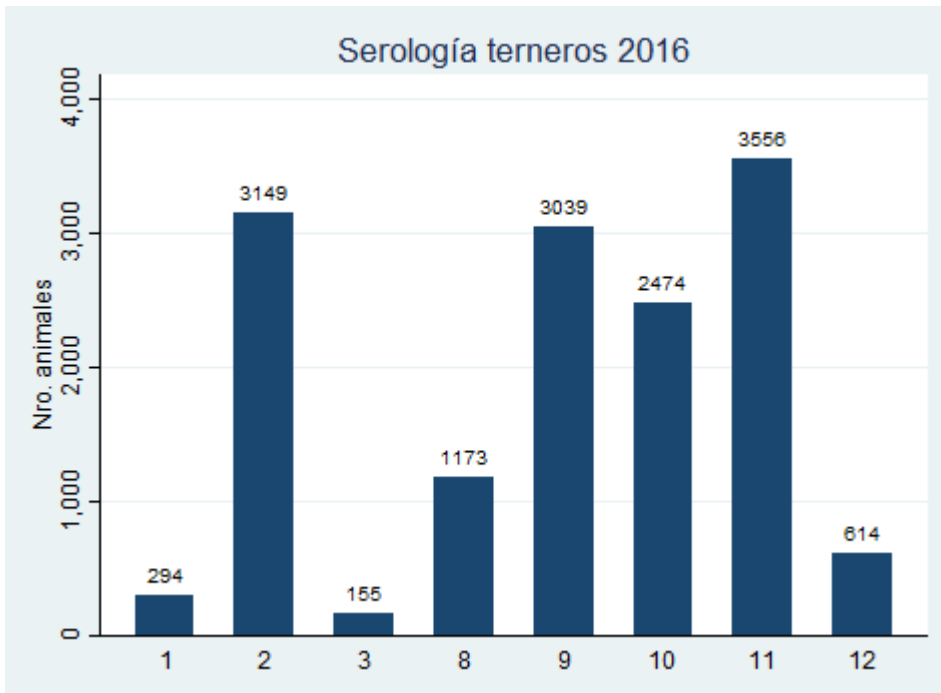


Figura 3. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2016

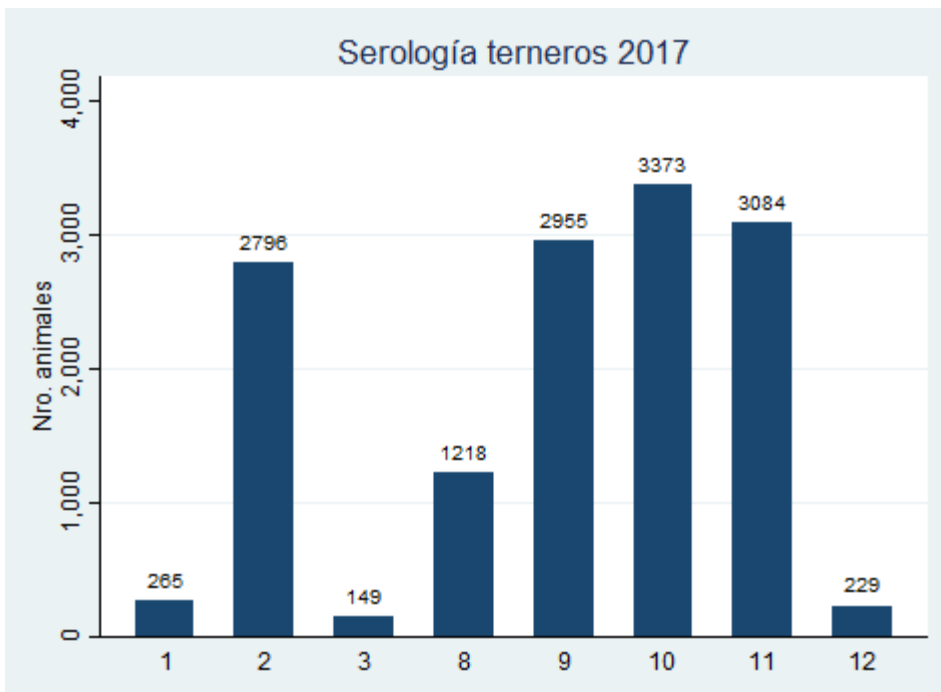


Figura 4. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2017

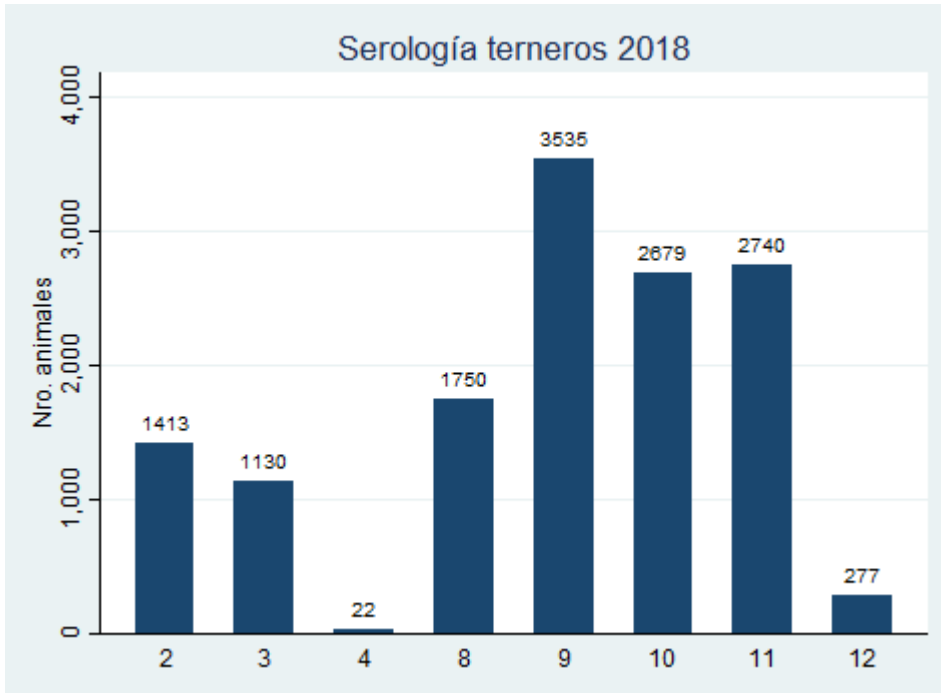


Figura 5. Cantidad de muestras analizadas por mes en el Muestreo Serológico de 2018

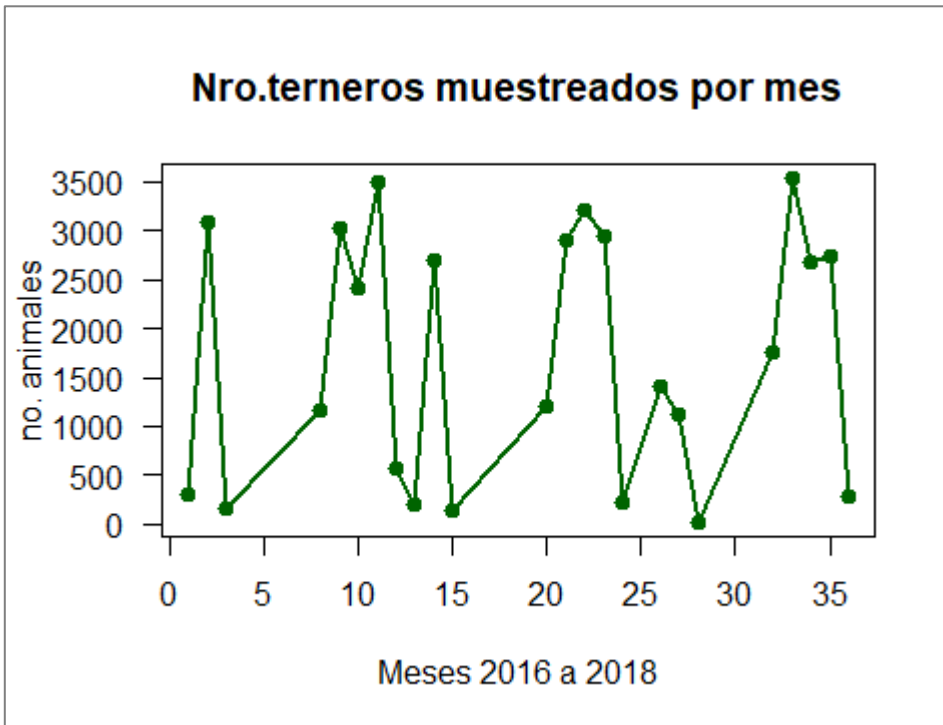


Figura 6. Resumen de la cantidad de muestras analizadas por mes (por Muestreos Serológicos) durante el período 2016-2018

Inspección de bovinos y ovinos que van a plantas de faena habilitadas para la exportación

Estos componentes consisten en la inspección de todos los bovinos y ovinos cuyo destino es la faena en frigoríficos de exportación. La inspección se realiza a tres niveles: certificación por parte del VLEA en el establecimiento de origen, inspección ante mortem y pos mortem realizada por el VO de la DIA.

La certificación del VLEA se aplica a todos los embarques de bovinos y ovinos cuyo destino sea la faena en frigoríficos habilitados para la exportación. El VLEA debe concurrir al predio donde se encuentran los animales a embarcar constatando y registrando la identificación individual (en bovinos) antes de emitir el certificado que no se observan signos ni síntomas clínicos de enfermedades infecciosas transmisibles de denuncia obligatoria y que los mismos no representan riesgo sanitario.

La inspección ante mortem se realiza al ingreso a la planta de faena, donde el VO también controla la documentación que acompaña a la tropa de animales, dentro de los cuales se encuentra el certificado expedido por VLEA antes mencionado. La inspección ante mortem no es exclusiva para detectar FA pero sí es uno de los principales objetivos por la cual fue implementada. En el “Reglamento oficial de inspección veterinaria de productos de origen animal – M.A.P. Ministerio de Agricultura y Pesca” del año 1983 están descriptos los procedimientos de inspección y cómo actuar ante la sospecha de presencia de la enfermedad. Lo mismo rige para la inspección pos mortem.

Además, todo animal que se faene en los establecimientos habilitados es objeto de una detallada y sistemática inspección pos mortem al momento del sacrificio. El VO debe realizar la inspección de miembros anteriores y posteriores, los cuales se deben presentar perfectamente limpios, y examinar el rodete coronario y el espacio interdigital. La cabeza la debe examinar prestando especial atención a la cavidad oral y nasal. Deberá examinar la lengua visualmente, por palpación. Además, se debe examinar la ubre visualmente, por palpación y si es necesario incisión.

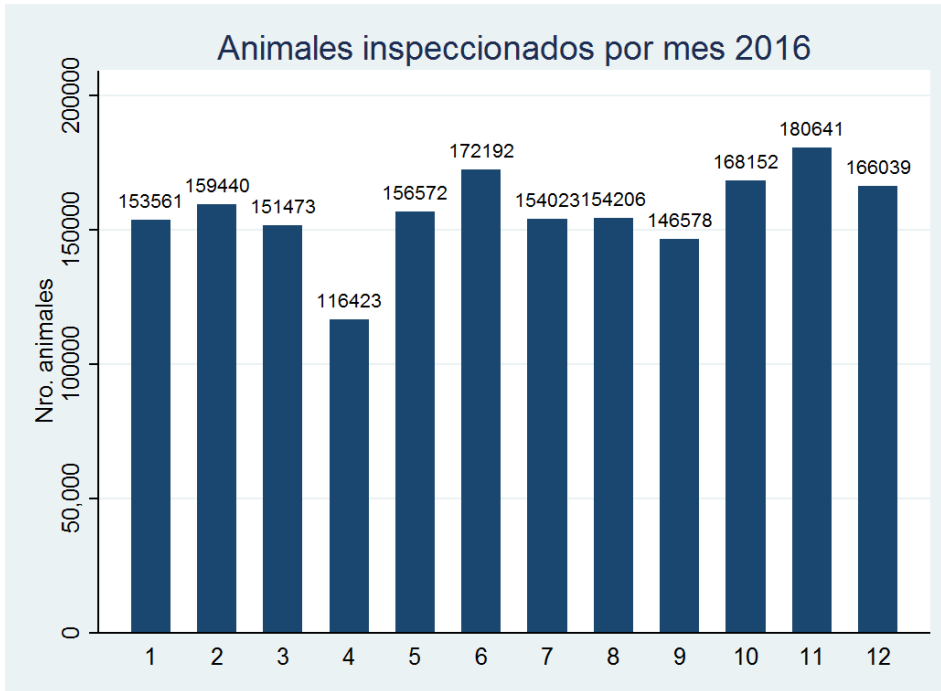


Figura 7. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2016

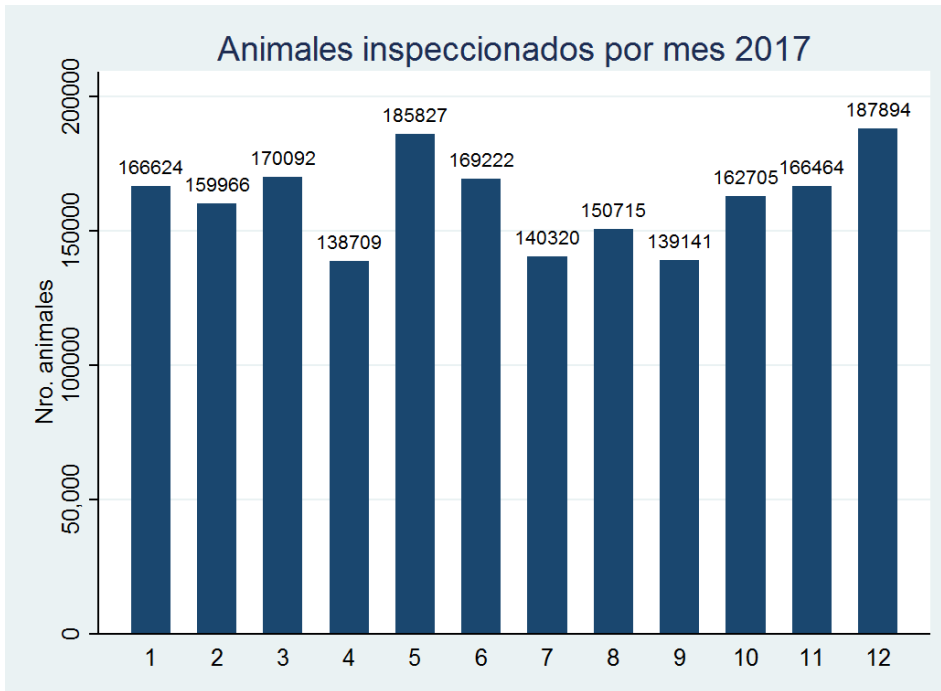


Figura 8. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2017

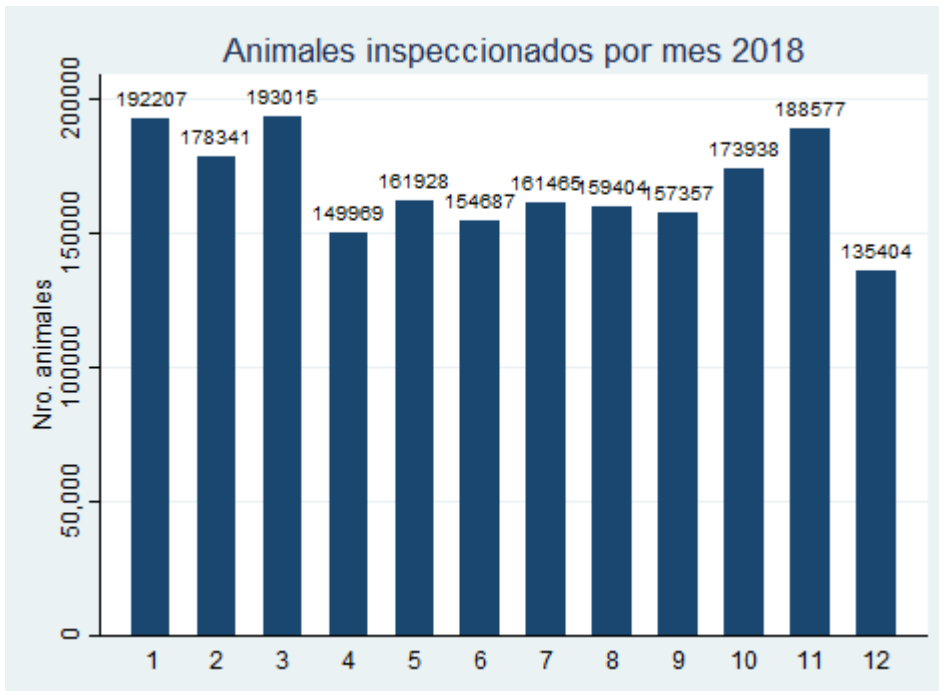


Figura 9. Cantidad de bovinos inspeccionados por mes en 2018

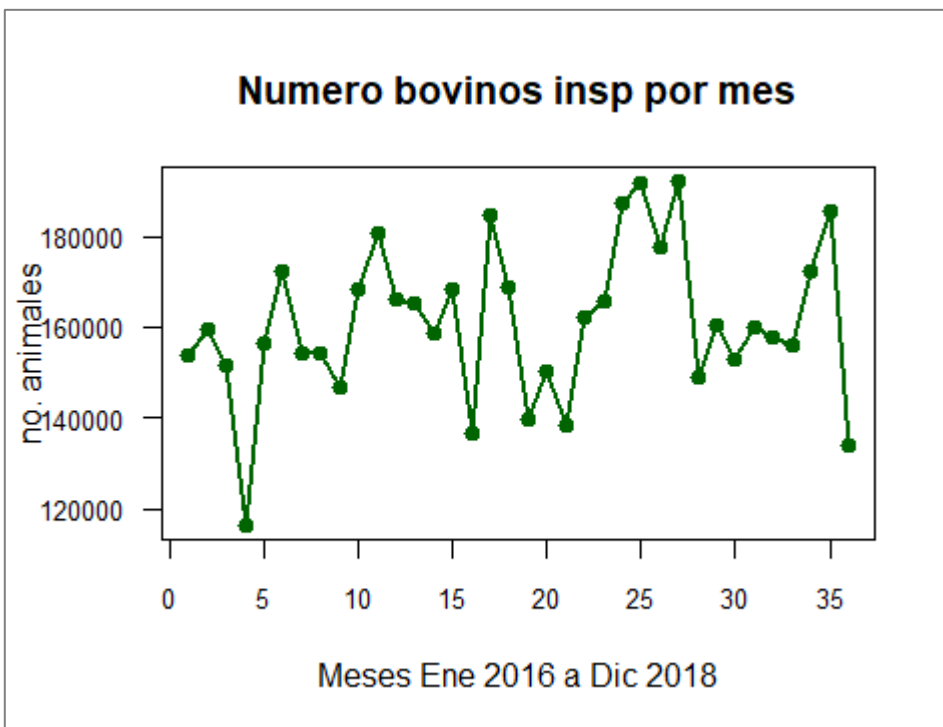


Figura 10. Resumen de la cantidad de bovinos inspeccionados por mes durante el período 2016-2018

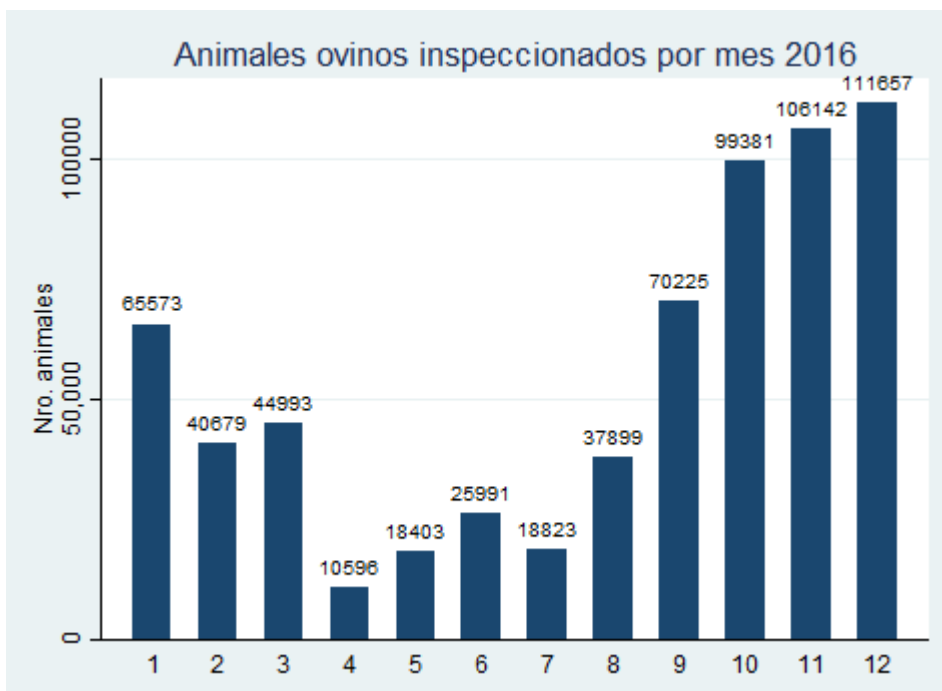


Figura 11. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2016

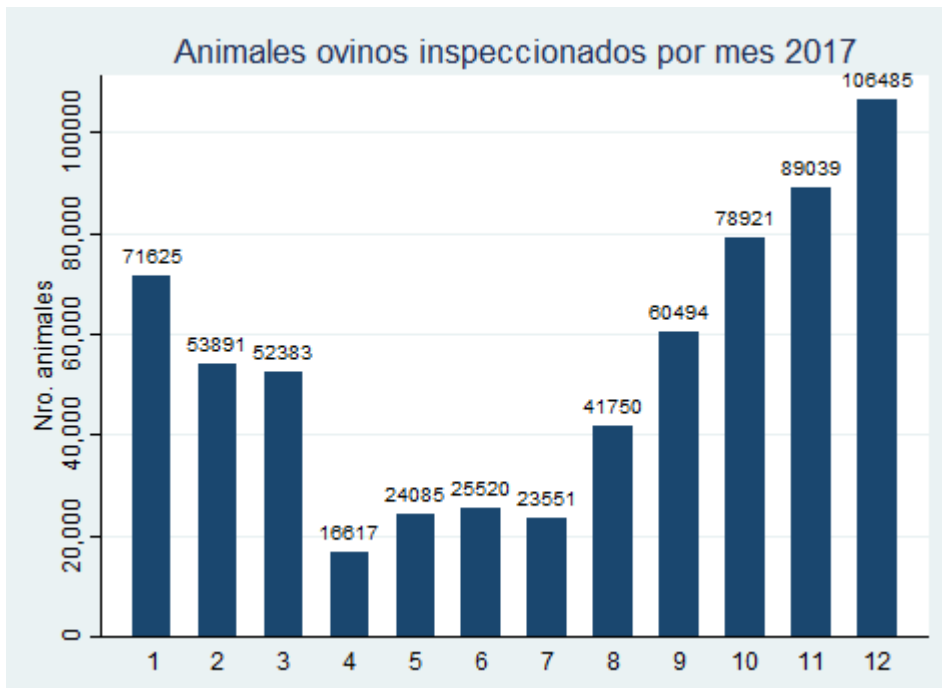


Figura 12. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2017

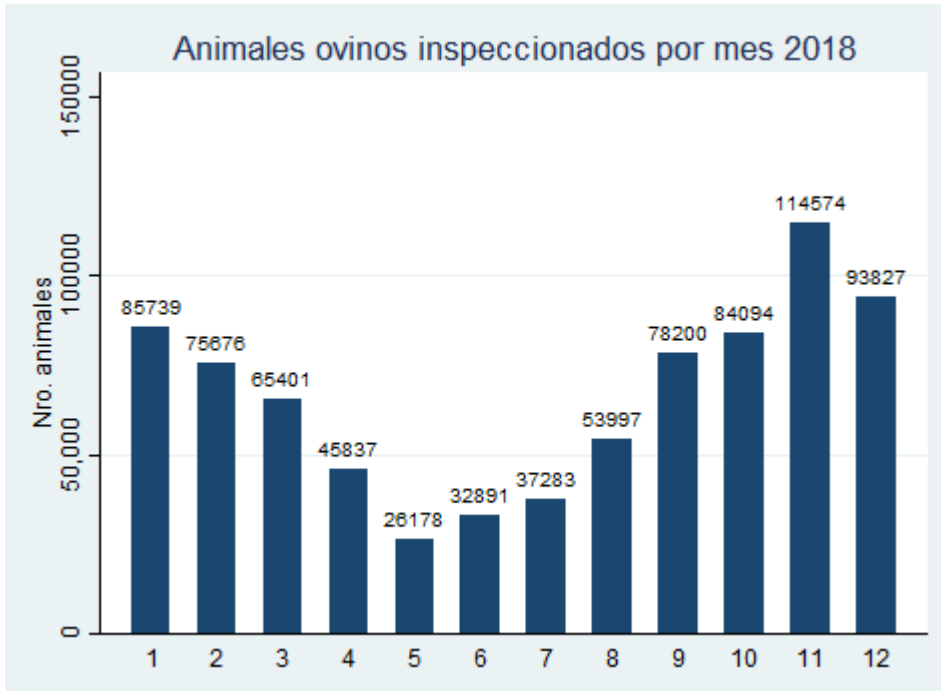


Figura 13. Cantidad de ovinos inspeccionados por mes en 2018

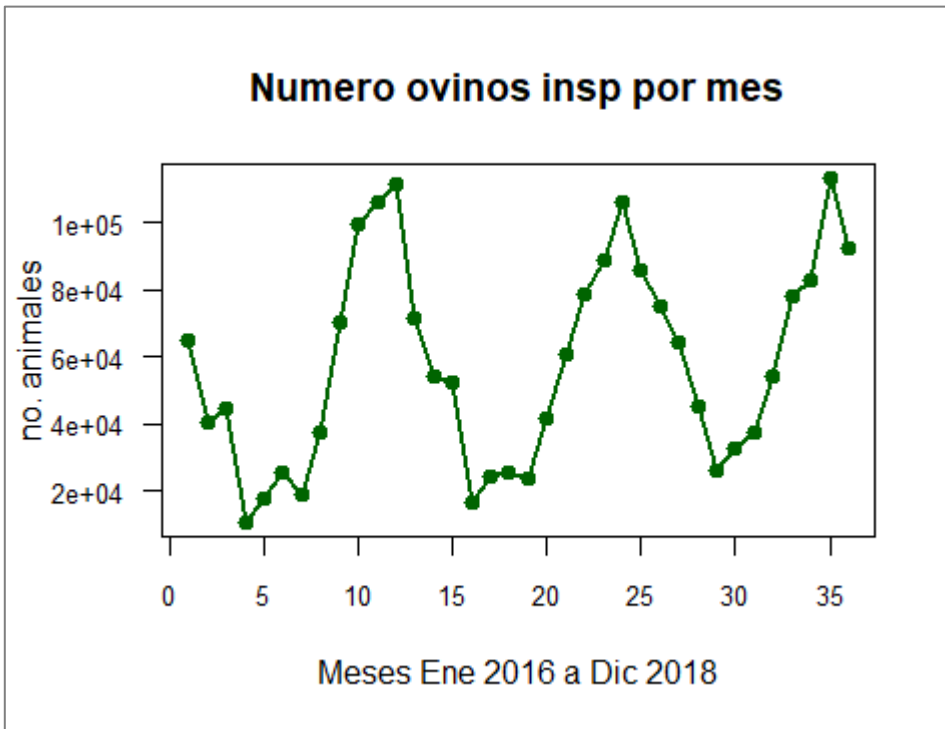


Figura 14. Resumen de la cantidad de ovinos inspeccionados por mes durante el período 2016-2018

Presencia del VLEA en campo por campaña de BrB (serología)

Esta actividad realizada por el VLEA no es específica para detectar FA, pero en el caso de que el veterinario observe sintomatología compatible con la enfermedad cuando esté realizando actividades en el marco de la campaña de BrB, está obligado legalmente a realizar la notificación de la sospecha a la autoridad sanitaria (DGSG).

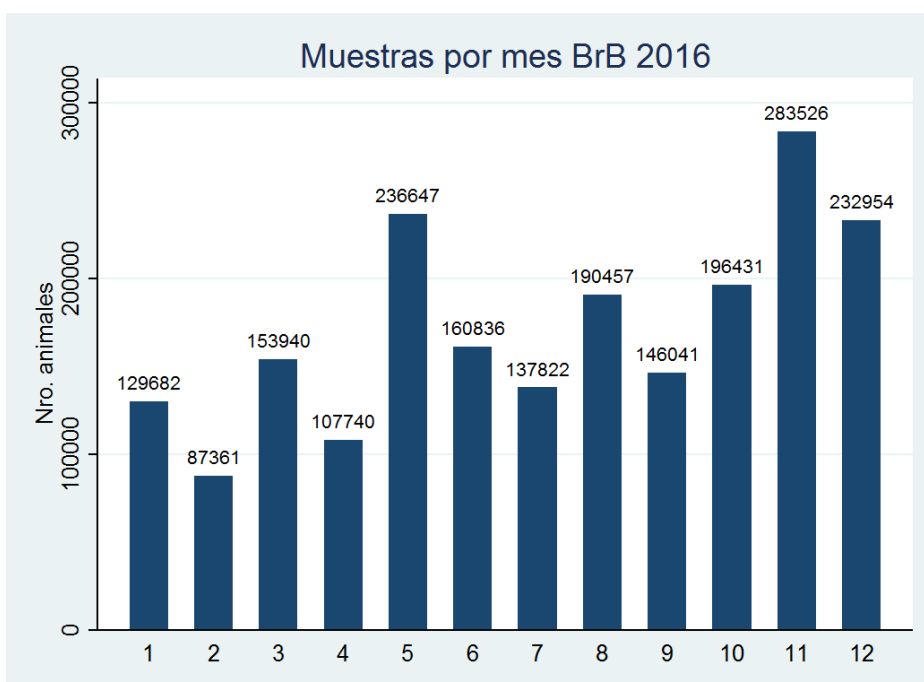


Figura 15. Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2016

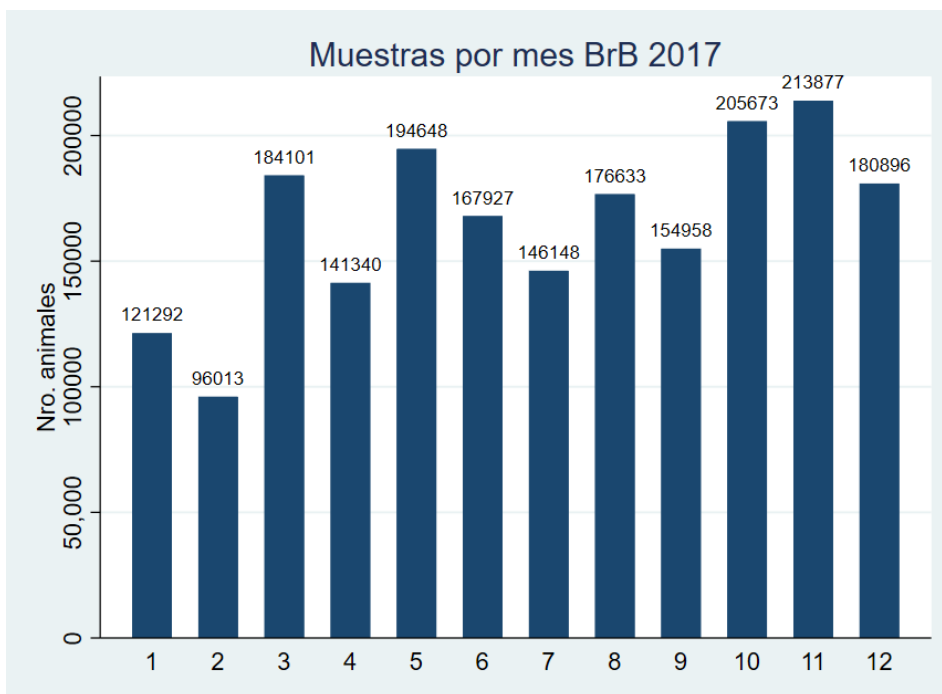


Figura 16. . Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2017

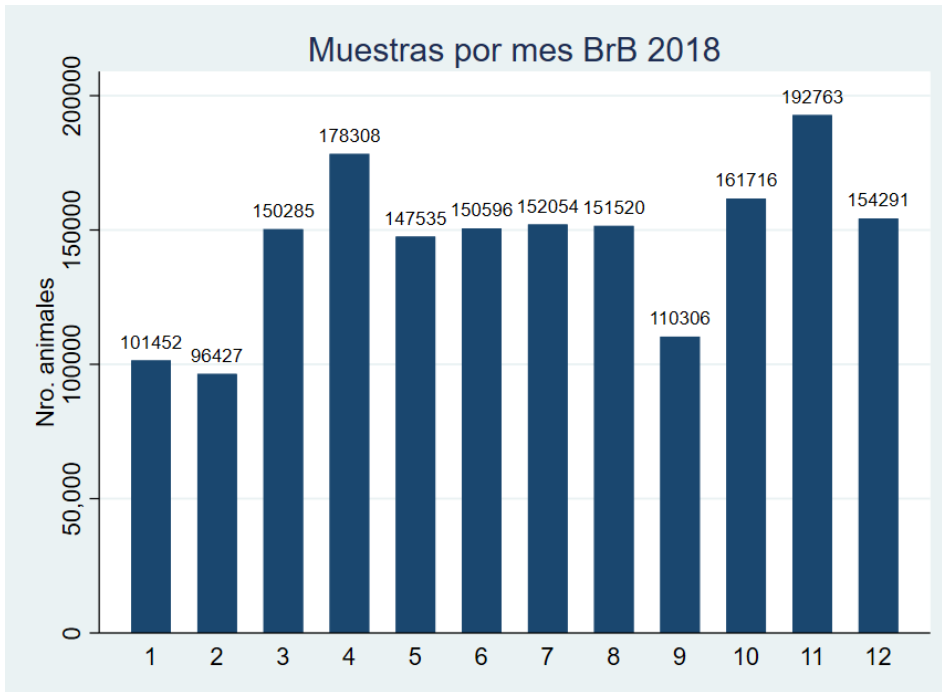


Figura 17. . Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en 2018

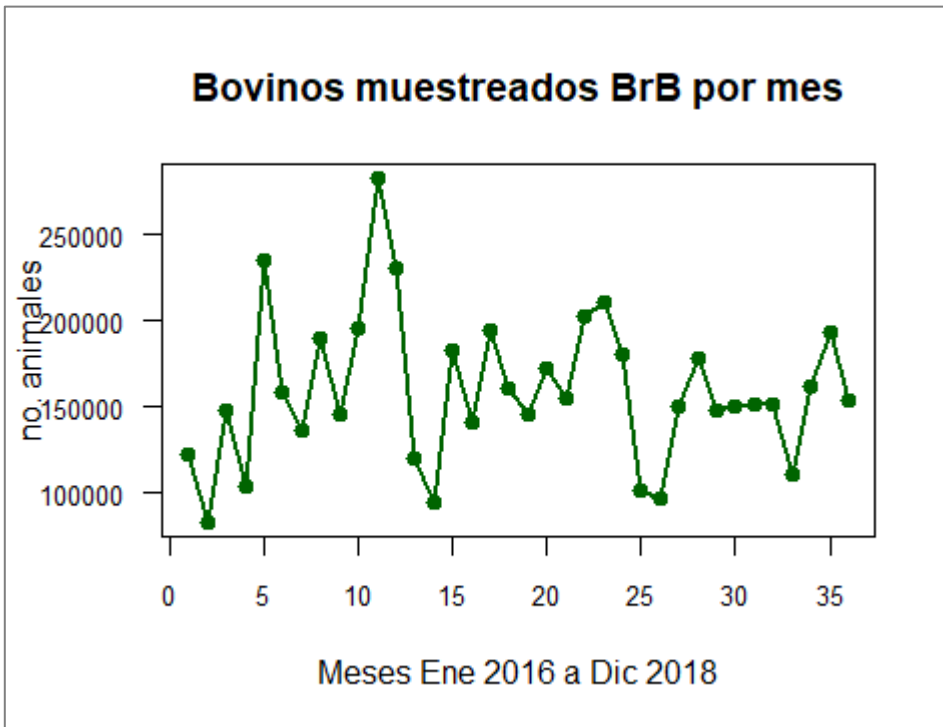


Figura 18. Cantidad de bovinos muestreados por mes para BrB en el período 2016-2018

1.2. Fuentes de información

Sistema de Información Ganadera (SNIG)

Desde 1815 existe en Uruguay un régimen de inscripción del uso de marcas y señales, pero es a partir de 1973 que se comienza controlar efectivamente las existencias de animales y los movimientos ganaderos a través de la utilización de Guías de Propiedad y Tránsito para los mismos ante la Dirección Nacional de Contralor de Semovientes (DICOSE) del MGAP. Es así que se establecen obligaciones para el tránsito de ganado, inscripción en el Registro Nacional, presentación de Declaración Jurada anual, y régimen de sanciones (comisos y multas). Esas medidas garantizan la trazabilidad grupal de las especies productivas. En el SNIG se procesan electrónicamente desde el inicio del ejercicio ganadero 2004-2005, la totalidad de los formularios de Declaraciones Juradas y Guías de Propiedad y Tránsito.

Además, a partir del año 2006 por la ley 17997 y su decreto reglamentario se establece obligatoria la Trazabilidad Individual del ganado bovino. Cada animal tiene dos dispositivos, uno de los cuales es una caravana denominada visual, que permite la identificación del animal a simple vista y el otro, que contiene un dispositivo de radiofrecuencia (RFID) que almacena en forma electrónica el mismo número que está en la caravana visual.

A través del SNIG se puede acceder a la información referente a los establecimientos ganaderos del país, su ubicación geográfica a través de un Sistema de Información Geográfico (SIG), la información referente al uso de la tierra y stock de las distintas especies productivas según declaración jurada de su propietario. Además, están registrados todos los movimientos de animales contando con trazabilidad grupal e individual para bovinos y grupal para ovinos, caprinos, equinos y porcinos.

Sistema de Información en Salud Animal (SISA)

Todos los eventos sanitarios son registrados en el SISA en forma individual o grupal. Por lo tanto, todas las actividades llevadas a cabo en el marco de la vigilancia sanitaria son registradas en este sistema. En ese sentido, contamos con la información de la fecha de realización de cada actividad, la identificación del predio (Número de DICOSE), cantidad de muestras analizadas, resultado del test utilizado. Además, el SISA tiene una interfase con el SNIG mediante la cual es posible intercambiar datos.

La extracción de datos de las tablas que contienen la información del SNIG requiere la creación de una rutina utilizando el software SQL® (Structured Query Language) que es un lenguaje de programación estructurado diseñado para administrar y recuperar datos de sistemas de gestión de base de datos relacionales.

Los datos extraídos, tanto de las tablas del SNIG como del SISA, son procesados en el Software STATA®, el cual permite el resumen de los datos y el manejo y análisis de las bases de datos con la información necesaria: identificación del establecimiento, stock bovino y ovino, cantidad

de animales inspeccionados o muestreados según el componente que corresponda y la fecha de realización de dicha actividad.

La identificación del establecimiento es su número de DICOSE pero el mismo fue reemplazado por un número (id) con el fin de mantener la confidencialidad de los datos declarados por el productor ante DICOSE. La ubicación de los establecimientos, determinada por las coordenadas geográficas, fue utilizada para establecer la pertenencia de cada establecimiento a las zonas de alto o bajo riesgo, utilizando el software QGIS®.

id	bovtot	ternmuestreado	riesgo	mes	fecha	mes1
1	90	7	1	2	8 2016	8
2	101	956	30	1	8 2016	8
3	109	1281	30	1	8 2016	8
4	229	29	4	1	8 2016	8
5	349	1484	30	1	9 2016	9
6	352	322	30	1	11 2016	11
7	460	361	30	2	9 2016	9
8	521	172	30	2	12 2016	12
9	529	1465	30	2	9 2016	9
10	573	2647	30	2	12 2016	12

Figura 19. Ejemplo de base de datos para el componente de serología de bovinos.

id	bovtot	bovinsp	riesgo	mes	fecha	mes1
1	27	1626	5	2	8 2016	8
2	58	1151	5	1	2 2016	2
3	66	600	17	1	5 2016	5
4	66	600	9	1	1 2016	1
5	85	77	3	2	5 2016	5
6	88	368	5	2	7 2016	7
7	97	405	15	1	4 2016	4
8	97	405	15	1	1 2016	1
9	97	405	15	1	11 2016	11
10	97	405	10	1	7 2016	7

Figura 20. Ejemplo de base de datos para el componente de inspección de bovinos con destino a faena.

	id	ovinos	ov_insp	riesgo	mes	fecha	mes1
1	8	97	15	2	2	2016	2
2	64	410	101	1	12	2016	12
3	101	327	40	1	11	2016	11
4	121	7583	101	2	11	2016	11
5	121	7583	100	2	11	2016	11
6	121	7583	325	2	11	2016	11
7	121	7583	210	2	11	2016	11
8	121	7583	241	2	11	2016	11
9	124	233	29	1	9	2016	9
10	124	233	31	1	9	2016	9

Figura 21. Ejemplo de base de datos para el componente de inspección de ovinos con destino a faena.

	id	bovtot	bovmuestreado	riesgo	mes	fecha	mes1
1	22	36	4	2	6	2016	6
2	24	13	6	1	5	2016	5
3	27	1626	100	2	5	2016	5
4	27	1626	92	2	11	2016	11
5	30	13	4	2	3	2016	3
6	30	34	33	2	4	2016	4
7	36	29	1	1	12	2016	12
8	37	49	48	1	7	2016	7
9	37	3	2	1	10	2016	10
10	38	73	2	1	6	2016	6

Figura 22. Ejemplo de base de datos para el componente de presencia del VLEA en campo por campaña de BrB (serología)

1.3. Estimación de parámetros a utilizar en el modelo

Nodos categóricos

La ubicación geográfica de los establecimientos es el factor considerado en este modelo para definir dos categorías de establecimientos con un riesgo diferencial de estar infectados a la

prevalencia de diseño dada. El modelo toma como supuesto que los establecimientos ubicados en un buffer de 10 kilómetros desde la frontera son considerados de tener mayor riesgo de infectarse que el resto de los establecimientos del país.

Mapa de riesgo_ Buffer 10 km de la frontera

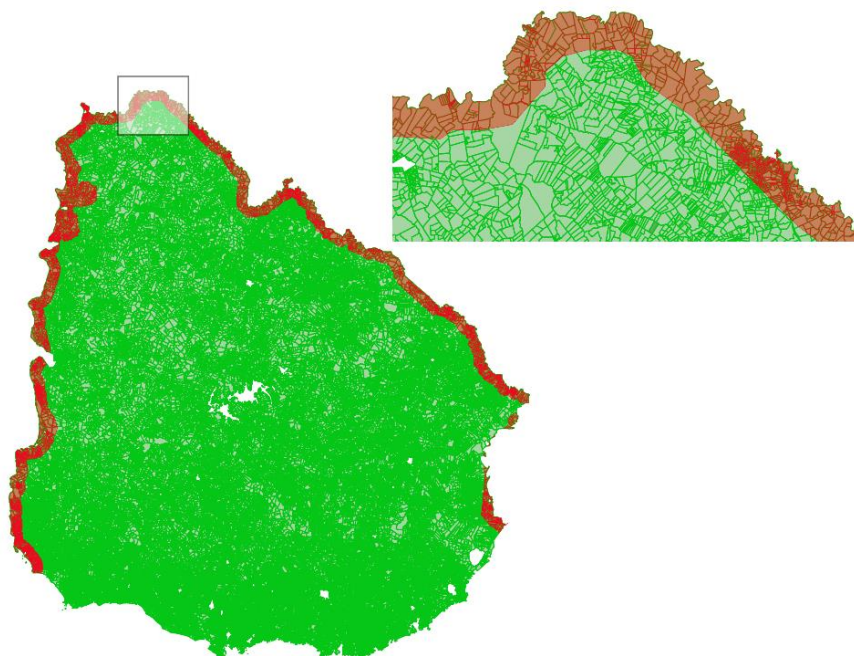


Figura 23. Representación de las zonas de riesgo. En rojo buffer de 10 km desde la frontera (alto riesgo) y en verde el resto del país (bajo riesgo)

La elección de este nodo categórico se basa en el análisis de riesgo espacial desarrollado por el Dr. Luis Gustavo Corbellini durante su cargo como investigación principal en Epidemiología en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) a partir del año 2018. El mayor riesgo en la frontera observado en el resultado del modelo se debe al peso que tiene la distancia a la frontera en relación a la probabilidad de ingreso ilegal de animales y productos de origen animal.

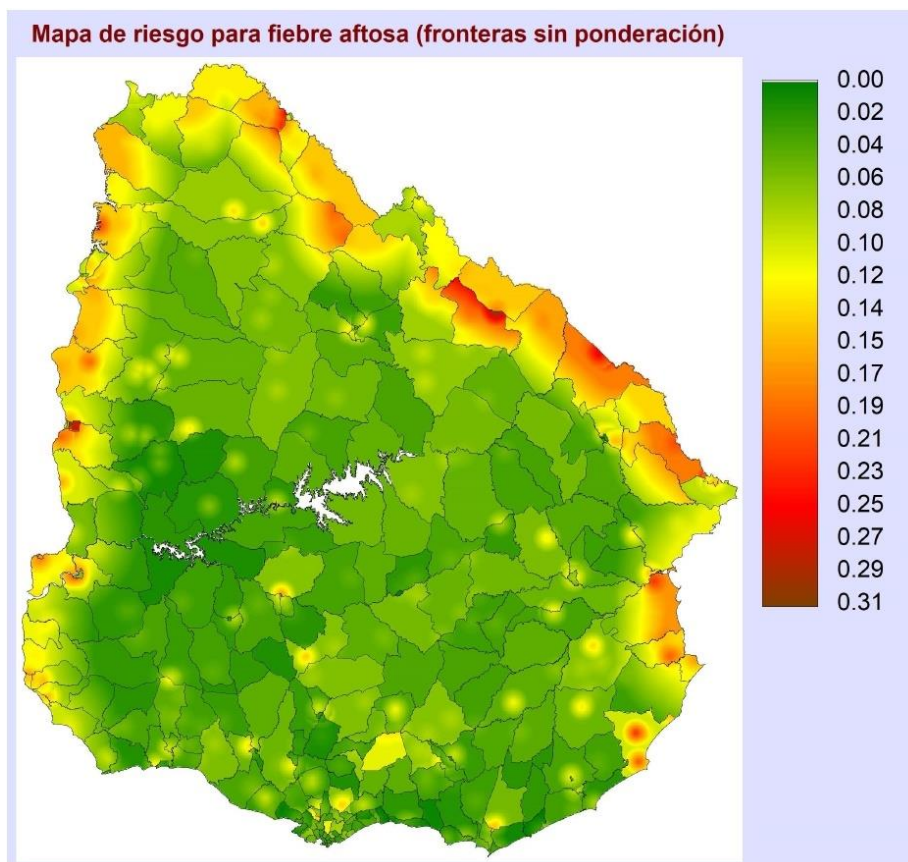


Figura 24. Mapa de riesgo para FA. Análisis de riesgo espacial. Dr. Luis Gustavo Corbellini, INIA.

Por lo tanto, el nodo “Ubicación” es un nodo categórico de riesgo con dos ramas, “Frontera” y “Otros”. El riesgo relativo de estar infectado de un establecimiento de frontera respecto a otro establecimiento (RRf) fue estimado en base a la opinión de expertos y el valor usado fue 2. La proporción de establecimientos que se encuentran en las zonas definidas de mayor y menor riesgo fue determinada a través de la información del SNIG, PrF=0.15 y PrO=0.85 respectivamente.

Nodos de infección

La elección de este parámetro cuando se analiza la SeS para demostrar ausencia de enfermedad es muy importante debido a que, si la prevalencia de diseño es alta, la habilidad del sistema para detectar la enfermedad será alta y, por el contrario, con una prevalencia de diseño baja, la habilidad de detección será menor. En el caso de un país libre de FA la prevalencia real es cero, pero la prevalencia de diseño representa un valor hipotético a partir del cual el sistema de vigilancia tiene alta probabilidad de detectar si la enfermedad estuviese presente.

Cameron et al. (2014) proponen diferentes enfoques para la estimación de este parámetro: el uso de estándares globales o regionales, exigencias de países que son socios comerciales, características de la enfermedad, consideraciones prácticas y económicas. Uno de los enfoques más comunes es determinar la prevalencia de diseño según la enfermedad en cuestión. Los

autores manifiestan que es un método adecuado cuando se trata de enfermedades altamente contagiosas como la FA. Sin embargo, hay que considerar si se trata de una población vacunada o no, debido a que el número de animales expuestos y que seroconvierten es menor si se practica la vacunación. Por lo tanto, la elección de la prevalencia de diseño dependerá de las características de la enfermedad pero también de las características de la población estudiada.

Las enfermedades de transmisión directa forman clusters, es decir que, si un animal infectado es introducido en un establecimiento, el resto de los animales de ese establecimiento tienen más probabilidad de enfermar que otros animales ubicados en otros establecimientos. Para tomar en cuenta esto se especifican dos niveles de prevalencia de diseño: la proporción de establecimientos infectados en la población y la proporción de animales infectados en esos establecimientos infectados. El nodo de infección a nivel de establecimiento genera dos ramas, Infectado o No Infectado. La probabilidad de que un establecimiento esté infectado es la Prevalencia de diseño entre establecimientos (P^*E). Se usó una $P^*E=0.01$. El nodo de infección a nivel del animal genera también dos ramas: Infectado o No Infectado. La probabilidad de que un animal esté infectado, dado que el establecimiento está infectado es la Prevalencia de diseño intra establecimiento (P^*U). Se usó un valor de $P^*U=0.10$.

La Prevalencia de Diseño implica que todas las unidades dentro la población objetivo tienen en promedio la misma probabilidad de estar infectadas. El uso del árbol de escenarios permite dividir efectivamente las poblaciones en diferentes grupos de riesgo usando el Riesgo Relativo de infección en cada grupo, para ajustar la Prevalencia de Diseño y así reflejar la probabilidad de infección a nivel de grupo. En cada uno de ellos se calcula un riesgo ponderado, con el cual es posible calcular la Probabilidad Efectiva de infección en cada grupo.

Nodos de detección

El nodo de detección tiene dos ramas posibles: Positivo o Negativo. La probabilidad de obtener un resultado positivo es la Sensibilidad del Test (SeT). Cada uno de los componentes usa un esquema diagnóstico distinto lo que determina que cada componente tenga una SeT determinada.

Para el esquema diagnóstico utilizado en el componente “Muestreo serológico”, el kit ELISA 3ABC-EITB, la sensibilidad usada es: $SeT=0.972$ (PANAFTOSA, 2013).

Para el componente “Inspección de bovinos a frigorífico exportador” que utiliza un esquema diagnóstico en tres etapas: certificación por parte del VLEA en el establecimiento de origen, inspección ante mortem y pos mortem realizada por el VO de la DIA. El valor de Sensibilidad del esquema diagnóstico es 0.08 (Opinión de expertos).

Para el componente “Inspección de ovinos a frigorífico exportador” que también utiliza un esquema diagnóstico en tres etapas: certificación por parte del VLEA en el establecimiento de

origen, inspección ante mortem y pos mortem realizada por el VO de la DIA. El valor de Sensibilidad del esquema diagnóstico es 0.01 (Opinión de expertos).

Para el componente “Presencia del VLEA en campo por campaña de BrB (serología)” se utilizó un valor de $Se = 0.01$ según opinión de expertos.

Cuadro II. Resumen de parámetros utilizados en el modelo

Parámetro				FUENTE		
Prevalencia de diseño entre predios				P*E	0.01	Diseño UNEPI muestreo serológico
Prevalencia de diseño intra predio				P*U	0.10	Diseño UNEPI muestreo serológico
Riesgo Relativo				RRf	2	Opinión de expertos
Sensibilidad Test Serología (ELISA 3ABC+EITB)			SeT	0.972	PANAFTOSA	
Sensibilidad Inspección Faena Bovinos (VLEA+antemortem+posmortem)			SeIb	0.08	Opinión de expertos	
Sensibilidad Inspección Faena Ovinos (VLEA+antemortem+posmortem)			SeIo	0.01	Opinión de expertos	
Sensibilidad VLEA				SeV	0.01	Opinión de expertos

1.4. Cálculo de la Sensibilidad de cada componente

La SeS se calcula utilizando el software R® mediante un paquete denominado R-Surveillance, el cual fue creado en 2016 por Evan Sergeant.

El paquete R Surveillace tiene funciones para el diseño y el análisis de actividades que se desarrollan en el marco de la vigilancia de enfermedades animales. Dichas funciones pueden ser empleadas para calcular el tamaño de muestra, estimar la prevalencia y analizar muestreos representativos o estudios basados en riesgo diseñados para demostrar la ausencia de enfermedad. El paquete estadístico R-Surveillance permite el cálculo de la SeC y la combinación de éstas para obtener la SeS.

Estimación del riesgo ajustado

El RRf del nodo categórico de riesgo denominado “Ubicación” debe ser ajustado de forma que el RR promedio para una muestra representativa de la población de referencia sea 1. Para ajustarlo usamos la siguiente fórmula:

$$RAf = \frac{RRf}{RRf * PrPf + RRr * PrPr} \text{ y } RAr = \frac{RRr}{RRf * PrPf + RRr * PrPr}$$

$$RAf = 1.7391304$$

$$RAr = 0.8695652$$

Luego calculamos la probabilidad efectiva de infección (EPI) para cada rama del nodo, es decir para los establecimientos ubicados en el buffer de 10 km de la frontera y para el resto del país.

EPI = Effective Probability of Infection: RA x P*

$$EPIf = RAf * P^*E = 0.017391304$$

$$EPIr = RAr * P^*E = 0.008695652$$

Cálculo de la Sensibilidad del Componente (SeC)

Esta estimación requiere el cálculo de la Se de cada establecimiento que participa en el componente.

La Se a nivel del establecimiento es la capacidad de detectar al menos un animal en el establecimiento dado que está infectado.

$SeUi = 1 - (1 - SeA * P^*U)^n$, siendo “n” el número de animales vigilados para cada establecimiento “i”. Esta aproximación binomial se usa cuando la muestra “n” es menor al 10% de la población del establecimiento (N).

En cambio, si n es mayor al 10% de N, se debe usar la aproximación hipergeométrica:

$SeUi = 1 - (1 - SeA * n/N)^d$, siendo d la cantidad de animales enfermos esperados en el establecimiento ($P^*U * N$)

La Se del componente es la capacidad de detectar al menos un establecimiento dado que la infección está presente en la población.

$SeC = 1 - \prod_{i=1}^j (1 - SeUi * P * E)$ para “j” establecimientos.

1.5. Cálculo de la Sensibilidad del Sistema

Asumiendo independencia entre los componentes

$SeS = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - SeCi)$, donde i es cada componente y puede tomar un valor desde 1 a N.

Tomando en cuenta la falta de independencia

La metodología permite tomar en cuenta el hecho de que una granja que participa en un componente puede participar en otro componente y por lo tanto esa granja ya aportó información acerca de su estatus. La información nueva que brinda esa granja es menor a la información que brindaría otra que aún no haya participado en ningún componente. Usando el teorema de Bayes calculamos la probabilidad posterior de infección de esa granja y la usamos como probabilidad de infección previa para el siguiente componente. Luego, se calcula la SeS y como se realizó el ajuste, los resultados pueden considerarse independientes.

2. Riesgo de introducción

El riesgo de introducción es la probabilidad que la enfermedad entre al país durante un cierto período de tiempo. Uruguay no tiene disponible un análisis de riesgo cuantitativo actualizado y llevarlo a cabo, además de que escapa los objetivos de este estudio, implicaría mucho tiempo. Por lo tanto, este modelo utiliza otro método para estimar el riesgo de introducción a utilizarse para calcular la probabilidad de libre.

El valor de riesgo de introducción empleado en este trabajo es de 0.10 anual, es decir un brote cada 10 años. La selección de este valor se basa en la información histórica (3 brotes en los últimos 30 años), aunque hace 18 años no tenemos ocurrencia de la enfermedad. Fue estimado mediante la opinión de expertos.

3. Cálculo de la Probabilidad de libre

Finalmente, se calcula la probabilidad de libre de FA utilizando la información histórica. Se estimó utilizando el paquete R*Surveillance* del software R®.

$$P_{libre} = \frac{1 - P_{prevAj_t}}{(1 - P_{prevAj_t}) + P_{prevAj_t}(1 - SeS)}$$

Los parámetros que requiere la función para el cálculo son: la probabilidad de libre previa a la vigilancia (P_{prev}), el riesgo de introducción y la SeS para cada período de tiempo.

Probabilidad de libre previa

Según Cameron et al., (2014) un enfoque que podría usarse para seleccionar la probabilidad de libre previa sería usar la del año anterior. Pero es evidente que hay que establecer un punto de partida en el cual no se cuenta con información previa. En ese caso proponen el uso del valor 0.5 como un valor conservador, donde la probabilidad de infección es igual a la probabilidad de estar libre. Como Uruguay desde el año 2002 realiza vigilancia activa y pasiva con resultados negativos en la detección de la enfermedad, existe un alto nivel de confianza (aunque no esté medido cuantitativamente) de que la enfermedad está ausente. Por lo tanto, el valor de probabilidad de libre usado para este trabajo es 0.8.

Incorporación de datos históricos del sistema de vigilancia

La SeS es influenciada por la cantidad de animales que pasan por el sistema de vigilancia, es decir que si se considera un período de tiempo largo es probable que pasen muchos animales y la SeS aumente. En cambio, si se consideran períodos cortos la SeS será más baja por el menor número de animales que pasan a través del sistema. Sin embargo, si tomamos períodos de tiempo muy largos no podemos incorporar el efecto del riesgo de introducción. Para determinar ese período de tiempo es importante considerar aspectos de la epidemiología de la enfermedad. En este caso, al tratarse de FA que es una enfermedad de rápida difusión y corto período de incubación, se optó por definir un marco temporal mensual.

Luego de cada período de tiempo (mes) la probabilidad de libre obtenida se ajusta con el riesgo de introducción para así estimar la probabilidad de infección ajustada que se usará para calcular la nueva probabilidad de libre del siguiente período.

$$P_{prevAj_t} = P_{inf_{t-1}} + \text{Riesgo de intr} - (P_{inf_{t-1}} * \text{Riesgo de intr})$$

V. RESULTADOS

1 Sensibilidad de cada componente (SeC)

En el Cuadro III se presenta la sensibilidad por componente y por año. Para cada componente se muestra el valor de Se de los establecimientos: el mínimo, el primer cuartil, la mediana, la media, el tercer cuartil y el máximo. La última columna representa la Se anual de cada uno de los componentes.

Se puede observar que para los componentes de inspección tanto de bovinos como ovinos y de VLEA BrB, la mediana de Se de los establecimientos es baja determinada por la baja Se del diagnóstico. Sin embargo, la SeC es alta debido a la gran cantidad de animales inspeccionados y muestreados durante cada año.

Cuadro III. Resumen de la Sensibilidad de cada componente del Sistema de vigilancia

Año	Componente	Min	1er. Cuartil	Mediana	Media	3er. Cuartil	Max.	SeC_anual
2016	Insp bovinos	0.008	0.070	0.182	0.217	0.268	1.000	1.000
	Serología	0.095	0.825	0.950	0.827	0.950	0.997	0.989
	VLEA BrB	0.001	0.005	0.014	0.053	0.048	1.000	1.000
	Insp ovinos	0.001	0.031	0.072	0.099	0.150	0.369	0.996
2017	Insp bovinos	0.008	0.070	0.182	0.215	0.263	1.000	1.000
	Serología	0.095	0.834	0.950	0.819	0.950	0.950	0.987
	VLEA BrB	0.001	0.005	0.018	0.066	0.059	1.000	1.000
	Insp ovinos	0.001	0.086	0.159	0.182	0.258	0.996	0.993
2018	Insp bovinos	0.008	0.070	0.168	0.208	0.263	1.000	1.000
	Serología	0.095	0.864	0.950	0.848	0.950	0.950	0.988
	VLEA BrB	0.001	0.008	0.030	0.084	0.085	1.000	1.000
	Insp ovinos	0.001	0.084	0.156	0.181	0.256	0.977	0.998

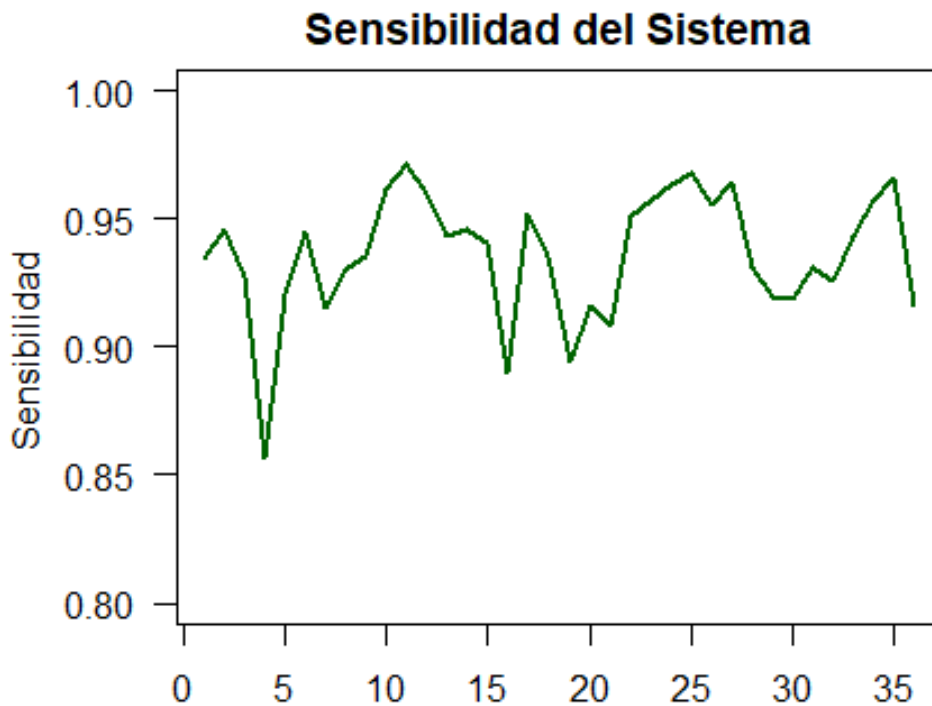
2 Sensibilidad del Sistema (SeS)

La sensibilidad del sistema de vigilancia para FA por mes y por año, se presenta en la Cuadro IV y en la Figura 19.

Cuadro IV. Resumen de la Sensibilidad del Sistema por mes y por año para el período 2016-2018

2016		2017		2018	
<i>mes</i>	<i>SeS</i>	<i>mes</i>	<i>SeS</i>	<i>mes</i>	<i>SeS</i>
1	0.9347506	13	0.9431283	25	0.9673448
2	0.9456339	14	0.9454108	26	0.9555103
3	0.9274031	15	0.940558	27	0.9640208
4	0.856763	16	0.8899503	28	0.9306578
5	0.9205947	17	0.9517949	29	0.9194766
6	0.9450259	18	0.934982	30	0.9186948
7	0.9152999	19	0.8940142	31	0.9312603

8	0.9299724	20	0.9160587	32	0.9258651
9	0.9352074	21	0.9080288	33	0.9431363
10	0.9617544	22	0.9510122	34	0.9574309
11	0.9714559	23	0.9567521	35	0.9663295
12	0.9596182	24	0.9631548	36	0.9161088



Seguimiento mensual. Period: Ene 2016- Dic 2018

Figura 25. Sensibilidad del Sistema por mes y por año para el período 2016-2018

3 Sensibilidad del Sistema en el espacio

En las figuras 25,26 y 27 se presentan mapas de calor donde se muestra la distribución de la SeS en el espacio, observándose los valores más altos de color azul más oscuro y los valores más bajos de color celeste claro.

Sensibilidad del Sistema de Vigilancia 2016



Figura 26. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2016

Sensibilidad del Sistema de Vigilancia 2017



Figura 27. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2017

Sensibilidad del Sistema de Vigilancia 2018



Figura 28. Representación espacial de la Sensibilidad del Sistema 2018

4 Probabilidad de libre

En el cuadro V se presentan los valores de la probabilidad de estar libre de FA por mes durante el período 2016-2018 con un riesgo de introducción del 10% y con una SeS estimada para ese período.

Cuadro V. Sensibilidad del Sistema, Riesgo de Introducción y Probabilidad de libre de FA para el período 2016-2018

mes	SeS	Riesgo Introducción	P libre
1	0.93475056	0.1	0.97525316
2	0.94563389	0.1	0.99248344
3	0.92740314	0.1	0.99139743
4	0.85676301	0.1	0.98299785
5	0.9205947	0.1	0.98975718
6	0.94502593	0.1	0.99330477
7	0.91529994	0.1	0.99005445
8	0.92997236	0.1	0.99151022
9	0.93520741	0.1	0.99224501

10	0.96175443	0.1	0.99543926
11	0.97145586	0.1	0.99669408
12	0.95961822	0.1	0.9953857
13	0.94312829	0.1	0.99343142
14	0.9454108	0.1	0.99357503
15	0.94055795	0.1	0.99301734
16	0.88995027	0.1	0.9870815
17	0.9517949	0.1	0.99397936
18	0.93498198	0.1	0.99239645
19	0.8940142	0.1	0.98748026
20	0.91605873	0.1	0.98959999
21	0.90802876	0.1	0.98883313
22	0.95101221	0.1	0.9939787
23	0.95675208	0.1	0.99492942
24	0.96315485	0.1	0.99571588
25	0.96734483	0.1	0.9962298
26	0.95551026	0.1	0.9948958
27	0.96402085	0.1	0.99581481
28	0.93065784	0.1	0.99203545
29	0.91947656	0.1	0.99042716
30	0.91869483	0.1	0.99019012
31	0.93126031	0.1	0.99167546
32	0.9258651	0.1	0.99115034
33	0.94313635	0.1	0.99316473
34	0.95743092	0.1	0.99497
35	0.96632947	0.1	0.99608509
36	0.9161088	0.1	0.99040535

La gráfica presentada en la figura 28 muestra la relación entre probabilidad de libre de FA, la SeS y del riesgo de introducción.

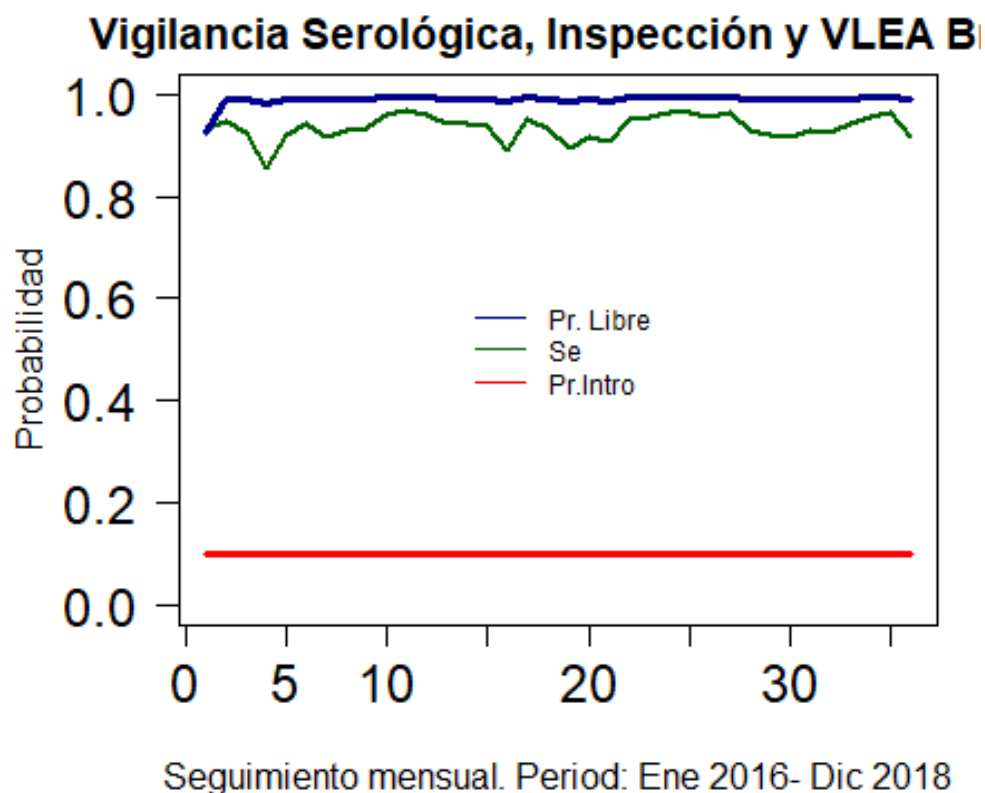


Figura 29. Sensibilidad del Sistema, Riesgo de Introducción y Probabilidad de libre de FA para el período 2016-2018

VI. DISCUSIÓN

El modelo propuesto para el análisis de la sensibilidad del sistema de vigilancia para FA en Uruguay incluye alguno de sus componentes: el muestreo serológico en bovinos, la inspección de animales destinados a faena en frigoríficos habilitados para la exportación, tanto de bovinos como de ovinos, y la presencia del VLEA en el campo cuando realiza actividades en el marco de la campaña de control de BrB. Como fue descrito en este trabajo, el sistema de vigilancia para FA en Uruguay es un sistema complejo, compuesto por más componentes que los antes mencionados. Una de las razones por las cuales no se incluyeron algunos componentes es por no contar con la información sistematizada, siendo un claro ejemplo de esto la vigilancia clínica por parte de productores y veterinarios, lo cual consideramos que es un componente fundamental en la vigilancia pasiva. Otros componentes como las actividades de vigilancia clínica y los controles de vacunación contra FA realizadas por el Servicio Oficial pueden incorporarse en un futuro análisis más profundo y completo ya que esta metodología permite su incorporación.

Por otro lado, no se tomó en cuenta para este documento el componente “Muestreo serológico de ovinos”, el cual es otro componente fundamental de la vigilancia activa. La razón de no incluirlo es la dependencia existente entre el muestreo serológico de bovinos y el muestreo serológico de ovinos, debido a que el establecimiento que sale sorteado muestrea ambas especies si las tiene. Una alternativa para poder incluir esta actividad, tomando en cuenta esa falta de independencia, sería la inclusión de un nodo categórico de riesgo dentro del establecimiento que divida a la población en especies (bovino y ovino), incluyendo a ambos muestreos en el mismo componente del árbol de escenarios. El riesgo relativo afectaría la probabilidad de infección de cada especie reflejada en la probabilidad efectiva de infección derivada de multiplicar el riesgo relativo ajustado por la Prevalencia de diseño intra establecimiento ($P*U$).

Otro aspecto a considerar, es la selección de los parámetros a utilizar en el modelo. En relación a esto, es importante mencionar que la estimación de los parámetros se hizo en base a la opinión de expertos por la falta de datos adecuados para su estimación de forma más precisa lo que conlleva la existencia de incertidumbre. El modelo desarrollado es determinístico y eso presenta limitaciones ya que no toma en cuenta la incertidumbre en dichas estimaciones. Sin embargo, la metodología propuesta permite plantear distintos escenarios cambiando los valores de los parámetros que tienen mayor impacto en el resultado, aportando de esta forma información más útil para la toma de decisiones.

En ese sentido, si planteamos distintos escenarios usando prevalencias de diseño más bajas, podemos observar como la SeS disminuye y cómo se comporta la Plibre si mantenemos el riesgo de introducción en un 10% anual (1 foco cada 10 años). En la figura 29 se pueden comparar los distintos escenarios planteados.

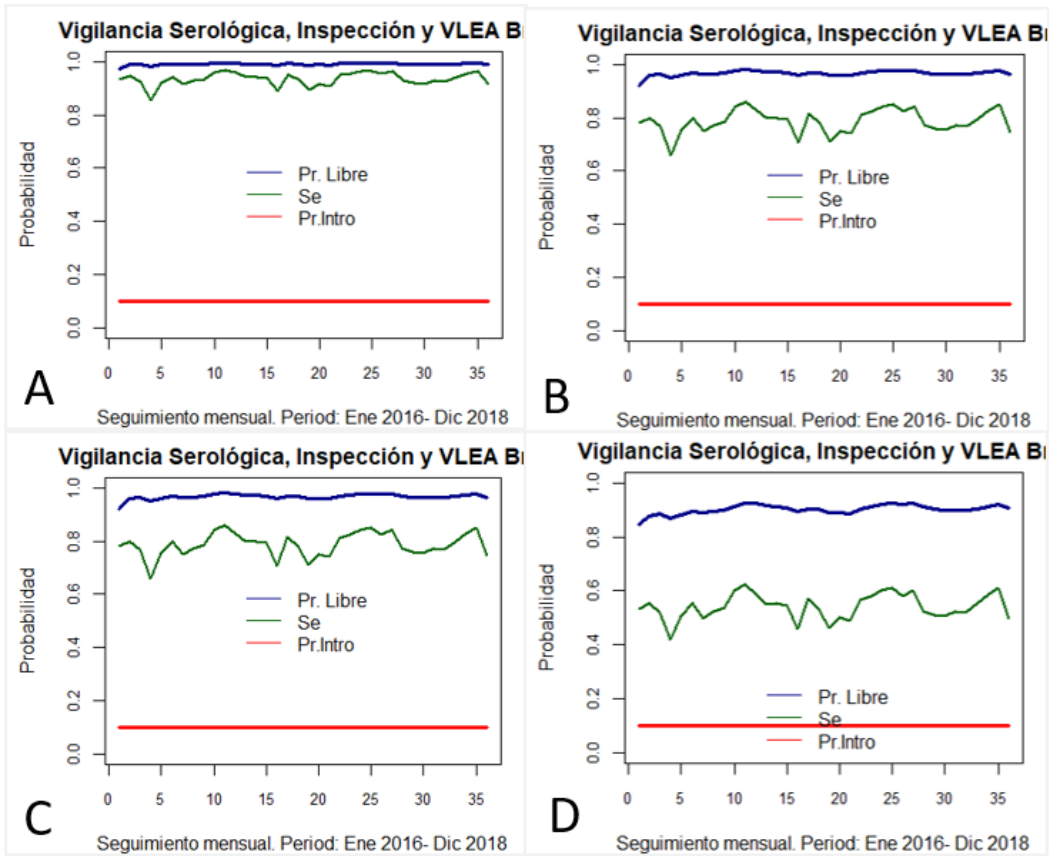


Figura 30. Estimación de la SeS y la Plibre con un riesgo de introducción del 10% para distintas Prevalencias de diseño. A: Modelo planteado P^{*E} 1% & P^{*U} 10%. B: P^{*E} 0.5% & P^{*U} 10%. C: P^{*E} 1% & P^{*U} 5% y D: P^{*E} 0.5% & P^{*U} 5%.

Otro escenario podría implicar un aumento del riesgo de introducción y discutir si el sistema de vigilancia actual, el que fue estimado en este trabajo, permite mantener la confianza de estar libres de FA.

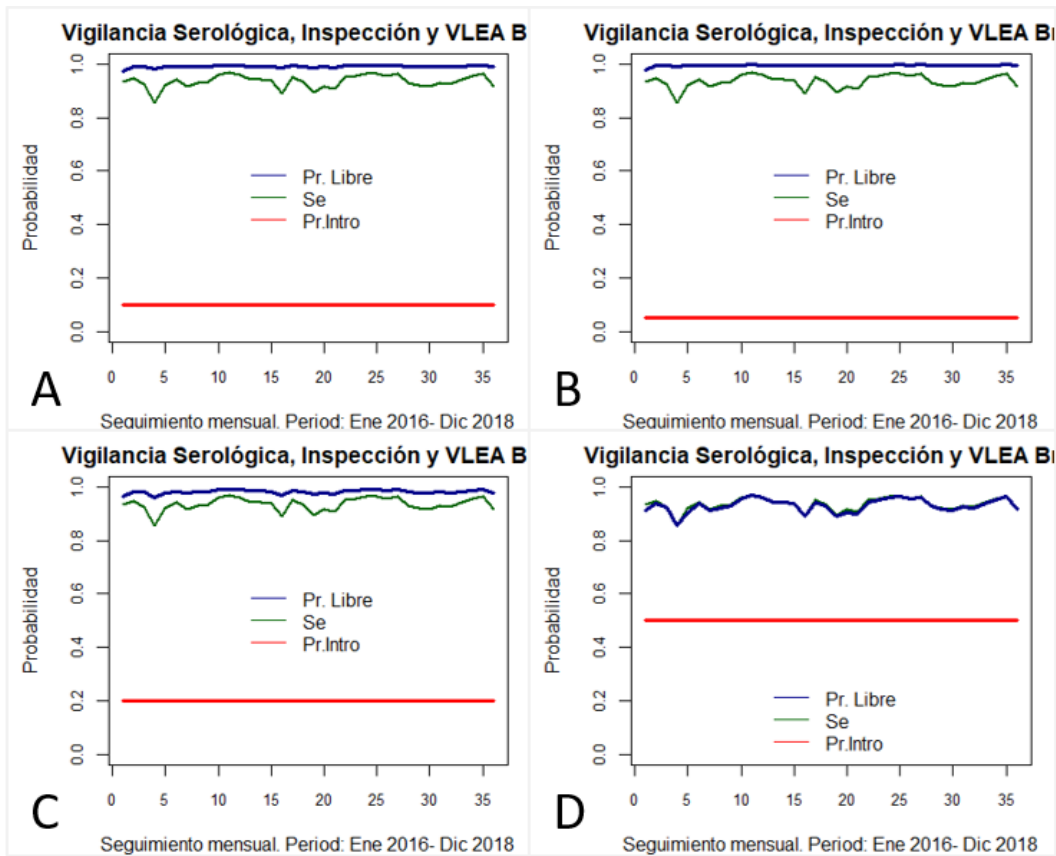


Figura 31. Distintos escenarios modificando el riesgo de introducción. A: Modelo planteado, RI 10%, 1 foco cada 10 años. B: Menor riesgo, RI 5%, 1 foco cada 20 años. C: Mayor riesgo: RI 20%, un foco cada 5 años. D: Mayor riesgo RI 50%, 1 foco cada 2 años.

Los resultados obtenidos deben ser discutidos bajo un escenario de país libre donde se aplica la vacunación, siendo la vigilancia activa un componente fundamental para demostrar la ausencia de enfermedad. En un escenario de país libre de FA sin vacunación, la vigilancia pasiva tomaría un rol preponderante y se torna imprescindible mejorar la capacidad de detección de la enfermedad (Se) de los veterinarios, tanto a campo como en las inspecciones en frigorífico (ante y pos mortem). Uruguay tuvo su último caso de fiebre aftosa en 2001, por lo tanto, muchos de los técnicos oficiales y privados que trabajan en el campo actualmente no conocen la enfermedad. A su vez, existe una falsa percepción a nivel de productores que existe un bajo riesgo de introducción por el hecho de aplicar la vacunación, lo que conduce a los actores involucrados a un estado de desatención. Los técnicos de PANAFTOSA, en un documento presentado en la COSALFA 46° (2019), establecieron que una de las rutas de entrada más probable del VFA es el ingreso de productos contaminados en el equipaje de pasajeros internacionales o en encomiendas postales internacionales. Si estos productos contaminados con el VFA logran eludir los controles de frontera, podría alcanzar a cerdos que hayan sido alimentados con los restos de estos productos. Posteriormente, la infección podría propagarse a otros cerdos u otras especies susceptibles ocasionando diversos brotes de la enfermedad. Esto demuestra que la vacunación sistemática de bovinos no constituye una medida de prevención

efectiva ni oportuna para evitar un foco de fiebre aftosa en un país libre y que la capacitación de los actores involucrados es fundamental para mejorar la vigilancia pasiva.

VII. CONCLUSIONES

La Sensibilidad del sistema de vigilancia para FA en el período de estudio fue alta, con valores entre 0.857 y 0.971. Al enfrentar los mapas de distribución de la Se en el espacio con el mapa de riesgo, se refleja la necesidad de aumentar la vigilancia en la frontera.

El análisis de los resultados negativos arrojados por el sistema de vigilancia para FA en Uruguay durante el período comprendido entre enero de 2016 y diciembre de 2018, y considerando un riesgo constante de introducción del virus del 10%, brinda un alto nivel de confianza (99%) de estar libre de la enfermedad para una prevalencia de diseño entre establecimientos de 1% e intra establecimiento de 10%, o mayor, en ese período.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cameron, A., Njeum, F., Chibeu, D., & Martin, T. (2014). Risk-based disease surveillance – A manual for veterinarians on the design and analysis of surveillance for demonstration of freedom from disease. In *FAO Animal Production and Health Manual No 17. Rome, Italy*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4205e/i4205e.pdf>
- Días, L. E. (2008). *DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL EN FIEBRE AFTOSA. Historia del Control y Erradicación en Uruguay* (1a ed.; C. I. S.A., ed.). Buenos Aires.
- El Allaki, F., Harrington, N., & Howden, K. (2016). Assessing the sensitivity of bovine tuberculosis surveillance in Canada's cattle population, 2009–2013. *Preventive Veterinary Medicine*, *134*(2016), 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.10.012>
- Frössling, J., Ågren, E. C. C., Eliasson-Selling, L., & Lewerin, S. S. (2009). Probability of freedom from disease after the first detection and eradication of PRRS in Sweden: Scenario-tree modelling of the surveillance system. *Preventive Veterinary Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.05.012>
- INAC. (2015). Sector cárnico Uruguayo Situación Actual. En: http://www.inac.uy/innovaportal/file/10495/1/pi_modulo_introductorio_web.pdf (Verificado agosto de 2019).
- Martin, P. A. J., Cameron, A. R., Barfod, K., Sergeant, E. S. G., & Greiner, M. (2007). Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources. 2: Case study- Classical swine fever in Denmark. *Preventive Veterinary Medicine*, *79*(2–4), 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.09.007>
- Martin, P. A. J., Cameron, A. R., & Greiner, M. (2007). Demonstrating freedom from disease using multiple complex data sources. 1: A new methodology based on scenario trees. *Preventive Veterinary Medicine*, *79*(2–4), 71–97. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.09.008>
- OIE. (2018). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Retrieved from <http://www.oie.int/es/normas/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>

- OIE. (2018). Manual 5 Surveillance and epidemiology. Retrieved from: https://rr-asia.oie.int/fileadmin/SRR_Activities/STANDZ/SEACFMD_Manual/SEACFMD_Manual_5.pdf
- OPYPA-MGAP. (2004). ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DEL REINGRESO DE LA FIEBRE AFTOSA EN URUGUAY (2001-2003). Efectos sobre la economía en su conjunto. *Houston, Texas – USA. 3 y 4 Marzo de 2004.*
- PANAFTOSA. (2010). PROGRAMA HEMISFÉRICO DE ERRADICACIÓN DE LA FIEBRE AFTOSA (PHEFA). Plan de Acción 2011-2020.
- PANAFTOSA. (2013). Instructivo de Uso Kit diagnóstico para detección de anticuerpos contra proteínas no capsidales del Virus de la Fiebre Aftosa.
- PANAFTOSA. (2016). Informe de Situación de los Programas de Erradicación de la Fiebre Aftosa en Sudamérica y Panamá, año 2016. En <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/34292>.
- PANAFTOSA. (2017). Informe de Situación de los Programas de Erradicación de la Fiebre Aftosa en Sudamérica y Panamá, año 2017. En: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/49669>
- PANAFTOSA. (2019). NOTA TECNICA Programa Hemisférico de Erradicación de Fiebre Aftosa, PHEFA. Más Allá del 2020.