



# Superbacterias, silenciosos asesinos en un río cercano a usted

Cómo las granjas industriales contaminan los  
cursos de agua públicos en tres continentes

La salud y el bienestar de los animales, de las personas y de nuestro planeta son interdependientes. La mala salud y el precario bienestar animal en las granjas de producción intensiva afectan negativamente la seguridad alimentaria, nuestro ambiente y el clima. Poner fin a este tipo de granjas frenará el aumento de la resistencia a los antimicrobianos (RAM) en los animales de granja y detendrá las superbacterias al instante; mejorará la salud y el bienestar de los animales, y permitirá una dieta más sana para las personas y un sistema alimentario sostenible y seguro para el medio ambiente.

Las Naciones Unidas piden que se ponga fin a las prácticas agrícolas no sostenibles y reconocen que este tipo de granjas de producción intensiva conlleva un alto riesgo de brotes de enfermedades y consecuencias para la salud pública y el medio ambiente. Reconocen que los antibióticos se utilizan para esconder las malas condiciones en que se tienen a los animales de granja, y piden que se invierta en sistemas alimentarios sostenibles y agroecológicos<sup>i</sup>.

Pero sólo podremos conseguir un sistema alimentario humanitario y sostenible si los gobiernos y la industria toman medidas para poner fin a las granjas de producción intensiva. Dentro de diez años, debería haberse detenido la construcción de granjas industriales para proteger a nuestros animales, a las personas y al planeta. Las granjas industriales existentes deberían pagar el precio de sus prácticas irresponsables, en lugar de que las comunidades paguen los costos de la mala salud pública y la contaminación ambiental.

También debería prestarse más atención a la contribución de las granjas de producción intensiva a la crisis climática. Si bien la atención se centra a menudo en las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del ganado vacuno, la escala y la tasa de crecimiento de la producción de aves de corral y de cerdos de las granjas industriales son mucho mayores. Los cerdos y los pollos producen entre 20 y 25 veces más emisiones de gases de efecto invernadero que los productos de soja<sup>ii</sup>.

No basta con utilizar tecnología de captura de carbono o soluciones en las granjas para mitigar las emisiones de carbono. Se requiere una reducción total de la producción y del consumo de carne<sup>iii</sup> <sup>iv</sup>. Los cambios en las temperaturas globales debidos al cambio climático también suponen un mayor riesgo de propagación de bacterias y de aparición de superbacterias<sup>v</sup>.

Los gobiernos y la industria deberían apoyar la reducción a la mitad de la producción y el consumo de animales en todo el mundo para el año 2040; deberían adoptar sistemas alimentarios auténticamente sostenibles y con alto nivel de bienestar.

Esto significa que no habrá más granjas industriales que dependan del maltrato de los animales – uso de jaulas, mutilaciones dolorosas y destete temprano de los animales jóvenes– en las que se utilicen antibióticos para evitar enfermedades o como promotor de crecimiento.

Por el contrario, esto significa dietas predominantemente vegetales y una menor cantidad de animales de granja en sistemas humanos y



**Imagen:** Recolección de muestras de agua cerca de granjas industriales, Tailandia. Créditos: World Animal Protection

sostenibles en los que lleven una buena calidad de vida y no sea necesario el uso rutinario de antibióticos.

Se necesita, nada menos, que una revolución en la forma de producir y consumir alimentos. Un coro de voces cada vez más numeroso pide un cambio y World Animal Protection se asegura de que el bienestar de los animales sea el elemento central de un sistema alimentario sostenible, equitativo y humano.

Pedimos a la industria alimentaria y a sus donantes, a los gobiernos y a las organizaciones intergubernamentales que reconozcan que nuestra salud y nuestro bienestar dependen del bienestar de todos los seres vivos. Pongamos fin a las granjas de producción intensiva por el bien de las generaciones actuales y futuras, y trabajemos juntos por un sistema alimentario humano y sostenible.

**Jacqueline Mills**  
**Directora Global de Programas de Granja**  
**World Animal Protection**

# Índice

Protección Animal Mundial está registrada ante Charity Commission como una organización de beneficencia y ante Companies House, como una compañía limitada por garantía. World Animal Protection se rige por sus Estatutos.

Número de registro de organización de beneficencia: 1081849.

Número de registro de la compañía: 4029540.

Oficina registrada en 222 Gray's Inn Road, Londres WC1X 8HB

## Superbacterias, silenciosos asesinos en un río cercano a usted: cómo las granjas industriales contaminan los cursos de agua públicos en tres continentes

Introducción. Creando una crisis global de salud - las granjas de producción intensiva y los genes de resistencia a los antibióticos	4
Determinación de la presencia de GRA - objetivo y metodología del estudio	6
Resumen de hallazgos clave por país	9
• Tailandia - Resumen de resultados - ficha del informe	9
• Estados Unidos - Resumen de resultados - ficha del informe	12
• Canadá - Resumen de resultados - ficha del informe	13
• España - Resumen de resultados - ficha del informe	15
Habilitando la producción en granjas con bajo nivel de bienestar - uso de antibióticos	17
Uso excesivo de antibióticos en la producción en granjas y surgimiento de nuevas superbacterias	18
Riesgos ambientales procedentes de las granjas de producción intensiva	19
Falta de vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos en el ambiente	20
Creación de un sistema alimentario humanitario y sostenible	21
Recomendaciones	22
Apéndice 1 - Una creciente preocupación mundial	23
Apéndice 2 - Metodología del estudio y resultados detallados	24
Apéndice 3 - Definición de GRANJAS y modelo de los Cinco Dominios	34
Referencias	36

**Imagen de portada:** Cerdas encerradas en condiciones agrestes sin enriquecimiento en las granjas industriales. Ubicación no revelada. Créditos: World Animal Protection

# Introducción

## Creando una crisis global de salud - las granjas de producción intensiva y los genes de resistencia a los antibióticos

El agua que proviene de las granjas industriales alberga una amenaza invisible para la salud de las personas que podría eclipsar la crisis del COVID-19. ¿La amenaza? Los genes de resistencia a los antibióticos (GRA) que están impulsando la resistencia a los antimicrobianos –la crisis mundial de las superbacterias–; se prevé que lleguen a matar hasta 10 millones de personas al año para el 2050<sup>vi</sup>.

Nuestra investigación del 2020, realizada en cuatro países de tres continentes, vincula firmemente las granjas industriales, en las que miles de millones de animales son enjaulados, mutilados y atiborrados de antibióticos, con los GRA y las superbacterias. Es la primera investigación sobre el problema realizada en varios países y que estudió localidades con granjas de producción porcina en Canadá, España, Tailandia y Estados Unidos.

En general, nuestros resultados sugieren claramente que las granjas industriales están vertiendo genes y superbacterias resistentes en los cursos de agua públicos y en el ambiente, en general, en los cuatro países muestreados.

Alrededor de 700.000 personas mueren al año por infecciones que no pueden ser tratadas con antibióticos. El Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Dr. Tedros Ghebreyesus, ha advertido que la crisis de las superbacterias es tan peligrosa como la pandemia<sup>vii</sup>.

### La creación de la resistencia a los antibióticos

Los GRA son las piezas clave de las superbacterias; crean la resistencia antimicrobiana, la resistencia de las bacterias comunes a los antibióticos de importancia crucial para las personas. Esto significa que algunos antibióticos ya son ineficaces en algunas partes del planeta; mientras que, en el futuro, los procedimientos rutinarios, como las cesáreas o el tratamiento del cáncer, se volverán peligrosos en todo el mundo<sup>viii</sup>.

De forma alarmante, algunos GRA que encontramos en nuestra investigación transmiten resistencia a antibióticos de importancia crucial para la salud humana y que son los que más preocupan a la Organización Mundial de la Salud. Estos antibióticos están en la última línea de defensa para mantener a los pacientes con vida cuando otros antibióticos han fracasado<sup>ix</sup>: son necesarios por la propia naturaleza de las granjas de producción intensiva; se utilizan para evitar que los animales estresados y que permanecen en un confinamiento cruel se enfermen y, así, afianzar un sistema de sufrimiento para producir alimentos.

### Vertidos a través de los residuos

Las granjas de cerdos utilizan deliberadamente niveles muy altos de antibióticos. Esto se debe a que los cerdos son una de las especies de mayor producción intensiva en granjas en el planeta. Hasta el 90% de todos los antibióticos que reciben se administran en las primeras 10 semanas de vida de los cerdos. Su uso está asociado a dolorosas mutilaciones (especialmente la castración quirúrgica), a la separación temprana de los lechones de sus madres, a entornos agrestes y hacinados, y a las infecciones intestinales y respiratorias relacionadas<sup>x</sup>.

Nuestro muestreo de los cursos de agua cercanos a las granjas industriales para esta investigación reveló que los GRA encontrados corriente abajo de las granjas porcinas son diferentes de los hallados en las muestras tomadas aguas arriba, lo que apunta a la probable liberación de los GRA en los desechos porcinos (estiércol y orina).

En España, nuestros análisis de las aguas subterráneas cercanas a las granjas porcinas industriales revelaron niveles muy elevados de GRA; estas aguas se utilizaban para el consumo humano en algunas regiones en el pasado. Este estudio también reveló que el agua superficial de las muestras en España contenía GRA hasta 200 veces los niveles de referencia.

En las pruebas realizadas en Tailandia se encontraron superbacterias resistentes a las cefalosporinas de tercera generación, las fluoroquinolonas o la colistina, así como al cotrimoxazol, a la gentamicina, la amikacina, la trimetoprima con sulfametoxazol o la amoxicilina. Este es el primer hallazgo de GRA provenientes de granjas porcinas en Tailandia Central. En los últimos años se han encontrado GRA similares cerca de granjas porcinas en otras regiones de Tailandia.

Nuestra investigación en Canadá documenta lo que creemos que es el primer hallazgo de GRA en Manitoba que transmiten resistencia a las cefalosporinas, las fluoroquinolonas, a los macrólidos y a la tetraciclina. Los resultados reflejan hallazgos similares en otras provincias. El uso excesivo de antibióticos es sistémico en la industria porcina. Hay un importante vertido, sobre todo de tetraciclina, en las playas públicas de agua dulce de lagos y ríos, en las áreas de conservación y en la fauna silvestre.

En los Estados Unidos, nuestros investigadores encontraron evidencias generalizadas de GRA que transmiten resistencia a la tetraciclina y la estreptomycin. Y lo que es más importante, también se encontraron GRA que transmiten resistencia a macrólidos, cefalosporinas, fluoroquinolonas y, posiblemente, a antibióticos carbapenémicos.

Al menos una muestra fue positiva para los genes resistentes a la tetraciclina, consistente con los datos disponibles que documentan la alta venta y el uso de tetraciclina en toda la industria porcina estadounidense. También se encontró contaminación tanto aguas arriba como aguas abajo en áreas con una alta densidad de granjas porcinas, lo que sugiere fuertemente que las granjas industriales están vertiendo genes y superbacterias resistentes en los cursos de agua públicos y en el ambiente en general. Nuestras pruebas también sugieren la transferencia de GRA por el aire.

### Ausencia de normas internacionales

Los cursos de agua pueden ser puntos de ignición de contaminantes tóxicos y crear depósitos donde se acumulan y se mezclan las superbacterias. Sin embargo, no existe ninguna norma internacional que establezca la concentración a partir de la cual las superbacterias en el ambiente se vuelven peligrosas para las personas. En consecuencia, nadie es responsable y no se vigila el vertido de antibióticos y superbacterias en los cursos de agua.

Esto es así a pesar de que la ONU ha identificado la contaminación por superbacterias como uno de los problemas ambientales globales más importantes<sup>xi</sup>. Además, la mayoría de los países no vigila el uso de antibióticos directamente en los animales de granja. Y a pesar de las recomendaciones de la OMS, es habitual que las granjas utilicen antibióticos en grupos de animales para prevenir enfermedades<sup>xii</sup>.

La preocupación por el uso excesivo de antibióticos en los sistemas de producción en granjas es cada vez mayor en todo el mundo. Nuestra encuesta del 2020 en 15 países reveló que el 88% de las personas están preocupadas por las superbacterias provenientes de animales de granja y desean que estos sean bien tratados y que los antibióticos se utilicen de forma responsable. Y dos tercios de los encuestados dijeron que ayudarían a realizar pruebas de contaminación en las granjas para que las grandes empresas rindan cuentas.

### Salvaguardar de la salud pública, poner fin a las granjas de producción intensiva

El problema debe abordarse en su origen: la dependencia generalizada de las granjas de producción intensiva del uso excesivo de antibióticos para encubrir prácticas crueles y anticuadas. No hay otra forma de erradicar el problema. Las tecnologías de tratamiento de residuos ganaderos no eliminan las superbacterias<sup>xiii</sup> y estas no se pueden remover de los cursos de agua. Los antibióticos no deben utilizarse en grupos de animales para prevenir enfermedades o favorecer el crecimiento rápido.

Sólo es posible acabar con la dependencia generalizada de los antibióticos en los animales de granja si se refuerza en estos el bienestar y la inmunidad. Esto significa poner fin a los peores abusos en cuanto a bienestar animal en las granjas de producción intensiva, como el uso de jaulas, las mutilaciones dolorosas, el destete precoz de los animales jóvenes y el uso de razas de alta productividad. Los animales de granja en sistemas con mayor nivel de bienestar tienen menos estrés y gozan de una mayor inmunidad y resistencia a las enfermedades. Esto, a su vez, requiere menos antibióticos<sup>xiv, xv, xvi, xvii</sup>.

Los sectores mundiales de la venta minorista, la producción animal y las finanzas, así como los gobiernos y las organizaciones intergubernamentales, deben actuar ahora y de forma global para proteger a nuestros animales, a las personas y al planeta.

En la página 22 se publican recomendaciones claras y de gran alcance de World Animal Protection, apoyadas por nuestras investigaciones y estudios sobre los GRA.



**Imagen:** Descarga de efluentes provenientes de una granja en Tailandia. Créditos: World Animal Protection

# Determinación de la presencia de GRA - objetivo y metodología del estudio

Los GRA son las piezas clave de las superbacterias. Hacen que las bacterias comunes se vuelvan resistentes a los antibióticos que son importantes para ayudar a las personas a combatir infecciones. El objetivo de este estudio de World Animal Protection fue determinar la presencia de GRA en los residuos animales vertidos desde las granjas industriales a los cursos de agua públicos o al suelo (o a los cultivos) en cuatro países. También nos propusimos medir el impacto y el sentimiento de la comunidad en relación con el tema.

Se analizaron aguas y sedimentos provenientes de cursos de agua públicos relacionados con descargas de efluentes de seis a diez granjas porcinas en cada uno de los cuatro países (Canadá, España, Tailandia y Estados Unidos). Las muestras se recogieron en terrenos públicos corriente arriba y corriente abajo de las descargas de las granjas<sup>viii</sup>.

También se recogieron muestras de suelo o polvo en España y Tailandia mediante el método de "bootie Method"<sup>xix</sup>. Este se trataba de caminar por terrenos públicos cercanos a las granjas para recoger muestras que se analizarían específicamente con el fin de detectar el *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina (SARM) y el gen *mecA*. Todas las

muestras se registraron y fotografiaron con Epicollect5, una plataforma móvil de recolección de datos.

Las muestras para buscar GRA fueron analizadas por laboratorios nacionales acreditados que utilizaron la PCR (reacción en cadena de la polimerasa)<sup>xx</sup>. La PCR no identifica las bacterias directamente, pero sí los genes de resistencia a los antibióticos que hacen que las bacterias sean resistentes a los antimicrobianos (superbacterias).

En Tailandia, en primer lugar, se aislaron las bacterias clave y se comprobó su resistencia a una serie de antibióticos y, luego, se realizó un análisis de PCR cuando se obtuvieron resultados negativos. En España y EE.UU., donde había una densidad muy alta de granjas y se sospechaba una contaminación extendida, en algunos casos se realizaron análisis adicionales para determinar la concentración de GRA en las muestras corriente arriba y corriente abajo.



**Imagen:** Diagnóstico en aguas fangosas corriente abajo provenientes de una granja porcina en Tailandia. Créditos: World Animal Protection

**Tabla 1:** los GRA encontrados en aguas/suelos públicos corriente abajo de las granjas y las respectivas categorías de antibióticos de la Organización Mundial de la Salud que les confieren resistencia. Antimicrobianos de importancia crucial para la salud humana<sup>xxi</sup> (categorías de máxima prioridad, de alta prioridad y muy importantes)

País	GRA encontrados en las muestras totales (aguas/suelos). Estos GRA confieren resistencia a...	Categoría de la OMS - máxima prioridad Antibióticos	Categoría de la OMS - prioridad alta o muy importante Antibióticos	Otros hallazgos / Comentarios
Tailandia	<i>bla<sub>SHV</sub></i> , <i>bla<sub>TEM</sub></i> , <i>bla<sub>CTXM</sub></i> , y <i>bla<sub>VEB</sub></i>	Cefalosporinas (generación 3+) Ciprofloxacina (una fluoroquinolona)	Cefalosporinas (generación 1, 2)	No resistente a los carbapenemas
	Bacterias resistentes aisladas.		gentamicina cotrimoxazol, amikacina, trimetoprima-sulfametoxazol	
	<i>mcr-1</i>	colistina		Una granja
	<i>mecA</i>			el gen puede conferir una presión de selección en SARM.
Estados Unidos	<i>Bla<sub>CMY</sub></i> , <i>bla<sub>CTXM</sub></i> , y <i>bla<sub>TEM</sub></i>	Las cefalosporinas (generación 3+)* ciprofloxacina (una fluoroquinolona)	penicilina, cefalosporinas (generación 1, 2) gentamicina	*Resistencia potencial a los carbapenemas - El último recurso de antibióticos de la clase Reserva.
	<i>gyrA</i> (mutación <sup>^</sup> )	ciprofloxacina		<sup>^</sup> un resultado de PCR positivo no garantiza la mutación presente
	<i>mphA</i>	macrólidos		
	<i>strA</i> , <i>strB</i>		estreptomicina	
	<i>tetA</i> , <i>tetB</i> , y <i>tetC</i>		tetraciclinas	
Canadá	<i>bla<sub>CMY</sub></i> , <i>bla<sub>CTXM</sub></i> ,	cefalosporinas (generación 3+)* ciprofloxacina (una fluoroquinolona)	penicilina, cefalosporinas (generación 1, 2)	*Resistencia potencial a los carbapenemas - El último recurso de antibióticos de la clase Reserva.
	<i>gyrA</i> (mutación <sup>^</sup> )	ciprofloxacina		<sup>^</sup> un resultado de PCR positivo no garantiza la mutación presente
	<i>mphA</i>	macrólidos		
	<i>strA</i> , <i>strB</i>		estreptomicina	
	<i>sul1</i>		sulfonamidas	
	<i>tetA</i> , <i>tetB</i> , <i>tetC</i> <i>tetO</i> y <i>tetO</i>		tetraciclinas	
	<i>floR</i>		florfenicol	
España	# <i>bla<sub>TEM</sub></i> , <i>bla<sub>CTXM32</sub></i> <i>bla<sub>OXA58</sub></i> ## se encontraron en aguas subterráneas en concentraciones muy altas en los tres sitios evaluados de Cataluña. !se encontraron niveles muy altos en el suelo/polvo cerca de las granjas	cefalosporinas (generación 3+) ciprofloxacina (una fluoroquinolona)		Todos los GRA encontrados en altas concentraciones en agua superficiales. Se observó una creciente concentración de GRA importantes a medida que los ríos Gallego y Cinca avanzaban aguas abajo.
	# <i>qnrS</i>	ciprofloxacina		
	! <i>tetM</i>		tetraciclinas	
	<i>sul1</i>		sulfonamidas	

## Bacterias resistentes a antibióticos clave y genes importantes para el estudio

La Organización Mundial de la Salud identifica a las enterobacterias productoras de  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (BLEE) (una familia de bacterias gramnegativas entre las que se encuentran la *Salmonella*, el *E coli* y la *Klebsiella*) como una amenaza global emergente. En los últimos años, la distribución geográfica de las bacterias productoras de BLEE también ha aumentado drásticamente, así como su transferencia a diferentes patógenos bacterianos<sup>xxii</sup>. Se ha informado que la prevalencia de las bacterias productoras de BLEE en las granjas porcinas oscila entre el 10% y el 45% aproximadamente y que el *E coli* es el mayor productor de BLEE<sup>xxiii</sup>. Entre los genes de BLEE identificados en las granjas porcinas están el *bla<sub>CTX-M</sub>* M (el más común), seguido de la serie de genes *bla<sub>CMY-2</sub>*, *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>SHV</sub>*, *bla<sub>OXA</sub>*, *bla<sub>KPC</sub>*, *bla<sub>DHA</sub>*, *bla<sub>VEB</sub>*; pueden variar en cuanto a su prevalencia y localización geográfica. Se espera que en el futuro surjan más genes *bla*. Estos pueden transmitir la resistencia a las cefalosporinas (de tercera generación y más), a la penicilina y a los antibióticos carbapenémicos, así como a algunas fluoroquinolonas (por ejemplo, la ciprofloxacina) y a la gentamicina. Los carbapenemas y algunas cefalosporinas se encuentran entre los antibióticos de último recurso ("de reserva"), de los que disponemos para tratar a los seres humanos<sup>xxiv</sup>.

Además, el gen *mcr1* se encuentra, actualmente, en todos los continentes y transmite la resistencia a la colistina. Este es otro antibiótico de la categoría de máxima prioridad; en la actualidad, con frecuencia su uso está prohibido o restringido en muchos países, aunque el cumplimiento es variable. Otros genes, como el *erm* o el *mph*, transmiten resistencia a los macrólidos y el *qnrS* o las mutaciones en el *gyrA*, específicamente, a las fluoroquinolonas. Se sometieron a prueba otros genes que pueden transmitir una resistencia generalizada a la tetraciclina, a la estreptomina y a las sulfonamidas (por ejemplo diversos genes *tet*, *str* y *sul* respectivamente), ya que estos han sido utilizados en casi todas partes durante varias décadas por las industrias de granjas. Estos antibióticos siguen siendo parte de las clases de antimicrobianos de importancia crucial para la salud humana.

La presencia del gen *mecA*, aislado en entornos con granjas circundantes (en muestras de suelo/polvo recogidas con el método botín), evidencia una presión de selección en el ambiente en el SARM (*Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina) que puede estar asociado al ganado. También está aumentando la cantidad de genes integrones de clase 1, un elemento genético que puede hacer posible que las bacterias adquieran una resistencia ampliamente utilizada como un sustituto para la contaminación antropogénica<sup>xxv</sup>. Es importante señalar que los genes de resistencia pueden ser transferidos a otros tipos de bacterias a través de elementos móviles como los bacteriófagos, los plásmidos y los transposones. Cualquier aparición de nuevos genes de resistencia bacteriana a los antibióticos es preocupante.



**Imagen:** Reunión local de agricultores en pequeña escala en Tailandia. Créditos: World Animal Protection



# Resumen de hallazgos clave por país

## Tailandia - Resumen de resultados - ficha del informe

Todas las bacterias productoras de BLEE aisladas de las descargas procedentes de 6 de 9 granjas eran resistentes a la cefotaxima (una cefalosporina de tercera generación) y a la ciprofloxacina (una fluoroquinolona). También se encontró corresponsión a la gentamicina y al cotrimoxazol. Se encontraron bacterias que no eran del tipo BLEE, que estaban en al menos una muestra aguas abajo proveniente de 4 de 9 granjas, también resistentes a uno de los antibióticos, o a ambos, de la categoría de máxima prioridad. Estas son cefalosporinas de tercera generación o ciprofloxacina más amikacina, gentamicina, trimetoprima-sulfametoxazol o amoxicilina. La descarga de agua de una granja tenía bacterias *E coli* resistentes a la colistina cuyo uso está, actualmente, restringido en Tailandia.

También se detectaron los siguientes GRA mediante la PCR corriente abajo de las granjas de donde se vertieron:

- *bla<sub>SHV</sub>*, *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTXM</sub>*, y *bla<sub>VEB</sub>*; transmiten resistencia a las cefalosporinas y, generalmente, a la ciprofloxacina y a la gentamicina en este caso.
- En un sitio se identificó el gen *mcr-1* que transmite resistencia a la colistina.
- Se aisló el gen *mecA* en un rango de 150 m de las instalaciones de granjas en cinco sitios de granjas, que evidenciaron una presión de selección en el ambiente para potenciales SARM. El mismo SARM no fue cultivado.

Este primer informe de GRA ambientales en granjas porcinas en Tailandia Central infiere un uso sistemático regional de cefalosporinas de tercera generación, fluoroquinolonas y otros antibióticos. Los resultados son consistentes con otras regiones estudiadas. También muestran pocos cambios desde que se acordó el plan nacional de acción sobre resistencia antimicrobiana (AMR) de Tailandia. El hallazgo del gen resistente a la colistina (solo en una muestra) podría representar un uso legal si está, actualmente, prescrito por el veterinario para un tratamiento inyectable. Sin embargo, si se utiliza para terapia de baño en los alimentos o en el agua, entonces, el uso es ilegal.

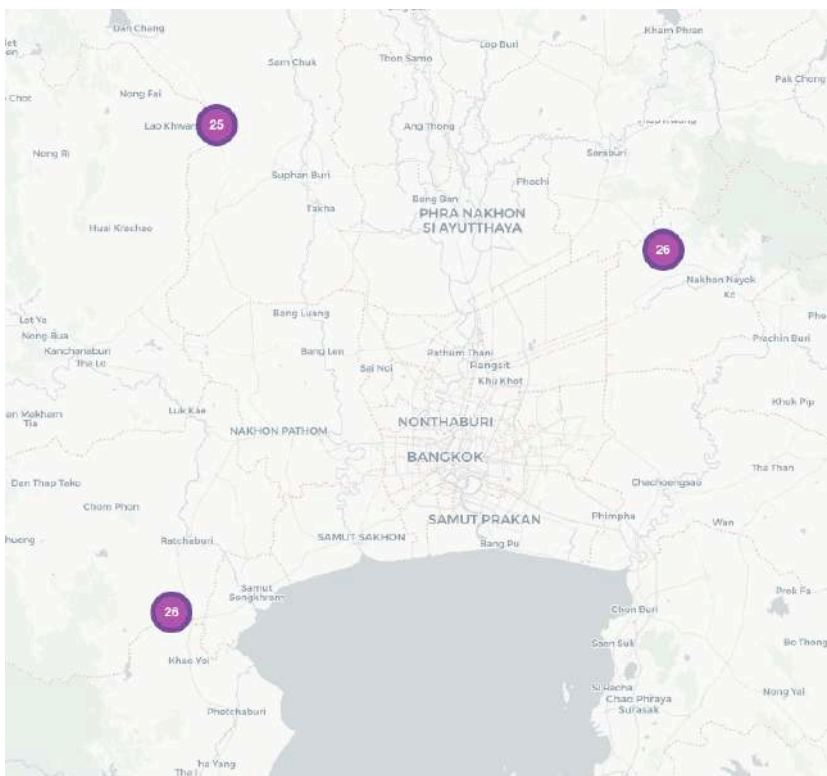


Imagen: Lugares de muestreo en Tailandia.

## La vida con granjas industriales - Tailandia

Los investigadores de World Animal Protection entrevistaron a 18 personas residentes en seis comunidades. Algunos dijeron que estaban demasiado asustados para hablar de cómo su salud y su modo de vida, en cuanto pequeños agricultores, se han visto afectados por la llegada de las grandes granjas industriales. Otros accedieron a que sus comentarios se utilizaran de forma anónima.

*“Desde que llegaron dos granjas a nuestra comunidad, todo ha cambiado: la tierra que antes era buena para cultivar plantas se ha convertido en barro podrido y el agua que podíamos usar y beber se ha vuelto sucia y maloliente”.*

**Un miembro de la comunidad.**

*“Creo que hay fármacos y enfermedades en este canal... No queremos que estas granjas se instalen cerca de la comunidad porque causan un gran impacto en la agricultura y en la vida. ¿Por qué no nos podemos organizar y hacer algo con estas granjas?”.*

**Miembro de la comunidad.**

*“El arroz no crece como debería cuando las granjas vierten el agua en los campos. Algunos cultivos de arroz están dañados y otros se mueren. Los peces tampoco pueden vivir en el estanque; en realidad, es todo el ecosistema de esta zona. Yo solía presentar quejas por esto, pero nada ha pasado”.*

**Pequeño agricultor**

**Imagen:** La contaminación proveniente de granjas industriales afecta a la comunidad local en Tailandia. Créditos: World Animal Protection



## Estados Unidos - Resumen de resultados - ficha del informe

---

Hubo una considerable contaminación por GRA en las muestras tomadas corriente arriba y corriente abajo de las granjas. Hay una gran densidad de granjas porcinas en la zona, por lo que la contaminación generalizada que se encontró sugiere fuertemente que las granjas industriales están vertiendo genes de resistencia en los cursos de agua públicos.

---

El noventa y dos por ciento de las muestras (83 de 90) tenían resultados de PCR positivos para tres o más genes de resistencia; el mayor número de genes en una muestra individual fue de 10. Alrededor de la mitad de las muestras fueron positivas para tres o más genes resistentes a la tetraciclina, normalmente *tetA*, *tetB*, y *tetC*.

- Se identificaron resultados de PCR positivos para la resistencia a la estreptomicina, un aminoglucósido, en 59 de 90 muestras. Se encontró *strA* de forma predominante en muestras tomadas corriente abajo. Asimismo, se encontró *strB* en el 78% de las muestras aguas abajo.
- Se encontraron resultados de PCR positivos para el gen *gyrA* que confiere una posible resistencia a las fluoroquinolonas en 31 de 90 muestras. Se detectó sobre todo en muestras corriente abajo de los sitios de las granjas objetivo y sólo en tres sitios corriente abajo. El proceso se centró en la región donde es conocido que se produce una mutación del gen *gyrA* que confiere resistencia a las fluoroquinolonas, aunque un resultado de PCR positivo no garantiza que esta mutación específica haya estado presente.
- En 23 de 90 muestras se identificaron genes que confieren resistencia a los antibióticos betalactámicos, entre los que están las cefalosporinas y los carbapenemas. Se encontró *bla<sub>CTX-M</sub>* con mayor frecuencia sólo en las muestras tomadas aguas abajo. Los genes BLEE de un único sitio corriente abajo incluían *bla<sub>CMY</sub>*, *bla<sub>CTX-M</sub>*, y *bla<sub>TEM</sub>*.
- El gen *mphA*, que confiere resistencia a los macrólidos, se identificó en 9 de 90 muestras y se encontró predominantemente en muestras tomadas aguas abajo de los sitios de las granjas objetivo. El gen se encontró sólo en dos sitios corriente arriba y únicamente en muestras de suelo. Esto indica que los genes podrían haber sido transportados por el aire y no por el agua.

Los resultados de este proyecto de pruebas son sorprendentes. Están respaldados por anteriores estudios, los cuales identifican bacterias resistentes a los antibióticos y/o genes de resistencia a los antibióticos como muy esparcidos en granjas, en estiércoles y en entornos cercanos a las granjas en Estados Unidos.

La frecuencia con la que se encuentran los genes que confieren resistencia a clases específicas de antibióticos muy utilizados por la industria porcina, o vendidos a esta, es fundamental para comprender el impacto. Dicha frecuencia se suma a la creciente evidencia de que el uso rutinario en las granjas afecta negativamente a la salud pública al propagar la resistencia a los antibióticos fuera de las granjas. Estudios anteriores han confirmado un patrón similar al comparar el muestreo de aguas subterráneas realizado corriente abajo de los sitios de las granjas. Y el patrón se ha asociado con el uso prolongado de tetraciclinas.

Un estudio separado en pozos de monitoreo y sitios de agua subterránea cerca de dos granjas porcinas en Carolina del Norte encontró *E coli* resistente a los antibióticos aprobados para uso en la producción porcina. En el primer sitio, el 37% de muestras aisladas de *E coli* eran resistentes a al menos un antibiótico. Se identificó una resistencia a la clortetraciclina, a la tetraciclina y al sulfametoxazol. En el segundo sitio, el 79% de los *E. coli* era resistente. Se trató, de forma predominante, de una resistencia a la tetraciclina, a la clortetraciclina, a la ampicilina, a la estreptomicina, al cloranfenicol, al sulfametoxazol, a la trimetoprima, al florfenicol y a la neomicina<sup>xxvi</sup>.

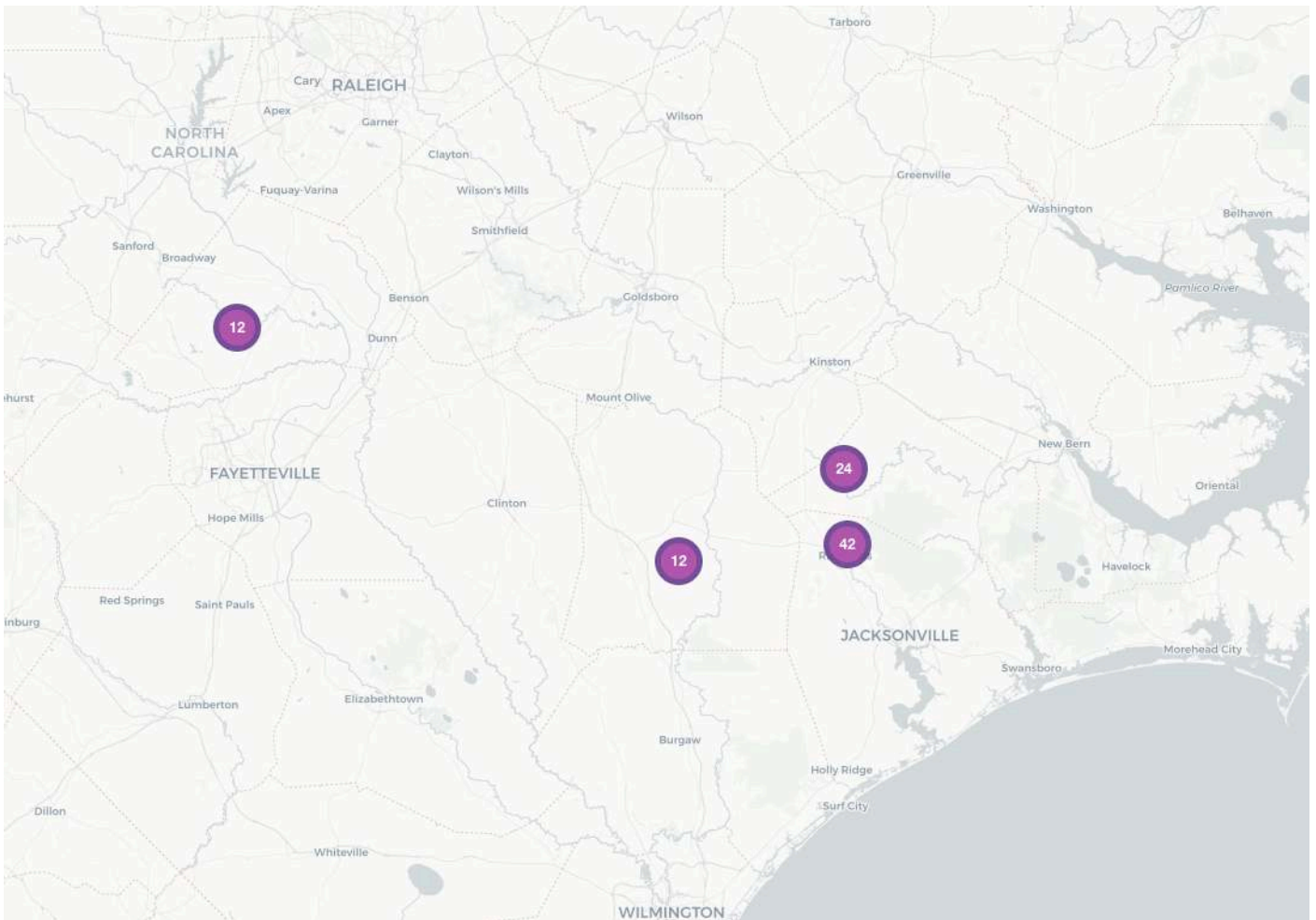


Imagen: Lugares de muestreo en Estados Unidos.

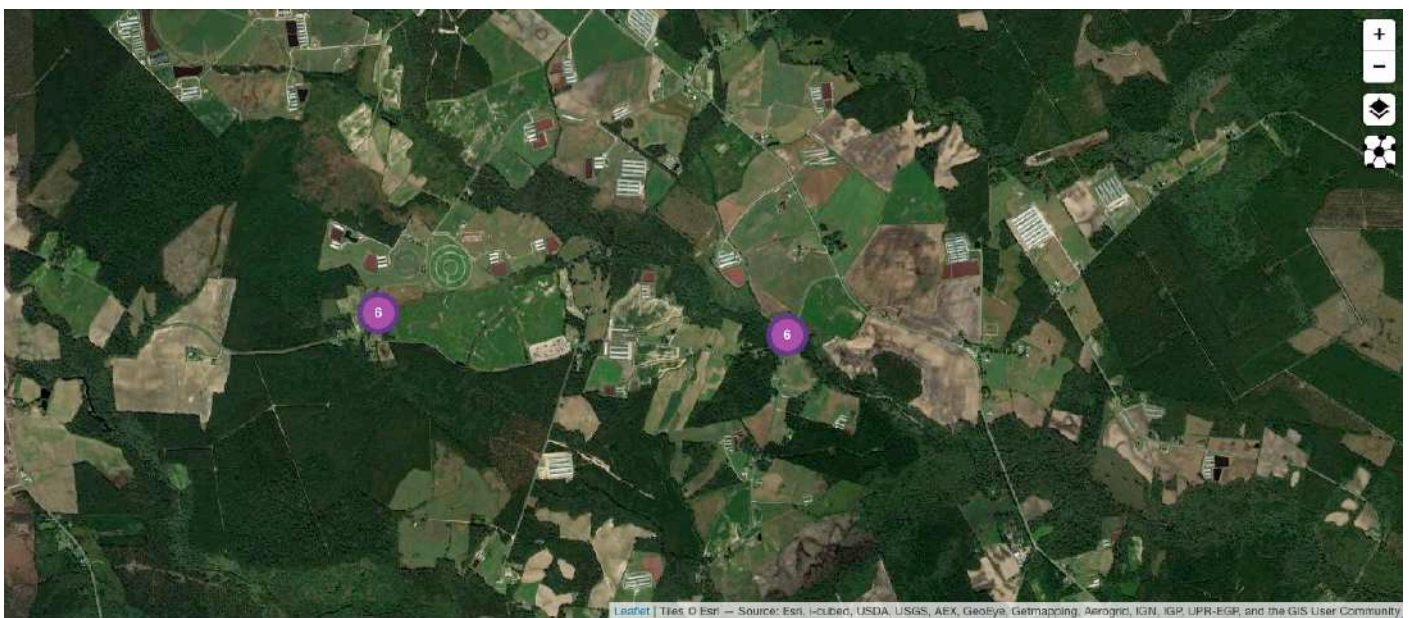


Imagen: Algunos sitios de muestreo estadounidenses en una zona de alta densidad de granjas porcinas en Carolina del Norte. Las líneas grises indican los establos de cerdos y, junto a ellos, los estanques de efluentes, lo que demuestra que hay muchas granjas en una zona pequeña.

## Canadá - Resumen de resultados - ficha del informe

Todas las muestras (agua o tierra) tenían al menos uno de los genes de resistencia a los antibióticos objetivo: *mphA*, *bla<sub>CTM</sub>*, *bla<sub>CTX-M</sub>*, *floR*, *gyrA*, *strA*, *strB*, *sul1*, *tet<sub>A</sub>*, *tet<sub>B</sub>*, *tetC*, *tet<sub>O</sub>* y *tet<sub>D</sub>*.

- ❖ Casi todas las muestras (38 de 42) tenían resultados de PCR positivos para al menos uno de los genes resistentes a la tetraciclina que se incluyeron en el análisis.
- ❖ En 36 de 42 muestras se identificaron resultados de PCR positivos para GRA que transmiten resistencia a la estreptomicina. Se encontró *strA* de forma predominante en muestras tomadas corriente abajo.
- ❖ En muestras procedentes de los ocho sitios de muestreo donde se ubican las granjas, se identificaron genes que confieren resistencia a los antibióticos beta-lactámicos, entre los que hay cefalosporinas y carbapenemas. Dichos genes solo se encontraron en una muestra tomada corriente abajo proveniente de una granja. No se realizaron análisis ulteriores y pudieron mostrar diferencias en la concentración de genes entre las muestras tomadas corriente arriba y corriente abajo.
- ❖ El gen *mphA*, que confiere resistencia a los macrólidos, se identificó en las ocho ubicaciones de muestreo donde se ubican las granjas. Es importante indicar que también estuvo presente en tres granjas corriente abajo.

Nuestros resultados se alinean adecuadamente con anteriores estudios canadienses de otras provincias que presentan una gama muy similar de genes en la porcinaza (lodo) y en las aguas provenientes de los cultivos fertilizados con ella.<sup>xxvii</sup> Estudios anteriores muestran que estos genes (especialmente las variantes de *tet*, *sul*, *str* y *bla<sub>TEM</sub>*) han existido en las granjas y en la industria durante más de una década.<sup>xviii, xxix</sup>

Se encontró, con mayor frecuencia, resistencia a las tetraciclinas en animales silvestres canadienses que viven en granjas porcinas o cerca de ellas y en cerdos de las mismas granjas.<sup>xxx, xxxi, xxxii</sup> En Canadá, más del 50% de los antimicrobianos se utilizan para la prevención de enfermedades<sup>xxxiii</sup> y alrededor del 80% de los antibióticos se administran a los cerdos en su alimentación. Los macrólidos y las tetraciclinas representan dos de las tres clases de antibióticos más utilizadas en la alimentación porcina.



**Imagen:** Cerdos muertos en un contenedor de basura en una carretera cerca de una granja porcina industrial, Canadá. Créditos: [Planet in Peril - Where Science Gets Respect](#)

## La vida con granjas industriales - Canadá

World Animal Protection entrevistó a miembros de Hog Watch Manitoba.

**Janine**, una de las entrevistadas, reflexionó sobre cómo las cosas han empeorado a lo largo de los años.

*"Se aplica tanta porcina de forma incorrecta... Le mostraré fotos del arroyo que atraviesa nuestra tierra. Cuando me mudé aquí hace 40 años, era un riachuelo muy hermoso, y ahora está lleno de lentejas de agua; esto muestra todos los excesos en la aplicación de fósforo y nitrógeno ... Creería que se aplicó tres veces la cantidad permitida.*

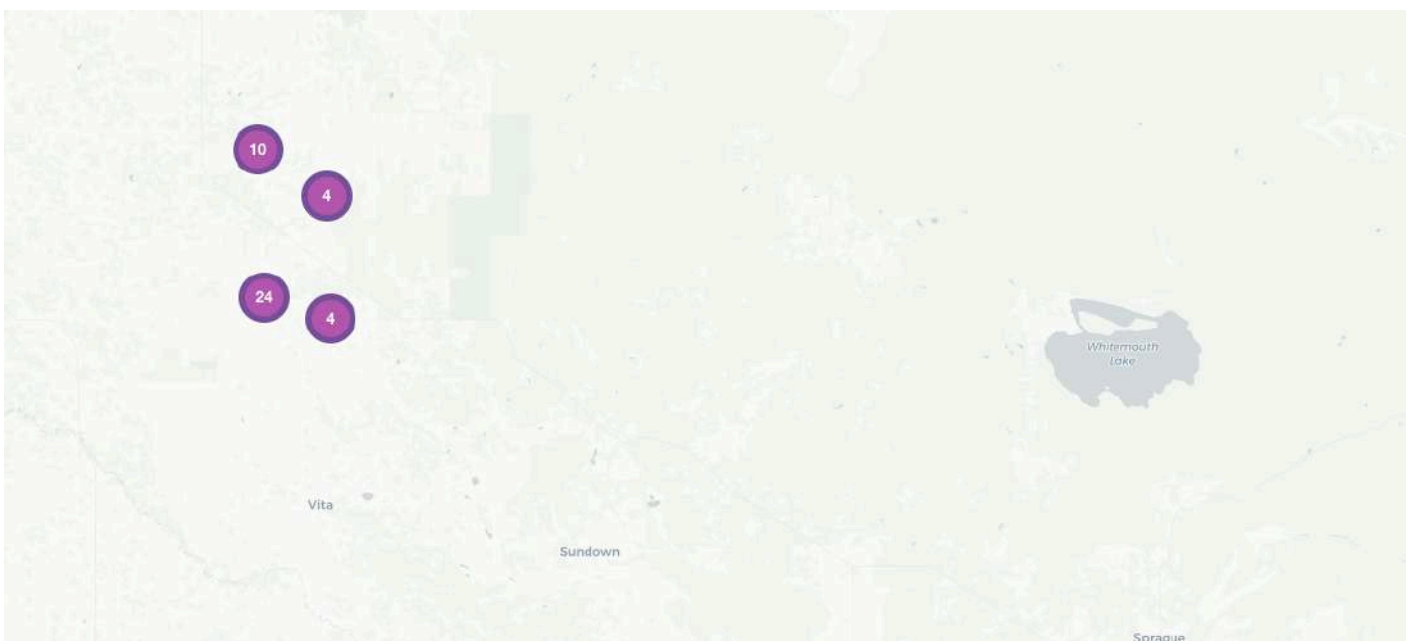
*El gobierno está trabajando activamente para la industria y no para el bien común ".*

**Bill**, un pequeño agricultor local, ha sido afectado por las prácticas de las granjas industriales.

*"A mí me da lástima ver a los cerdos criados de esta manera industrial. Y, por supuesto, con los sistemas de producción que usan paja, el estiércol se recolecta y es sólido, se esparce en los campos y se puede esparcir en cualquier lugar de su terreno.*

*Considerando el uso de antibióticos, el bienestar animal, la salud animal y la ética de toda esta agricultura industrial animal, no puedo creer que una sociedad civilizada como la nuestra pueda tratar a los animales de esta forma".*

**Imagen:** Lugares de muestreo alrededor de Manitoba, Canadá.



## España - Resumen de resultados - ficha del informe

El GRA más contaminante al que se le hicieron pruebas en aguas públicas fue el *tet<sub>M</sub>* que transmite resistencia a las tetraciclinas, mientras que los GRA (*bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTX-M-32</sub>*, *bla<sub>OXA-58</sub>*, *qnrS*, *sul1*) que transmiten resistencia a las cefalosporinas, fluoroquinolonas y sulfonamidas también fueron prevalentes en las muestras de agua. Las pruebas en España incluyeron un análisis cuantitativo de los GRA. Algunos niveles en el agua corriente abajo eran más de cinco veces superiores a las concentraciones de referencia. Esas diferencias alcanzaron niveles de hasta 200 veces más por encima de la línea basal en ubicaciones de muestreo específicas.

- Se detectaron *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTX-M-32</sub>*, *qnrS*, *sul1*, *tet<sub>M</sub>* en niveles mayores en las muestras de agua corriente abajo.
- Se observó una creciente concentración de GRA importantes a medida que los ríos Gallego y Cinca avanzaban aguas abajo, especialmente del gen *tet<sub>M</sub>*.
- Los resultados de GRA para las pruebas de sedimentos correspondieron a los resultados de las pruebas en aguas de granja más contaminadas. Se detectaron niveles elevados de GRA *bla<sub>TEM</sub>* y *tet<sub>M</sub>*.
- En las muestras de polvo o suelo analizadas que se tomaron con el método (bootie Method), los niveles de GRA estuvieron muy por encima de lo que se esperaba encontrar en suelos normales.
- Se encontraron GRA que confieren resistencia a las fluoroquinolonas (*qnrS*) y  $\beta$ -lactamasas (*bla<sub>TEM</sub>*) en concentraciones de aguas subterráneas ( $\geq 1 \cdot 10^4$  copias/ $\mu$ L) en las tres localidades evaluadas.

Los genes encontrados en aguas y sedimentos (particularmente *bla<sub>TEM</sub>*, *tet<sub>M</sub>* y *qnrS*) están fuertemente asociados con el uso de porcina y suelos fertilizados con lodos de las regiones estudiadas, como se confirma en estas regiones.<sup>xxxiv</sup> Esto sugiere una fuerte correlación entre la presencia de granjas porcinas industriales y los altos niveles de GRA. Los resultados de las muestras tomadas con el método (bootie Method) indican claramente que las granjas de cerdos son una fuente importante de GRA que contaminan el ambiente circundante.

Estudios publicados recientemente ratifican nuestros hallazgos que confirman muchos de los genes antes mencionados que se encontraron directamente en lodos porcinos en España<sup>xxxv</sup>, especialmente en la región de Cataluña. Esta zona tiene una de las mayores densidades de granjas porcinas en Europa.<sup>xxxvi</sup> Estudios españoles también encuentran una correlación entre los niveles de GRA y las granjas porcinas intensivas y un mayor uso de antibióticos.<sup>xxxvii</sup>



**Imagen:** Lodo que contiene porcina vertido en un curso de agua, España. Créditos: Pueblos Vivos Cuenca

## La vida con granjas industriales - España

Los investigadores de World Animal Protection entrevistaron a 11 personas residentes en dos comunidades. Un punto en común fue el temor de hablar en contra de una poderosa industria.

**Amaia**, una de las entrevistadas, explicó cómo había cambiado la vida desde que las granjas industriales llegaron a su zona de Aragón, al noreste de España.

*"Mis padres siempre han tenido animales; cuando era niña, vivía en una casa donde había gallinas, conejos y, a veces, un cerdo. Todo era para nuestro propio consumo, porque mis padres combinaban las labores en los campos de la familia con el trabajo en otro lugar para ganar un salario. En la ciudad donde vivimos siempre había sido así y pocas personas se dedicaban a la ganadería extensiva.*

*Las fincas ganaderas eran pequeñas y los animales salían a pastar a los prados (hablo de hace 30 años). Luego, todo cambió. Se empezaron a construir granjas cada vez más grandes, ruidosas, que emanaban olores, tenían camiones, polvo y suciedad, y la gente ya no caminaba por esas áreas; nadie se acercaba.*

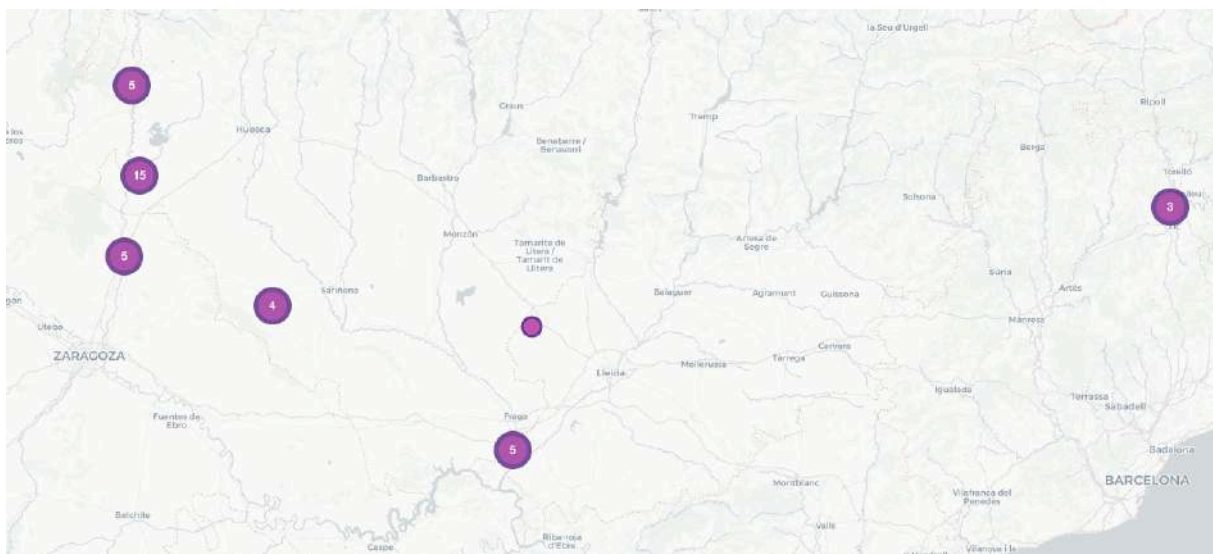
*Las zonas donde están ubicadas las dos granjas porcinas están degradadas, nadie viene a pasear, huele muy mal y el aspecto de la zona es muy desagradable: polvo, suciedad, ruido ... Cuando vierten el lodo en los campos nadie puede acercarse a las granjas porque el olor es insoportable y dura varios días".*

**Rosa**, quien también vive en la región de Aragón, informó que su área había sido gravemente afectada por el crecimiento de las granjas de producción intensiva.

*"Sin agua no hay futuro y aquí no la tenemos de sobra. Estos pueblos no sobrevivirán si no puedes abrir las ventanas, ni estar afuera ni caminar, si no puedes beber agua del grifo, o si perdemos nuestro gran atractivo que son los paisajes y la tranquilidad.*

*El lobby de la industria de la carne es muy poderoso y las ganancias de algunas empresas se están anteponiendo a la salud pública".*

**Imagen:** Localidades de muestreo en España.



En el apéndice 2 se incluyen la metodología detallada y los resultados país por país.





Imagen: Mapa global de las localidades de muestreo.

## Habilitando la producción en granjas con bajo nivel de bienestar - uso de antibióticos

Las granjas industriales hacen trizas a miles de millones de animales genéticamente idénticos en entornos estresantes y agrestes, sin acceso a espacios al aire libre o de luz natural. Los animales suelen estar enjaulados, sin espacio para darse la vuelta o tumbarse con sus extremidades, su cabeza o sus alas completamente extendidas. Este entorno altamente estresante y completamente agreste puede provocar lesiones y graves problemas de comportamiento; estos pueden ser agresión o comportamiento repetitivo como el morder la jaula o la falsa masticación continua hasta hacer espuma en la boca, el picoteo de las plumas o el canibalismo.

Los antibióticos se utilizan en todos los grupos para prevenir que los animales estresados se enfermen; afianzan un sistema de sufrimiento con el fin de producir alimentos.

Las granjas porcinas utilizan deliberadamente niveles muy altos de antibióticos. Esto se debe a que los cerdos son una de las especies del planeta de mayor producción intensiva en granjas. Según algunos estudios, se administró hasta el 90% de antibióticos en las primeras 10 semanas de vida de los cerdos. Su uso está asociado con mutilaciones dolorosas (especialmente la castración quirúrgica) e infecciones intestinales y respiratorias relacionadas<sup>xxxviii</sup>.

Las granjas de mayor tamaño usan más antibióticos por kilogramo de animal que las más pequeñas, y las granjas con cerdos en la última fase de engorde antes del sacrificio utilizan la mayor cantidad de antibióticos, a menudo para prevenir enfermedades<sup>xxxix</sup>.

Superbacterias en muestras de carne de cerdo de venta minorista: una investigación de World Animal Protection, realizada en 2018 y 2019, encontró superbacterias de importancia crucial para los seres humanos en muestras de carne de cerdo de los estantes de grandes minoristas en [Brasil](#), [España](#), [Tailandia](#) y los [Estados Unidos](#).

# Uso excesivo de antibióticos en la producción en granjas y surgimiento de nuevas superbacterias

La ONU, el G20 y muchos líderes mundiales reconocen que las superbacterias (resistencia a los antimicrobianos) representan una emergencia sanitaria mundial. Han pedido acciones integrales en la medicina, la comunidad y la agricultura para atender el problema. Sin embargo, el uso excesivo de antibióticos en la cría de animales continúa.

Globalmente, alrededor de tres cuartas partes de todos los antibióticos se utilizan en la producción en granjas<sup>xl</sup>. Su uso excesivo claramente facilita el desarrollo de superbacterias<sup>xi</sup>. Estas pueden, luego, propagarse a través de los alimentos, los animales, el estiércol, el aire, los insectos y el ambiente y plantean importantes riesgos para las personas y para la salud pública.

El uso de antibióticos en los alimentos o en el agua para estimular el rápido crecimiento de los animales de granja o para prevenir

enfermedades en rebaños enteros sigue siendo generalizado en la mayoría de los países. Hay poca o ninguna vigilancia ni tampoco presentación de informes nacionales sobre el uso de antibióticos y el monitoreo de las superbacterias. No existen niveles máximos de seguridad ambiental o indicadores de resistencia acordados internacionalmente.

Hasta la fecha, los "antibióticos más cruciales para su uso en humanos" han sido el foco de discusión de la ONU, de los organismos de salud pública y de la industria alimentaria. Sin embargo, la resistencia a los antimicrobianos es transferible entre clases y tipos de antibióticos. Cambiar a otro antibiótico considerado menos importante para los humanos, o reemplazar el uso de antibióticos con un probiótico, hierbas o una higiene y bioseguridad estrictas no son las respuestas.

**Imagen:** Cerdas encerradas en condiciones agrestes sin enriquecimiento en las granjas industriales. Créditos: World Animal Protection



# Riesgos ambientales procedentes de las granjas de producción intensiva

Las superbacterias y los genes de resistencia a los antibióticos no permanecen en la granja. La producción animal intensiva genera grandes cantidades de desechos animales que, a menudo, se esparcen en la tierra para su uso como fertilizante o se vierten en los cursos de agua públicos. Estos desechos también pueden filtrarse a las aguas subterráneas.

Además, los animales no metabolizan alrededor del 70% de los antibióticos que se les administran, por lo que estos pueden transferirse a los desechos animales. Las bacterias pueden sobrevivir de 2 a 12 meses en los desechos de animales de granja sin tratar<sup>xlii</sup>.

En Estados Unidos, otra investigación encontró que las aguas superficiales cercanas a las granjas industriales tienen concentraciones de bacterias fecales que exceden los valores de calidad del agua recreativa en el ámbito federal y estatal. En 112 de 185 muestras de agua, la bacteria enterococcus excedió los lineamientos, con la concentración más alta en una sola muestra, la cual fue de aproximadamente 150 veces el nivel estándar. Las concentraciones bacterianas más altas se encontraron inmediatamente corriente abajo de los campos donde se esparció la cerdaza<sup>xliii</sup>.

La tecnología, incluidos los digestores anaeróbicos, se usa comúnmente en las granjas porcinas. Los digestores descomponen y tratan la porcínaza para producir biogás como combustible en la granja y lodos ricos en nutrientes para aplicar en los campos. Sin embargo, los digestores anaeróbicos no eliminan los antibióticos ni las superbacterias y pueden crear condiciones favorables para que los genes de resistencia a los antibióticos se desarrollen y se propaguen<sup>xliiv</sup>.

Esto significa que los antibióticos o los genes de resistencia a los antibióticos pueden pasar de la granja al ambiente, lo que fomenta la evolución de bacterias resistentes a los antibióticos en el suelo y el agua<sup>xliv</sup>. Esto puede llevar a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con superbacterias presentes en lodos de estiércol<sup>xlvi</sup>.

Los cursos de agua pueden actuar como depósitos donde se acumulan superbacterias. Esto se debe a que albergan descargas provenientes de

vertidos agrícolas y plantas de tratamiento de aguas residuales humanas<sup>xlvii</sup>.

Una vez en el ambiente, las superbacterias pueden llegar a los humanos de múltiples formas, que van desde la recreación, el agua utilizada para beber y lavarse, el consumo de pescado y bivalvos de aguas contaminadas hasta el consumo de productos agrícolas contaminados con aguas superficiales<sup>xlviii</sup>.

El problema también afecta la salud del suelo. Los lodos de estiércol contaminados con superbacterias pueden entrar al suelo y alterar el equilibrio de las bacterias. Una vez ahí, las superbacterias pueden persistir en él incluso si no hay más contaminación con antibióticos. Estudios han revelado mayores niveles de GRA en los terrenos en donde se ha aplicado estiércol hasta por un período de seis meses después de la aplicación, lo cual sugiere que, con el tiempo, los GRA se pueden acumular en el suelo<sup>xlix</sup>.

También se pueden encontrar bacterias resistentes a los antibióticos en el aire alrededor de las granjas de ganado<sup>l</sup>. Las moscas y los insectos también tienen contacto con el ganado y el estiércol, contraen bacterias resistentes a los antibióticos y las transmiten a las personas. Una investigación de la Universidad Johns Hopkins en los EE. UU. encontró que muchas moscas domésticas cerca de las explotaciones de pollos portaban cepas de bacterias resistentes a los antibióticos<sup>li</sup>.

Esto no es solo un problema de las granjas agrícolas. Hasta el 75% de los antibióticos utilizados en la acuicultura también pueden liberarse en el ambiente circundante<sup>lii</sup>.

Es menos conocido que los metales pesados y los desinfectantes utilizados en la producción en granjas pueden desarrollar resistencia. Los suplementos alimenticios para animales incluyen metales pesados, como el óxido de zinc para cerdos. Este metal se expele en la porcínaza cuando se aplica a los campos, y esto es otra fuente de resistencia en el ambiente. Los desinfectantes se utilizan ampliamente en la limpieza de granjas o en los pediluvios para los trabajadores con el fin de prevenir la propagación de enfermedades. Sin embargo, los desinfectantes también pueden producir la resistencia a los antimicrobianos<sup>liii</sup>.

# Falta de vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos en el ambiente

A pesar de los riesgos de salud pública y ambiental, hay una mínima vigilancia o monitoreo de la resistencia a los antimicrobianos en el ambiente. Una encuesta mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, realizada entre 2017 y 2018, encontró que solo 10 de los 78 países donde esta se aplicó tienen regulaciones que limitan la descarga de residuos de antimicrobianos en el ambiente<sup>lv</sup>.

Los estudios investigaron los residuos de antibióticos en ríos en diferentes partes del mundo y compararon los hallazgos con los niveles de la AMR Industry Alliance (Alianza de la industria contra la resistencia a los antimicrobianos) establecidos como "seguros"<sup>lv</sup>. Sin embargo, el monitoreo de la resistencia a los antimicrobianos en sí se limita a estudios *ad hoc*.

Suiza ha tomado medidas para monitorear los residuos de antibióticos en ríos y lagos<sup>lv</sup>, pero la mayoría de los países no vigilan ni los residuos de antibióticos ni la resistencia a los antimicrobianos (RAM).

Esto se da a pesar del llamado de la ONU a los países para que refuercen el manejo de los desechos en los cursos de agua. La ONU ha expresado una gran preocupación por los riesgos a largo plazo de la RAM en el ambiente y la falta de una vigilancia establecida<sup>lvii</sup>.

**No hay ninguna norma internacional que indique la concentración a partir de la cual las superbacterias en el ambiente se tornan peligrosas para las personas. No existen límites acordados sobre la contaminación ambiental por superbacterias ni ninguna metodología internacional estandarizada para vigilar y rastrear el problema.**

**Imagen:** Las cerdas reproductoras de esta granja canadiense viven en grupos, no en jaulas y tienen acceso al aire libre. Créditos: World Animal Protection





## Creación de un sistema alimentario humanitario y sostenible

El uso irresponsable de antibióticos y el tratamiento inaceptable de los animales está causando una mayor preocupación en el ámbito local, regional y mundial.

A partir de 2022, la UE prohibirá todo uso rutinario de antibióticos en animales de granja, incluido el uso de antibióticos en la alimentación animal y en el agua potable para prevenir enfermedades en todos los grupos. Se recopilarán datos sobre la venta y el uso de antibióticos. Los animales vivos y los productos animales importados a la UE no deben haber recibido antibióticos para estimular el crecimiento rápido. Es imperativo que las nuevas reglas se apliquen a partir de 2022.

Este desarrollo alineará a la UE con Dinamarca, Finlandia, Suecia, Noruega, Islandia y los Países Bajos. Estos países ya tienen prohibiciones sobre el uso de antibióticos para prevenir enfermedades en grupos de animales.

La UE también tiene un objetivo en el marco de su política "De la granja a la mesa" para reducir las ventas de antibióticos para animales de granja en un 50% hacia el 2030. Es probable que se necesiten más reducciones de ventas para cumplir con los nuevos requisitos.

La reducción del uso de antibióticos se puede lograr mejorando el bienestar animal. Si no se realizan mutilaciones dolorosas, como cortar la cola o los dientes de los cerdos, entonces, puede que no se utilicen

antibióticos de forma rutinaria para prevenir infecciones. El poner fin al corte de la cola de los lechones ha reducido el uso de antibióticos en Finlandia, Suecia, Dinamarca, Países Bajos y Tailandia<sup>lviii, lvix</sup>.

Estudios europeos revelan que los cerdos criados en sistemas orgánicos con alto nivel de bienestar tienen tasas más bajas de resistencia a los antimicrobianos en comparación con aquellos criados en sistemas convencionales<sup>lx, lxi</sup>. Los animales alimentados con pastos al aire libre tienden a no recibir antibióticos de forma rutinaria en su alimentación. Un estudio realizado en Bélgica revela que los terneros de cría intensiva reciben cantidades mucho más altas de antibióticos que el ganado vacuno criado de forma menos intensiva<sup>lxii</sup>.

El uso de razas de pollos con alto nivel de bienestar que crecen más lentamente permite reducir, de forma sustancial, el uso de antibióticos en comparación con los sistemas intensivos convencionales<sup>lxiii, lxiv</sup>.

Passar a sistemas alimentarios más sostenibles y con alto nivel de bienestar y una menor producción animal, en general, es fundamental para ocuparse del uso excesivo no sostenible de antibióticos y la producción en granjas, y para proteger la salud pública y el ambiente. También es vital la reducción del consumo de productos de origen animal y el aumento del consumo de alimentos de origen vegetal<sup>lxv</sup>.

# Recomendaciones

World Animal Protection hace un llamado al sector minorista global, al sector de producción de proteínas animales, a los gobiernos, las organizaciones intergubernamentales, y al sector financiero global para que pongan en práctica nuestras recomendaciones.

## Los sectores mundiales de producción minorista de alimentos y producción de proteínas animales deberían ...

- **Cumplir**, como mínimo, con los requisitos de bienestar animal de [FARMS](#) para la producción o la compra. Desarrollar una política general de bienestar animal que se inspire en el modelo de los Cinco Dominios<sup>lxvi</sup> para que los animales de granja tengan una buena calidad de vida<sup>lxvii</sup>.
- **Comprometerse** a usar antibióticos de manera responsable en la producción en granjas: poner fin al uso rutinario de antibióticos, incluso para estimular el crecimiento rápido y prevenir enfermedades en todos los grupos. El uso de antibióticos debe reducirse atendiendo los problemas de bienestar subyacentes, y no siguiendo políticas o líneas de productos "libres de antibióticos" o "cero uso de antibióticos" o "criados sin antibióticos". Esto puede desincentivar a los productores a tratar a los animales enfermos y perjudicar el bienestar de los animales.
- **Aumentar** la proporción de opciones de proteínas de origen vegetal para respaldar una reducción mundial promedio en la producción y el consumo de carne del 50% para el 2040 y documentar públicamente el progreso.
- **Publicar** informes anuales sobre el progreso hacia la puesta en práctica de compromisos con el bienestar de alto nivel, junto con datos sobre el uso de antibióticos en las granjas proveedoras.

## Los gobiernos y las organizaciones intergubernamentales deberían ...

- **Introducir** y hacer cumplir, como mínimo, las regulaciones de acuerdo con los requisitos de bienestar animal de [Farms](#).
- **Introducir** y hacer cumplir regulaciones que pongan fin al uso rutinario de antibióticos, incluso para estimular el crecimiento rápido y prevenir enfermedades en todos los grupos.
- **Comprometerse** con la vigilancia nacional y la presentación de informes públicos sobre el uso de antibióticos en las granjas, junto con la presentación de informes sobre las prácticas de bienestar en las granjas.
- **Redireccionar** los subsidios e incentivos financieros a sistemas de alto nivel de bienestar que se ajusten al marco de bienestar de los Cinco Dominios y en apoyo a una reducción global promedio en la producción y el consumo de carne del 50% hacia el 2040.

## Los inversionistas financieros en los sistemas alimentarios deberían ...

- **Exigir** a las empresas para que cumplan, como mínimo, con los requisitos de bienestar animal de [Farms](#).
- **Incorporar gradualmente** requisitos para que las empresas adopten sistemas que se inspiren en el modelo de bienestar de los Cinco Dominios con el fin de que los animales de granja tengan una buena calidad de vida.
- **Exigir** a las empresas para que se comprometan a utilizar antibióticos de manera responsable en la producción en granjas: poner fin al uso rutinario de antibióticos, incluso para estimular el crecimiento rápido y prevenir enfermedades en todos los grupos. El uso de antibióticos debe reducirse atendiendo los problemas de bienestar subyacentes, y no siguiendo políticas o líneas de productos "libres de antibióticos" o "cero uso de antibióticos" o "criados sin antibióticos". Esto puede desincentivar a los productores a tratar a los animales enfermos y a perjudicar el bienestar de los animales.
- **Aumentar** la proporción de proteína de origen vegetal en la cartera de inversiones para respaldar una reducción mundial promedio en la producción y el consumo de carne del 50% hacia el 2040 y documentar el progreso de forma pública.
- **Influir** en políticas, tales como el apoyo a la divulgación de la sostenibilidad de los servicios corporativos y financieros, los marcos para facilitar préstamos sostenibles, procesos con la diligencia debida y el uso de antibióticos.

**Imagen:** Las aves de crianza al aire libre para la producción de huevos pueden ejercer comportamientos naturales en el campo. Créditos: World Animal Protection



# Apéndice 1 - Una creciente preocupación mundial

Una encuesta de World Animal Protection del 2020, aplicada en 15 países, encontró que el 88% de las personas están preocupadas por las superbacterias en los animales de granja y quieren que estos sean tratados bien y que los antibióticos se usen de manera responsable.

Dos tercios de los encuestados dijeron que ayudarían a realizar pruebas sobre la contaminación en las granjas para que las grandes empresas rindan cuentas.

Tabla 2: resumen de la encuesta de 2020

% de acuerdo, 1 000 participantes por país	Canadá	España	Tailandia	Estados Unidos	Promedio mundial de 15 países <sup>lxviii</sup>
Cree que el uso excesivo de antibióticos en animales de granja no es correcto	89	89	78	86	84
Preocupación por las superbacterias en los animales de granja	85	92	83	79	88
Cree que los antibióticos solo deben usarse para tratar animales enfermos	82	90	82	82	85
Cree que los gobiernos deben monitorear y presentar informes sobre el uso de antibióticos en los animales de granja	92	94	95	86	92
Cree que los gobiernos deberían aumentar las leyes de bienestar mínimo para los animales de granja	88	93	97	79	90
Está preparado para ayudar a realizar pruebas sobre la contaminación en granjas	63	75	81	56	65

# Apéndice 2 - Metodología del estudio y resultados detallados

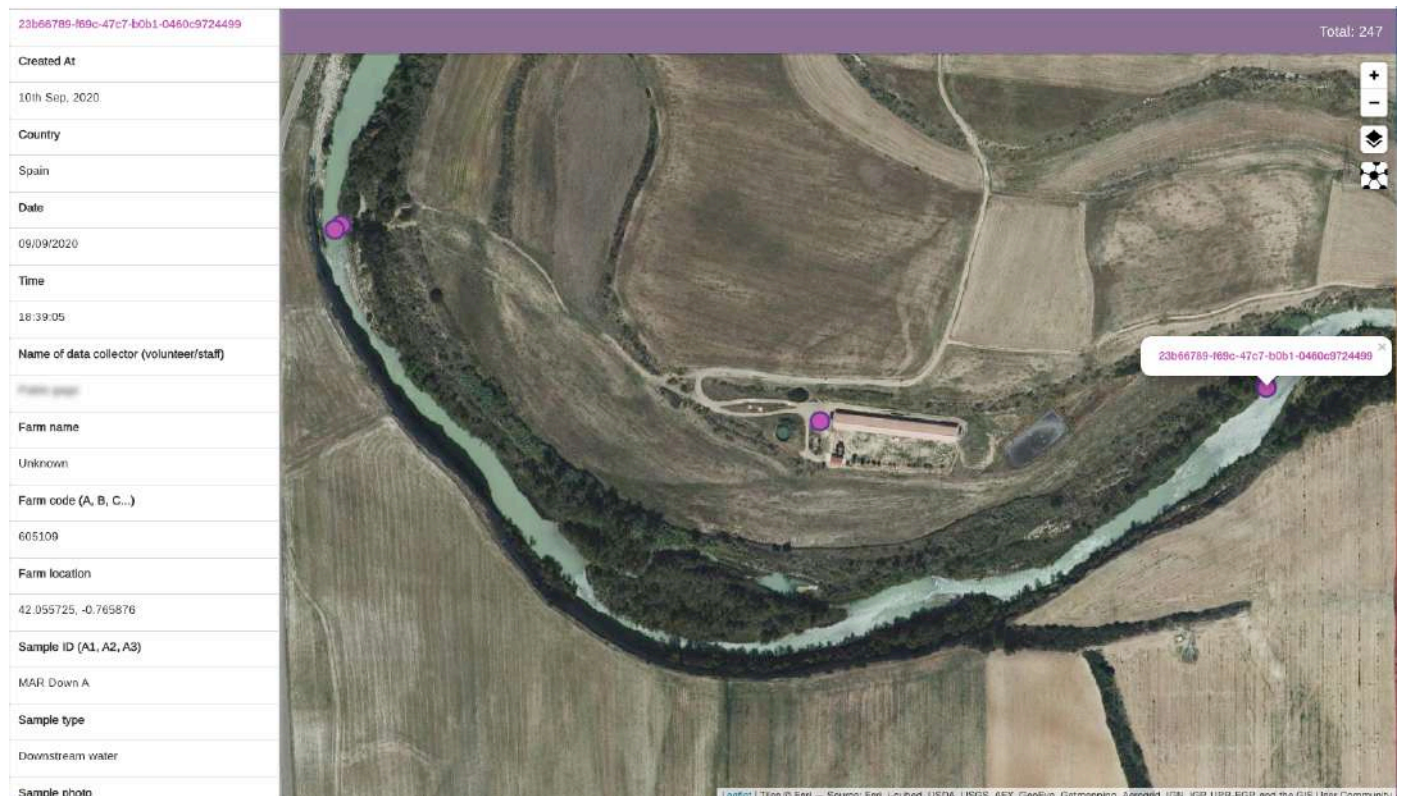
## Metodología

Se realizaron pruebas en aguas y sedimentos de los cursos de agua públicos conectados a las descargas de efluentes de 6 a 10 granjas porcinas en cada uno de los cuatro países (Canadá, España, Tailandia, EE. UU.). Se recogieron muestras corriente arriba y corriente abajo de las descargas de las granjas.<sup>lxix</sup> Además, se recolectaron muestras de suelo o polvo de la superficie mediante el método “bootie Method”,<sup>lxx</sup> que consiste en caminar por los terrenos públicos dentro de un rango de 150 m de las granjas para el análisis específico del gen *mecA* en España y Tailandia.

Todas las muestras se registraron en Epicollect5. Laboratorios nacionales acreditados analizaron las muestras para detectar GRA (genes de resistencia a los antibióticos) mediante RT-PCR/qPCR en busca de muchos de los genes clave descritos anteriormente.<sup>lxxi</sup> Se cultivaron bacterias y también se llevó a cabo la prueba de sensibilidad a los antibióticos en Tailandia. Se analizaron los resultados para detectar la presencia de GRA en muestras tomadas corriente abajo en comparación con las de las de corriente arriba, y la PCR positiva mediante las muestras de cultivo o del método de “bootie”.

Cuantificación de importantes GRA para España y EE. UU.: se utilizó como estándar una curva de calibración generada por diluciones de 10 veces de un vector plasmídico. Se analizó y se calculó la concentración de GRA en las muestras utilizando la ecuación de la curva estándar y el ciclo de cuantificación medido.

**Imagen:** Esta foto muestra la metodología de muestreo del estudio. El muestreo de aguas y sedimentos corriente arriba se indica con los marcadores morados del extremo izquierdo. Los marcadores del extremo derecho indican el muestreo de aguas y sedimentos corriente abajo correspondiente al código de Epicollect y a los detalles del LHS. El marcador de en medio adyacente al granero rectangular de la granja y al estanque de efluentes indica el lugar donde se realizó el muestreo por el “método bootie”.





# 1. Tailandia: resumen e interpretación de los resultados

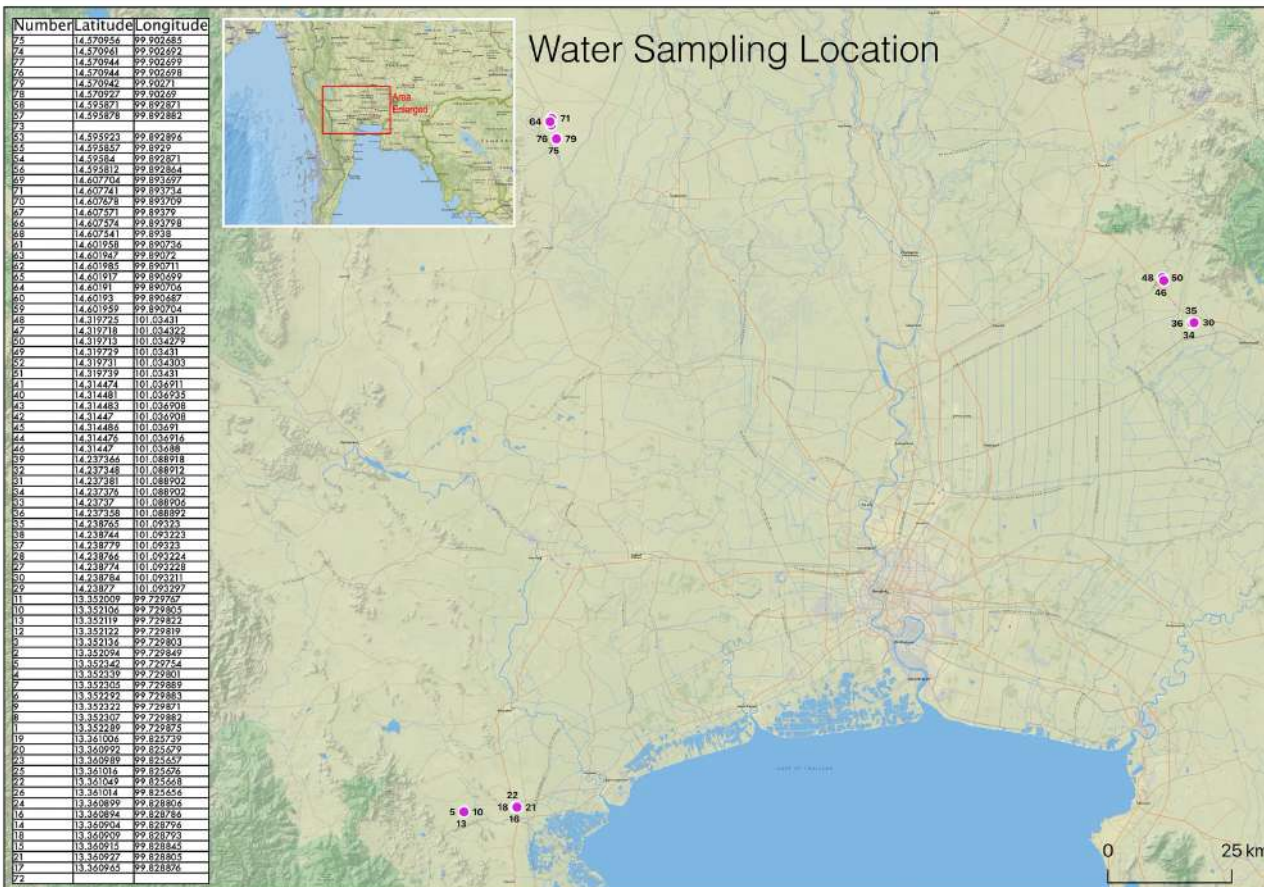
En agosto de 2020, se tomaron 77 muestras ambientales aguas arriba y aguas abajo de nueve granjas porcinas industriales medianas o grandes en el centro de Tailandia. Las muestras se agruparon para análisis de laboratorio (18 muestras de aguas, 18 de sedimentos, más nueve muestras del "método bootie", tomadas cerca de las instalaciones de las granjas). Se realizó un cultivo bacteriano y una prueba de sensibilidad antibiótica. Donde no se aislaron bacterias, se realizaron pruebas de PCR para los GRA: *bla<sub>SHV</sub>*, *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTXM</sub>*, *bla<sub>VEB</sub>* o *mcr-1*, *mecA*.

Trece muestras aisladas de  $\beta$ lactamasas de espectro extendido (BLEE) que producen *E coli* y *Klebsiella* (ocho *E coli* y cinco *K pneumoniae*) estaban presentes en muestras de aguas y sedimentos provenientes de seis de las nueve granjas. Estas bacterias tienen genes BLEE que transmiten resistencia a múltiples antibióticos, inclusive algunos categorizados como de máxima prioridad "de importancia crucial para la salud humana" por la OMS (como se muestra en **negrita a continuación**). Además, se cultivaron 39 muestras aisladas de *E coli* que no eran BLEE y de *Klebsiella spp.*

En concreto, todas las bacterias productoras de BLEE aisladas provenientes de las descargas de 6 de 9 granjas eran resistentes a la cefotaxima (una cefalosporina de tercera generación) y a la ciprofloxacina (una fluoroquinolona). También se encontró **corresistencia** a la gentamicina y al cotrimoxazol. Se encontraron bacterias que no eran del tipo BLEE, que estaban en al menos una muestra aguas abajo proveniente de 4 de 9 granjas, también resistentes a uno de los antibióticos, o a ambos, de la categoría de máxima prioridad: cefalosporinas de 3<sup>o</sup> generación o ciprofloxacina, más amikacina, gentamicina, trimetoprima-sulfametoxazol o amoxicilina. La descarga de aguas de una granja tenía bacterias *E coli* resistentes a la colistina cuyo uso está, actualmente, restringido en Tailandia.

También se detectaron los siguientes GRA mediante la PCR corriente abajo de las granjas de donde se vertieron.

- *bla<sub>SHV</sub>*, *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTXM</sub>* y *bla<sub>VEB</sub>*, en este caso, transmiten resistencia a las cefalosporinas y, generalmente, también a la ciprofloxacina y a la gentamicina.
- Se identificó el gen *mcr-1* que transmite resistencia a la colistina en uno de los casos antes mencionados.
- Se aisló el gen *mecA* en un rango de 150 m de las instalaciones de granjas en cinco sitios de granjas, que evidenciaron una presión de selección en el ambiente para potenciales SARM. El mismo SARM no fue cultivado.



## Interpretación

Este es el primer informe de GRA ambientales de granjas porcinas en Tailandia central. Los resultados de la resistencia bacteriana también infieren que las granjas porcinas en esta región hacen uso sistémico de cefalosporinas fluoroquinolonas de tercera generación y otros antibióticos. Los hallazgos reiteran los resultados de cultivo y sensibilidad en muestras tomadas entre 2012 y 2015 en la industria porcina de otras regiones<sup>lxii, lxiii</sup>, antes del plan de acción nacional tailandés contra la RAM y de la normativa revisada sobre alimentación.

Nuestros resultados sugieren que tales instrumentos de políticas no han protegido eficazmente los cursos de agua públicos. El hallazgo del gen resistente a la colistina solo en una granja podría indicar un uso, tal vez legal, si el veterinario lo prescribe actualmente para el tratamiento inyectable. Sin embargo, también podría significar un uso ilegal si se aplica actualmente para terapia de rebaño en los alimentos o en el agua.

Un estudio de 2020 sobre el uso de antibióticos en granjas del noreste de Tailandia reveló que las granjas de cría por contrato de mediana escala (100 a 500 cerdas) aplicaban antibióticos principalmente (94%) para la prevención de enfermedades, según lo recomendado por las empresas matrices. De estos, el 41% utilizó enrofloxacina (una fluoroquinolona), uno de los tipos limitados de antibióticos permitidos. Entre otros antibióticos permitidos se encuentran la gentamicina, la amoxicilina, la cefalexina, la penicilina y la estreptomina.

Curiosamente, los propietarios y los gerentes de granjas de mediano tamaño en el estudio informaron que los cerdos experimentan, principalmente, enfermedades intestinales (especialmente la diarrea). Dijeron que intentaron protegerlos mediante la vacunación (generalmente cuando eran lechones) y con cercas de bioseguridad alrededor de la propiedad. Además, casi la mitad de las granjas encuestadas (> 50 granjas) recibieron alimentos medicados. Todas las granjas pertenecientes a una de las dos empresas contratistas administraron a sus cerdos alimentos medicados con antibióticos. Las cerdas recibieron inyecciones de antibióticos después del parto para prevenir infecciones<sup>lxiv</sup>.

Si bien el estudio comparó el acceso, el conocimiento y la educación y las prácticas de las granjas pequeñas y medianas, no comparó los volúmenes de uso de antibióticos. El uso de antibióticos para prevenir enfermedades puede ser una característica de los contratos de las grandes empresas de cría de cerdos en Tailandia.

## 2. USA: resumen e interpretación de los resultados

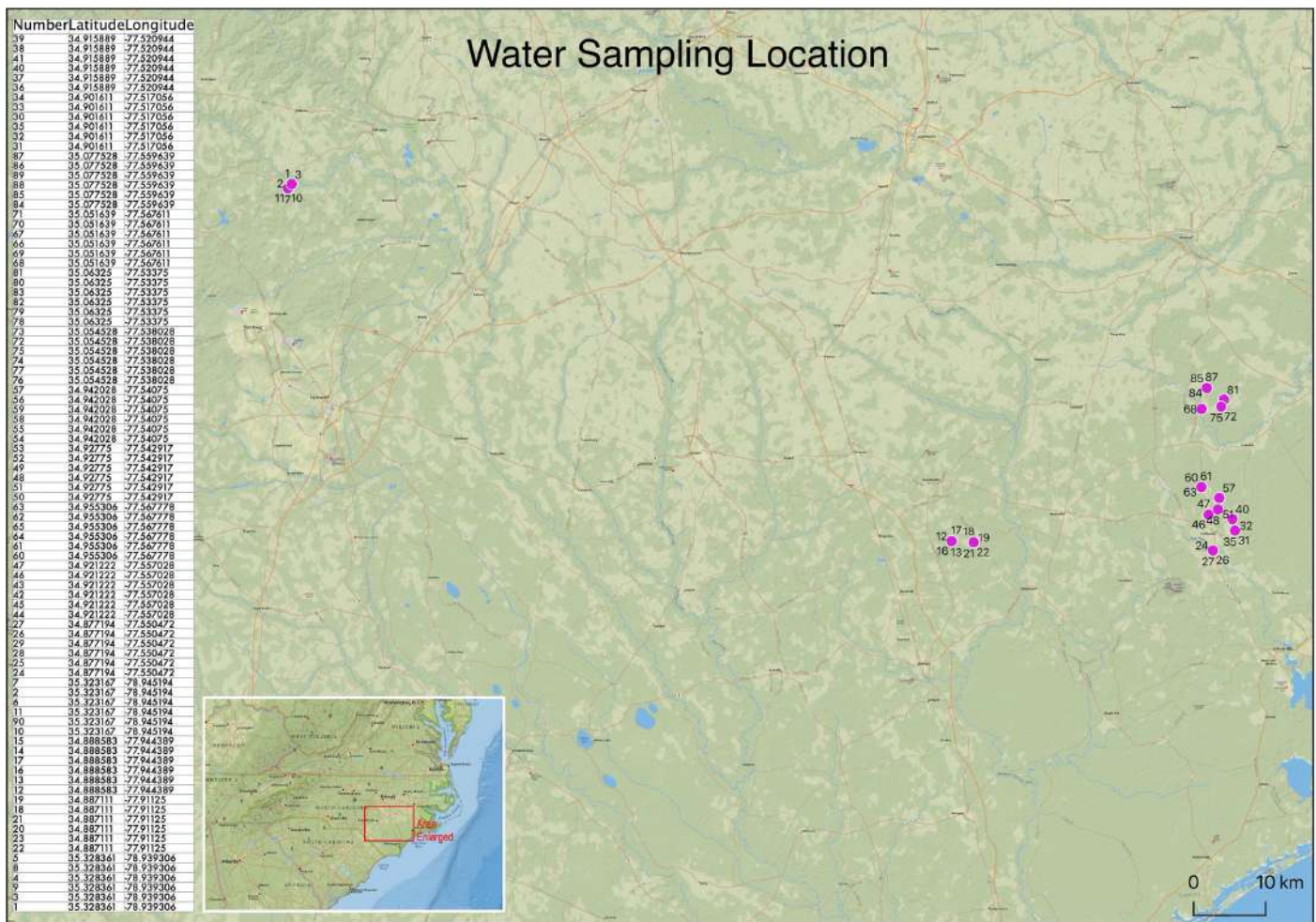
---

En octubre de 2020, se tomaron 45 muestras de agua y 45 de suelo en ocho sitios en el este de Carolina del Norte, tanto aguas abajo como aguas arriba de las granjas de confinamiento intensivo. Luego, estas muestras se analizaron para detectar la presencia de 27 GRA objetivo.

En general, los resultados de las pruebas indican que todas las muestras dieron positivo para la presencia de al menos uno de los genes de resistencia objetivo. Dada la alta densidad de fincas en el lugar, vale la pena señalar la presencia de GRA en todas las muestras, ya que supuestamente el agua corriente arriba ya estaba contaminada. Noventa y dos por ciento de las muestras (83 de 90) tuvieron resultados de PCR positivos para tres o más genes de resistencia y 10 fue el mayor número de genes en una sola muestra.

Quince muestras (17%) tuvieron resultados de PCR positivos para siete o más genes de resistencia. Se encontraron siete genes de resistencia – *floB*, *gyrA*, *strB*, *sul1*, *tetA*, *tetB* y *tetC* – en al menos un tercio de todas las muestras, el *tet* se encontró en casi todas las muestras tomadas (83 de 90).

- ❑ Casi todas las muestras (89 de 90) tuvieron resultados de PCR positivos para al menos uno de los genes resistentes a la tetraciclina incluidos en el análisis. Aproximadamente la mitad de las muestras fueron positivas para tres, o más, de los genes resistentes a tetraciclina, normalmente el *tetA*, *tetB*, y el *tetC*. Debido al uso generalizado de tetraciclinas en la industria porcina de EE. UU. (clasificado como muy importante por la OMS), no es de sorprender que la resistencia a las tetraciclinas sea prolífica en el ambiente circundante. La información sobre el uso de tetraciclina se basa en datos de ventas anuales y en encuestas voluntarias.
- ❑ Se identificaron resultados de PCR positivos para la resistencia a la estreptomicina, un aminoglucósido, en 59 de 90 muestras. *StrA* se encontró con menos frecuencia, pero cuando se encontró lo era de forma predominante en muestras aguas abajo. Asimismo, *strB* se encontró en el 78% de las muestras aguas abajo en comparación con el 45% de las muestras aguas arriba.
- ❑ El gen de mutación\* *gyrA* confiere resistencia a las fluoroquinolonas. Se encontraron resultados de PCR positivos en 31 de 90 muestras. Lo más probable es que se haya detectado en muestras aguas abajo de los sitios de cultivo objetivo y más muestras de suelo tuvieron resultados de PCR positivos para el gen que las de agua. (\* Tendría que realizarse pruebas adicionales para confirmar todos los positivos).
- ❑ En tres sitios se identificó el gen de la mutación\* *gyrA* como positivo por PCR solamente en muestras aguas abajo.
- ❑ En 23 de 90 muestras se identificaron genes que confieren resistencia a los antibióticos betalactámicos entre los que están las cefalosporinas y los carbapenemas. *bla<sub>CTX</sub>* y *bla<sub>CMY</sub>* fueron los que se encontraron con mayor frecuencia. Las muestras del sitio 2 tuvieron resultados de PCR positivos para dos genes de resistencia a betalactámicos – *bla<sub>CMY</sub>* y *bla<sub>CTX-M</sub>* – y en muestras de un sitio se detectaron tres genes: – *bla<sub>CMY</sub>*, *bla<sub>CTX-M</sub>* y *bla<sub>TEM</sub>* –.
- ❑ En cinco sitios se encontró *bla<sub>CTX</sub>* sólo en muestras corriente abajo que provenían de los siete sitios aguas arriba y aguas abajo.
- ❑ En tres sitios se encontró *bla<sub>CTX-M</sub>* solamente en muestras aguas abajo.
- ❑ El gen *mphA*, que confiere resistencia a los macrólidos, se identificó en 9 de 90 muestras y se encontró de forma predominante en muestras tomadas aguas abajo de los sitios de las granjas objetivo. El gen se encontró corriente arriba en solo dos sitios y solamente en muestras de suelo, lo que indica que los genes podrían haber sido transportados por el aire y no por el agua.



## Interpretación

Los resultados de este proyecto de pruebas son sorprendentes. Están respaldados por estudios anteriores que identificaron bacterias resistentes a los antibióticos y/o genes de resistencia a los antibióticos esparcidos en las granjas, en los estiércoles y en los entornos cercanos a las granjas en Estados Unidos. La frecuente identificación de genes que confieren resistencia a clases específicas de antibióticos muy utilizados por la industria porcina aumenta la evidencia de que el uso rutinario en las granjas es responsable de la resistencia a los antibióticos fuera de las granjas y afecta negativamente la salud pública.

Pruebas en pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lugares cercanos a dos granjas porcinas en Carolina del Norte encontraron *E coli* resistente a antibióticos aprobados para el uso en la producción porcina. En el primer sitio, el 37% de las muestras aisladas de *E coli* eran resistentes a al menos un antibiótico, con resistencia identificada a la clortetraciclina, a la tetraciclina y al sulfametoxazol. En el segundo sitio, el 79% de las muestras de *E coli* era tenía resistencia, de forma predominante, a la tetraciclina y a la clortetraciclina, así como a la ampicilina, a la estreptomycin, al cloranfenicol, al sulfametoxazol, a la trimetoprima, al florfenicol y a la neomicina<sup>lxv</sup>.

Un estudio sobre *Salmonella spp*, aislada del estiércol y de las muestras ambientales en Carolina del Norte después de la aplicación de estiércol en granjas porcinas comerciales, encontró GRA en plásmidos de las bacterias, lo que significa que podrían transferirse a otras bacterias. Cinco de los 14 plásmidos se consideraron resistentes a múltiples fármacos. Las salmonelas portaban genes que confieren resistencia al sulfisoxazol, a las tetraciclinas y a los betalactámicos<sup>lxvii</sup>.

Otro estudio identificó GRA que confieren resistencia a la tetraciclina en muestras tomadas de aguas subterráneas y lagunas en dos sitios de producción porcina. Se encontraron los ocho genes objetivo en las muestras en general. Sin embargo, en las muestras tomadas de pozos aguas arriba para el control de antecedentes no se encontró ninguno de los genes objetivo en un sitio y solo un gen objetivo en el otro<sup>lxviii</sup>.

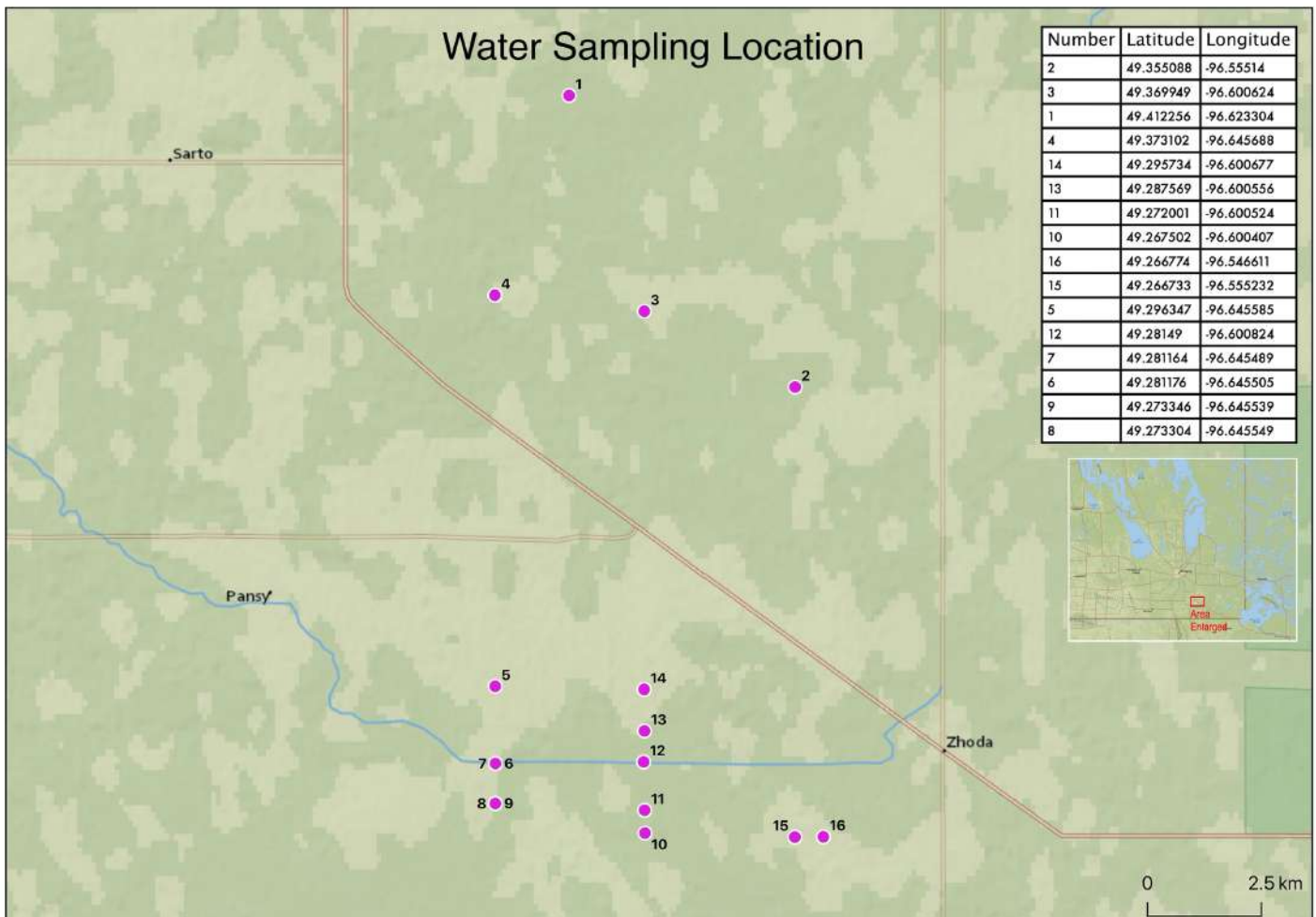
Pero otro estudio tomó muestras de lagunas en tres tipos de explotaciones porcinas en el sureste de los Estados Unidos. Todas las muestras tomadas de una granja de cerdas (reproducción) y las que se tomaron de granjas de crianza dieron resultados positivos para genes de resistencia a la tetraciclina (*tetA*) y a los macrólidos (*ermF*). Casi todas las muestras (90%) procedentes de una granja de finalización dieron resultados positivos para los mismos genes<sup>lxviii</sup>.

### 3. Canadá: resumen e interpretación de los resultados

La presencia de GRA se evaluó a partir de 42 muestras ambientales (20 de aguas, más 22 de suelos). Las muestras se recolectaron en noviembre de 2020 en espacios de acceso público aguas arriba y aguas abajo de ocho granjas porcinas industriales en la provincia de Manitoba. Se realizaron pruebas para 27 GRA objetivo.

En general, los resultados de las pruebas indican que todas las muestras fueron positivas para la presencia de al menos uno de los genes de resistencia a antibióticos objetivo. Los siguientes rangos de genes de resistencia - *mphA*, *bla<sub>CTM</sub>*, *bla<sub>CTXM</sub>*, *floR*, *gyrA*, *strA*, *strB*, *sul1*, *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetO* y *tetO* - se encontraron en las muestras totales de agua y suelo.

- ❏ Casi todas las muestras (38 de 42) tuvieron resultados de PCR positivos para al menos uno de los genes resistentes a la tetraciclina incluidos en el análisis. Más de las tres cuartas partes de las muestras fueron positivas para tres o más genes de resistencia a la tetraciclina, normalmente *tetA*, *tetB*, and *tetC*. Dado el uso generalizado que la industria porcina canadiense hace de las tetraciclinas (categorizadas como muy importantes por la OMS), no es de sorprender que la resistencia a las tetraciclinas sea prolífica en el ambiente circundante.
- ❏ Se identificaron resultados de PCR positivos para la resistencia a la estreptomicina, un aminoglucósido (clasificado como de importancia crucial por la OMS) en 36 de 42 muestras. *StrA* se encontró con menos frecuencia que *strB*, pero donde se encontró de manera predominante fue en muestras aguas abajo.
- ❏ Se identificaron genes que confieren resistencia a los antibióticos betalactámicos, entre los que están la penicilina, las cefalosporinas y los carbapenemas, en muestras de las ocho ubicaciones de muestreo de granjas. Esto incluía solamente en la muestra aguas abajo de una granja. *Bla<sub>CTV</sub>* y *bla<sub>CMY</sub>* fueron los que se encontraron con mayor frecuencia, al contrario de *bla<sub>CTXM</sub>*.
- ❏ El gen *mphA*, que confiere resistencia a los macrólidos, se identificó en las ocho ubicaciones de muestreo de las granjas. Es importante destacar que estaba presente, además, corriente abajo de tres granjas.



## Interpretación

En Canadá, alrededor del 80% de los antibióticos se administran a los cerdos en su alimentación; los macrólidos y las tetraciclinas representan dos de las tres clases de antibióticos más utilizados en la alimentación porcina. Más de la mitad de los antimicrobianos administrados a los cerdos es para la prevención de enfermedades (52%), mientras que su uso para estimular el crecimiento sigue siendo extremadamente alto (44% dentro de la industria nacional).<sup>lxxxix</sup>

Nuestros resultados se alinean adecuadamente con estudios previos canadienses de otras provincias que presentan una gama muy similar de genes en la porcina (lodo) y en las aguas provenientes de los cultivos fertilizados con ella.<sup>lxxxvii</sup> Estudios anteriores muestran que estos genes (especialmente las variantes *tet*, *sul*, *str* y *bla<sub>TEM</sub>*) han existido en las granjas y en la industria por más de una década.<sup>lxxxvi, lxxxviii</sup>

La cría de cerdos (y de aves de corral) y la aplicación de estiércol están relacionados con la contaminación de las aguas superficiales y recreativas en Canadá.<sup>lxxxiii</sup> Un estudio clave demostró que el porcentaje de terreno utilizado para esparcir estiércol líquido cerca de las playas del sur de Quebec estaba altamente correlacionado con la contaminación por *E coli* resistente de dichas aguas.<sup>lxxxiv</sup> Mientras que otro estudio reveló que las muestras de cuatro cuencas hidrográficas canadienses eran resistentes a entre 4 y 7 antibióticos, entre los que están la ampicilina, el sulfisoxazol y la tetraciclina. Hubo patrones de resistencia superpuestos provenientes de muestras de heces porcinas y del río Oldman en Alberta.<sup>lxxxv</sup>

Muchos canadienses disfrutan de estas playas interiores y de estas áreas de conservación. Los animales silvestres que usualmente no están expuestos a agentes antimicrobianos también pueden adquirir bacterias resistentes a tales agentes. Esto ocurre mediante el contacto con las personas y los animales domésticos, y por el ambiente. Se presentaron informes de una serie de estudios de vida silvestre, cerca de granjas porcinas (en Ontario) entre 2009 y 2016. Todos muestran pequeños mamíferos (ratones, topes, musarañas, mapaches y otros animales silvestres) con *E coli* resistente a múltiples fármacos. La resistencia a las tetraciclinas fue la que se observó con mayor frecuencia en muestras aisladas que se tomaron de animales silvestres que viven en granjas porcinas o cerca de ellas y de cerdos en las mismas granjas.<sup>lxxxvi, lxxxvii, lxxxviii</sup>

Finalmente, más de 4 millones de personas en Canadá obtienen su agua potable de pozos privados. Si bien no tomamos muestras de aguas subterráneas, los riesgos de contaminación existen, aunque, al parecer, esto no se ha monitoreado recientemente.<sup>lxxxix</sup> La contaminación del aire es otro riesgo; hay informes de que casi el 60% de los establos de cerdos canadienses albergan aire con genes resistentes a la colistina<sup>xc</sup>. En conclusión, en casi todas las provincias, se ha encontrado que los GRA provienen de granjas porcinas y contaminan el ambiente.

## 4. España: resumen e interpretación de los resultados

En septiembre de 2020 se recogieron 38 muestras ambientales en las inmediaciones de granjas porcinas ubicadas en las provincias de Aragón y Cataluña. Estas provincias se caracterizan por tener una gran cantidad de granjas porcinas industriales. Cataluña cuenta con una de las mayores densidades de granjas porcinas de España y de toda Europa<sup>xci</sup>.

En total, se evaluó la presencia de ocho GRA de aguas arriba y aguas abajo (16 muestras de agua y 13 de sedimentos); ocho muestras tomadas con el "método bootie" de seis granjas separadas, más un grupo de tres granjas. También se realizaron análisis de tres sitios de aguas subterráneas. Los tamaños de las granjas oscilaron entre 1.200 y 7.200 cerdos.

- ▣ Se detectaron niveles mayores de *Bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTX-M-32</sub>*, *bla<sub>OXA58</sub>*, *qnrS*, *sul1*, *tet<sub>M</sub>* y 16S rRNA en las muestras de agua corriente abajo. Todos estaban presentes en concentraciones importantes. Algunos GRA eran más de cinco veces y en algunos casos hasta 200 veces más que la concentración basal.
- ▣ Se encontraron *Sul1* y *int1* en cantidades importantes en la mayoría de las muestras y, en dos sitios, los niveles indicaron una contaminación significativa.
- ▣ Los *bla<sub>TEM</sub>*, *bla<sub>CTX-M-32</sub>*, *bla<sub>OXA58</sub>* - GRA que transmiten resistencia a las cefalosporinas al menos tan bien como *qnrS*, que transmiten resistencia a las fluoroquinolonas - se encontraron en niveles importantes en sitios aguas abajo de tres granjas. El GRA más ampliamente contaminante fue el *tet<sub>M</sub>* que transmite resistencia a las tetraciclinas. Tales genes (*bla<sub>TEM</sub>*, *tet<sub>M</sub>*, *qnrS*) están fuertemente asociados con el uso de porcinoza y suelos fertilizados con lodos en las regiones estudiadas, como se confirma en estas regiones<sup>xcii</sup>. Esto sugiere una fuerte correlación entre la presencia de granjas porcinas industriales y los altos niveles de GRA.
- ▣ Se observó una creciente concentración de GRA en cantidades importantes a medida que el río Gallego avanzaba aguas abajo. Esto se evidenció con muestras de agua analizadas en cuatro granjas ubicadas en los bancos.
- ▣ Las muestras de agua del grupo de granjas ubicadas a orillas del río Cinca también mostraron niveles muy altos de GRA, especialmente para el gen *tet<sub>M</sub>*. Se observó un aumento muy significativo de GRA en las muestras aguas abajo. Los resultados de GRA para las pruebas de sedimentos correspondieron a los resultados de las pruebas en aguas de granja más contaminadas. Se detectaron niveles altos para los GRA *bla<sub>TEM</sub>* y *tet<sub>M</sub>* de las muestras más contaminadas (descargadas por una granja).

Dados los resultados anteriores, el consultor también amplió la prueba de PCR del polvo superficial, y concluyó lo siguiente:

"La hipótesis del impacto de las granjas porcinas industriales en el entorno cercano en términos de emisiones de GRA se ve reforzada por los análisis del polvo superficial recogido en las proximidades de las granjas (muestras tomadas con el "método bootie"). Se detectó la mayoría de los GRA objetivo (ver Tabla 3); hay niveles altos en aquellos cuantificados (Tabla 4). Estos niveles están muy por encima de lo que se espera de los suelos normales y es clara la contaminación proveniente de las granjas adyacentes. Debido a las altas prevalencias de GRA encontradas, se realizaron análisis adicionales de tres genes específicos (*int1*, *bla<sub>TEM</sub>*, *tet<sub>M</sub>*) para evaluar las diferencias entre granjas.

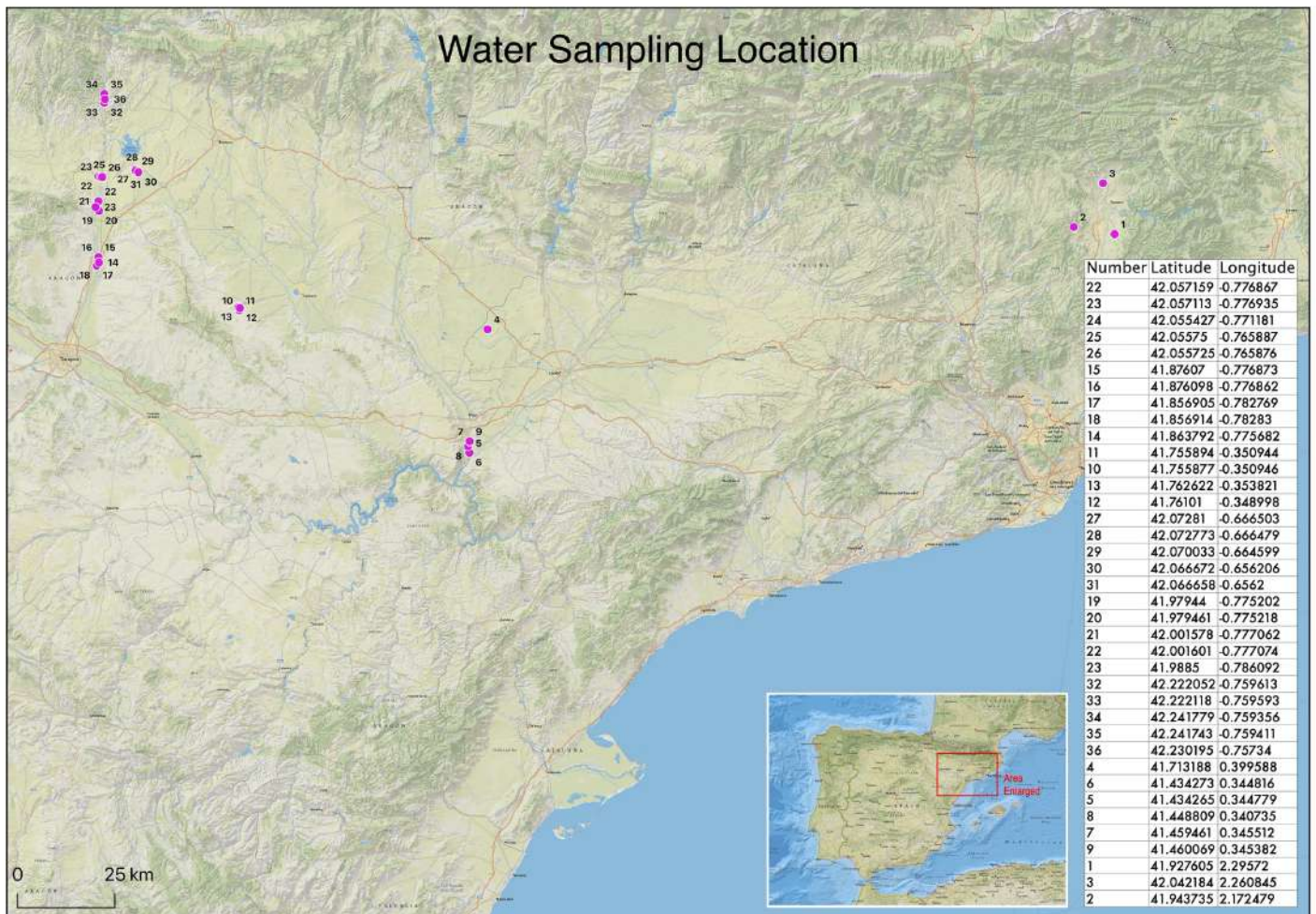
Tabla 3 - Perfiles de GRA en muestras de botines

Botín	GRA detectados
GRUPO 1: 4 granjas	<i>sul1</i> , <i>int1</i> , <i>bla<sub>TEM</sub></i> , <i>qnrS</i> , <i>bla<sub>CTX-M-32</sub></i> , <i>bla<sub>OXA58</sub></i> , <i>tet<sub>M</sub></i>
GRUPO 2: 4 granjas	<i>sul1</i> , <i>int1</i> , <i>bla<sub>TEM</sub></i> , <i>qnrS</i> , <i>bla<sub>CTX-M-32</sub></i> , <i>bla<sub>OXA58</sub></i> , <i>tet<sub>M</sub></i>

Tabla 4 - niveles de tres genes específicos.

Resultados en copias / gramos extraído.

Botín (análisis por muestra de granja)	<i>int1</i>	<i>bla<sub>TEM</sub></i>	<i>tet<sub>M</sub></i>
A	2.3E+07	5.5E+06	5.5E+05
B	2.3E+06	5.6E+06	1.1E+06
C	3.3E+08	1.2E+07	1.4E+07
D	2.3E+07	3.9E+06	9.1E+05
E	1.5E+07	3.6E+06	3.8E+05
F	3.5E+05	3.3E+06	4.1E+04
G	5.0E+09	5.8E+07	1.1E+09
H	2.5E+06	2.2E+06	7.7E+04





## Interpretación

Los niveles encontrados fueron altos para todos los GRA analizados, aunque aquellos encontrados en dos granjas (C y G) fueron sorprendentes, con niveles de varios órdenes de magnitud superiores a las de las demás granjas. Estos niveles son preocupantes desde el punto de vista ambiental. En conclusión, los resultados de las muestras de bootie indican claramente que las granjas porcinas son una fuente importante de GRA para el ambiente circundante”.

Además, debido a la naturaleza rocosa de la región y a la presencia de manantiales de aguas subterráneas (históricamente utilizados como agua potable), se realizaron algunas pruebas en las aguas subterráneas. Se aplicó una encuesta estacional sobre GRA en tres manantiales naturales de Osona (Cataluña), una zona de ganadería intensiva. Los sitios de muestreo se seleccionaron en función de sus altas concentraciones de nitrato<sup>xciii</sup>, atribuidas a la fertilización con desechos del ganado. Resumen de resultados por el consultor:

Se encontraron GRA que confieren resistencia a las fluoroquinolonas (*qnrS*) y  $\beta$ -lactamasas (*bla<sub>TEM</sub>*) en concentraciones importantes ( $\geq 1 \cdot 10^4$  copias/ $\mu$ l) en los tres puntos evaluados. Además, se encontró el GRA *tetM*, que confiere resistencia a las tetraciclinas, en un lugar de muestreo ( $\geq 1 \cdot 10^3$  copias/ $\mu$ l). Estos niveles son significativos para las aguas subterráneas, donde se esperaban concentraciones más bajas. El resto de los GRA analizados no fueron detectados o mostraron niveles bajos (normalmente de 50 a 300 copias/ $\mu$ l).

“Diferentes factores que incluyen (I) la alta densidad de granjas porcinas en las áreas evaluadas, (II) los altos niveles de nitratos detectados en los mismos lugares y (III) el hecho de que los GRA encontrados están estrechamente relacionados con antibióticos muy utilizados con fines veterinarios sugieren que la presencia de estos GRA en las aguas subterráneas está vinculada a las actividades ganaderas.

“Esta hipótesis se ve reforzada por el hecho de que los GRA encontrados en niveles importantes son predominantes en muestras de lodos porcinos y de suelos fertilizados con lodos en estudios realizados en la misma zona. Los resultados concuerdan con los obtenidos en aguas superficiales en el estudio de granjas porcinas”.

Recientes estudios científicos refuerzan nuestros hallazgos que confirman que muchos de los genes más arriba mencionados se encuentran directamente en lodos porcinos en España<sup>xciiv</sup>, especialmente en la región de Cataluña<sup>xciv</sup>. Los estudios españoles también encuentran una correlación entre los niveles de GRA y granjas porcinas intensivas y un mayor uso de antibióticos<sup>xcvi</sup>.

# Apéndice 3 - Definición de FARMS y del modelo de los Cinco Dominios

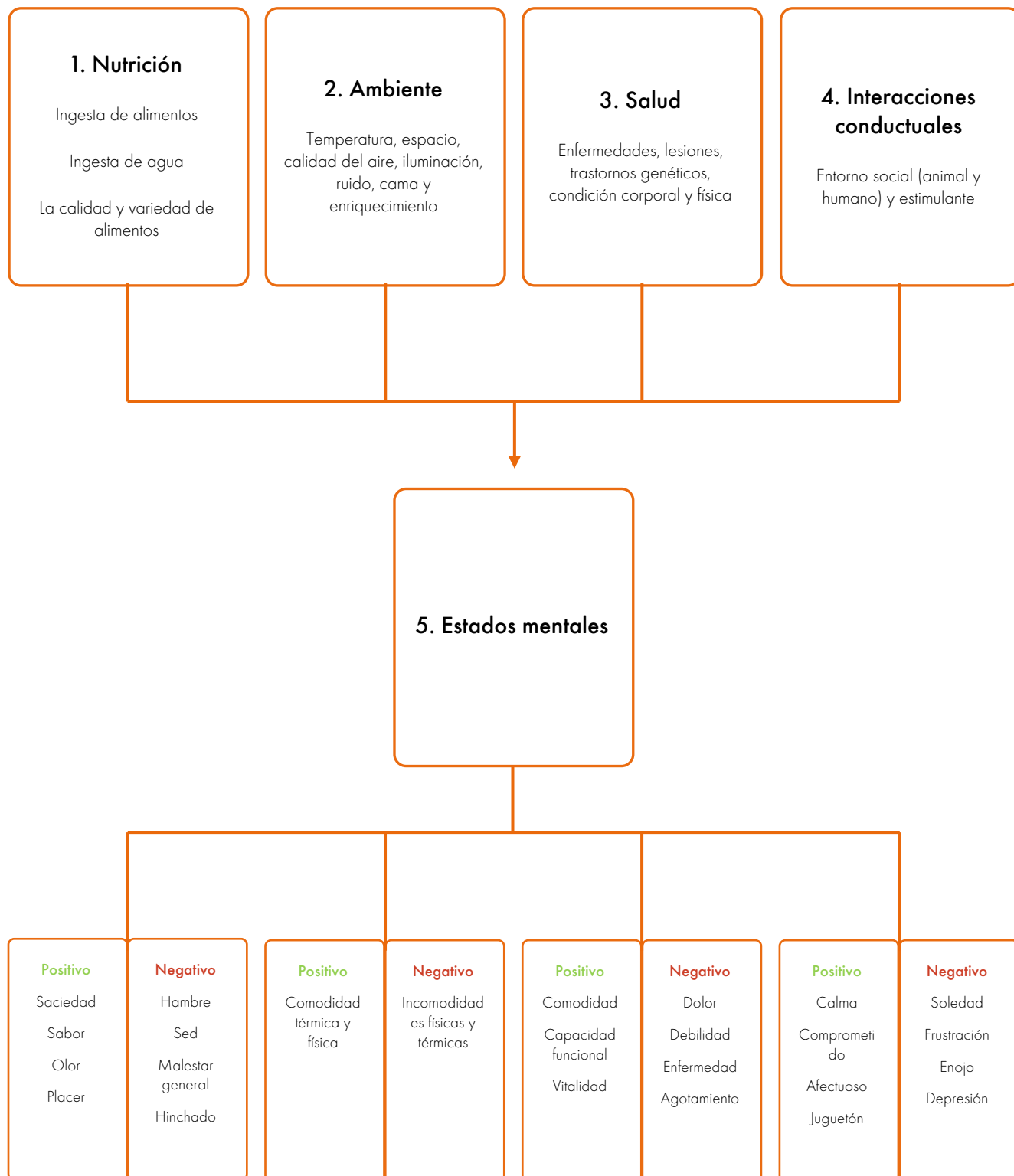
Las normas mínimas responsables para animales de granja (FARMS, por sus siglas en inglés) establecen los estándares mínimos de bienestar para las granjas industriales existentes, que cubren ganado vacuno, pollos criados para carne (pollos de engorde), ganado lechero, gallinas ponedoras y cerdos. Fueron desarrollados por World Animal Protection, Compassion in World Farming y Humane Society International con referencia a los principales marcos y estándares mundiales y a la ciencia más reciente sobre las necesidades comportamentales de los animales de granja. FARMS establece los riesgos de bienestar y las estrategias de mitigación para atender esos riesgos y específicamente para el [ganado vacuno](#), [pollos de engorde](#), [ganado lechero](#), [gallinas ponedoras](#) y [cerdos](#).

Tabla 5 - Riesgos de bienestar y estrategias de mitigación adaptadas de [los principios de FARMS](#).

Riesgos de bienestar	Estrategias de mitigación	Animales de granja incluidos
Limitación de espacio - compartimentos individuales, encierros o jaulas que restringen el movimiento de los animales y las condiciones de hacinamiento que aumentan la transmisión de enfermedades y el contacto perjudicial con otros.	Aumentar el espacio por animal (por ejemplo, pasar del alojamiento individual a las viviendas grupales) y que los animales puedan pararse, estirarse, darse la vuelta, sentarse, y/o tumbarse cómodamente al mismo tiempo. Densidad de población lo suficientemente baja como para evitar temperaturas y humedad excesivas, competencia, estrés, agresión y comportamiento anormal, y posibilitar una buena gestión de los desechos.	Ganado vacuno, pollos de engorde, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Ambientes agrestes e inadecuados - ambientes poco estimulantes que producen problemas de comportamiento.	Proporcionar enriquecimiento ambiental (por ejemplo, paja para que los cerdos manipulen, nidos para gallinas, perchas y materiales que los pollos de engorde y las gallinas puedan picotear, cepillos y materiales masticables para vacas lecheras o terneros) para estimular estados emocionales positivos.	Ganado vacuno, pollos de engorde, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Dietas inapropiadas - alimentación con dietas que no satisfacen el hambre.	Agregar volumen a las dietas altas en energía para ayudar a satisfacer el apetito	Ganado vacuno, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Procedimientos de cría dolorosos - procedimientos de cría dañinos que causan dolor	Alternativas a los procedimientos dolorosos de rutina (p. ej., el descornado / desbroce, marcado, castración, corte de cola, corte de pico) o alivio efectivo del dolor	Ganado vacuno, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Cría y genética - cría con criterios de producción que incrementan trastornos anatómicos o metabólicos	Realineación de la selección genética orientada a la producción para incluir criterios de bienestar	Ganado vacuno, pollos de engorde, ganado lechero, cerdos
Problemas de bienestar específicos de los animales: cojera y mastitis en vacas lecheras y destete temprano de los cerdos	Programas de manejo efectivos implementados para minimizar la mastitis (a <25 casos / 100 vacas) y la cojera (a <10%)	Ganado lechero
	Destete de lechones a la edad de 28 días o más tarde.	Cerdos
Transporte	Minimizar la distancia y el tiempo necesarios para el transporte de animales y sacrificar a los animales lo más cerca posible de la granja para minimizar el estrés del transporte.	Ganado vacuno, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Sacrificio	Personal capacitado y competente maneje, inmovilice, deje inconscientes a los animales hasta la muerte y los sacrifique de la manera menos estresante e indolora posible.	Ganado vacuno, pollos de engorde, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos
Cumplimiento y transparencia	Mostrar el cumplimiento de los estándares a través de auditorías externas anuales y la presentación de informes públicos anuales sobre el progreso.	Ganado vacuno, pollos de engorde, ganado lechero, gallinas ponedoras, cerdos

El modelo de los Cinco Dominios es un marco científico más reciente diseñado para evaluar el bienestar animal<sup>xcviii</sup>. El modelo consta de cuatro dominios físicos / funcionales y el quinto dominio se refiere al estado mental. El quinto dominio (estado mental) representa la experiencia del animal de los cuatro dominios funcionales / físicos y define su estado de bienestar. Un animal no puede tener un estado mental positivo general en granjas de producción industrial. Los sistemas humanitarios y sostenibles posibilitan un estado mental positivo.

Figura 1.



# Referencias

- i. United Nations Environment Programme and International Livestock Research Institute (2020). Preventing the Next Pandemic: Zoonotic diseases and how to break the chain of transmission. Nairobi, Kenya
- ii. Bailey R, Froggatt A, Wellesley L, 2014, Livestock – climate change’s forgotten sector / Global public opinion on meat and dairy consumption. Chatham House / The Royal Institute of International Affairs.
- iii. Bailey R, Froggatt A, Wellesley L. Livestock – Climate Change’s Forgotten Sector. *Clim Change*. :30.
- iv. FAO I. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets [Internet]. Rome, Italy: FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO; 2020 [cited 2021 Jan 13]. 320 p. (The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI)). Disponible en: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en/>
- v. Rodríguez-Verdugo A, Lozano-Huntelman N, Cruz-Loya M, Savage V, Yeh P. Compounding Effects of Climate Warming and Antibiotic Resistance. *iScience*. 2020;23(4):101024. doi:10.1016/j.isci.2020.101024
- vi. Review on Antimicrobial Resistance. Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations. Chaired by Jim O’Neill. 2014. Disponible en: [https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations\\_1.pdf](https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations_1.pdf)
- vii. WHO Director-General’s opening remarks at the media briefing on COVID-19, 20 Nov 2020, <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-20-november-2020>
- viii. Review on Antimicrobial Resistance. Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations. Chaired by Jim O’Neill. 2014. Disponible en: [https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations\\_1.pdf](https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations_1.pdf)
- ix. World Health Organisation list of Critically Important Antimicrobials for Human Medicine (6<sup>th</sup> Edition) released 2019 [https://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/antimicrobial-resistance/cia/en/](https://www.who.int/foodsafety/areas_work/antimicrobial-resistance/cia/en/)
- x. Lekagul, A. Tangcharoensathien, V. Yeung, S. Patterns of antibiotic use in global pig production: A systematic review. *Veterinary and Animal Science*, Volume 7, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100058>
- xi. UNEP, Frontiers / 2017 Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi
- xii. World Health Organisation, WHO Guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals, 2017, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258970/9789241550130-eng.pdf;jsessionid=A54E0329CF76FEDFF283F2204ED430B0?sequence=1>
- xiii. He Y, Yuan Q, Mathieu J, et al, Antibiotic resistance genes from livestock waste: occurrence, dissemination and treatment, *npj Clean Water* 3, 4 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0051-0>
- xiv. Wageningen University and Research. Economics of antibiotic usage on Dutch farms. Wageningen Economic Research. 2019. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/475403>
- xv. AVINED. Antibioticumgebruik Pluimveesector in 2019 en de Trends van Afgelopen Jaren. AVINED 2020. Disponible en: <https://www.avined.nl/sites/avined/files/2020-091-e0023-jaarrapport.pdf>
- xvi. Stygar A.; Chantziaras I.; Toppari I.; Maes D.; Niemi J. High biosecurity and welfare standards in fattening pig farms are associated with reduced antimicrobial use. *Animal*. 2020 Apr;1-9. doi:10.1017/S1751731120000828
- xvii. World Animal Protection. Sharing success – the global business case for higher welfare for pigs raised for meat. 2019. Disponible en: [https://www.worldanimalprotection.org/sites/default/files/media/int\\_files/sharing\\_success\\_-\\_gbc\\_pigs\\_raised\\_for\\_meat\\_final\\_moderate\\_size\\_pdf.pdf](https://www.worldanimalprotection.org/sites/default/files/media/int_files/sharing_success_-_gbc_pigs_raised_for_meat_final_moderate_size_pdf.pdf)
- xviii. Ng C, Gin KY-H. Monitoring Antimicrobial Resistance Dissemination in Aquatic Systems. *Water* [Internet]. 2019 Jan 11(1):71. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/71>
- xix. Schulz J, Friese A, Klees S, Tenhagen BA, Fetsch A, Rösler U, et al. Longitudinal Study of the Contamination of Air and of Soil Surfaces in the Vicinity of Pig Barns by Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2012 Aug 15 [cited 2021 Feb 1];78(16):5666–71. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/78/16/5666>
- xx. Li N, Liu C, Zhang Z, Li H, Song T, Liang T, et al. Research and Technological Advances Regarding the Study of the Spread of Antimicrobial Resistance Genes and Antimicrobial-Resistant Bacteria Related to Animal Husbandry. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019 Jan 16(24):4896. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/24/4896>
- xxi. World Health Organisation list of Critically Important Antimicrobials for Human Medicine (6<sup>th</sup> Edition) released 2019 [https://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/antimicrobial-resistance/cia/en/](https://www.who.int/foodsafety/areas_work/antimicrobial-resistance/cia/en/)
- xxii. Shinyoung Lee, Raies A. Mir, Si Hong Park, Donghyuk Kim, Hae-Yeong Kim, Raoul K. Boughton, J. Glenn Morris, Jr., and Kwangcheol C. Jeong. Prevalence of extended-spectrum  $\beta$ -lactamases in the local farm environment and livestock: challenges to mitigate antimicrobial resistance. *Critical Reviews in Microbiology*, 16(1). 2020. Pp. 1-14. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1040841X.2020.1715339>
- xxiii. Ibid.
- xxiv. World Health Organisation AWaRE Classification of antibiotics released 2019 [https://www.who.int/medicines/news/2019/WHO\\_releases2019AWaRe\\_classification\\_antibiotics/en/](https://www.who.int/medicines/news/2019/WHO_releases2019AWaRe_classification_antibiotics/en/)
- xxv. Gillings, M.R., et al., Using the class 1 integron-integrase gene as a proxy for anthropogenic pollution. *The Isme Journal*, 2014. **9**: p. 1269.
- xxvi. M.E. Anderson and M.D. Sobsey. *Detection and occurrence of antimicrobially resistant E. coli in groundwater on or near swine farms in eastern North Carolina*. *Water Science & Technology*, 54(3). 2006: 211-218.

- xxvii. Larouche É, Généreux M, Tremblay M-È, Rhouma M, Gasser M-O, Quessy S, et al. Impact of liquid hog manure applications on antibiotic resistance genes concentration in soil and drainage water in field crops. *Can J Microbiol* [Internet]. 2020 Apr 24 [cited 2021 Feb 10]; Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjm-2019-0343>
- xxviii. Rosengren L. Antimicrobial resistance of Salmonella, Escherichia coli and Campylobacter from pigs on-farm in Alberta and Saskatchewan Canada. 2007 [cited 2021 Feb 10]; Disponible en: <https://harvest.usask.ca/handle/10388/eid-09182007-095646>
- xxix. Associations between Antimicrobial Resistance Phenotypes, Antimicrobial Resistance Genes, and Virulence Genes of Fecal Escherichia coli Isolates from Healthy Grow-Finish Pigs | Applied and Environmental Microbiology [Internet]. [cited 2021 Feb 10]. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/75/5/1373.full>
- xxx. Gosia K, Kozak, Patrick Boerlin, Nicol Janecko, Richard J. Reid-Smith, Claire Jardine Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolates from Swine and Wild Small Mammals in the Proximity of Swine Farms and in Natural Environments in Ontario, Canada. *Applied and Environmental Microbiology* Jan 2009, 75 (3) 559-566; DOI: 10.1128/AEM.01821-08
- xxxi. Samantha E. Allen, Patrick Boerlin, Nicol Janecko, John S. Lumsden, Ian K. Barker, David L. Pearl, Richard J. Reid-Smith, Claire Jardine. "Antimicrobial Resistance in Generic *Escherichia coli* Isolates from Wild Small Mammals Living in Swine Farm, Residential, Landfill, and Natural Environments in Southern Ontario, Canada." *Public Health Microbiology*. 2011.
- xxxii. Bondo KJ, Pearl DL, Janecko N, Boerlin P, Reid-Smith RJ, Parmley J, et al. (2016) Epidemiology of Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolates from Raccoons (*Procyon lotor*) and the Environment on Swine Farms and Conservation Areas in Southern Ontario. *PLoS ONE* 11(11): e0165303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165303>
- xxxiii. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/publications/drugs-health-products/canadian-antimicrobial-resistance-surveillance-system-2018-report-executive-summary/pub1-eng.pdf>
- xxxiv. Sanz C, Casado M, Navarro-Martin L, Tadić Đ, Parera J, Tugues J, et al. Antibiotic and antibiotic-resistant gene loads in swine slurries and their digestates: Implications for their use as fertilizers in agriculture. *Environ Res* [Internet]. 2020 Nov 24 [cited 2021 Feb 8];110513. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120314109>
- xxxv. Esperón F, Sacristán C, Carballo M, Torre A de la. Antimicrobial Resistance Genes in Animal Manure, Manure-Amended and Nonanthropogenically Impacted Soils in Spain. *Adv Biosci Biotechnol* [Internet]. 2018 Aug 28 [cited 2021 Feb 9];9(9):469–80. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/Paperabs.aspx?paperid=87438>
- xxxvi. Sanz C, Casado M, Navarro-Martin L, Tadić Đ, Parera J, Tugues J, et al. Antibiotic and antibiotic-resistant gene loads in swine slurries and their digestates: Implications for their use as fertilizers in agriculture. *Environ Res* [Internet]. 2020 Nov 24 [cited 2021 Feb 8];110513. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120314109>
- xxxvii. Mencía-Ares O, Cabrera-Rubio R, Cobo-Díaz JF, Álvarez-Ordóñez A, Gómez-García M, Puente H, et al. Antimicrobial use and production system shape the fecal, environmental, and slurry resistomes of pig farms. *Microbiome* [Internet]. 2020 Nov 19 [cited 2021 Feb 8];8(1):164. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00941-7>
- xxxviii. Lekagul, A. Tangcharoensathien, V. Yeung, S. Patterns of antibiotic use in global pig production: A systematic review. *Veterinary and Animal Science*, Volume 7, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100058>
- xxxix. Lekagul, A. Tangcharoensathien, V. Yeung, S. Patterns of antibiotic use in global pig production: A systematic review. *Veterinary and Animal Science*, Volume 7, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100058>
- xl. World Economic Forum, Three-quarters of antibiotics are used on animals. Here's why that's a major problem, 24 Nov 2017, <https://www.weforum.org/agenda/2017/11/three-quarters-of-antibiotics-are-used-on-animals-heres-why-thats-a-major-problem>
- xli. Williams-Nguyen J, Sallach JB, Bartelt-Hunt S, Boxall AB, Durso LM, McLain JE, Singer RS, Snow DD, Zilles JL. *J Environ Qual*. Antibiotics and Antibiotic Resistance in Agroecosystems: State of the Science. 2016 Mar; 45(2):394-406
- xl.ii. Sobsey, M.D., L.A. Khatib, V.R. Hill, E. Alcolija, and S. Pillai. 2001. Pathogens in animal wastes and the impacts of waste management practices on their survival, transport and fate. White Paper Summaries. Available online [http://www.cals.ncsu.edu/waste\\_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/pathogens.pdf](http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/pathogens.pdf) (verified 16 Feb. 2009)
- xl.iii. Christopher D. Heaney, Kevin Myers, Steve Wing, Devon Hall, Dothula Baron, Jill R. Stewart. *Source tracking swine fecal waste in surface water proximal to swine concentrated animal feeding operations*. *Science of the Total Environment*, 511. 2015. Pp. 676-683
- xl.iiii. Cheng, D et al. (2019) Contribution of antibiotics to the fate of antibiotic resistance genes in anaerobic treatment processed of swine wastewater: a review. *Bioresource Technology*
- xl.v. Chee-Sanford, JC et al. "Fate and transport of antibiotic residues and antibiotic resistance genes following land application of manure waste." *Journal of Environmental Quality*, 38(3), 1086-1089 (2009). Retrieved January 13, 2017, from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=Retrieve&list\\_uids=19398507&dopt=abstractplus](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?Db=pubmed&Cmd=Retrieve&list_uids=19398507&dopt=abstractplus)
- xl.vi. U.S Centers for Disease Control and Prevention, the UK Science & Innovation Network, and the Wellcome Trust. *Initiatives for Addressing Antimicrobial Resistance in the Environment: Current Situation and Challenges*. 2018. <https://wellcome.ac.uk/sites/default/files/antimicrobial-resistance-environment-report.pdf>
- xl.vii. Maggie R. Williams, Robert D. Stedfeld, Xueping Guo, and Syed A. Hashsham. *Antimicrobial Resistance in the Environment*. *Water Environment Research*, 88(10). 2016. Pp. 1951-1967
- xl.viii. U.S Centers for Disease Control and Prevention, the UK Science & Innovation Network, and the Wellcome Trust. *Initiatives for Addressing Antimicrobial Resistance in the Environment: Current Situation and Challenges*. 2018. <https://wellcome.ac.uk/sites/default/files/antimicrobial-resistance-environment-report.pdf>
- xl.ix. US Centers for Disease Control and Prevention, Wellcome Trust, Initiatives for Addressing Antimicrobial Resistance in the Environment: Current Situation and Challenges. 2018. <https://wellcome.org/sites/default/files/antimicrobial-resistance-environment-report.pdf>
- l. de Rooij, M. M., Borlee, F., Smit, L. A., de Bruin, A., Janse, I., Heederik, D. J., & Wouters, I. M. (2016). Detection of *Coxiella burnetii* in ambient air after a large Q fever outbreak. *PLoS One*, 11(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151281>

- li. Graham, JP, et al. "Antibiotic resistant enterococci and staphylococci isolated from flies collected near confined poultry feeding operations." *Science of the Total Environment*, 407(8):2701-10 (April 1, 2009). Retrieved January 13, 2017, from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19157515>
- lii. UNEP, *Frontiers / 2017 Emerging Issues of Environmental Concern*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- liiii. Singer AC, Shaw H, Rhodes V and Hart A (2016) Review of Antimicrobial Resistance in the Environment and Its Relevance to Environmental Regulators. *Front. Microbiol.* 7:1728. doi: 10.3389/fmicb.2016.01728 (Some common relevant disinfectants or biocides used on farms include: chlorhexidine, triclosan, and quaternium ammonium compounds and relevant heavy metals such as Pb, Cu, Zn, Cd have been used as animal growth promoters and nutritional supplements. The most relevant to swine production globally is Zinc oxide which will be banned for use as a veterinary product for diarrhoea management in 2022 in the EU but still retained for low dose use in animal feed animal feed though already prohibited in some member states. It is widely used globally.)
- liv. FAO, 2018, Monitoring global progress on addressing antimicrobial resistance: analysis report of the second round of results of ANTIMICROBIAL RESISTANCE country self-assessment survey 2018. <http://www.fao.org/3/co0486en/CA0486EN.pdf>
- lv. University of York, Antibiotics found in some of the world's rivers exceed 'safe' levels, global study finds, 27 May 2019, <https://www.york.ac.uk/news-and-events/news/2019/research/antibiotics-found-in-some-of-worlds-rivers/>
- lvi. Saam M, Kessel A, Waffler K, The Swiss recipe for containing antimicrobial resistance, AMR Control / Overcoming global antimicrobial resistance, <http://resistancecontrol.info/2018-frontpage/2018-2/the-swiss-recipe-for-containing-antimicrobial-resistance/>
- lvii. UNEP, United Nations Environment Assembly of UNDEP, third session, 4-6 December 2017, 3/4. Environment and health. [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30795/UNEA3\\_4EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30795/UNEA3_4EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- lviii. Sygar A.; Chantziaras I.; Toppari I.; Maes D.; Niemi J. High biosecurity and welfare standards in fattening pig farms are associated with reduced antimicrobial use. *Animal*. 2020 Apr;1-9. doi:10.1017/S1751731120000828
- lix. World Animal Protection. Sharing success - the global business case for higher welfare for pigs raised for meat. 2019. Disponible en: [https://www.worldanimalprotection.org/sites/default/files/media/int\\_files/sharing\\_success\\_-\\_gbc\\_pigs\\_raised\\_for\\_meat\\_final\\_moderate\\_size\\_pdf.pdf](https://www.worldanimalprotection.org/sites/default/files/media/int_files/sharing_success_-_gbc_pigs_raised_for_meat_final_moderate_size_pdf.pdf)
- lx. Österberg J.; Wingstrand A.; Nygaard Jensen A.; Kerouanton A.; Cibir V.; Barco L.; et al. Antibiotic Resistance in *Escherichia coli* from Pigs in Organic and Conventional Farming in Four European Countries. *PLoS One*. 2016 Jun;11(6):e0157049. Disponible en: doi:10.1371/journal.pone.0157049
- lxi. Kempf I.; Kerouanton A.; Bougeard S.; Nagard B.; Rose V.; Mourand G.; et al. *Campylobacter coli* in Organic and Conventional Pig Production in France and Sweden: Prevalence and Antimicrobial Resistance. *Front. Microbiol.* 2017 May; 8:955. Disponible en: doi: 10.3389/fmicb.2017.00955
- lxii. Catry B.; Dewulf J.; Maes D.; Pardon B.; Callens B.; Vanrobaeys M.; et al. Effect of antimicrobial consumption and production type of antibacterial resistance in the bovine respiratory and digestive tract. *PLoS One*. 2016 Jan;11(1):e0146488. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146488#sec014>
- lxiii. Wageningen University and Research. Economics of antibiotic usage on Dutch farms. Wageningen Economic Research. 2019. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/475403>
- lxiv. AVINED. Antibioticumgebruik Pluimveesector in 2019 en de Trends van Afgelopen Jaren.AVINED 2020. Disponible en: <https://www.avined.nl/sites/avined/files/2020-091-e0023-jaarrapport.pdf>
- lxv. Van Boeckel T.; Glennon E.; Chen D.; Gilbert M.; Robinson T.; Grenfell B.; et al. Reducing antimicrobial use in food animals. *Science* 2017; 357(6358): 1350-1352. Disponible en: doi:10.1126/science.aao1495
- lxvi. Mellor DJ (2017) [Operational details of the Five Domains Models and its key applications to the assessment and management of animal welfare](#). *Animals* 7(8):60. doi:10.3390/ani7080060
- lxvii. Good Life: To define a 'good life' we look to opportunities for mostly positive experiences or welfare across the life of animals. Positive welfare includes comfort, pleasure, interest, vigour and confidence, feelings of satiation, calmness, opportunities to play and learn with freedom of choice. These are linked to inputs such as bedding and enrichment, abundant space, temperature zones, variable food presentation and formulation, nesting opportunities, positive social interactions, humane death, positive stockperson interactions, appropriate breeding/genetics and the highest level of veterinary care. Overall, animals have freedom of choice and have more of what they want in addition to what they need to function in terms of meat, milk or egg production.
- lxviii. The 15 countries included in the survey included: Australia, Brazil, Canada, Denmark, India, Indonesia, Kenya, Thailand, Mexico, Netherlands, New Zealand, Spain, Sweden, UK, US.
- lix. Ng C, Gin KY-H. Monitoring Antimicrobial Resistance Dissemination in Aquatic Systems. *Water* [Internet]. 2019 Jan 11(1):71. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/71>
- lxx. Schulz J, Friese A, Klees S, Tenhagen BA, Fetsch A, Rösler U, et al. Longitudinal Study of the Contamination of Air and of Soil Surfaces in the Vicinity of Pig Barns by Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2012 Aug 15 [cited 2021 Feb 1];78(16):5666-71. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/78/16/5666>
- lxxi. Li N, Liu C, Zhang Z, Li H, Song T, Liang T, et al. Research and Technological Advances Regarding the Study of the Spread of Antimicrobial Resistance Genes and Antimicrobial-Resistant Bacteria Related to Animal Husbandry. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019 Jan 16(24):4896. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/24/4896>
- lxxii. Boonyasiri A, Tangkaskul T, Seenama C, Saiyarin J, Tiengrim S, Thamlikitkul V. Prevalence of antibiotic resistant bacteria in healthy adults, foods, food animals, and the environment in selected areas in Thailand. *Pathog Glob Health* [Internet]. 2014 Jul 108(5):235-45. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4153825/>
- lxxiii. Nuangmek A, Rojanasthien S, Chotinun S, Yamsakul P, Tadee P, Thamlikitkul V, et al. Antimicrobial Resistance in ESBL-Producing *Escherichia coli* Isolated from Layer and Pig Farms in Thailand. *Acta Sci Vet* [Internet]. 2018 May 16 46(1):8. Disponible en: <https://www.seer.ufg.br/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/81823>

- lxxiv. Hallenberg GS, Jiwakanon J, Angkitittrakul S, Kang-Air S, Osbjør K, Lunha K, et al. Antibiotic use in pig farms at different levels of intensification-Farmers' practices in northeastern Thailand. *PLoS One*. 2020;15(12):e0243099.
- lxxv. M.E. Anderson and M.D. Sobsey. *Detection and occurrence of antimicrobially resistant E. coli in groundwater on or near swine farms in eastern North Carolina*. *Water Science & Technology*, 54(3). 2006: 211-218.
- lxxvi. Suchawan Pornsukoom and Siddhartha Thakur. *Antimicrobial Resistance Determinants in Multiple Salmonella Serotypes following Isolation from the Commercial Swine Operation Environment After Manure Application*. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(20). 2017: 1-14.
- lxxvii. J.C. Chee-Sanford, R.I. Aminov, I.J. Krapac, N. Garrigues-Jeanjean, and R.I. Mackie. *Occurrence and Diversity of Tetracycline Resistance Genes in Lagoons and Groundwater Underlying Two Swine Production Facilities*. *Appl. Environ Microbiol*, 67(4). 2001. Pp. 1494-1502.
- lxxviii. John P. Brooks, Ardeshir Adeli, and Michael R. McLaughling. *Microbial ecology, bacterial pathogens, and antibiotic resistance genes in swine manure wastewater as influenced by three swine management systems*. *Water Research*, 57. 2014: pp. 96-103.
- lxxix. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/publications/drugs-health-products/canadian-antimicrobial-resistance-surveillance-system-2018-report-executive-summary/pub1-eng.pdf>
- lxxx. Larouche É, Généreux M, Tremblay M-È, Rhouma M, Gasser M-O, Quessy S, et al. Impact of liquid hog manure applications on antibiotic resistance genes concentration in soil and drainage water in field crops. *Can J Microbiol* [Internet]. 2020 Apr 24 [cited 2021 Feb 10]; Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/cjm-2019-0343>
- lxxxi. Rosengren L. Antimicrobial resistance of Salmonella, Escherichia coli and Campylobacter from pigs on-farm in Alberta and Saskatchewan Canada. 2007 [cited 2021 Feb 10]; Disponible en: <https://harvest.usask.ca/handle/10388/etd-09182007-095646>
- lxxxii. Associations between Antimicrobial Resistance Phenotypes, Antimicrobial Resistance Genes, and Virulence Genes of Fecal Escherichia coli Isolates from Healthy Grow-Finish Pigs | *Applied and Environmental Microbiology* [Internet]. [cited 2021 Feb 10]. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/75/5/1373.full>
- lxxxiii. Kadykalo S, Thomas J, Parmley EJ, Pintar K, Fleury M. Antimicrobial resistance of Salmonella and generic Escherichia coli isolated from surface water samples used for recreation and a source of drinking water in southwestern Ontario, Canada. *Zoonoses Public Health* [Internet]. 2020 [cited 2021 Feb 4];67(5):566–75. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/zph.12720>
- lxxxiv. Turgeon P, Michel P, Levallois P, et al. Agroenvironmental determinants associated with the presence of antimicrobial-resistant Escherichia coli in beach waters in Quebec, Canada. *Zoonoses Public Health*. 2011;58(6):432-439. doi:10.1111/j.1863-2378.2010.01386.x
- lxxxv. Jokinen, Cassandra & Koot, Jacqueline & Cole, Linda & Desruisseau, Andrea & Edge, T. & Khan, Izhar & Koning, Wendell & Lapen, D & Pintar, Katarina & Reid-Smith, Richard & Thomas, Janis & Topp, Edward & Wang, Lu Ya & Wilkes, G & Ziebell, Kim & van Bochove, Eric & Gannon, Victor. (2016). Jokinen et al. 2015.
- lxxxvi. Gosia K. Kozak, Patrick Boerlin, Nicol Janecko, Richard J. Reid-Smith, Claire Jardine Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolates from Swine and Wild Small Mammals in the Proximity of Swine Farms and in Natural Environments in Ontario, Canada. *Applied and Environmental Microbiology* Jan 2009, 75 (3) 559-566; DOI: 10.1128/AEM.01821-08
- lxxxvii. Samantha E. Allen, Patrick Boerlin, Nicol Janecko, John S. Lumsden, Ian K. Barker, David L. Pearl, Richard J. Reid-Smith, Claire Jardine. "Antimicrobial Resistance in Generic *Escherichia coli* Isolates from Wild Small Mammals Living in Swine Farm, Residential, Landfill, and Natural Environments in Southern Ontario, Canada." *Public Health Microbiology*. 2011.
- lxxxviii. Bondo KJ, Pearl DL, Janecko N, Boerlin P, Reid-Smith RJ, Parmley J, et al. (2016) Epidemiology of Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* Isolates from Raccoons (*Procyon lotor*) and the Environment on Swine Farms and Conservation Areas in Southern Ontario. *PLoS ONE* 11(11): e0165303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165303>
- lxxxix. Brenda L. Coleman, Marie Louie, Marina I. Salvadori, Scott A. McEwen, Norman Neumann, Kristen Sible, Rebecca J. Irwin, Frances B. Jamieson, Danielle Daignault, Anna Majury, Shannon Braithwaite, Bryanne Crago, Allison J. McGeer. Contamination of Canadian private drinking water sources with antimicrobial resistant *Escherichia coli*. *Water Research*. Volume 47, Issue 9, 1 June 2013, Pages 3026-3036.
- xc. Pilote J, Létourneau V, Girard M, Duchaine C. Quantification of airborne dust, endotoxins, human pathogens and antibiotic and metal resistance genes in Eastern Canadian swine confinement buildings. *Aerobiologia* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2021 Feb 10];35(2):283–96. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09562-6>
- xc. Vidal A, Aguirre L, Seminati C, Tello M, Redondo N, Martín M, et al. Antimicrobial Resistance Profiles and Characterization of *Escherichia coli* Strains from Cases of Neonatal Diarrhea in Spanish Pig Farms. *Vet Sci* [Internet]. 2020 Jun [cited 2021 Feb 8];7(2):48. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2306-7381/7/2/48>
- xcii. Sanz C, Casado M, Navarro-Martin L, Tadić Đ, Parera J, Tugues J, et al. Antibiotic and antibiotic-resistant gene loads in swine slurries and their digestates: Implications for their use as fertilizers in agriculture. *Environ Res* [Internet]. 2020 Nov 24 [cited 2021 Feb 8];110513. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120314109>
- xciii. C. T. A. S. A. M. J. M.-P. N. Otero, "Monitoring groundwater nitrate attenuation in a regional system coupling hydrogeology with multi-isotopic methods: The case of Plana de Vic (Osona, Spain)," *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 133, pp. 103-113, 2009.
- xciv. Esperón F, Sacristán C, Carballo M, Torre A de la. Antimicrobial Resistance Genes in Animal Manure, Manure-Amended and Nonanthropogenically Impacted Soils in Spain. *Adv Biosci Biotechnol* [Internet]. 2018 Aug 28 [cited 2021 Feb 9];9(9):469–80. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/Paperabs.aspx?paperid=87438>
- xcv. Sanz C, Casado M, Navarro-Martin L, Tadić Đ, Parera J, Tugues J, et al. Antibiotic and antibiotic-resistant gene loads in swine slurries and their digestates: Implications for their use as fertilizers in agriculture. *Environ Res* [Internet]. 2020 Nov 24 [cited 2021 Feb 8];110513. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120314109>
- xcvi. Mencía-Ares O, Cabrera-Rubio R, Cobo-Díaz JF, Álvarez-Ordóñez A, Gómez-García M, Puente H, et al. Antimicrobial use and production system shape the fecal, environmental, and slurry resistomes of pig farms. *Microbiome* [Internet]. 2020 Nov 19 [cited 2021 Feb 8];8(1):164. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00941-7>
- xcvii. Mellor D, Beausoleil N, Extending the "Five Domains" model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. *Anim Welf*. 2015;24:241-53

## World Animal Protection

5th Floor

222 Grays Inn Road

Londres WC1X 8HB

Reino Unido

 +44 (0)20 7239 0500

 [info@worldanimalprotection.org](mailto:info@worldanimalprotection.org)

 W: [worldanimalprotection.org](http://worldanimalprotection.org)

 [/WorldAnimalProtectionInt](https://www.facebook.com/WorldAnimalProtectionInt)

 [/world\\_animal\\_protection](https://www.instagram.com/world_animal_protection)

 [/MoveTheWorld](https://twitter.com/MoveTheWorld)

 [/animalprotection](https://www.youtube.com/channel/UC...)

Copyright © World Animal Protection

03.21