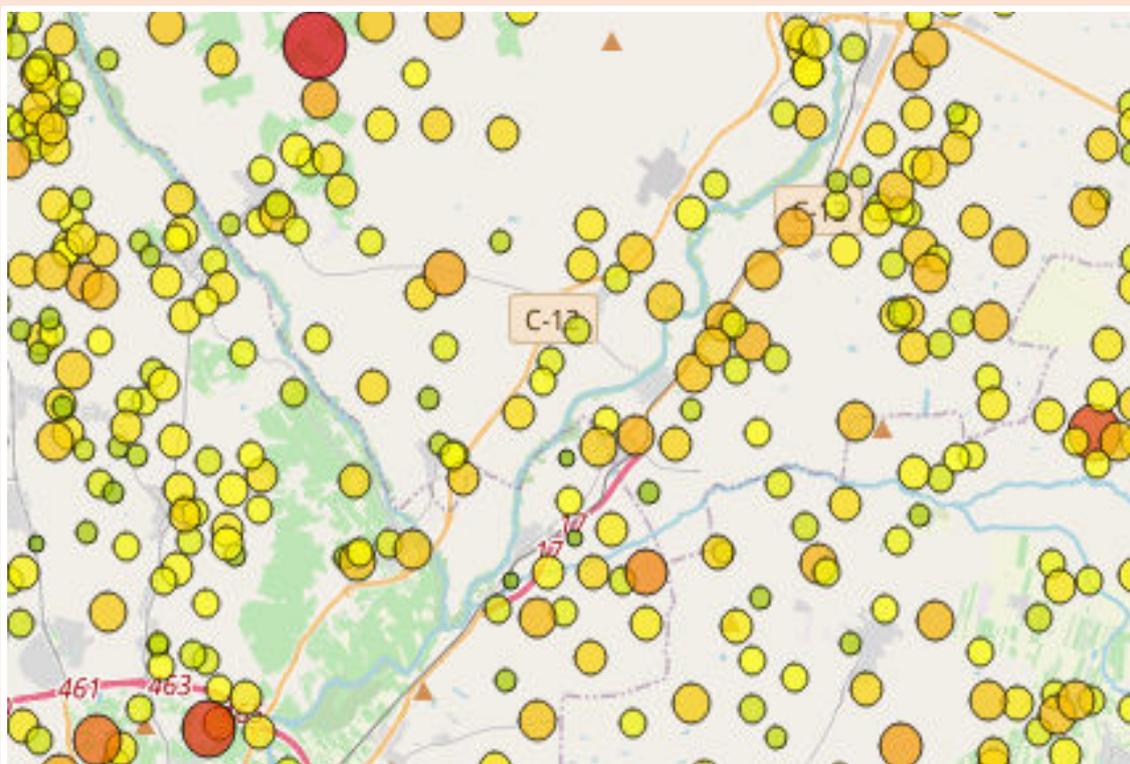


MONITORIZACIÓN DEL RIESGO DE ENTRADA DE PESTE PORCINA AFRICANA EN CATALUÑA A NIVEL DE EXPLOTACIÓN



Autores:

Alba-Casals Ana ^{1,2}, Pailler Lola ¹, Sánchez Carlos ³, Vilalta Carles ¹, Colomer Joana ^{4,5}, Ciria Natalia ¹, Napp Sebastián ¹

1 Centro de Investigación en Sanidad Animal (CReSA), Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, España.

2 Consultora en Epidemiología Veterinaria, VetEPImon. Ripoll, Gerona, España.

3 Servicios de Prevención en Salud Animal, Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural, Generalidad de Cataluña.

4 Minuartia, Barcelona, España.

5 Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona (UB), España.

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIAL Y MÉTODOS	5
TIPOS DE DATOS Y FUENTES	5
FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO	5
PROBABILIDAD DE ENTRADA DE VPPA EN CADA DE GRANJA	7
RIESGO DE ENTRADA DE VPPA A TRAVÉS DE CERDOS IMPORTADOS PROCEDENTES DE OTROS PAÍSES EUROPEOS	8
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE LA ENTRADA DE CERDOS PARA CRÍA PROCEDENTES DE GRANJAS NACIONALES	9
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS VEHÍCULOS QUE TRANSPORTAN CERDOS A OTRAS GRANJAS O A MATADEROS	10
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE VEHÍCULOS DE RECOGIDA DE CARCASAS PORCINAS EN GRANJA	11
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE FÓMITES PROCEDENTES DE GRANJAS PORCINAS VECINAS	12
RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DEL CONTACTO CON JABALÍES	14
METODOLOGÍA DE LA OPINIÓN DE EXPERTOS	16
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	19
REFERENCIAS	20
AGRADECIMIENTOS	22
ANEXO 1	23

RESUMEN

La propagación de la peste porcina africana (PPA) supone una grave amenaza para la industria porcina de Cataluña. Los servicios veterinarios oficiales recogen rutinariamente multitud de datos de las granjas porcinas comerciales. La monitorización de algunos de estos datos podría servir para identificar subpoblaciones que puedan tener un mayor riesgo de entrada de PPA. Con este objetivo creamos un algoritmo que permite la integración de estos datos y compara el riesgo de entrada de PPA entre las granjas porcinas comerciales de la región a través de varias vías que podemos cuantificar.

Las vías de entrada monitorizadas por el sistema son:

- 1) la entrada de cerdos vivos de origen internacional,
- 2) la entrada de cerdos vivos de origen nacional,
- 3) la contaminación a partir de vehículos que transportan cerdos entre granjas,
- 4) la contaminación a partir de vehículos que transportan cerdos de la granja al matadero,
- 5) la contaminación de vehículos que recogen cerdos muertos en la explotación,
- 6) el contacto indirecto con granjas de porcino vecinas, y
- 7) el contacto con jabalíes.

La suposición inicial es que durante un periodo de estudio definido por el usuario la PPA ha entrado en una única granja porcina de Cataluña a través de una de estas vías. El algoritmo estima la probabilidad que tiene cada granja de la población de ser esta primera afectada considerando diversos factores de riesgo y de protección.

El algoritmo se alimenta de datos demográficos de las granjas porcinas, encuestas de bioseguridad, movimientos nacionales e internacionales de cerdos vivos, brotes de PPA declarados en Europa y mapas que describen la densidad de jabalíes de Cataluña. No se consideran las vías que no pueden ser evaluadas mediante datos oficiales.

Esta herramienta calcula el riesgo de cada explotación teniendo en cuenta cada vía por separado y de forma conjunta. La herramienta presenta información periódica en forma de informes reproducibles, mapas interactivos y hojas de cálculo en Excel.

Palabras clave: Peste Porcina Africana, algoritmo, vigilancia basada en riesgo, monitorización de datos

INTRODUCCIÓN

La propagación de la peste porcina africana (PPA) representa una grave amenaza para el sector porcino a nivel mundial (Dixon *et al.* 2020, Gaudreault *et al.* 2020). El riesgo de entrada en Cataluña (región situada en el noreste de España) es muy elevado debido a múltiples factores como: la elevada densidad de ganado porcino y jabalíes, los numerosos movimientos de ganado dentro de la región y con el resto de España y Europa (donde algunos países están ya afectados por PPA) y el cruce de importantes rutas de transporte entre la Península Ibérica, el norte de África y el resto de Europa (Eurostat, 2014).

El contexto actual de la PPA en Europa (Miteva *et al.* 2020) preocupa a las autoridades competentes y al sector porcino de Cataluña, siendo necesario implementar medidas que minimicen el riesgo de introducción y dispersión local de la PPA (Álvarez *et al.* 2019).

Actualmente el Servei de Prevenció en Sanitat Animal del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España y diversos servicios en Sanidad Animal de la Comisión Europea registran sistemática y continuamente diferentes datos del sector porcino con una amplia cobertura de la población porcina comercial. El análisis de estos datos proporciona información que puede ayudar a identificar las subpoblaciones de mayor riesgo y guiar la implementación de medidas de vigilancia y prevención en la población diana.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una herramienta que contribuya a:

- 1) orientar acciones preventivas,
- 2) mejorar la bioseguridad a nivel de granja,
- 3) definir estrategias de muestreo para realizar vigilancia basada en riesgo,
- 4) promover la colaboración entre el sector porcino y la administración pública.

Para ello, hemos construido un algoritmo que compara el riesgo de entrada de virus de la peste porcina africana (VPPA) entre granjas a partir de vías cuantificables mediante datos oficiales y de acuerdo con el contexto epidemiológico. El sistema proporciona información periódica que permite identificar granjas o grupos de granjas donde puede haber un mayor riesgo de entrada de VPPA. La herramienta está diseñada para ser usada por el Servei Oficial en Sanitat Animal de Catalunya.

MATERIAL Y MÉTODOS

El algoritmo consiste en una rutina modular programada en R (R Core Team, 2018) y usando R Studio (RStudio Team, 2022) como plataforma interfaz. Esta rutina permite la integración de datos de diferentes fuentes. Los datos están almacenados en un servidor con un acceso protegido donde se ejecutan los modelos correspondientes. La herramienta proporciona información a los Servicios Oficiales en Sanidad Animal en forma de informes, mapas interactivos y hojas de cálculo de Excel.

TIPOS DE DATOS Y FUENTES

La tabla 1 muestra un resumen del tipo de datos que alimentan al algoritmo con sus respectivas fuentes.

Tabla 1. Tipo de datos y fuentes utilizadas para alimentar el algoritmo.

DATOS	FUENTES (Referencia)
Registros demográficos de las granjas porcinas comerciales de Cataluña	(GTR, 2023)
Encuestas de bioseguridad de las granjas porcinas	(GTR, 2023)
Movimientos nacionales de porcino para cría	(GTR, 2023)
Movimientos internacionales de porcino para cría	(TRACES NT, 2023)
Servicios de recogida de porcino muertos en explotación	(GTR, 2023)
Brotos de peste porcina africana reportados en Europa en porcino doméstico y jabalíes.	(ADIS, 2023)
Mapa de la densidad de jabalíes de Cataluña	MINUARTIA
Inventario de mataderos españoles	(GTR, 2023)
Encuesta de opinión de expertos	(EU Survey, 2023)

FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO

La suposición inicial es que durante un período de estudio definido (p. ej. durante los últimos 45 días), la PPA ha entrado en Cataluña y ha afectado a una ÚNICA explotación porcina comercial.

El algoritmo se basa en un árbol de decisión que analiza el riesgo de introducción de VPPA en cada granja evaluando las siguientes vías de entrada:

- 1) entrada de cerdos vivos procedentes de otros países de la Unión Europea (UE),
- 2) entrada de cerdos vivos procedentes de otras granjas españolas,
- 3) camiones que transportan cerdos entre granjas,
- 4) camiones que transportan cerdos al matadero,
- 5) camiones que recogen cerdos muertos en explotación,
- 6) contacto indirecto con granjas vecinas a través de fómites transportados por personas, utensilios o vectores mecánicos, y
- 7) contacto directo e indirecto con jabalíes.

Para cada una de las vías el algoritmo incluye factores que aumentan el riesgo de introducción de VPPA y factores protectores que reducen el riesgo (Mur *et al.* 2014, Gallardo *et al.* 2019, Taylor *et al.* 2020).

La tabla 2 muestra los principales elementos considerados en cada vía.

Tabla 2. Resumen de los elementos considerados en cada vía, abreviación y tipo.

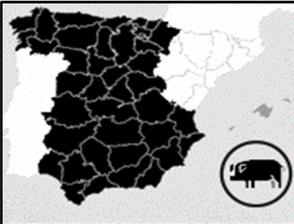
ELEMENTOS CONSIDERADOS EN CADA VÍA	ABREVIACIÓN	TIPO
Entrada de cerdos vivos de países de la UE	<i>EUmov</i>	Vía 1
País de origen	<i>country</i>	Nodo de riesgo
Tipo de producción en la granja de destino	<i>prodDes</i>	Nodo de riesgo
Número de cerdos entrados de la UE	<i>nEUmov</i>	Evento de riesgo
Entrada de cerdos vivos de granjas nacionales	<i>ESmov</i>	Vía 2
Provincia de origen	<i>prov_p</i>	Nodo de riesgo
Tipo de producción en la granja de destino	<i>prodDes_d</i>	Nodo de riesgo
Número de cerdos vivos procedentes de granjas nacionales	<i>nESmov</i>	Evento de riesgo
Vehículos que transportan cerdos entre granjas	<i>trbf</i>	Vía 3
Tipo de producción en la granja de origen	<i>prodFarm</i>	Nodo de riesgo
Número de entradas de vehículos para el transporte de cerdos a otras granjas	<i>ntrbf</i>	Evento de riesgo
Bioseguridad relacionada con la entrada de vehículos	<i>B_{ev}</i>	factor protector
Vehículos que transportan cerdos al matadero	<i>trs</i>	Vía 4
Tipo de producción en la granja de origen	<i>prodFarm</i>	Nodo de riesgo
Número de entradas de vehículos para el transporte de cerdos al matadero	<i>ntrs</i>	Evento de riesgo
Bioseguridad relacionada con la entrada de vehículos	<i>B_{ev}</i>	Factor protector
Vehículos que recogen cerdos muertos en la granja	<i>CC</i>	Vía 5
Número de visitas para recoger animales muertos	<i>ncc</i>	Riesgo evento
Bioseguridad relacionada con la entrada de vehículos de recogida	<i>B_{cc}</i>	Factor protector
Fómites de granjas porcinas vecinas	<i>fn</i>	Vía 6
Granjas porcinas alrededor de un radio de 3 km (zona de protección)	<i>PrTMov_n</i>	Nodo de riesgo
Distancia a las granjas porcinas vecinas	<i>d</i>	Covariable
Bioseguridad relacionada con la entrada de personal	<i>B_s</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la entrada de visitantes	<i>B_v</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la limpieza y desinfección de utensilios	<i>B_u</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la gestión de cerdos muertos	<i>B_c</i>	Factor protector
Bioseguridad para evitar la entrada de vectores mecánicos	<i>B_{mv}</i>	Factor protector
Contacto directo o directo con jabalíes	<i>wb (wbD, wbI)</i>	Vía 7
Densidad de jabalíes	<i>D</i>	Nodo de riesgo
Accesibilidad a pienso y alimentos	<i>F</i>	Nodo de riesgo
Accesibilidad al contenedor de animales muertos	<i>C</i>	Nodo de riesgo
Bioseguridad relacionada con la valla perimetral	<i>B_{pf}</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la entrada de personal	<i>B_s</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la entrada de visitantes	<i>B_v</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la limpieza y desinfección de utensilios	<i>B_u</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la gestión de cerdos muertos	<i>B_c</i>	Factor protector
Bioseguridad relacionada con la gestión de vectores mecánicos	<i>B_{mv}</i>	Factor protector

PROBABILIDAD DE ENTRADA DE VPPA EN CADA DE GRANJA

Inicialmente la probabilidad de introducción de los VPPA en cada granja se calcula considerando cada una de las vías por separado. Después, en cada granja, se calcula la probabilidad de entrada agrupando las vías según la especie que sirva de fuente de infección de VPPA (porcino doméstico versus jabalí) y el tipo de vía.

La importancia de las vías de entrada monitorizadas depende del contexto epidemiológico de la enfermedad. Para determinar el peso de cada vía según sea el contexto epidemiológico se han creado siete escenarios epidemiológicos ficticios en los que la PPA afecta distintas zonas (ver Figura 1). En cada escenario (EC) se ha otorgado un peso a cada una de las vías utilizando la percepción de riesgo consensuada entre un panel de 17 expertos del sector porcino. El peso respectivo para cada una de las vías se abrevia como $W_{EUmov,EC}$, $W_{ESmov,EC}$, $W_{trbf,EC}$, $W_{trs,EC}$, $W_{cc,EC}$, $W_{fn,EC}$, $W_{wb,EC}$.

Figura 1. Escenarios ficticios para la distribución de PPA en los que se asignado el peso de las distintas vías según la opinión del panel de expertos.

			
EC.I: la PPA está presente en jabalíes en otros países de la Unión Europea y las zonas afectadas están a más de 500 km de distancia.	EC.II: la PPA está presente en porcino doméstico en otros países de la Unión Europea.	EC.III: la PPA está presente en jabalíes en el Sur de Francia a menos de 500 km.	EC.IV: la PPA está presente en jabalíes en provincias de España localizadas a más de 500 km de distancia.
			
EC.V: la PPA está presente en porcino doméstico en provincias de España no limítrofes con Cataluña	EC.VI: la PPA está presente en jabalíes en provincias limítrofes con Cataluña.	EC.VII: la PPA está presente en porcino doméstico en provincias limítrofes con Cataluña.	



RIESGO DE ENTRADA DE VPPA A TRAVÉS DE CERDOS IMPORTADOS PROCEDENTES DE OTROS PAÍSES EUROPEOS

Para evaluar el riesgo asociado a las importaciones de cerdos para cría procedentes de otros países de Europa se ha considerado tres elementos: el país de origen, el número total de cerdos importados de este país y el tipo de producción de la granja de destino.

Inicialmente, en cada país europeo se examina el estado sanitario de la PPA en porcino doméstico y en jabalíes a partir de los datos actualizados de la UE (ADIS, 2023). Si la PPA está presente en jabalíes, el país "j" recibe un peso que aumenta el riesgo, designado como $ASFwb_j$. Si la PPA está reportada en el porcino doméstico, el país "j" recibe un plus de riesgo llamado $ASFpig_j$. Además, valorando la confianza respecto del sistema de vigilancia frente a PPA implementado en cada país según los servicios oficiales, se otorga una puntuación ($SurvConf_j$), donde se agrega un plus de riesgo si la confianza en el sistema de un país es baja o si se desconoce cómo se lleva a cabo.

El peso de cada país europeo "j" se asigna teniendo en cuenta el estado sanitario frente a PPA ($WownCountry_j$) y el grado de confianza en su sistema de vigilancia, siendo:

$$WownCountry_j = ASFwb_j + ASFpig_j + SurvConf_j \quad (\text{ecuación 1})$$

Pero además este riesgo está influenciado por el riesgo que supone la entrada de PPA a través de países colindantes afectados ($WneighCountry_j$). De acuerdo con esto, el riesgo total de cada país "j" se calcula teniendo en cuenta su propio estado sanitario frente a PPA y un riesgo atribuible de vecindad:

$$WCountry_j = WownCountry_j + \beta \times WneighCountry_j \quad (\text{ecuación 2})$$

En esta ecuación, β corresponde a una proporción que indica el aumento de riesgo debido a la influencia de los países vecinos (equivalente a 1/3).

El peso de cada país se ajusta dividiéndolo entre la suma de todos los pesos de todos los países que exportan animales a la región durante el periodo de estudio. A este peso ajustado se le denomina $aWcountry_j$.

En esta vía se tiene también en cuenta el tipo de producción de la granja de destino, ya que dependiendo del tipo de producción varían las condiciones de manejo, transporte y bioseguridad. Basándonos en la opinión de los expertos encuestados, se ha asignado distintos pesos según el tipo de producción a la que van destinados ($WprodDes_f$) diferenciando "f" entre animales destinados a granjas de engorde, multiplicación o selección. Al igual que en el caso anterior, una vez se han obtenido los pesos para cada tipo de producción después se ajustan, dividiéndose cada una de estos valores entre la suma total de pesos asignados, obteniéndose $aWprodDes_f$.

Finalmente, en cada granja "i" se cuentan el total de cerdos importados de cada país durante el periodo de estudio ($nEUMov_{i,j}$) agrupados según el país de origen "j" y el tipo de producción en la granja de destino "f".

La probabilidad de introducción de VPPA en cada granja "i" a partir de la entrada de cerdos para cría importados desde otros países de la UE ($PrEUMov_i$) se calcula como:

$$P. EUMov_i = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{f=1}^n nEUMov_{i,j,f} \times aWcountry_j \times aWprodDes_f}{\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^m \sum_{f=1}^n nEUMov_{i,j,f} \times aWcountry_j \times aWprodDes_f} \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde “ q ” corresponde al número total de granjas de la población porcina de Cataluña (población diana)

Es importante mencionar que en la evaluación de esta vía, debido a la falta de registros, no se ha incorporado ninguna información sobre el manejo o estado sanitario de la granja en el país de origen, el tipo de transporte utilizado o los pruebas laboratoriales y cuarentenas que puedan haber sido realizadas.



RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE LA ENTRADA DE CERDOS PARA CRÍA PROCEDENTES DE GRANJAS NACIONALES

Para cuantificar el riesgo asociado a las entradas de cerdos para cría procedentes de granjas nacionales se tiene en cuenta: el peso de cada provincia de origen en función de su estado sanitario frente a PPA en porcino doméstico y jabalíes (ADIS 2023, Reglamento (UE) 2020/2002), el peso según el tipo de producción en la granja de destino y el número total de cerdos vivos cerdos procedentes de cada provincia.

Si la PPA se notifica en jabalíes en la provincia “ p ”, a ésta se le asigna un plus de riesgo, denominado $ASFwb_p$. Si la PPA se notifica en porcino doméstico, la provincia tiene otro riesgo adicional, denominado $ASFpig_p$. El peso de cada provincia “ p ” corresponde a:

$$W_{prov_p} = ASFwb_p + ASFpig_p \quad (\text{ecuación 4})$$

El peso de cada provincia “ p ” se ajusta dividiendo este valor W_{prov_p} entre la suma de todos los pesos de todas las provincias que mueven cerdos a Cataluña, denominado aW_{prov_p} .

Sin embargo, es importante remarcar que no ha habido ningún caso de PPA notificado en España hasta ahora, y por tanto, en el sistema actual todos los pesos de las provincias son iguales.

Además, el tipo de producción de destino también influye sobre este riesgo. Para considerar este factor el panel de expertos encuestados ha asignado distintos pesos según el tipo de producción de destino ($W_{prodDes_d}$), donde d diferencia entre granjas de transición, engorde, multiplicación y selección.

Después los valores $W_{prodDes_d}$ se ajustan dividiéndolos entre la suma de todos los pesos correspondientes al tipo de producción, abreviándose como $aW_{prodDes_d}$.

Finalmente se contabiliza el total de cerdos vivos de origen nacional entrados en cada granja “ i ” durante el período de estudio, agrupándose por provincia de origen y tipo de producción de destino.

La probabilidad de introducción de VPPA a una granja “ i ” a partir de la entrada de cerdos vivos de origen nacional ($P.ESmov_i$) se calcula como:

$$P.ESmov_i = \frac{\sum_{p=1}^l \sum_{d=1}^r nESmov_{i,p,d} \times aW_{prov_p} \times aW_{prodDes_d}}{\sum_{i=1}^q \sum_{p=1}^l \sum_{d=1}^r nESmov_{i,p,d} \times aW_{prov_p} \times aW_{prodDes_d}} \quad (\text{ecuación 5})$$

Dónde “ q ” corresponde al total de las granjas porcinas comerciales de Cataluña.

Es importante mencionar que, debido a la falta de datos registrados, en esta vía tampoco se ha incorporado información específica de la granja de origen o del tipo de transporte utilizado.

RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS VEHÍCULOS QUE TRANSPORTAN CERDOS A OTRAS GRANJAS O A MATADEROS

Los vehículos contaminados con VPPA pueden actuar como fómites. En nuestro sistema se cuantifica el riesgo que suponen los vehículos que transportan cerdos entre granjas o a mataderos.



Debido a las diferentes condiciones de manejo, la probabilidad de introducción de VPPA a través de esta vía varía según el tipo de producción de la granja de origen. Para determinar el peso de cada tipo de producción se solicita la opinión del panel de expertos. Estos pesos ($W_{prodFarm_c}$) diferencian entre granjas de selección, multiplicación, engorde y transición. Cada uno de estos pesos se ajusta dividiéndolo entre la suma total de pesos asignados a cada tipo de producción en la granja de origen ($aW_{prodFarm_c}$).

Durante el período de estudio, en cada granja "i" se contabiliza el número de vehículos que visitan la explotación para llevar cerdos a otras granjas ($ntrbf_{i,c}$) o a mataderos ($ntrs_{i,c}$).

La probabilidad de introducción del VPPA en cada granja "i" a partir de estas dos vías se calcula respectivamente como:

$$P.trbf_i = \frac{\sum_{c=1}^S ntrbf_{i,c} \times aW_{prodFarm_c}}{\sum_{i=1}^q \sum_{c=1}^S ntrbf_{i,c} \times aW_{prodFarm_c}} \quad (\text{ecuación 6})$$

$$P.trsi = \frac{\sum_{c=1}^S ntrs_{i,c} \times aW_{prodFarm_c}}{\sum_{i=1}^q \sum_{c=1}^S ntrs_{i,c} \times aW_{prodFarm_c}} \quad (\text{ecuación 7})$$

Por último, se incorpora el efecto protector de las medidas de bioseguridad implementadas en cada explotación y que están vinculadas con la entrada de estos vehículos a la explotación (B_{ev}).

Estas medidas "ev" son:

1. mantener los vehículos fuera del área perimetral de la granja cuando cargan los animales,
2. limpieza y desinfección de los bajos de vehículos y ruedas antes de entrar a la explotación" y lavado de camiones con arcos desinfectantes.

Para cuantificar la reducción de riesgo que supone cada una de estas medidas se pregunta al panel de expertos que opinan sobre el grado de eficacia e implementación de las mismas.

La probabilidad de introducción de la PPA a partir de estas vías incluyendo la posible reducción del riesgo asociada a la bioseguridad "ev" en cada granja "y" se calcula como:

$$P.trbfBS_i = \frac{Prtrbf_i \times B_{ev,i}}{\sum_{i=1}^q Prtrbf_i \times B_{ev,i}} \quad (\text{ecuación 8})$$

$$P.trsiBS_i = \frac{Prtrsi \times B_{ev,i}}{\sum_{i=1}^q Prtrsi \times B_{ev,i}} \quad (\text{ecuación 9})$$

RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE VEHÍCULOS DE RECOGIDA DE CARCASAS PORCINAS EN GRANJA

La recogida de animales muertos en la granja y el transporte de estas carcasas a las plantas de procesamiento puede ser una vía de entrada de agentes infecciosos. Los vehículos de recogida pueden servir también como fómites para los VPPA (Pandey *et al.*, 2020).



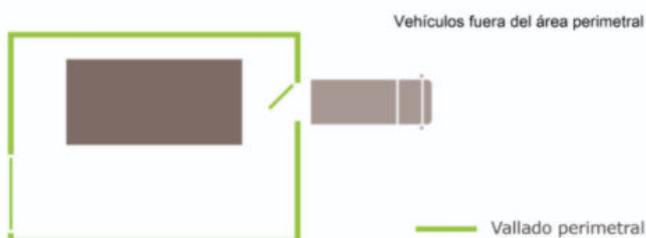
Para estimar el riesgo de introducción de los VPPA a través de este tipo de vehículos se contabiliza el número de visitas de vehículos de recogida que recibe una granja durante el periodo de estudio (ncc_i). Inicialmente la probabilidad de introducción del VPPA a través de esta vía ($P.cc_i$) se calcula como:

$$P.cc_i = \frac{ncc_i}{\sum_{i=1}^q ncc_i} \quad (\text{ecuación 10})$$

Después se incorpora el efecto protector que supone la bioseguridad relacionada con la entrada de vehículos de recogida en las granjas porcinas (Bcc). En este paso se distingue entre: 1. realizar la recogida de los cadáveres en una explotación que tiene el contenedor localizado fuera del área perimetral, o 2. recoger dentro del perímetro de la explotación. Para cuantificar el efecto protector de esta medida nos hemos basado en la opinión del panel de expertos, ya que no existen datos de estudios previos.

El probabilidad de introducción de los VPPA a través de los vehículos de recogida tomando en cuenta esta medida de bioseguridad ($P.ccBS_i$) se estima como:

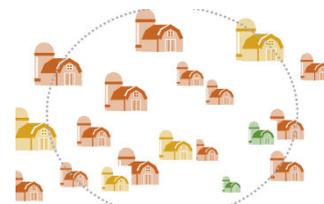
$$P.ccBS_i = \frac{P.cc_i \times B_{cc,i}}{\sum_{i=1}^q P.cc_i \times B_{cc,i}} \quad (\text{ecuación 11})$$



RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DE FÓMITES PROCEDENTES DE GRANJAS PORCINAS VECINAS

El riesgo de introducción de VPPA a través de fómites procedentes de granjas de porcino vecinas depende de:

- 1) la presencia de utensilios, objetos, superficies y tejidos contaminados y de secreciones de cerdos infectados,
- 2) la persistencia de estos virus en el medio ambiente y
- 3) la posibilidad de que exista un contacto efectivo entre el material contaminado con VPPA y los cerdos de una granja (Olesen et al., 2020).



Para estimar el riesgo de esta vía, en cada granja localizada a menos de 3 km de radio de la granja "i" estimamos en función del contexto epidemiológico la probabilidad de introducción del VPPA considerando de forma conjunta las entradas de cerdos vivos, los vehículos que transportan cerdos entre granjas o a mataderos y los vehículos de recogida de cadáveres. Esta probabilidad, designada $P.TMov_{n,EC}$, se calcula como:

$$W_{TMov,EC} = W_{EUMov,EC} + W_{ESmov,EC} + W_{trbf,EC} + W_{trs,EC} + W_{cc,EC} \quad (\text{ecuación 12})$$

$$P.TMov_n = \frac{W_{EUMov,EC}}{W_{TMov,EC}} \times P.EUMov_n + \frac{W_{ESmov,EC}}{W_{TMov,EC}} \times P.ESmov_n + \frac{W_{trbf,EC}}{W_{TMov,EC}} \times P.trbfB_n + \frac{W_{trs,EC}}{W_{TMov,EC}} \times P.trsb_n + \frac{W_{cc,EC}}{W_{TMov,EC}} \times P.ccB_n \quad (\text{ecuación 13})$$

La frecuencia de contactos indirectos entre granjas depende a menudo de la distancia a la que se encuentran. El algoritmo incorpora la distancia como covariable ($d_{i,n}$) y asume que el riesgo de contacto entre granjas es inversamente proporcional a la distancia que las separa. En consecuencia, la probabilidad de introducción de los VPPA a través de fómites procedentes de las granjas porcinas vecinas, denominada $P.fn_i$, se calcula como:

$$P.fn_i = \frac{\sum_n^y \frac{PrTMov_n}{d_{i,n}}}{\sum_i^q \sum_n^y \frac{PrTMov_n}{d_{i,n}}} \quad (\text{ecuación 14})$$

Dónde "y" representa a todas las granjas porcinas vecinas a menos de 3 km de la granja "i" y "q" representa a todas las granjas porcinas de la población de estudio.

Finalmente, se incluye también el efecto protector de las medidas de bioseguridad implementadas en cada granja "i" y que están relacionadas con la entrada de personas, utensilios y vectores mecánicos. El papel de la bioseguridad aquí es esencial, ya que la probabilidad de que un cerdo de una granja "i" se infecte depende de la probabilidad de que contacte con materiales contaminados (ropa, calzado, utensilios,...), así como de la presencia de vectores mecánicos (roedores, aves, etc.).

Por último, la probabilidad de introducción de los VPPA a partir de fómites de granjas vecinas incluyendo la bioseguridad de la granja ($P.fnB_i$) depende de:

- 1) los pesos asignados a distintos tipos de fómites y vectores mecánicos para representar su importancia relativa como vía de entrada de VPPA, representándose como $aWfo = \frac{3}{4}$ y $aWmv = \frac{1}{4}$, respectivamente, y

2) el efecto protector de medidas de bioseguridad relacionadas con: el vallado perimetral (B_{pf}), la entrada de personal (B_s), la entrada de visitantes (B_v), la limpieza y la desinfección de utensilios (B_u), la limpieza y desinfección de los equipos utilizados para transportar los cadáveres a los contenedores (B_c) y la presencia de barreras de entrada frente a vectores mecánicos (B_{mv}).

Al igual que en las vías anteriores, debido a la falta de estudios específicos, el efecto protector de cada una de estas medidas de bioseguridad se ha obtenido a partir de la opinión del panel de expertos.

$P.fnB_i$ se expresa como:

$$P.fnB_i = \frac{aWfo \times P.fn_i \times (B_{s,i} + B_{v,i} + B_{u,i}) + aWmv \times P.fn_i \times (B_{c,i} + B_{mv,i})}{\sum_{i=1}^q aWfo \times P.fn_i \times (B_{s,i} + B_{v,i} + B_{u,i}) + aWmv \times P.fn_i \times (B_{c,i} + B_{mv,i})} \quad (\text{ecuación. 15})$$



Diversos estudios científicos demuestran que los VPPA son extremadamente resistentes a las altas temperaturas, a la putrefacción y a la desecación (Gervasi y Guberti 2021, Sauter-Louis *et al.* 2021) y es importante mencionar que nuestro sistema no modela la persistencia en el ambiente de los VPPA.

El riesgo de introducción de los VPPA en una granja “i” agrupando vías vinculadas con el porcino doméstico, designado como $P.ASFpig_i$, se obtiene combinando las probabilidades previamente obtenidas para cada ruta con los pesos específicos asignados de acuerdo con el contexto epidemiológico que deseamos evaluar.

RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE VPPA A TRAVÉS DEL CONTACTO CON JABALÍES

El porcino doméstico puede infectarse a partir de jabalíes infectados mediante contacto directo (DC) o indirecto (IC). Los animales pueden infectarse por DC cuando existe un contacto físico con jabalíes infectados, y pueden infectarse por IC cuando contactan con utensilios, objetos, superficies o vectores mecánicos contaminados con secreciones de jabalíes donde existe una carga viral suficiente de VPPA (Olesen *et al.* 2020; Hart *et al.* 2021; Gervasi & Guberti, 2021).

Para estimar el riesgo de introducción de los VPPA en una granja "i" a través de este tipo de contactos el algoritmo utiliza un método semi-cualitativo.

RIESGO A TRAVÉS DEL CONTACTO DIRECTO CON JABALÍES



Para estimar la probabilidad de entrada de VPPA mediante DC en cada granja "i", denominada $P.wbD_i$, se tiene en cuenta:

- 1) la densidad de jabalíes de la zona (D_c) (Rosell *et al.* 2018) y
- 2) la presencia de elementos en la granja que puedan atraer a los jabalíes. Estos son: el que exista pienso o maíz accesible (F_g) o que los contenedores estén en malas condiciones y los jabalíes puedan acceder a cadáveres de animales muertos (C_j) (Acevedo *et al.* 2019; Keuling *et al.* 2018).

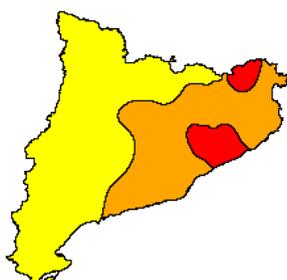
A cada granja de la población se le asigna una puntuación de riesgo combinando estos 3 factores (la densidad de jabalíes de la zona, el estado de los silos donde se almacenan los alimentos y el estado de los contenedores de animales muertos). La puntuación de cada granja varía en función de si D_c es una densidad "moderada" (< 5 jabalíes /km²), "alta" (entre >5 y < 10 jabalíes/km²) o "muy alta" (>10 jabalíes /km²); si existe o no alimento accesible (F_g); y si los jabalíes pueden acceder o no a los contenedores de cadáveres (C_j).

Esta probabilidad se expresa como:

$$P.wbD_{l,i} = \frac{D_{c,i} + F_{g,i} + C_{j,i}}{\sum_{l=1}^z D_{c,i} + F_{g,i} + C_{j,i}} \quad (\text{ecuación 16})$$

Finalmente se incluye el efecto protector de la bioseguridad implementada en cada explotación teniendo en cuenta el tipo de vallado perimetral ($B_{pf,i}$) (Acevedo *et al.* 2019). En este caso la probabilidad de introducción de los VPPA mediante DC a través de jabalíes infectados se denomina $P.wbDB_i$ y se calcula como:

$$P.wbDB_i = \frac{P.wbD_{l,i} \times B_{pf,i}}{\sum_{i=1}^q P.wbD_{l,i} \times B_{pf,i}} \quad (\text{ecuación 17})$$



Moderada < 5 ja/km2
Elevada >5 ja/km2 a < 10 ja/ km2
Muy elevada >10 ja/km2

RIESGO A TRAVÉS DEL CONTACTO INDIRECTO CON JABALÍES



El riesgo de introducción de los VPPA en una granja porcina por el contacto indirecto con jabalíes depende de la existencia de fómites o vectores mecánicos contaminados con suficiente carga viral y de la posibilidad de que los cerdos de la explotación entren en contacto. A menudo las personas que trabajan o visitan las granjas introducen estos fómites en las granjas mediante el uso de utensilios, vehículos, maquinaria, contenedores, ropa o botas contaminadas. Pero también los roedores, perros, gatos, pájaros, artrópodos, etc., pueden actuar como vectores mecánicos (Miteva *et al.* 2020, Sauter-Louis *et al.* 2021).

Para calcular la probabilidad de introducción por contacto indirecto ($P.wbI_{l,i}$) se tiene en cuenta inicialmente los mismos elementos (D_c , F_g y C_j) que en la ecuación 16.

$$P.wbI_{l,i} = \frac{D_{c,i} + F_{g,i} + C_{j,i}}{\sum_{i=1}^2 D_{c,i} + F_{g,i} + C_{j,i}} \quad (\text{ecuación 18})$$

Donde $P.wbI_{l,i}$ podría disminuir dependiendo de la bioseguridad de la granja relacionada con la entrada del personal (B_s) y la entrada de visitantes (B_v), la limpieza y la desinfección de utensilios (B_u) y del equipo utilizado para transportar animales a los contenedores (B_c) y la presencia de barreras contra vectores mecánicos (B_{mv}). Considerando la bioseguridad esta probabilidad pasaría a ser $P.wbIB_i$ y se expresaría de forma similar a $P.fnB_i$ (ver ecuación 15) como:

$$P.wbIB_i = \frac{P.wbI_{l,i} \times aWfo \times (B_{s,i} + B_{v,i} + B_{u,i}) + P.wbI_{l,i} \times aWmv \times (B_{c,i} + B_{mv,i})}{\sum_{i=1}^q P.wbI_{l,i} \times aWfo \times (B_{s,i} + B_{v,i} + B_{u,i}) + P.wbI_{l,i} \times aWmv \times (B_{c,i} + B_{mv,i})} \quad (\text{ecuación 19})$$

Finalmente, para calcular la probabilidad de entrada de los VPPA a través de jabalíes infectados, ya sea por contacto directo o indirecto ($P.ASFwildboar_i$), se combinan las probabilidades obtenidas anteriormente asignando un peso relativo presuntivo al contacto directo ($aWdc$) de 1/3 y de 2/3 al contacto indirecto ($aWic$). Estos pesos se determinan basándonos en la opinión de expertos y estudios anteriores publicados (Waggoner *et al.* 2016, O'Neill *et al.* 2020). $P.ASFwildboar_i$ sería:

$$P.ASFwildboar_i = \frac{aWdc \times P.wbDB_{l,i} + aWic \times P.wbIB_{l,i}}{\sum_{i=1}^q aWdc \times P.wbDB_{l,i} + aWic \times P.wbIB_{l,i}} \quad (\text{ecuación 20})$$



METODOLOGÍA DE LA OPINIÓN DE EXPERTOS

La PPA puede entrar en una granja porcina a través de múltiples vías. La influencia de muchos factores relacionados con estas vías no ha sido nunca cuantificada y puede variar mucho a nivel local. Además, el comportamiento humano juega a menudo un papel determinante en la introducción de VPPA y esto complica su modelización (Boklund *et al.* 2020). Para determinar el peso de algunos de estos factores en nuestro modelo hemos utilizado un método basado en la opinión de expertos (Waggoner *et al.* 2016).

En Cataluña gran parte de las explotaciones de porcino tienen un modelo industrial integrado y muchas de ellas cuentan con profesionales de distintas disciplinas altamente cualificados (CADC, 2021). Este contexto nos permitió contar con la ayuda de un panel multidisciplinario formado por diecisiete expertos con amplio conocimiento y experiencia dentro del sector. Este panel estaba constituido por porcicultores de las principales integradoras de la región, veterinarios clínicos y consultores de porcino, personal técnico de empresas vinculadas al sector, responsables de los servicios oficiales a nivel regional y estatal, virólogos, investigadores especializados en el comportamiento y control de jabalíes y epidemiólogos veterinarios. Gracias a esta colaboración pudimos asignar valores concretos y plausibles a ciertos parámetros para los que no existen datos disponibles.

Para obtener la opinión de cada uno de los expertos y llegar a una respuesta consensuada, primero se contactó a todos los participantes por teléfono y correo electrónico. Se les explicó el motivo de la reunión, y se les envió un cuestionario digital en que cada participante respondía individualmente. Este cuestionario digital fue diseñado utilizando el sistema EUSurvey (EUSurvey, 2023).

El cuestionario estaba dividido en 3 secciones para valorar:

1. La importancia de cada vía según el escenario epidemiológico,
2. Los pesos asociados al tipo de producción y tipo de animal y
3. El efecto protector de las medidas de bioseguridad implementadas en la explotación.

Posteriormente, se convocó a todos los participantes a una reunión por teleconferencia para compartir todas las respuestas del cuestionario, intercambiar opiniones e iniciar una discusión conjunta con el fin de consensuar los pesos a utilizar más tarde en el modelo.

Tras esta reunión, cada participante revisó de nuevo los valores asignados inicialmente y los cambió si lo consideraba necesario.

Después de esta segunda ronda se analizó la tendencia central, la dispersión y el grado de confianza que los encuestados mostraban en cada respuesta. Finalmente se compartió los resultados con todo el panel de expertos. En el Anexo I se presenta el cuestionario y las respuestas definitivas representadas como media.

RESULTADOS

Esta herramienta proporciona información sobre el riesgo de entrada de VPPA en cada granja porcina analizando cada vía de forma individual y agrupada durante un período definido por el usuario. Los resultados del algoritmo permiten clasificar y ordenar todas las granjas de la población según el riesgo de entrada. Los resultados se representan en percentiles para facilitar la visualización e interpretación y se presentan en un formato informe pdf, un mapa interactivo (Figura 2) y diversos archivos de Excel (Tablas 4-5).

Figura 2. Ejemplo del mapa interactivo que proporciona el algoritmo en el que se diferencia cada granja porcina comercial según la probabilidad de introducción de PPA (expresada en percentiles) según el tipo de vía de entrada.

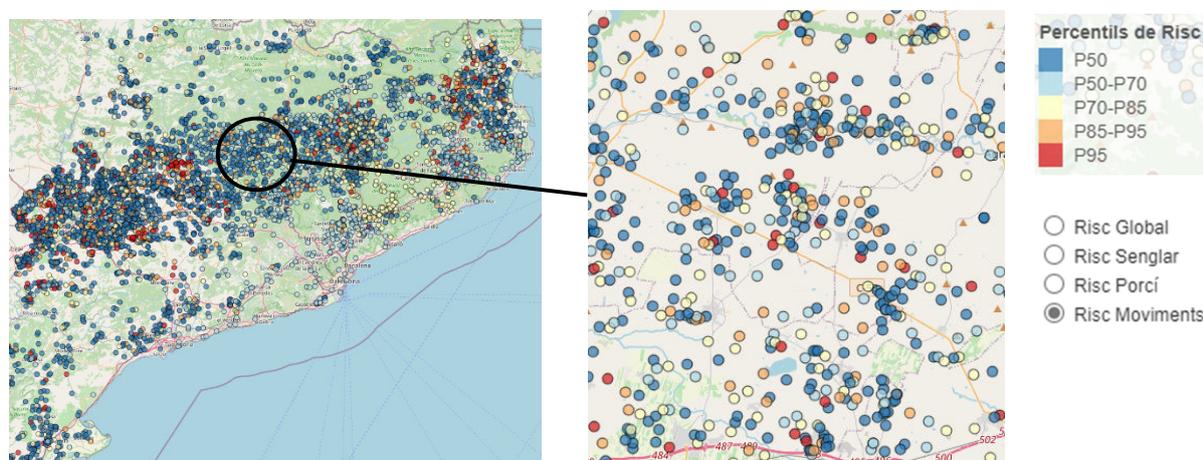


Tabla 4. Ejemplo de la tabla donde se indica la probabilidad de introducción de VPPA en cada granja a través de diferentes vías expresada en percentiles.

Id granja	<i>P.EUmov</i>	<i>P.ESmov</i>	<i>P.trbf</i>	<i>P.trs</i>	<i>Pcc</i>	<i>Pfn</i>	<i>PASFpig</i>	<i>PASFwildboar</i>
1	PC 90	PC 90	PC 90	PC 90	PC 90	PC 80	PC 90	PC 80
2	PC 90	PC 60	PC 80	PC 80	PC 90	PC 90	PC 90	PC 80
3	PC 60	PC 80	PC 90	PC 80	PC 80	PC 70	PC 90	PC 70
...	PC 25	PC 25	PC 25	PC 25	PC 60	PC 50	PC 25	PC 50

PC: percentil

El algoritmo proporciona en distintas hojas de cálculo en "Excel" resultados específicos para cada una de las vías lo que permite evaluar el riesgo por separado.

Algunos resultados que proporciona el algoritmo son meramente descriptivos o derivan directamente de los datos registrados (p. ej., número total de entradas de países de la UE en cada explotación durante el periodo de estudio, o el número total de cerdos importados, o la presencia-SI o ausencia-NO de medidas específicas de bioseguridad en cada explotación); mientras que otros resultados son estimaciones obtenidas a partir de los modelos descritos previamente.

Tabla 5. Plantilla del tipo de resultados en "Excel" que proporciona el algoritmo para cada granja.

1. Riesgo a través de importaciones a partir de cerdos vivos procedentes de otros países de la UE

ID granja	Nº de entradas de la UE	Nº de cerdos importados de la UE	<i>P.EUmov</i>	<i>PC P.EUmov</i>
XXXX	4	4000	0.085	PC85-P95

2. Riesgo a través de entradas de cerdos vivos procedentes de España

ID granja	Nº de entradas nacionales	Nº de cerdos entrados	<i>P.ESmov</i>	<i>PC P.ESmov</i>
XXXX	1	90	0.01	PC50

3. Riesgo a través de la entrada de vehículos que transportan cerdos a otras granjas

ID granja	Nº de movimientos a otras granjas	<i>P.trbfB</i>	<i>PC P.trbfB</i>	<i>B_{ev}</i>
XXXX	15	0.084	PC95	NO

4. Riesgo de entrada de vehículos que transportan cerdos al matadero

ID granja	Nº de movimientos a mataderos	<i>P.trbsB</i>	<i>PC P.trbsB</i>	<i>B_{ev}</i>
XXXX	3	0.042	PC95	NO

5. Riesgo de entrada de vehículos que recogen cerdos muertos en la explotación

ID granja	Nº de visitas	<i>P.ccB</i>	<i>PC P.ccB</i>	<i>B_{cc}</i>
XXXX	5	0.001	PC70	NO

6. Riesgo a partir del contacto indirecto con granjas vecinas

ID granja	Nº de granjas vecinas < 3km	<i>P.nfB</i>	<i>PC P.nfB</i>	<i>B_s</i>	<i>B_v</i>	<i>B_u</i>	<i>B_c</i>	<i>B_{mv}</i>
XXXX	22	0.01	PC50	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO

P 7. Riesgo a partir del contacto con jabalíes

ID granja	Densidad de jabalíes	<i>P.wbB</i>	<i>PC P.wbB</i>	<i>B_{pf}</i>	<i>B_s</i>	<i>B_v</i>	<i>B_u</i>	<i>B_c</i>	<i>B_{mv}</i>
XXXX	Elevada	0.001	PC50	Doble Cerca	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ

Percentil (PC)

Bioseguridad (B); entrada de vehículos que transportan cerdos (ev); entrada de vehículos que recogen cadáveres(cc); entrada de personal(s); entrada de visitantes (v); limpieza/desinfección de utensilios (u), limpieza/desinfección de equipos para sacar cadáveres (c), barreras para impedir la entrada de vectores mecánicos (mv), vallado perimetral (pf)

DISCUSIÓN

La propagación de la PPA tiene un grave impacto en la salud porcina y en la economía (Dixon *et al.*, 2020). En la actualidad, el registro continuo de multitud de datos en las granjas supone un gran esfuerzo para los porcinocultores y los servicios oficiales veterinarios, pero ofrece la posibilidad de obtener información útil y actualizada para mejorar la vigilancia basada en el riesgo de introducción, la prevención y el control de enfermedades como PPA (Bisdorff *et al.*, 2017).

Este estudio describe un sistema piloto que integra y analiza datos de diversas fuentes a partir de registros de toda la población porcina de Cataluña. Los datos incluidos en este sistema pueden ser validados fácilmente y se actualizan a través de aplicaciones de fuentes oficiales. Además, estos datos se recogen sistemáticamente a lo largo del tiempo.

El algoritmo está programado con un diseño modular, permitiendo agregar otras vías o factores según sea necesario. La lógica subyacente de este método también es aplicable a otras poblaciones, especies e incluso otras enfermedades.

Esta herramienta tiene múltiples aplicaciones. Entre éstas:

- 1) La información que proporciona puede ayudar a los servicios veterinarios oficiales a planificar las inspecciones veterinarias de las explotaciones de forma estratégica en base al riesgo, sirviéndoles de hoja de ruta.
- 2) Los resultados generados pueden validarse a nivel de campo durante las inspecciones. Esta evaluación permitiría mejorar el sistema de recogida y la calidad de los datos y generar información cada vez más robusta a lo largo del tiempo.
- 3) El sistema permite identificar puntos críticos de entrada para los VPPA en cada explotación, y por tanto, puede servir como herramienta pedagógica de cara a la mejora de la bioseguridad.
- 4) La identificación de granjas o grupos de granjas con mayor riesgo de entrada para VPPA puede facilitar la vigilancia en base al riesgo, optimizando costes y mejorando la sensibilidad en la detección.
- 5) El intercambio de información que proporciona esta herramienta puede ser una excelente oportunidad para mejorar la comunicación entre ganaderos, servicios técnicos y autoridades sanitarias y fomentar la colaboración entre equipos de trabajo multidisciplinarios que contribuyan a mejorar la prevención y el control de enfermedades infecciosas como la PPA.

A pesar de que este sistema supone un avance prometedor de cara a la toma de decisiones en la gestión sanitaria, es importante remarcar que el algoritmo actual es un piloto sujeto a futuras modificaciones y con algunas limitaciones que es importante conocer. En primer lugar, debido a la falta de datos o a la gran complejidad que implica trabajar con detalles específicos de la gestión de la granja y del sector a tiempo real, muchos aspectos que pueden jugar un papel esencial en la introducción de los VPPA no han sido incluidos y los modelos que hemos desarrollado han considerado sólo parámetros muy generales. Por ejemplo, el riesgo de introducción que suponen los de cerdos vivos importados está asociado al manejo específico de la granja de origen y a las condiciones de transporte y cribado laboratorial, pero nosotros únicamente hemos considerado como indicadores “proxy” el país de origen y el tipo de animales importados.

En segundo lugar, la probabilidad de introducción estimada para cada una de las vías está condicionada por los valores iniciales asignados a partir del criterio del panel de expertos y usando modelos determinísticos, a pesar de que sabemos que algunos de estos valores son muy variables e inciertos.

En tercer lugar, el algoritmo no incluye vías de las que no disponemos de datos oficiales, como son los movimientos ilegales de animales, el manejo en granjas de traspatio, las prácticas irregulares de alimentación animal que contienen restos de comida o el papel de vectores biológicos como las garrapatas del género *Ornithodoros* (Gervasi & Guberti, 2021, O'Neill *et al.*, 2020). Además, no se incluyen datos de granjas porcinas de regiones colindantes, como Aragón o Comunidad Valenciana.

En un trabajo futuro se propone incluir un análisis de sensibilidad de todos los parámetros del modelo, así como la inclusión de algunas distribuciones de probabilidad para algunos de ellos. Además creemos que es fundamental validar los resultados en condiciones de campo. Esta evaluación nos permitirá incorporar nuevos elementos o crear extensiones adicionales para modelar vías de entrada de forma más precisa si se considera necesario.

Por último, creemos que uno de los retos principales que debemos afrontar para lograr una implementación exitosa de esta herramienta es definir una buena estrategia de comunicación y toma de decisiones a partir de la información que proporciona el sistema. Para ello es necesario y esencial establecer una estrecha colaboración entre el sector porcino empresarial y la administración pública que fomente la cooperación entre ambos.

REFERENCIAS

- Acevedo P, Croft S, Smith GC, Blanco-Aguilar JA, Fernandez-Lopez J, Scandura M, Apollonio M, Ferroglia E, Keuling O, Sange M, Zanet S, Brivio F, Podgóski T, Petrović K, Body G, Cohen A, Soriguer R, Vicente J. 2019. ENETwild modelling of wild boar distribution and abundance: update of occurrence and hunting data-based models. EFSA Supporting Publications 16.
- Álvarez J, Bicout D, Boklund A, Bøtner A, Depner K, More SJ, Roberts H, Stahl K, Thulke HH, Viltrop A, Antoniou SE, Cortiñas Abrahantes J, Dhollander S, Gogin A, Papanikolaou A, Van der Stede Y, González Villeta LC, Gortázar Schmidt C. 2019. Research gap analysis on African swine fever. EFSA Journal 17.
- Animal Disease Information System (ADIS).2023. Directorate-General for Health and Food safety.https://food.ec.europa.eu/animals/animal-diseases/animal-disease-information-system-adis_en
- Bisdorff B, Schauer B, Taylor N, Rodríguez-Prieto V, Comin A, Brouwer A, Dórea F, Drewe J, Hoinville L, Lindberg A, Martínez Avilés M, Martínez-López B, Peyre M, Pinto Ferreira J, Rushton J, Van Schaik G, Stärk KDC, Staubach C, Vicente-Rubiano M, Witteveen G, Pfeiffer D, Häsler B. 2017. Active animal health surveillance in European Union Member States: Gaps and opportunities. *Epidemiology and Infection* 145: 802–817.
- Boklund A, Dhollander S, Chesnoiu Vasile T, Abrahantes JC, Bøtner A, Gogin A, Gonzalez Villeta LC, Gortázar C, More SJ, Papanikolaou A, Roberts H, Stegeman A, Ståhl K, Thulke HH, Viltrop A, Van der Stede Y, Mortensen S. 2020. Risk factors for African swine fever incursion in Romanian domestic farms during 2019. *Scientific Reports* 10.
- DACC (Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural). Observatori del Porcí. Informe Anual del Sector Porcí 2021.
- DARP (Departament d'Agricultura Ramaderia Pesca i Alimentació),2020. Programa de seguiment de les poblacions de senglar a Catalunya. Temporada 2019–2020. Barcelona
- Dixon LK, Stahl K, Jori F, Vial L, Pfeiffer DU. 2020. African Swine Fever *Epidemiology and Control*. *Annu. Rev. Anim. Biosci* 8: 221–267.

- Eurostat. Archi: Pig farming sector – statistical portrait 2014 PMC7237725. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Pig_farming_sector_-_statistical_portrait_2014
- EUSurvey. 2023 Versión v1.5.2.9 <https://ec.europa.eu/survey>.
- Gallardo C, Fernández-Pinero J, Arias M. 2019. African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation. *Virus Research* 271.
- Gaudreault NN, Madden DW, Wilson WC, Trujillo JD, Richt JA. 2020. African Swine Fever Virus: An Emerging DNA Arbovirus. *Frontiers in Veterinary Science* 7.
- Gervasi V, Guberti V. 2021. African swine fever endemic persistence in wild boar populations: Key mechanisms explored through modelling. *Transboundary and Emerging Diseases* 68: 2812–2825.
- Gestió Telemàtica Ramadera (GTR) (gencat.cat) 2023. <https://applications.agricultura.gencat.cat/gtr/AppJava/views/login.shtml>
- Hart A, Rowe G, Bolger F, Colson A. 2021. Expert knowledge elicitation on African Swine Fever and outdoor farming of pigs. *EFSA Supporting Publications* 18.
- Keuling O, Sange M, Acevedo P, Podgorski T, Smith G, Scandura M, Apollonio M, Ferroglio E, Vicente J. 2018. Guidance on estimation of wild boar population abundance and density: methods, challenges, possibilities. *EFSA Supporting Publications* 15.
- Miteva A, Papanikolaou A, Gogin A, Boklund A, Bøtner A, Linden A, Viltrop A, Schmidt CG, Ivanciu C, Desmecht D, Korytarova D, Olsevskis E, Helyes G, Wozniakowski G, Thulke HH, Roberts H, Abrahantes JC, Ståhl K, Depner K, González Villeta LC, Spiridon M, Ostojic S, More S, Vasile TC, Grigaliuniene V, Guberti V, Wallo R. 2020. Epidemiological analyses of African swine fever in the European Union (November 2018 to October 2019). *EFSA Journal* 18.
- Mur L, Martínez-López B, Costard S, de la Torre A, Jones BA, Martínez M, Sánchez-Vizcaíno F, Muñoz MJ, Pfeiffer DU, Sánchez-Vizcaíno JM, Wieland B. 2014. Modular framework to assess the risk of African swine fever virus entry into the European Union. *BMC Veterinary Research* 10.
- Olesen AS, Belsham GJ, Bruun Rasmussen T, Lohse L, Bødker R, Halasa T, Boklund A, Bøtner A. 2020. Potential routes for indirect transmission of African swine fever virus into domestic pig herds. *Transboundary and Emerging Diseases* 67: 1472–1484.
- O'Neill X, White A, Ruiz-Fons F, Cortázar C. Modelling the transmission and persistence of African swine fever in wild boar in contrasting European scenarios 2020 *Scientific Reports* | (2020) 10:5895 | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62736-y>
- Pandey P, Vidyarthi SK, Vaddella V, Venkitasamy C, Pitesky M, Weimer B, Pires AFA. 2020. Improving Biosecurity Procedures to Minimize the Risk of Spreading Pathogenic Infections Agents After Carcass Recycling. *Frontiers in Microbiology* 11.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Regulation (EU) 2020/2002 of 7 December 2020 http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2020/2002/oj
- Rosell C, Ruiz-Olmo J, Navàs F, Cama A, C, Guinart D, Bassols E, Vargas MJ 2018. Catalan Wild Boar Monitoring Programme lessons learned after 20 years of implementation. 12th Symposium on Wild Boar and Other Suids, 4-7 Sep 2018, Lázně Bělohrad, Czech Republic
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Sauter-Louis C, Conraths FJ, Probst C, Blohm U, Schulz K, Sehl J, Fischer M, Forth JH, Zani L, Depner K, Mettenleiter TC, Beer M, Blome S. 2021. African swine fever in wild boar in europe—a review. *Viruses* 13.
- Taylor RA, Condoleo R, Simons RRL, Gale P, Kelly LA, Snary EL. 2020. The Risk of Infection by African Swine Fever Virus in European Swine Through Boar Movement and Legal Trade of Pigs and Pig Meat. *Frontiers in Veterinary Science* 6.
- TRACES NT (TRAdE Control and Expert System). 2023. <https://webgate.ec.europa.eu/sanco/traces/>

Waggoner J, Carline JD, Durning SJ. 2016. Is there a consensus on consensus methodology? Descriptions and recommendations for future consensus research. Academic Medicine 91: 663–668.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias a todos los Miembros del Panel de Expertos: Germán Caceres (MAPA), Jordi Baliellas (GSP), Vicente Tarancón (GSP), Fernando Rodríguez (IRTA- CReSA), Francesc Accensi (IRTA- CReSA), Miguel Ángel Higuera (Anrogapor), Luis Sastre (SECANIM), Anna Romagosa (PIC), Cesc Illas (Batallé), Joan Jovellar (Vall Companys), Albert Vidal (Val Companys), Jordi Casal (UAB-CReSA), Jaume Bernis (JARC), Ricard Parés (PORCAT) , Josep Solé Badia (Asoc. Vet. Clínic Porcino), Mercè Soler (DACC), Montse Bosch (Guissona), Enric Marco (Marco vetgrup) and Vicent Carbó (Cooperativa de Artesa). Y también agradecer al Prof. Pedro Puig Casado los consejos técnicos recibidos en relación a la formulación matemática de cada vía.

Para obtener información más detallada puede contactar con:

Ana Alba-Casals : admin@albacasals.onmicrosoft.com



ANEXO 1

CUESTIONARIO DIRIGIDO AL PANEL DE EXPERTOS Y VALORES MEDIOS ASIGNADOS

PARTE I. Priorización de las vías de entrada según los distintos escenarios. Los expertos compararon la probabilidad de entrada de los VPPA en la granja a través de las distintas vías en los escenarios I-VII y asignaron un peso a cada vía. La tabla 3 muestra los pesos medios asignados para cada vía entre 0 y 100.

	EC.I	EC.II	EC.III	EC.IV	CE.V	CE.VI	CE.VII
<i>W.Eumov</i>	27	27	15	10	8	10	8
<i>W.Esmov</i>	10	13	10	20	23	15	20
<i>W.trbf</i>	9	9	9	9	13	11	12
<i>W.trs</i>	13	15	11	15	16	11	17
<i>W.cc</i>	10	13	11	11	15	10	17
<i>W.fn</i>	10	9	12	12	12	12	15
<i>wb</i>	21	14	32	23	13	30	11

Tabla 3. Pesos para cada vía según cada escenario I -VII

PARTE II. RIESGO SEGÚN EL TIPO DE PRODUCCIÓN

Riesgo según el tipo de producción en la granja de destino a partir de los movimientos de la UE
 Suponemos que un cerdo vivo infectado procedente de un movimiento internacional entra en una granja porcina. Los expertos compararon la probabilidad (entre 0 y 100) de que este movimiento se produjera en una explotación de engorde, multiplicación, o selección:

<i>UEmov</i>	Selección	Multiplicación	Engorde
<i>W.prodDes</i>	21	24	55

Riesgo según el tipo de producción en la granja de destino a partir de los movimientos nacionales
 Suponemos que un cerdo vivo infectado procedente de un movimiento nacional ha entrado en una explotación porcina. Los expertos compararon la probabilidad de que este movimiento se produzca en una explotación de engorde, transición, multiplicación o selección:

<i>ESmov</i>	Selección	Multiplicación	Engorde	Transición
<i>W.prodDes</i>	14	17	32	37

Riesgo de entrada de vehículos según el tipo de producción en la granja de origen
 Suponemos que una explotación se infecta con la peste porcina africana a través de un vehículo que transporta cerdos a otras granjas. Los expertos compararon la probabilidad de que este movimiento se produzca en una granja de transición, engorde, multiplicación o selección.

<i>trbf / trs</i>	Selección granjas	Multiplicación	Engorde	Transición
<i>W.prodFarm</i>	13	14	32	41

PARTE III REDUCCIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A LA BIOSEGURIDAD

Bioseguridad en la entrada de vehículos que transportan animales a otras explotaciones o a matadero
Se asume que diez granjas porcinas se han infectado con PPA a través de vehículos que transportan animales a otras granjas o a matadero. ¿Cuántas granjas se hubiesen infectado?, si los vehículos:

	Cargan cerdos fuera del vallado perimetral	Pasan por un arco de desinfección	Desinfectan los bajos
B_{ev}	7	8	8

Bioseguridad en la entrada de vehículos de recogida de cadáveres

Se asume que diez granjas porcinas se han infectado con PPA a través de los vehículos de recogida de cadáveres. ¿Cuántas de estas granjas se hubiesen infectado?, si los vehículos:

	Recogen fuera del área perimetral
B_{cc}	5

Bioseguridad para evitar el contacto directo con jabalíes

Se asume que diez jabalíes vagan alrededor de la granja buscando comida. ¿Cuántos de estos lograrían entrar en la granja?, si hay:

	Vallado perimetral completo	Vallado perimetral parcial autorizado	Doble vallado perimetral
B_{pf}	6	9	5

Bioseguridad para evitar el contacto indirecto con jabalíes y granjas vecinas

Diez trabajadores han estado en contacto con porcino doméstico y jabalíes infectados con VPPA y se han contaminado la ropa y las botas. Si la granja dispone de ducha a la entrada y de ropa y botas de uso exclusivo para los trabajadores, ¿Cuántos de ellos podrían introducir la infección a la granja?

B_s	8
-------------------------	---

Diez visitantes han estado en contacto con porcino doméstico y jabalíes infectados con PPA y se han contaminado la ropa y las botas. Si la granja dispone de ducha a la entrada y de ropa y botas para los visitantes, ¿Cuántos de ellos podrían introducir la infección a la granja?

B_v	7
-------------------------	---

Algunos jabalíes infectados merodean alrededor de 10 granjas donde los contenedores de cadáveres están accesibles y han sido contaminados con VPPA. Si los ganaderos limpian y desinfectan el equipo de traslado de bajas, ¿Cuántas de estas granjas crees que han podido infectarse por esta vía?

B_c	9
-------------------------	---

Los ganaderos de una explotación han participado en una cacería. Han utilizado diez utensilios y se han contaminado con VPPA. Si los ganaderos limpian y desinfectan estos utensilios, ¿Cuántos de ellos pueden seguir contaminados todavía?

B_u	8
-------------------------	---

Si la granja dispone de un vallado perimetral completo y limpio, un sistema para prevenir la entrada de animales indeseables y los cerdos no tienen acceso al exterior. ¿En qué porcentaje crees que se conseguirá reducir la presencia de vectores y animales indeseables dentro de la granja?

B_{mv}	65%
----------------------------	-----