

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MANEJO DE LA CAMA DE POLLO EN RELACIÓN CON SUS CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS Y LAS EMISIONES GENERADAS: POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES

Comparative analysis of the management of poultry litter in relation to its intrinsic characteristics and the emissions generated:
Possible effects on the health of workers

Juan Manuel CANTET^{1*}, Emiliana Elisabet ORCELLET¹, Juan Martín GANGE²,
Daiana Marisol CAIRE¹, Irma Isabel BERNIGAUD², Martina VILLANOVA¹,
Jorge Omar NOIR¹, Natalia Soledad ALMADA² y Emanuel CALUVA³

¹ Centro de Investigación en Ambiente y Salud, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos, Lorenzo Sartorio 2160, Concepción del Uruguay (CP 3260), Entre Ríos, Argentina.

² Departamento de Avicultura, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay, km 143.5 Ruta 39 (CP 3260), Entre Ríos, Argentina.

³ Departamento de Arroz y Cultivos de Secano, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay, km 143.5 Ruta 39 (CP 3260), Entre Ríos, Argentina.

*Autor para correspondencia: juan.cantet@uner.edu.ar

(Recibido: junio de 2024; aceptado: enero de 2025)

Palabras clave: avicultura, características físicas y químicas, gases contaminantes, amoníaco, trabajadores rurales.

RESUMEN

Uno de los residuos más voluminosos del engorde de pollos parrilleros es la cama de pollo (CP). Este material puede ser reutilizado para una nueva crianza o como fertilizante; sin embargo, debido a la alta carga microbiana, debe ser tratado previamente. A su vez, el sistema de integración avícola obliga a la mayoría de los empleados a vivir en las inmediaciones de las granjas. El objetivo de este trabajo fue analizar comparativamente dos alternativas de manejo de la CP (i.e., con tratamiento por autocalentamiento [AC] o sin tratamiento [testigo]) en relación con las características intrínsecas del sustrato (físicas, químicas y microbiológicas) y las emisiones generadas (SO₂, NO₂, H₂S, partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro [PS_{2.5}] y NH₃) durante ambos procesos, identificando posibles efectos en la salud de los trabajadores. Si bien no hubo diferencias en las características físicas y químicas y microbiológicas en ambas condiciones de manejo (AC y testigo), las camas con AC generaron mayor liberación de H₂S, pudiendo provocar alteraciones respiratorias por exposición laboral, en tanto que produjeron una disminución en la liberación de NO₂ y SO₂ en comparación con las camas testigo. Las mayores concentraciones de NH₃ se registraron en condiciones de escasa ventilación para ambos tratamientos. Las concentraciones promedio medidas de todos los contaminantes, exceptuando H₂S y PS, están por encima de los límites recomendados por la normativa a nivel provincial (i.e., Entre Ríos, Argentina) y nacional (República Argentina) para la prevención de sintomatología y/o enfermedades respiratorias.

Key words: poultry, physical and chemical characteristics, atmospheric pollutants, ammonia, farmers.

ABSTRACT

One of the most voluminous wastes from fattening broilers is poultry litter (PL). This material can be reused for new breeding or as fertilizer; however, due to its high microbial load, it must be previously treated. At the same time, the poultry integration system forces the majority of employees to live in the vicinity of the farms. The objective of this work was to comparatively analyze two PL management alternatives (i.e., with self-heating [SH] treatment or without treatment [control]) in relation to the intrinsic characteristics of the substrate (physical, chemical, and microbiological) and the emissions generated (SO_2 , NO_2 , H_2S , suspended particulate matter < 2.5 microns [$\text{PM}_{2.5}$], and NH_3) during both processes, identifying possible effects on the health of workers. Although there were no differences in the physical, chemical, and microbiological characteristics in both management conditions (SH and control), the SH litter generated a greater release of H_2S , which could cause respiratory alterations due to occupational exposure, while it produced a decrease in the release of NO_2 and SO_2 compared to the control litter. The maximum concentrations of NH_3 were recorded in poor ventilation conditions for both treatments. The average measured concentrations of all pollutants, except H_2S and $\text{PM}_{2.5}$, exceed the limits recommended by regional (i.e., Entre Ríos, Argentina) and national (Argentina) authorities for the prevention of respiratory symptoms and/or diseases.

INTRODUCCIÓN

La producción avícola en el mundo ha crecido más rápidamente que ningún otro sistema productivo. Según indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAOSTAT 2023), la producción mundial de carne de pollo se incrementó más de 16 veces en 60 años (pasó de 7 a 121 millones de toneladas por año entre 1961 y 2021). En 2021, la carne proveniente de aves representó alrededor del 34 % de la producción global de carne (FAOSTAT 2023). A nivel nacional, en la República Argentina, la provincia de Entre Ríos concentra más del 62.9 % de las granjas de producción avícola del país. La actividad se encuentra ampliamente distribuida por casi todo el territorio provincial, concentrándose el mayor porcentaje en los departamentos de Uruguay (35.9 %) y Colón (18.3 %) (SAGyP 2019).

La actividad avícola en esta región se destaca por poseer un modelo productivo basado en un sistema de integración vertical de etapas, donde existen empresas que disponen de infraestructura y capital, y coordinan a través de contratos con granjas de terceros la etapa de crianza o engorde (Senesi y Palau 2008). Aunque la intensificación de la producción y la tecnificación de los procesos significa una optimización del uso de los recursos disponibles (alimento, energía, mano de obra, etc.), ha provocado que los granjeros tengan que trabajar en ambientes cerrados o semicerrados (galpones) con alta concentración de aves (de 8 a 12 aves/ m^2) que producen un residuo sólido con alta carga de N y

P que se volatilizan fácilmente y que, junto con otros elementos particulados, pueden ser nocivos para la salud de los granjeros (Pinos-Rodríguez et al. 2012).

De los residuos generados, el más voluminoso es la cama de pollo (CP), compuesta por una base (cáscara de arroz, aserrín, chips de madera, entre otros), heces, plumas, desechos animales y alimento desperdiciado. La reutilización de la cama de pollo en lotes de pollos sanos es una práctica común en la industria avícola de Australia, Brasil, Estados Unidos y Argentina debido a tres aspectos: disponibilidad limitada, alto costo de la cama y sostenibilidad ambiental (Barker et al. 2011, Roll et al. 2011, Islam et al. 2013). En este sentido, el tratamiento más ampliamente utilizado, sobre todo en la mencionada región, es el apilado sanitario dentro de los galpones, que se denomina autocalentamiento (AC). Esta práctica tiene el objetivo de disminuir la carga microbiana al aumentar la temperatura interna de la pila por medio de procesos de fermentación. Según Bernigaud (2016), las pilas deben poseer un volumen determinado para que el calor generado se mantenga por varios días, por lo cual se recomienda que tengan alturas no menores a 1 m. Este proceso exotérmico puede dar lugar a la volatilización de compuestos presentes en el sustrato, como el amoníaco; sin embargo, más allá de los consensos en la aplicación de este tipo de estrategias, hay muy poca información disponible sobre las emisiones derivadas de este tipo de procesos y sus posibles efectos en la salud de los trabajadores rurales.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar comparativamente dos alternativas de manejo de la CP (i.e., con o sin tratamiento) con relación a las características intrínsecas del sustrato (físicas, químicas y microbiológicas) y las emisiones generadas (SO_2 , NO_2 , H_2S , partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro [PS] y NH_3) durante ambos procesos, identificando posibles efectos en la salud de los trabajadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un relevamiento de granjas avícolas comerciales de los departamentos Uruguay y Colón de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. Se evaluaron 14 granjas de engorde de pollos parrilleros, de las cuales siete realizaban tratamiento de la CP por AC entre crías, y siete que no realizaban tratamiento de la misma (testigo, **Fig. 1**). A través de visitas a los establecimientos se identificaron las granjas, se localizaron los galpones de crianza y las casas o parajes de descanso linderos.

Caracterización de los establecimientos y las condiciones de higiene laboral de los empleados

En cada granja se aplicó una encuesta integral (EpiCollect.5, Oxford, UK) (**Fig. C1** en el material complementario) a los encargados y empleados de cada establecimiento. Para la implementación de este instrumento se tomaron en cuenta los procedimientos recomendados por los principios de la Declaración de Helsinki y la Resolución 1480/2011 (MSA 2011), la cual regula la investigación nacional en seres humanos bajo consentimiento informado, con aprobación del comité de ética institucional.

En dicha encuesta se obtuvo la siguiente información: datos generales, identificación del productor, datos de producción de la granja, equipamiento, mano de obra, medidas de bioseguridad, caracterización de la granja, caracterización de los galpones, manejo de aves muertas, cama y control de plagas, efluentes cloacales de la vivienda y salud ocupacional de los trabajadores. La información obtenida a través de las encuestas realizadas a los granjeros se incorporó en una base de datos integrada (**Fig. C1** en el material complementario). A través de esta misma encuesta,

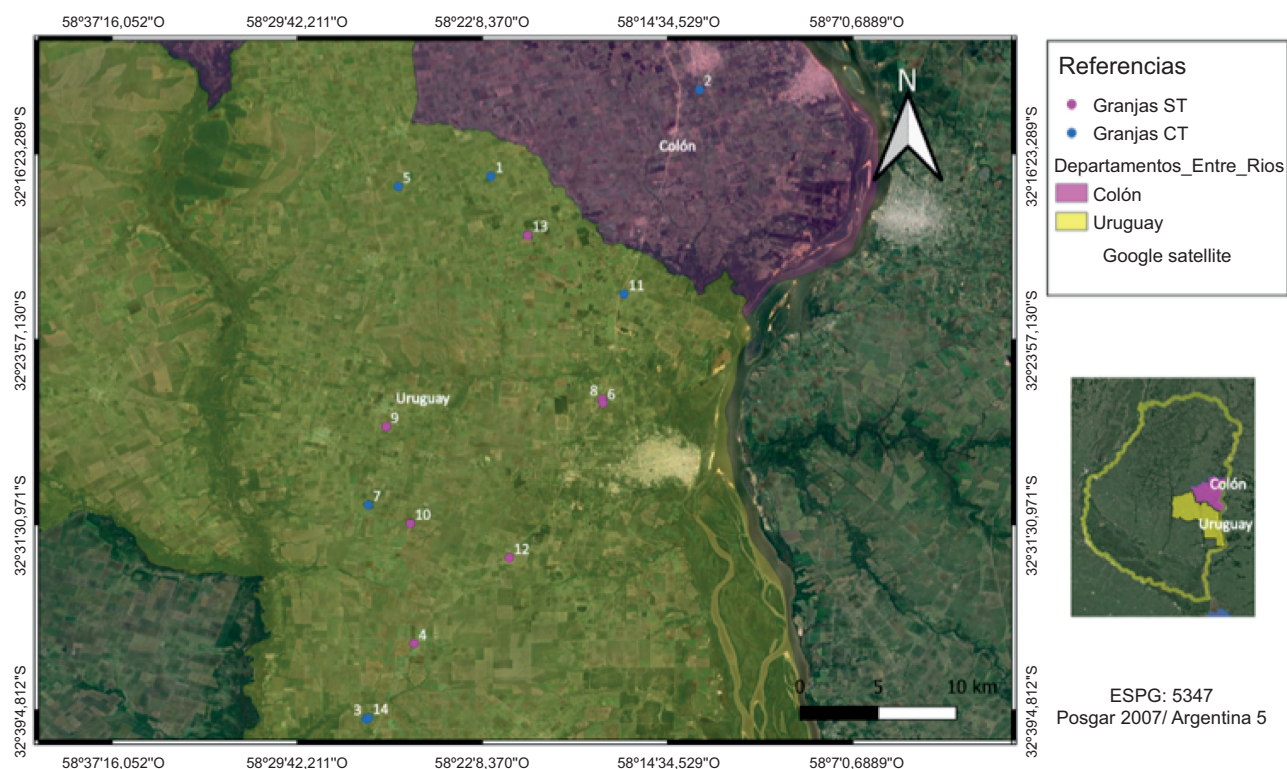


Fig. 1. Representación del mapa de las granjas de pollos parrilleros muestreadas con tratamiento de autocalentamiento para la cama de pollo (CT, puntos azules) o sin tratamiento (ST, puntos rosas), en los departamentos de Uruguay y Colón, Provincia de Entre Ríos, Argentina.

se consultó a los encargados y empleados acerca de su apreciación subjetiva sobre las condiciones de trabajo generales y las condiciones de salud en las que se encontraban; además, se preguntó sobre enfermedades preexistentes al trabajo de campo y acerca de la ocurrencia de enfermedades o sintomatología característica relacionada con la exposición a contaminantes gaseosos o agentes irritantes.

Tratamientos realizados en las camas de pollo

En la mitad de las granjas estudiadas se realizó tratamiento por AC a la CP. Para ello se formaron pilas o parvas con la CP dentro del galpón, con la finalidad de generar altas temperaturas que produjeran la inactivación de los organismos patógenos. En este estudio se evaluó una técnica comercial de AC (efectuado por una empresa privada). En una primera etapa, se unificó el tamaño de las partículas para facilitar la transferencia de calor a todos los puntos de la CP. Luego, se procedió al apilado a lo largo del galpón formando una o dos pilas de 1 m de ancho, aproximadamente, y una altura de 50 a 70 cm. Luego de cuatro días comenzó la segunda etapa, donde se produjo el volteo de la pila con la finalidad de que la capa superficial quede en el interior y reciba las altas temperaturas, también durante tres a cuatro días, aproximadamente. Cabe destacar que el proceso de apilado y volteo lo realizó la misma empresa (con el mismo personal y la misma maquinaria) en todas las granjas. En aquellos establecimientos en los cuales no se trataba la CP (testigos), la misma quedaba sin presencia de animales, con aireación superficial (i.e., apertura de cortinas, pero sin movimiento).

Muestreo de la cama de pollo

A lo largo del trabajo se realizaron dos visitas a cada una de las 14 granjas en estudio, es decir, 28

visitas totales, una al inicio del vacío sanitario (i.e., al siguiente día de que se retiraron los animales, previo al movimiento de cama, en los establecimientos con AC) y otra al final (7 ± 1 días a partir del primer muestreo).

En un galpón de cada establecimiento, elegido al azar, se determinó y registró in situ el pH, con un potenciómetro de tierra analógico (Disbyte, TFML 13470) en seis puntos diferentes (**Fig. 2**), a una profundidad de ≈ 15 cm. Después se recolectaron muestras de cama de pollo mediante el método de zigzag en 10 puntos del galpón (**Fig. 2**). Las muestras obtenidas fueron agrupadas y, una vez homogeneizadas, se conservaron en refrigeración (4°C) hasta su posterior análisis. Una submuestra de este grupo fue conservada en un envase estéril para el análisis bacteriológico.

Análisis de laboratorio

En la cama de pollo se caracterizaron los siguientes elementos: carbono orgánico total (COT), por ignición a 550°C (AOAC 1990, N° 942.05); nitrógeno total utilizando el método Kjeldahl (TMECC 04.02-A), y materia seca (MS) por calentamiento a 105°C durante 4 h (AOAC 1990, N° 976.63), para determinar el contenido de humedad de la cama. Por otra parte, se llevó a cabo un análisis bacteriológico a través del método horizontal para la detección y recuento de Enterobacteriaceae (ISO 21528-2, 2004). En breve, se cultivaron placas de Petri (por duplicado) con tres diluciones de muestra (0.1, 0.01 y 0.001 %), a 36.5°C durante 48 h, para posteriormente realizar el recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC).

Análisis de la calidad del aire interior y exterior de los establecimientos

Simultáneamente con los muestreos de la CP se realizaron mediciones de los siguientes contaminantes:



Fig. 2. Representación esquemática del protocolo de toma de muestra de pH (izquierda, cada cuadrado indica el lugar de toma de muestra) y muestreo de cama de pollo (derecha, 10 puntos en cada vértice de la línea en zigzag).

dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), amoníaco (NH₃) y partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro (PS) en los mismos estadios (inicio y final) de ambos procesos de vacío sanitario (i.e., AC y testigo), siempre en periodos matutinos (de 8:00 a 11:00 HL) durante la jornada laboral. Por un lado, se realizaron mediciones de SO₂, NO₂, y PS en el exterior de los establecimientos, a una distancia de 50 m del galón y a una altura fija de 1.5 m en dos puntos, uno a barlovento (considerado como la línea de base de calidad de aire ambiental) y otra a sotavento, por un periodo continuo de 20 min (DGDECA 1978), con el fin de evaluar el impacto de las emisiones propias de la actividad por sobre la concentración de base. Por otro lado, se realizaron mediciones de NH₃, H₂S y PS en tres puntos internos de las naves de cría (dos extremos y uno central), en dos condiciones de ventilación diferentes: cortinas cerradas (CC) y cortinas abiertas (CA) durante un periodo de 15 min (SRT 1972).

Para analizar temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%), SO₂ (ppm), NO₂ (ppm), H₂S (ppm) y PS (µg/m³) se utilizó el equipo de medición automática YesAir Plus de ocho canales (Critical Environment Technologies, Canadá), mientras que para la determinación de NH₃ (ppm) se utilizó el detector Honeywell BW Solo (Honeywell, Charlotte, NC, USA). Todos estos equipos fueron previamente calibrados y certificados por organismos competentes.

Por un lado, se analizaron los datos de las concentraciones medidas en el exterior de los galpones de cría, considerando los valores promedio obtenidos durante los 20 min de medición para cada uno de los contaminantes gaseosos (SO₂, NO₂) y para las PS, en cada condición de monitoreo (un total de 28 registros para cada contaminante por cada condición [i.e., barlovento y sotavento]).

Por otro lado, se analizaron los registros de NH₃, H₂S y PS considerando el valor promedio obtenido durante un periodo de 15 min en tres puntos dentro del galpón y en dos condiciones de ventilación (CC y CA), un total de 84 registros para cada contaminante y para cada condición de ventilación.

Análisis estadístico

En principio, la base de datos con los resultados de las encuestas (caracterización de los establecimientos, la producción y las condiciones de los trabajadores) se caracterizó en forma descriptiva. Se analizaron las características físicas, químicas y bacteriológicas de la CP de ambos tratamientos, así como la diferencia entre el muestreo final y el muestreo inicial (Δ tratamiento/muestreo). También

se realizó el análisis de la varianza (ANDEVA) a dos vías. Sin embargo, debido a que los preceptos de normalidad no se cumplieron, se aplicó una prueba no paramétrica. Los contaminantes gaseosos fueron analizados, en principio, con un resumen descriptivo, para luego evaluar el efecto de los tratamientos de la cama (i.e., AC y testigo). Para cada contaminante se utilizó la prueba T de diferencia de medias para muestras independientes en distribuciones no paramétricas (Prueba de Wilcoxon, $\alpha = 0.5$). Se utilizó R Studio (v. 2023.06.0421) para realizar los análisis mencionados. Se reportaron diferencias con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Caracterización de las granjas

Las granjas ingresaban unas $32\,000 \pm 17\,427$ aves por crianza, que se criaban a los 48 ± 1.73 días de vida. De las 14 granjas relevadas, solo dos poseían cortinas forestales, aunque de manera parcial o lindera con establecimientos vecinos. Respecto a los galpones, todos tenían estructura de madera construidos entre la década de 1980 (35 %) y la de 2010 (35 %) y poseían aislamiento lateral de cortinas de tipo manual y aislamiento del techo a través de plastillera; asimismo, utilizaban lámparas de bajo consumo para el sistema de iluminación y campanas para el sistema de calefacción, abastecidas por gas licuado de petróleo almacenado en tanques tipo zepelín. Todos los galpones contaban con bebederos de niple. Los comederos eran automatizados en 12 establecimientos, mientras que en dos la alimentación era manual con tolva. En cuanto a los sistemas de ventilación, los más utilizados fueron los ventiladores (71.4 %). La mitad de los galpones contaban con sistemas de riego interno (por nebulización), y solo cinco contaban con extractores.

Descripción de las camas de pollo en estudio

En el **cuadro I** se describen las características de las CP tratadas con AC y sin tratar. Las camas evaluadas fueron diversas en su composición, formadas por cáscara de arroz, viruta, chips de madera y aserrín. Todas las CP, con o sin tratamiento, eran utilizadas como abono (fertilizante) en campos agrícolas sin especificar si eran propios o de establecimientos de terceros. En cada crianza se realizaba limpieza y desinfección superficial que constaba de la ruptura y eliminación de la capa superior de la cama (cascarón) para luego realizar un lavado con detergente y desinfección con un agente rotatorio (e.g., formol,

CUADRO I. CARACTERIZACIÓN DE LAS CAMAS DE POLLOS (CP) TRATADAS CON AUTOCALENTAMIENTO (AC) Y SIN TRATAR (TESTIGO) EN GRANJAS COMERCIALES DE POLLOS PARRILLEROS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO URUGUAY (ENTRE RÍOS, ARGENTINA).

Tratamiento	Núm. de granja	Tipo de cama	Limpieza y desinfección	Limpieza total de la CP	Destino de los residuos
AC	1	CA, aserrín	Cada crianza	Anual	Abono
AC	2	CA viruta	Cada crianza	Bienal	Abono
AC	3	CA, viruta	Cada crianza	Anual	Abono
AC	4	Viruta	Cada crianza	Cada 3 o 4 crianzas	Abono
AC	5	CA, viruta, chips	Cada crianza	Anual	Abono
AC	6	Aserrín	Cada crianza	Anual	Abono
AC	7	Viruta, aserrín	Cada crianza	Anual	Abono
Testigo	8	CA, aserrín	Cada 4 crianzas	Cada 4 crianzas	NI
Testigo	9	Chips	Cada crianza	Anual	Abono
Testigo	10	Viruta	NI	Anual	Abono
Testigo	11	Viruta, aserrín	Cada crianza	Anual	Abono
Testigo	12	Viruta	Cada crianza	Anual	Abono
Testigo	13	Viruta	Cada crianza	Anual	Abono
Testigo	14	Aserrín	Cada crianza	Anual	Abono

CA: cáscara de arroz; NI: no informado.

Formaster [fumígeno desinfectante], Nieser Squad [desinfectante de pisos y equipos] o Amicide [desinfectante ambiental y antiséptico]). En el 86 % de las granjas se realizaba anualmente una limpieza profunda (con los mismos productos químicos) con retiro de la cama.

Análisis físico y químico de la cama de pollo

En el muestreo inicial (es decir, una vez extraídos los animales), al comenzar con el vacío sanitario (tanto testigo como AC), las camas no presentaron diferencias en el pH registrado in situ ($p > 0.05$), ni entre los contenidos de N ($p > 0.05$, **Cuadro II**). Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre las colonias de enterobacterias en ambas camas al inicio del vacío sanitario ($p > 0.05$, **Cuadro II**). En cambio, sí se observó que las camas AC presentaron un 37 % más de humedad y 10 % menos COT que las camas testigo ($p < 0.05$, **Cuadro II**).

Con referencia al final del vacío sanitario (i.e., 7 ± 1 d) continuó lo observado al inicio, con una tendencia del tratamiento AC por retener un 18% más de humedad y 12% menos de COT en comparación con el testigo ($p > 0.10$, **Cuadro III**). Al igual que al inicio, no se encontraron diferencias en cuanto a pH y N total ($p > 0.05$, **Cuadro III**), ni en el contenido de enterobacterias de ambos tratamientos ($p > 0.05$, **Cuadro III**).

Por otro lado, al analizar las diferencias entre los muestreos inicial y final (i.e., Δ final-inicial) del testigo vs. AC, no se encontraron diferencias entre las

características físicas, químicas y bacteriológicas de las camas en estudio ($p > 0.05$, **Cuadro IV**).

Evaluación de la calidad del aire interior

Las variables consideradas, tratamiento (AC y testigo) y condición de ventilación (CC-CA) resultaron sin interacción, por lo cual los datos fueron analizados a un solo factor.

Las concentraciones registradas de NH_3 presentaron diferencias significativas entre AC y testigo ($p < 0.05$, **Fig. 3**) siendo superiores en el primero de ellos. Dentro de los galpones, con cortinas cerradas (NH_3 -CC) la concentración fue mayor que con cortinas abiertas (NH_3 -CA) en ambos tratamientos ($p < 0.05$, **Fig. 4**). Asimismo, el AC produjo un aumento en la concentración de H_2S ($p < 0.05$, **Cuadro V**, **Fig. 5**), en comparación con las camas sin tratar (testigo) en ambas condiciones de ventilación (**Fig. 6**).

Los tratamientos no generaron diferencias en la concentración de PS ($p > 0.05$, **Fig. 7** al interior de los galpónes; sin embargo, las mayores concentraciones se registraron en las granjas AC en condiciones de CC (**Fig. 8**).

Si comparamos los resultados obtenidos para cada estadio del tratamiento (i.e., inicio y final) se observaron diferencias significativas para el H_2S en condiciones de CA y CC para el AC respecto al testigo ($p < 0.05$, **Cuadro V**). En cambio, para el PS no se observaron diferencias significativas en ninguna de las condiciones ($p > 0.05$, **Cuadro V**). En el caso del NH_3 , las concentraciones fueron mayores

CUADRO II. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL MUESTREO INICIAL (AL COMENZAR EL VACÍO SANITARIO) DE LAS CAMAS DE POLLO CON TRATAMIENTO DE AUTOCALENTAMIENTO Y SIN TRATAMIENTO (TESTIGO).

INICIO	Testigo						Autocalentamiento						Valor p
	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	
N total (%)	7	2.95	3.01	0.45	2.53	3.37	7	2.75	2.92	0.41	2.37	3.14	0.4166
pH	6	7.30	7.45	0.49	6.79	7.81	5	7.43	7.42	0.30	7.06	7.80	0.6164
Humedad (%)	7	24.24	23.56	5.37	19.27	29.20	7	33.21	37.60	7.27	26.49	39.93	0.0220
COT (% bs)	7	47.95	48.60	1.65	46.42	49.48	7	43.06	42.62	3.58	39.75	46.38	0.0066
Enterobacterias (UFC/g)	7	8994	2270	13041	-9791	14331	7	13681	11000	13502	-1487	23487	0.2774

COT: carbono orgánico total; bs: base seca; UFC: unidades formadoras de colonia; \bar{x} : media aritmética; Me: mediana; DE: desvío estándar; LI: Límite inferior; LS: límite superior de un intervalo de confianza del 95% de la mediana. Se declaran diferencias significativas con $p < 0.05$.

CUADRO III. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL MUESTREO FINAL (7 ± 1 d DESPUÉS DEL VACÍO SANITARIO) DE LAS CAMAS DE POLLO CON TRATAMIENTO DE AUTOCALENTAMIENTO Y SIN TRATAMIENTO (TESTIGO).

FINAL	Testigo						Autocalentamiento						Valor p
	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	
N total (%)	7	2.61	2.64	0.40	2.24	2.98	7	2.66	2.78	0.33	2.35	2.96	0.8191
pH	7	7.57	7.60	0.37	7.23	7.91	6	6.65	6.96	1.04	5.56	7.75	0.2200
Humedad (%)	7	21.97	22.92	3.73	18.52	25.41	7	26.02	26.03	4.72	21.66	30.38	0.0995
COT (% bs)	7	46.94	47.11	2.00	45.09	48.78	7	41.64	42.50	4.53	37.45	45.83	0.0152
Enterobacterias (UFC/g)	7	19889	545	51202	-46809	47899	7	2049	1000	3752	-2470	4470	0.7481

COT: carbono orgánico total; bs: base seca; UFC: unidades formadoras de colonia; \bar{x} : media aritmética; Me: mediana; DE: desvío estándar; LI: Límite inferior; LS: límite superior de un intervalo de confianza del 95% de la mediana. Se declaran diferencias significativas con $p < 0.05$.

CUADRO IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DE LA DIFERENCIAS ENTRE EL MUESTREO FINAL E INICIAL ($\Delta F-I$) DE LAS CAMAS DE POLLO CON TRATAMIENTO DE AUTOCALENTAMIENTO Y SIN TRATAMIENTO (TESTIGO).

Δ final – inicio	Testigo						Autocalentamiento						Valor p
	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	n	\bar{x}	Me	DE	LI (95)	LS (95)	
N total (%)	7	-0.34	-0.35	0.69	-0.98	0.30	7	-0.10	-0.05	0.17	-0.25	0.06	0.4052
pH	6	0.19	0.50	0.45	-0.23	0.61	5	-0.61	0.00	0.97	-1.35	0.45	0.1408
Humedad (%)	7	-2.27	-0.64	8.68	-10.30	5.76	7	-7.19	-5.45	5.18	-11.98	-2.41	0.2223
COT (% bs)	7	-1.02	-1.13	0.65	-1.62	-0.42	7	-1.42	-0.43	3.46	-4.62	1.77	0.7697
Enterobacterias (UFC/g)	7	10895	-272	52389	-48180	48724	7	-11632	-7681	13504	-4808	20169	0.1797

COT: carbono orgánico total; bs: base seca; UFC: unidades formadoras de colonia; \bar{x} : media aritmética; Me: mediana; DE: desvío estándar; LI: Límite inferior; LS: límite superior de un intervalo de confianza del 95% de la mediana. Se declaran diferencias significativas con $p < 0.05$.

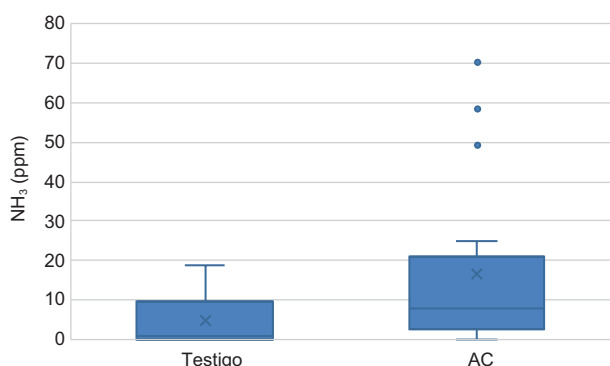


Fig. 3. Concentraciones de NH_3 medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas: sin tratamiento (testigo, izquierda) y con autocalentamiento (AC, derecha). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan el extremo superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

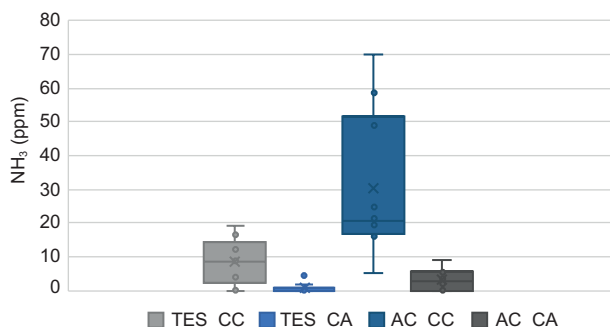


Fig. 4. Concentraciones de NH_3 medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas en las dos condiciones de ventilación. De izquierda a derecha: TES_CC: testigo con cortinas cerradas; TES_CA: testigo con cortinas abiertas; AC_CC: autocalentamiento con cortinas cerradas, y AC_CA: autocalentamiento cortinas abiertas. La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

al inicio y al final del tratamiento por AC con CA y CC respectivamente, en relación con el testigo ($p < 0.05$, **Cuadro V**).

Evaluación de calidad de aire exterior

La condición de medición de calidad de aire exterior (i.e., barlovento y sotavento) no presenta interacción respecto al manejo de la CP (i.e., AC y testigo), por lo cual los datos fueron analizados a un solo factor en todos los casos.

Las concentraciones de NO_2 fueron mayores en el testigo respecto al AC ($p < 0.05$, **Fig. 9**); sin

CUADRO V. CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES GASEOSOS Y PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN EL INTERIOR DE LOS GALPONES DE CRÍA EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MEDICIÓN.

Contaminante	Condición	Estadio	Interior										Valor p		
			Autocalentamiento					Testigo							
			\bar{x}	Me	DE	Máximo	LI	LS	\bar{x}	Me	DE	Máximo	LI	LI	
H ₂ S (ppm)	CC	Inicio	0.19	0.45	0.21	0.50	0.11	0.63	0	0	0	0.01	0	0	0.03
		Final	0.37	0.46	0.21	0.86	0.11	0.63	0	0	0	0	0	0	0.03
	CA	Inicio	0.19	0.46	0.21	0.48	0.11	0.63	0	0	0	0	0	0	0.02
		Final	0.38	0.47	0.21	0.48	0.11	0.63	0	0	0	0	0	0	0.02
NH ₃ (ppm)	CC	Inicio	17.61	25.04	27.87	70.23	0.62	60.89	11.32	12.03	5.46	19.0	4.54	18.09	0.12
		Final	25.20	19.75	13.46	49.03	8.48	41.92	5.46	2.72	7.73	16.4	-6.84	17.76	0.02
	CA	Inicio	2.37	5.41	3.66	9.24	0.19	9.29	1.24	0	1.92	4.37	-1.14	3.62	0.09
		Final	1.38	2.28	1.76	3.71	-0.34	4.04	0.06	0	0.12	0.23	-0.12	0.24	0.70
PS (µg/m ³)	CC	Inicio	1.25	2.55	1.32	3.85	0.86	4.14	2.71	3.17	1.08	3.62	1.37	4.06	0.78
		Final	3.77	4.28	1.61	4.89	1.76	5.77	3.66	3.09	3.51	9.65	-0.71	8.02	0.95
	CA	Inicio	0.84	1.60	0.39	2.18	1.19	2.16	2.76	2.33	1.22	4.65	1.24	4.27	0.08
		Final	3.81	3.65	2.07	6.41	1.24	6.38	3.28	3.35	2.06	6.43	0.72	5.84	0.18

H_2S : sulfuro de hidrógeno (ppm); NH_3 : amoniaco; PS: partículas suspendidas < 2.5 micras; CC: cortinas cerradas; CA: cortinas abiertas; \bar{x} : media aritmética; Me: mediana; DE: desviación estándar; LI: límite inferior y LS: límite superior de un intervalo de confianza del 95%. Se declaran diferencias significativas con $p < 0.05$.

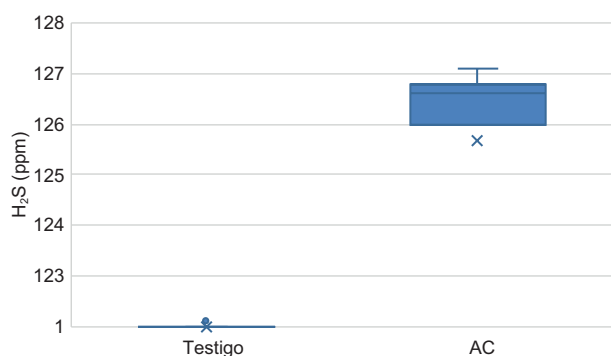


Fig. 5. Concentraciones de H₂S medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas, sin tratamiento (testigo, izquierda) y con autocalentamiento (AC, derecha). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

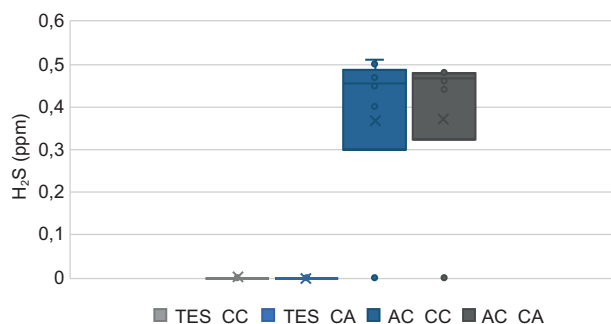


Fig. 6. Concentraciones de H₂S medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas en las dos condiciones de ventilación. De izquierda a derecha: TES_CC: testigo con cortinas cerradas; TES_CA: testigo con cortinas abiertas; AC_CC: autocalentamiento con cortinas cerradas, y AC_CA: autocalentamiento cortinas abiertas. La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

embargo, no se observaron diferencias respecto a la condición de medición (i.e., barlovento y sotavento) ($p < 0.05$, **Cuadro VI**). Por otro lado, para el SO₂ (**Fig. 9**) y el PS (**Fig. 10**) no se observaron diferencias significativas en ninguno de los casos analizados ($p > 0.05$, **Cuadro VI**).

Considerando los diferentes estadios de medición (i.e., inicio y final) respecto a la condición (i.e., barlovento y sotavento) solamente el NO₂ mostró diferencias significativas en todos los casos del testigo respecto al AC ($p < 0.05$, **Cuadro VI**).

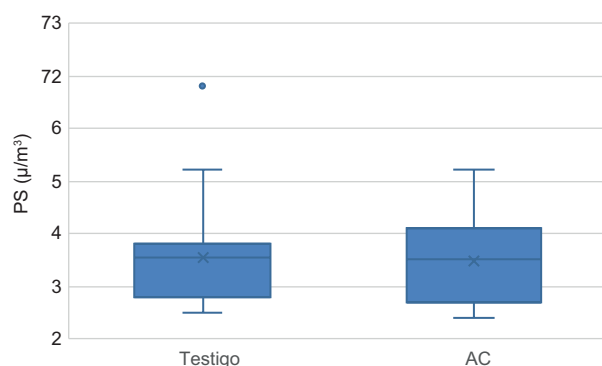


Fig. 7. Concentraciones de partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro (PS) medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas, sin tratamiento (testigo, izquierda) y con autocalentamiento (AC, derecha). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

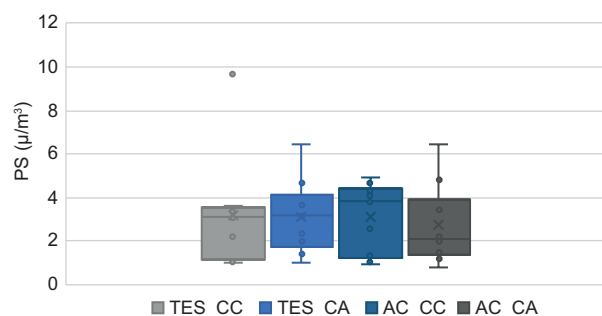


Fig. 8. Concentraciones de partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro (PS) medidas en el interior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas en las dos condiciones de ventilación. De izquierda a derecha: TES_CC: testigo con cortinas cerradas; TES_CA: testigo con cortinas abiertas; AC_CC: autocalentamiento con cortinas cerradas, y AC_CA: autocalentamiento cortinas abiertas. La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

Sin embargo, se observa que el valor medio para NO₂, PS y SO₂ es mayor al final del tratamiento por AC que al inicio del mismo en ambas condiciones (i.e., barlovento y sotavento, **Cuadro VI**). En el caso del testigo, el valor medio es mayor para el PS al final del periodo de vacío sanitario en ambas condiciones de monitoreo (i.e., barlovento y sotavento), en tanto que el NO₂ disminuye en el barlovento y se incrementa en el sotavento entre inicio y final y el SO₂ disminuye en ambos casos (**Cuadro VI**).

CUADRO VI. CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES GASEOSOS Y PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN EL EXTERIOR DE LOS GALPONES DE CRÍA EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE MEDICIÓN.

Contaminante	Condición	Estadio	Exterior												Valor p
			Autocalentamiento						Testigo						
			\bar{x}	Me	DE	Máximo	LI	LS	\bar{x}	Me	DE	Máximo	LI	LS	
PS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Barlovento	Inicio	1.20	2.24	0.48	2.92	1.82	3.00	2.72	2.14	1.24	4.29	1.18	4.25	0.62
		Final	3.45	3.71	1.62	5.48	1.42	5.46	4.60	2.90	4.84	13.0	-1.41	10.60	0.85
	Sotavento	Inicio	1.12	2.44	0.83	3.00	1.20	3.26	2.09	2.32	0.67	2.90	1.25	2.93	0.78
		Final	4.29	3.52	3.03	9.15	0.53	8.06	3.22	2.38	3.22	8.80	-0.77	2.21	0.29
NO ₂ (ppm)	Barlovento	Inicio	0.24	0.37	0.31	1.03	0.11	0.86	0.91	0.93	0.24	1.25	0.61	1.20	0.04
		Final	0.43	0.46	0.21	0.48	0.26	0.59	0.86	0.84	0.16	1.12	0.66	1.05	0.01
	Sotavento	Inicio	0.23	0.35	0.26	0.92	0.13	0.78	0.83	0.73	0.24	1.20	0.53	1.12	0.07
		Final	0.40	0.36	0.15	0.65	0.21	0.59	0.91	0.87	0.20	1.26	0.65	1.16	0.01
SO ₂ (ppm)	Barlovento	Inicio	0.05	0.03	0.14	0.34	-0.07	0.23	0.34	0.19	0.45	1.09	-0.21	0.89	0.29
		Final	0.09	0.02	0.12	0.29	-0.06	0.23	0.13	0.07	0.18	0.45	-0.10	0.35	0.35
	Sotavento	Inicio	0.05	0.03	0.15	0.37	-0.09	0.30	0.31	0.20	0.38	0.96	-0.17	0.78	0.35
		Final	0.09	0.05	0.12	0.29	-0.05	0.23	0.13	0.03	0.23	0.55	-0.16	0.42	0.60

PS: partículas suspendidas < 2.5 micras; SO₂: dióxido de azufre; NO₂: dióxido de nitrógeno; \bar{x} : media aritmética; Me: mediana; DE: desviación estándar; LI: límite inferior y LS: límite superior de un intervalo de confianza del 95%. Se declaran diferencias significativas con $p < 0.05$.

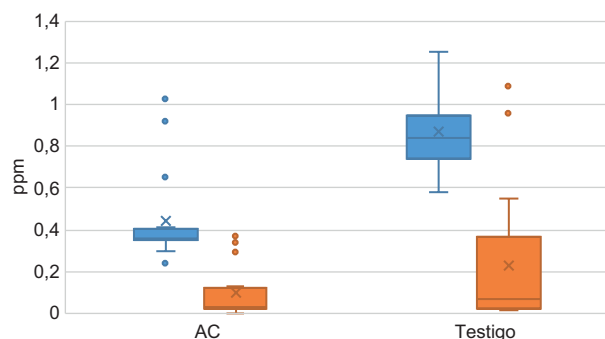


Fig. 9. Concentraciones de NO₂ (ppm, color celeste) y SO₂ (ppm, color naranja) medidas en el exterior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas: sin tratamiento (testigo, derecha) y con autocalentamiento (AC, izquierda). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

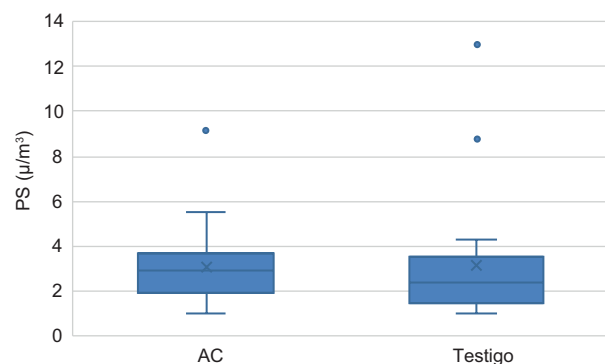


Fig. 10. Concentraciones de partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro (PS) medidas en el exterior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas: sin tratamiento (testigo, derecha) y con autocalentamiento (AC, izquierda). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

Si comparamos la condición de sotavento respecto al barlovento para el estadio final de cada tratamiento (i.e., AC y testigo) con el objetivo de analizar el aporte particular por sobre la línea de base de calidad de aire ambiental, se observa una leve disminución en la concentración de NO₂ (**Fig. 11**) y el aumento del PS (**Fig. 12**) para el AC, en tanto que el SO₂ (**Fig. 11**) permanece constante. En el caso del testigo se observa la disminución en la concentración de PS (**Fig. 12**) y el aumento del NO₂, en tanto que el SO₂ tampoco varía (**Fig. 11**).

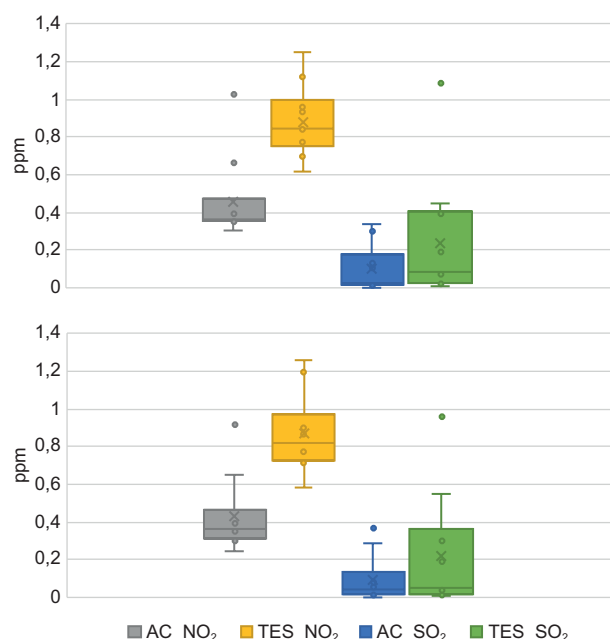


Fig. 11. Concentraciones de NO_2 y SO_2 medidas en el exterior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas. De izquierda a derecha: AC_ NO_2 : concentración de dióxido de nitrógeno en el autocalentamiento; TES_ NO_2 : concentración de dióxido de nitrógeno en el testigo; AC_ SO_2 : concentración de dióxido de azufre en el autocalentamiento, y TES_ SO_2 : concentración de dióxido de azufre en el testigo, en las dos condiciones de medición (barlovento [arriba] y sotavento [abajo]). La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

Evaluación de los posibles efectos en la salud de los trabajadores

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas se compararon con los valores normativos de acuerdo con la condición de monitoreo. En este sentido, los valores de calidad de aire ambiental de SO_2 y NO_2 se evaluaron en función de los límites establecidos en la normativa provincial de Entre Ríos (República Argentina), de 0.19 ppm y 0.21 ppm, respectivamente (DGDECA 1978), en tanto que las concentraciones medidas de NH_3 y H_2S en el interior de las naves de cría (en las dos condiciones CA-CC) se analizaron en función de los valores establecidos por la normativa nacional de 35 ppm y 15 ppm, respectivamente (SRT 1972). Por su parte, el PS, al no existir normativa nacional ni provincial de referencia, se consideró el valor dispuesto por la Organización Mundial de la Salud de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS 2021).

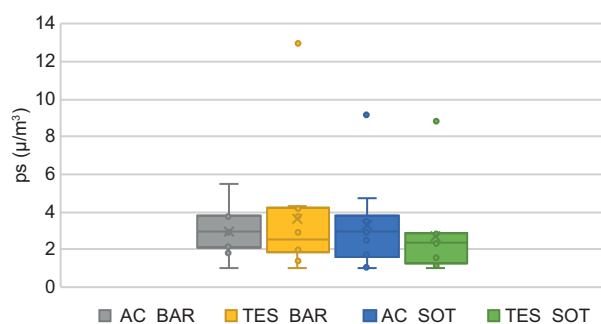


Fig. 12. Concentración de partículas suspendidas < 2.5 micras de diámetro (PS) medidas en el exterior de los galpones de cría, para las dos condiciones de manejo de la cama de pollo evaluadas. De izquierda a derecha: AC_ BAR: concentración a barlovento en el autocalentamiento; TES_ BAR: concentración a barlovento en el testigo; AC_ SOT: concentración a sotavento en el autocalentamiento, y TES_ SOT: concentración a sotavento en el testigo. La caja representa el rango intercuartílico (entre Q1 y Q3), la línea dentro de la caja es la mediana y la X, la media, mientras que los bigotes representan los extremos superior e inferior y los círculos son datos atípicos.

Para la calidad de aire interior, en función de lo expresado en el **cuadro V**, la concentración media y máxima registrada para el H_2S en ambos tratamientos (i.e., AC y testigo) en las dos condiciones de ventilación (i.e., CC y CA) está muy por debajo del valor normativo (15 ppm). Sin embargo, en el caso del NH_3 para las condiciones de CC el valor máximo registrado en las camas con AC (70.2 ppm) supera ampliamente el valor límite de 35 ppm (SRT 1972). El NH_3 en las concentraciones medidas puede generar irritación ocular, cutánea y del tracto respiratorio superior (ATSDR 2004).

Por otro lado, considerando lo reportado en el **cuadro VI** para calidad de aire exterior, se destaca que los valores promedios de NO_2 superan el valor máximo establecido en la normativa (0.21 ppm), tanto para AC como para el testigo en las dos condiciones (i.e., barlovento y sotavento) y estadios de medición (i.e., inicio y final). Los valores promedio de SO_2 para el testigo en condición de barlovento e inicio de vacío sanitario, superan el límite establecido en la normativa (0.19 ppm; DGDECA 1978). La exposición por periodos cortos de tiempo a concentraciones superiores a los límites normativos de estos contaminantes se asocia con episodios de exacerbación de asma (Zheng et al. 2021).

Los valores promedio y máximos registrados para PS en ambos tratamientos (i.e., AC y testigo) en las dos condiciones (i.e., barlovento y sotavento)

y estadios de medición (i.e., inicio y final) no superan el nivel guía establecido por la OMS (2021) de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En este caso, el valor máximo ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se registró en granjas testigo en condición de barlovento al final del vacío sanitario (**Cuadro VI**), por lo cual no es posible asegurar que dicho valor se debe a un aporte de la actividad estudiada. En cuanto a la condición interior de los galpones, el valor máximo ($9.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, **Cuadro V**) se registró al final del testigo, en condiciones de CC, siendo inferior al valor guía recomendado. Es decir que no es posible asociar riesgo a la salud con referencia a este contaminante.

Perfiles de salud de los trabajadores rurales

En función de los resultados obtenidos en la encuesta integral (**Anexo I**) se describe el perfil de salud autopercebido de los trabajadores de los establecimientos avícolas, destacando que las condiciones de trabajo fueron categorizadas como regulares a buenas, mientras que la apreciación de su condición de salud fue de excelente a buena para la mayoría (i.e., 76 %, **Fig. 13**). Por otro lado, cuando fueron indagados acerca de las enfermedades preexistentes al inicio de la actividad laboral, solo dos personas declararon poseer algún tipo de trastorno ocular y/o respiratorio previo (**Fig. 14**).

En cuanto a la ocurrencia de sintomatología asociada con el trabajo al interior de los galpones, la encuesta se enfocó a aquella relacionada con la exposición a agentes irritantes, identificando con

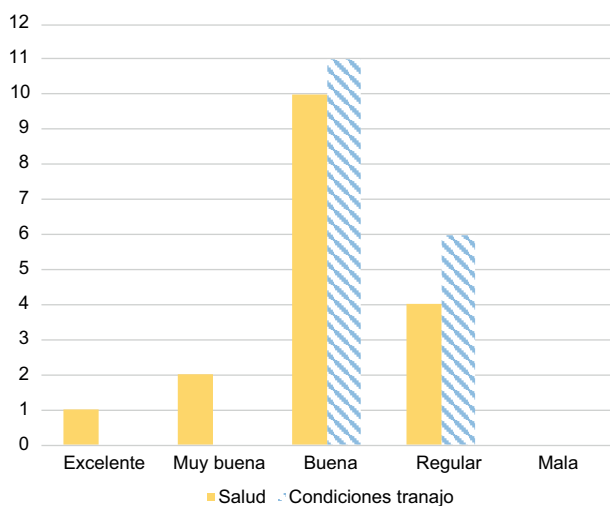


Fig. 13. Apreciación de la salud (columnas lisas amarillas) y condiciones de trabajo (columnas con barras celestes) por parte de encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

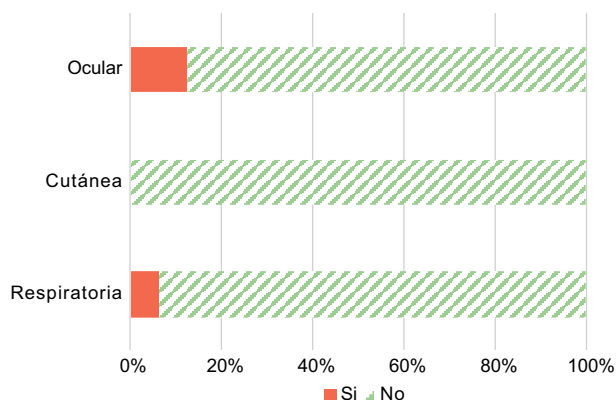


Fig. 14. Enfermedades preexistentes al empleo como trabajador rural avícola, reportadas por encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

mayor frecuencia enfermedades del tracto respiratorio superior, aunque también se reportaron dolencias relacionadas con las vías respiratorias bajas (**Fig. 15**).

Si bien esta sintomatología es inespecífica, puede asociarse con las concentraciones medidas de contaminantes gaseosos y partículas suspendidas que superan los valores máximos establecidos en las normativas y guías de referencia.

DISCUSIÓN

El sistema de integración avícola que se practica en muchos países de América Latina necesita de productores integrados que reciben el pollito al día de vida y lo crían hasta la edad de faena, lo cual posibilita que numerosos pequeños productores rurales puedan usar sus propias instalaciones y mano de obra familiar en forma competitiva y eficiente, brindando el servicio de crianza a las empresas, a cambio de un porcentaje de lo producido (Teubal y Pastore 1995). Aunque este sistema es criticado porque se le considera una forma de pérdida de autonomía para los productores, las visiones más optimistas lo ven como un importante promotor del arraigamiento familiar en el ambiente rural (García 2012), ya que, al tener alta dependencia de la intervención humana, es necesario que los productores (al menos parte de ellos) tengan, necesariamente, que vivir en la misma granja, muchas veces muy cerca de los galpones donde se crían las aves (García 2012).

La reutilización o reciclado de la CP en sistemas de engorda de pollos parrilleros es una práctica ampliamente difundida en países como Argentina

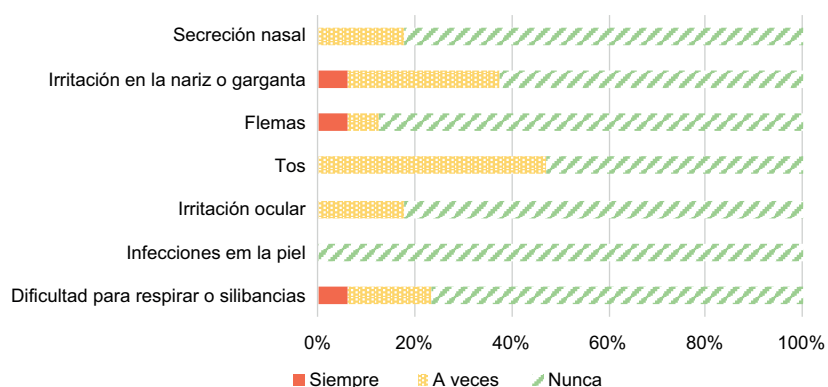


Fig. 15. Ocurrencia de sintomatología característica relacionada con la exposición a agentes irritantes durante el trabajo de campo, reportado por encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

(Bernigaud et al. 2016), Brasil (Virtuoso et al. 2015) y EUA (Barker et al. 2011), entre otros, por lo cual los tratamientos de la CP con el fin de disminuir la carga bacteriana entre crianzas se ha vuelto una actividad común y necesaria. Entre las prácticas más habituales que involucran el reciclado durante el vacío sanitario, sobre todo en Argentina, se destacan el triturado y eliminación del cascarón superficial de la CP y el apilado para producir el AC (Silva 2013, Bernigaud 2016).

La cama puede contener una gran diversidad de microorganismos y los factores físicos y químicos pueden alterar la susceptibilidad de los mismos, ya que dependen de la temperatura, humedad, pH y concentración de NH_3 , entre otros, para su supervivencia (Payne et al. 2007). Si bien se tomaron datos de temperatura de las pilas y camas, éstos no pudieron ser analizados por problemas en los sensores, corroborados al finalizar el ensayo. De todas formas, los contenidos de humedad observados (entre 20 y 30 %) en la pila, tanto al inicio como al final del vacío sanitario, serían suficientes para lograr temperaturas cercanas a 60 o 70 °C después de 24 h (Bernigaud et al. 2016) o 48 h (Barker et al. 2011), que, junto con contenidos de COT de alrededor de 45 % MS y de N del 2.2 % m/m, garantizarían la inactivación microbiana de la pila (Spencer y Guan 2004). Incluso hubo una diferencia al inicio en la humedad, confirmada con una tendencia al final del vacío, evidenciada por un incremento en los tratamientos de AC, en comparación con el testigo, que se explicaría por la potencial retención de la humedad generada por la pila en contraposición con la mayor evaporación que permite la mayor superficie en contacto con el ambiente de la cama testigo (Barker et al. 2011).

Si bien han sido reportadas reducciones en las poblaciones microbianas mediante la práctica de apilamiento dentro del galpón en comparación con camas sin modificaciones físicas, tanto de bacterias anaerobias totales (Barker et al. 2011) como de enterobacterias (Silva 2013, Bernigaud et al. 2016) y anaerobios sulfito-reductores (Bernigaud et al. 2016), en este trabajo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Según Bernigaud (2016), el proceso de AC debe durar entre 10 y 14 días para que sea eficiente la disminución de la carga bacteriana; sin embargo, en este estudio el tiempo máximo registrado del proceso fue de ocho días. Esta diferencia respecto del tiempo mínimo sugerido, pudo haber condicionado los resultados bacteriológicos obtenidos. Este punto se trató previamente con los encargados de las granjas, pero al ser éstas comerciales, lamentablemente tuvimos que adecuarnos a los tiempos de la producción comercial. Por otro lado, si bien las diferencias numéricas fueron importantes, la falta de confirmación estadística podría deberse, posiblemente, a la gran variabilidad encontrada entre los diferentes muestreos. Esto, sumado al número reducido de observaciones, seguramente fue la causa de que no pudiera validarse la disminución numérica observada por el proceso de AC.

El pH también es un factor que regula los procesos fermentativos de la CP durante el vacío sanitario (Choi et al. 2008), además de afectar la liberación tanto de N como de NH_3 (Eghball et al. 1997). El pH de la CP normalmente fluctúa entre 7.0 y 8.5 (Paterlini et al. 2017), lo cual concuerda con los pH observados en las CP aquí estudiadas (7.37 ± 0.490 y 7.16 ± 0.651 al inicio y al final del vacío, respectivamente),

al igual que en otros trabajos que caracterizaron CP, los cuales encontraron valores similares (Bustamante et al. 2008, Leconte et al. 2009, Riera et al. 2014). Los tratamientos acidificantes pueden servir para la reducción de poblaciones de patógenos (Choi et al. 2008) y disminuir las emisiones de NH_3 (Moore et al. 1995); sin embargo, la reducción del pH al final de las pilas de AC, no parece estar relacionada con el apilado en sí mismo.

Como se mencionó anteriormente, la liberación de NH_3 por parte de la CP está relacionada con el pH, la concentración de N total y también con la humedad. En este sentido, materiales sometidos a fermentaciones microbianas como las CP, con concentraciones de humedad por encima de 60-65 %, limitarían la difusión de O_2 y aumentarían la mineralización de N a NH_3 (Behera et al. 2013); asimismo, aumentos en el pH de la masa fermentativa generarían un aumento en la volatilización de NH_3 (Rosa et al. 2023). Sin embargo, las CP evaluadas en este trabajo tenían una concentración de humedad menor al 35 % y valores de pH en el espectro menor del rango normal para este tipo de desechos (< 7.55).

Los resultados de calidad de aire exterior obtenidos en este trabajo demuestran la superación de los niveles normativos considerados para los valores medidos de NO_2 y SO_2 , lo cual puede causar enfermedades respiratorias agudas y crónicas entre las que se incluyen bronquitis, neumonitis por hipersensibilidad, asma ocupacional y fiebre por toxinas (Wagner et al. 2017, Huneau-Salaün et al. 2019). Si bien las concentraciones medidas de estos contaminantes en el ambiente exterior en granjas con tratamiento de AC fueron menores que en el testigo, los valores fueron similares a los encontrados en CP por otros autores (e.g., Almuhanha et al. 2011).

En cuanto al PS, no se observó en ningún caso la superación de los niveles guía considerados; sin embargo, este contaminante puede afectar de diferentes maneras la salud de los trabajadores, dado que su toxicología se asocia principalmente con reacción inflamatoria, estrés oxidativo, genotoxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad (Zhisheng et al. 2017, García et al. 2023). Además, su posible combinación con el amoníaco puede causar enfermedades respiratorias agudas o crónicas, entre las que se incluyen bronquitis crónica, neumonitis por hipersensibilidad, asma ocupacional y fiebre por toxinas (Just et al. 2009, Wagner et al. 2017, Huneau-Salaün et al. 2019).

En el caso del NH_3 , las mayores concentraciones en el ambiente interior se registraron en las granjas con tratamiento por AC, lo cual puede generar irritaciones en las vías respiratorias superiores, de

ojos y mucosas, siempre y cuando la exposición sea mayor a 3 o 4 h (Wyer et al. 2022). Por otro lado, considerando las dos condiciones de ventilación, las máximas concentraciones se registraron en situación de CC. Es decir, las concentraciones de NH_3 pudieron estar directamente influenciadas por las condiciones de ventilación y por el tipo de manejo de la cama de pollo.

Algunos autores observaron un aumento en las concentraciones de H_2S en camas tratadas por AC (DeBoer y Morrison 1988), lo cual coincide con los resultados de este estudio, dado que se registraron valores promedio de 0.5 ppm en el interior de los galpones solo en condiciones de tratamiento por AC, mostrando diferencias estadísticamente significativas respecto de las camas testigo. Esto puede manifestarse como irritación de los ojos, la nariz o la garganta, así como dificultad para respirar en personas asmáticas (ATSDR 2014). Por su parte, las concentraciones de H_2S determinadas en las dos condiciones de ventilación (CC-CA) no muestran diferencias estadísticamente significativas.

A partir de estos resultados se puede concluir que el mayor riesgo de exposición ambiental ocurre en situaciones de manejo de cama sin tratamiento (testigo, i.e., mayores concentraciones de SO_2 y NO_2) en tanto que la mayor exposición laboral se da en camas con tratamiento (AC, i.e., mayores concentraciones de NH_3 y H_2S) para cortos periodos de exposición y en condiciones de escasa ventilación.

En este sentido, coincidiendo con lo expuesto por Chiriboga-Larrea (2023), muy pocos empleados reportaron problemas de salud asociados al contacto con los agentes estudiados, por lo cual no fue posible realizar un análisis de correlación entre la aparición de la sintomatología prevista y la concentración de dichos contaminantes en el ambiente laboral. Sin embargo, se identificó una mayor frecuencia de ocurrencia de enfermedades del tracto respiratorio superior (**Fig. 8**) en concordancia con los resultados obtenidos por Yasmeen et al. (2020). Debe profundizarse en este aspecto en función del incremento muestral y de una intervención específica dadas las características de la sintomatología identificada y su multicausalidad.

Si bien los trabajadores no refirieron sintomatología significativa, dado que la mayoría percibe su condición de trabajo como buena y su condición de salud como muy buena a excelente, la exposición recurrente a los contaminantes estudiados (durante la jornada laboral y durante el desarrollo a largo plazo de la actividad) puede favorecer la ocurrencia de asma ocupacional o la denominada enfermedad de “pulmón del granjero”, por lo cual se considera que

los trabajadores subestiman los riesgos asociados con la exposición laboral a los contaminantes derivados del manejo de la CP (Yasmeen et al. 2020).

CONCLUSIONES

En cuanto a las características físicas y químicas, si bien el AC no generó diferencias importantes, se puede estimar que el proceso de AC podría afectar el crecimiento microbiano. Sin embargo, esto no pudo ser confirmado, posiblemente debido a la alta variabilidad encontrada en los resultados microbiológicos.

Dado que las condiciones de calidad de aire exterior resultaron influenciadas por el tipo de manejo de la cama de pollo, en las granjas que realizaban el tratamiento por AC se registraron menores concentraciones de NO₂ y SO₂ respecto a las granjas testigo. Asimismo, la calidad de aire interior está condicionada por el tipo de tratamiento utilizado, observándose un aumento significativo en las concentraciones de H₂S y NH₃ en camas con AC. En el caso particular del NH₃, los valores máximos se registraron en condiciones de escasa o nula ventilación, por lo cual es importante destacar la importancia del control de este parámetro en la gestión de la CP para evitar riesgos asociados con exposiciones ocupacionales.

Si bien los resultados obtenidos en el presente estudio no pueden asociarse directamente con la sintomatología reportada por los trabajadores, ya que solo algunos manifestaron haber tenido problemas de salud relacionados con estos contaminantes, es importante destacar que la exposición recurrente y prolongada puede propiciar la ocurrencia de asma ocupacional.

REFERENCIAS

- Almuhanna E.A., Ahmed A.S. y Al-Yousif Y.M. (2011). Effect of air contaminants on poultry immunological and production performance. *International Journal of Poultry Science* 10 (6), 461-470. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.461.470>
- AOAC (1990). Official methods of analysis of the AOAC. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, EUA, 1298 pp.
- ATSDR (2004). CAS# 7664-41-7. Resumen de salud pública. Amoníaco. Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos, Atlanta, GA, EUA, 6 pp.
- ATSDR (2014). CAS# 7664-41-7. Resumen de salud pública. Sulfuro de hidrógeno. Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos, Atlanta, GA, EUA, 5 pp.
- Barker K.J., Coufal C.D., Purswell J.L., Davis J.D., Parker H.M., Kidd M.T., McDaniel C.D. y Kiess A.S. (2011). In-house windrowing of a commercial broiler farm during the summer months and its effect on litter composition. *Journal of Applied Poultry Research* 20, 168-180. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00242>
- Behera S.N., Sharma M., Aneja V.P. y Balasubramanian R. (2013). Ammonia in the atmosphere: A review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research* 20 (11), 8092-8131. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2051-9>
- Bernigaud I.C. (2016). Tratamiento por calentamiento de cama de pollo para reúso en caso de brotes infecciosos o retiro del galpón. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina, 48 pp.
- Bernigaud I.C., Gange J.M. y Gallinger C.I. (2016). Eficiencia del tratamiento de cama de pollo mediante apilado en granjas comerciales. En: Cama de pollo en Entre Ríos. Aportes para su uso y manejo (Gange J.M., Ed.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina, pp. 8-18.
- Bustamante M.A., Paredes C., Marhuenda-Egea F.C., Pérez-Espinosa A., Bernal M.P. y Moral R. (2008). Composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. *Chemosphere* 72 (4), 551-557. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.03.030>
- Chiriboga-Larrea G.A (2023). Efectos en la salud de los trabajadores de una avícola. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas* 3 (3), 2-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10048535>
- Choi I.H., Kim J.N. y Kwon Y.M. (2008). Effects of chemical treatments on pH and bacterial population in poultry litter: A laboratory experiment. *British Poultry Science* 49 (5), 497-501. <https://doi.org/10.1080/00071660802345731>
- DeBoer S. y Morrison W.D. (1988). The effects of the quality of the environment of livestock buildings on the productivity of swine and safety of humans: A literature review. University of Guelph. Guelph, Ontario, Canadá, 98 pp.
- DGDECA (1978). Ley 6260/1978. Prevención y control de la contaminación por parte de las industrias, reglamentada por decreto 5837/1991. Dirección General de Desarrollo, Ecología y Control Ambiental, Entre Ríos, Argentina, 2 de noviembre.
- Eghball B., Power J.F., Gilley J.E. y Doran, J.W. (1997). Nutrient, carbon, and mass loss during composting

- of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality* 26, 189-193. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600010027x>
- FAOSTAT (2023). Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization, United Nations [en línea]. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> 12/03/2023.
- García A.L. (2012). La producción familiar en el complejo avícola entrerriano. Trayectoria, estrategias y transformaciones. Memorias. VII Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina, 5-7 de diciembre, pp. 8-10.
- García A., Santa-Helena E., De Falco A., de Paula Ribeiro J., Gioda A. y Gioda C.R. (2023). Toxicological effects of fine particulate matter (PM_{2.5}): Health risks and associated systemic injuries-systematic review. *Water, Air, & Soil Pollution* 234 (6), 346-351. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06278-9>
- Huneau-Salaün A., Puterflam J., Balaine L., Galliot P. y Le Bouquin S. (2019). Exposure to inhalable dust of workers shackling birds frequently exceeds occupational exposure level in abattoirs in Western France. *British Poultry Science* 60 (4), 472-477. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1614529>
- Islam A.F.M.F., Walkden-Brown S.W., Groves P.J. y Wells B. (2013). Development of a chick bioassay for determination of infectivity of viral pathogens in poultry litter. *Australian Veterinary Journal* 91 (1-2), 65-71. <https://doi.org/10.1111/avj.12010>
- Just N., Duchaine C. y Singh B. (2009). An aerobiological perspective of dust in cage-housed and floor-housed poultry operations. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 4 (13), 1-8. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-4-13>
- Leconte M.C., Mazzarino M.J., Satti P., Iglesias M.C. y Laos F. (2009). Composting poultry manure with rice hulls and/or sawdust in NE Argentina. *Waste Management* 29 (9), 2446-2453. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.006>
- MSA (2011). Resolución 1480/2011. Guía para investigaciones con seres humanos. Ministerio de Salud de la República Argentina, 13 de septiembre.
- Moore P.A., Daniel T.C., Edwards D.R. y Miller D.M. (1995). Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *Journal of Environmental Quality* 24 (2), 293-300. <https://doi.org/10.2134/jeq1995.00472425002400020012x>
- OMS (2021). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, 300 pp.
- Paterlini H., González M.V. y Picone L.I. (2017). Calidad de la cama de pollo fresca y compostada. *Ciencia del Suelo* 35 (1), 69-78.
- Payne J.B., Osborne J.A., Jenkins P.K. y Sheldon B.W. (2007). Modeling the growth and dead kinetics of *Salmonella* in poultry litter as a function of pH and water activity. *Poultry Science* 86 (1), 191-201. <https://doi.org/10.1093/ps/86.1.191>
- Pinos-Rodríguez J.M., García-López J.C., Peña-Avelino L.Y., Rendón-Huerta J.A., González-González C. y Tristán-Patiño F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia* 46 (4), 359-370.
- Riera N.I., Della Torre V., Rizzo P.F., Butti M., Bressan F.M., Zarate N., Weigandt C. y Crespo D.E.C. (2014). Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 46 (1), 195-203.
- Roll V.F.B., Dai Prá M.A. y Roll A.P. (2011). Research on *Salmonella* in broiler litter reused for up to 14 consecutive flocks. *Poultry Science* 90, 2257-2262. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01583>
- Rosa C., Nascimiento V.P., Pizolotto W., Pasqualotto C.V., Rodrigues L.B., Daroit L. y Pilotto F. (2023). Effect of ammonia gas in poultry litter contaminated with *Salmonella heidelberg*. *Brazilian Journal of Poultry Science* 25 (1), 1-6. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1631>
- SAGyP (2019). Relevamiento integral de granjas de pollos parrilleros. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía de Argentina, Buenos Aires, Argentina, 133 pp.
- Senesi H. y Palau S. (2008). Coordinación del agronegocio avícola en la Argentina. Perturbaciones y adaptación organizacional. Memorias. 37 Reunión anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Buenos Aires, Argentina, octubre.
- Silva V.S. (2013). Técnicas de fermentación de cama. Aspectos sanitarios. Memorias. 10 Seminario de Actualización de la Actividad Avícola de la Asociación de Médicos Veterinarios Avícolas (AMEVEA). Colón, Entre Ríos, Argentina, 14-16 de mayo.
- Spencer J.L. y Guan J. (2004). Public health implications related to spread of pathogens in manure from livestock and poultry operations. *Methods in Molecular Biology* 268, 503-515. <https://doi.org/10.1385/1-59259-766-1:503>
- SRT (1972). Ley Nacional 19587/1972. Reglamentación de higiene y seguridad en el trabajo. Superintendencia de Riesgos del Trabajo, Ministerio de Justicia de la República Argentina, 21 de abril.
- Teubal M. y Pastore R. (1995). El agro y los complejos agroindustriales: el caso argentino. En: Globalización y expansión agroindustrial: ¿superación de la pobreza en América Latina? (Teubal M., Ed.). Ediciones Corregidor, Buenos Aires, Argentina, pp. 107-136.

- Virtuoso M.C.S., Oliveira D.G., Dias L.N.S. y Leite P.R.S.C. (2015). Reutilização da cama da frango. *Revista Eletrônica Nutritime* 12 (02), 3964-3979.
- Wagner S., Angenendt E., Beletskaya O. y Zeddies J. (2017). Assessing ammonia emission abatement measures in agriculture: Farmers' costs and society's benefits. A case study for lower Saxony, Germany. *Agricultural Systems* 157, 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.06.008>
- Wyer K.E., Kelleghan D.B., Blanes-Vidal V., Schaubberger G. y Curran T.P. (2022). Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health. *Journal of Environmental Management* 323, 116285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116285>
- Yasmeen R., Zulfiqar A., Tyrrel S. y Nasir Z. (2020). Assessment of respiratory problems in workers associated with intensive poultry facilities in Pakistan. *Safety and Health at Work* 11 (1), 118-124. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.12.011>
- Zheng X.Y., Orellano P., Lin H., Jiang M. y Guan W. (2021). Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environment International* 150, 106435. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106435>
- Zhisheng L., Qingmei W. y Ruilin Z. (2017). Sources, health effects and control strategies of indoor fine particulate matter (PM_{2.5}): A review. *Science of The Total Environment* 586, 610-622. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.029>

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Form > Granjas de pollos par...

Nombre de la granja	✓
Localización	✓
Identificación del productor	✓
Datos de producción de la granja (últimas...	✓
Otro equipamiento de la granja	✓
Mano de obra	✓
Medidas de bioseguridad	✓
Caracterización de la granja	✓
Cantidad de galpones	✓
Sobre los galpones	✓
Manejo de aves muertas, cama y control ...	✓
Efluentes cloacales de la vivienda	✓
Salud ocupacional	✓

Fig. C1. Imagen de la base de datos integrada de Epicollect, con la cual se realizaron las encuestas (<https://five.epicollect.net/myprojects/granjas-de-pollos-parrilleros>).

CUADRO CI. CARACTERIZACIÓN DE LAS GRANJAS ESTUDIADAS.

	Granja1	Granja 2	Granja3	Granja 4	Granja 5	Granja 6	Granja 7	Granja 8	Granja 9	Granja 10	Granja 11	Granja 12	Granja 13	Granja 14
Año de inicio en la avicultura	2001	2011	1995	1965	—	—	1989	1988	—	—	1990	2000	1992	1990
Actividad secundaria	—	—	—	Ganadería	—	—	Agricultura	—	Agricultura	—	—	—	—	—
Tipo de granja	Propia	Alquila	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia	Propia
Cantidad de galpones	4	2	5	1	3	3	2	1	4	4	3	2	3	3
Superficie para avicultura (ha)	2	2	1	1	1	4	1	4	2	7	4	1	2	4
Camino hacia la ruta más cercana	Broza	Broza	Ripio, broza	Ripio	Broza	Broza	Ripio, Broza	Ripio	—	Broza	Tierra	Ripio	Broza	Tierra
Suministro de electricidad	Monofásico	Trifásico	Trifásico	Monofásico	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Trifásico
Pozo de agua (profundidad en m)	25	—	20	30	48	—	50	32	35	30	36	36	30	36
Tipo de tanque	Plástico	Plástico	Fibrocemento	Plástico	Fibrocemento	Metal	Plástico	Plástico	Metal	Galaniz.	Fibrocemento	Fibrocemento	Plástico	Fibrocemento
Capacidad (L)	3500	4000	4000	2700	1000	10000	3000	1500	200	5000	13000	4000	9000	13000
Tipo de alambrado perimetral	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Hilos	Rombo	Hilos
Cortina forestal	No	No	Parcial	No	No	Parcial	No	No	No	No	No	No	No	No
Grupo electrógeno	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si

CUADRO CII. DESCRIPCIÓN PRODUCTIVA DE LAS GRANJAS ESTUDIADAS.

	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5	Granja 6	Granja 7	Granja 8	Granja 9	Granja 10	Granja 11	Granja 12	Granja 13	Granja 14
Pollos ingresados por crianza (miles)	33	25	40	11	18	65	10	10,5	37	50	50	10	40	50
Edad de faena (días)	50	46	48	46	47	49	49	48	49	51	48	42	47	48
Peso vivo (kg)	2,7	2,7	2,7	2,5	2,8	2,8	3	3,1	2,6	2,5	2,5	2,4	2,8	2,5
Mortandad (%)	7	3	3	15	10	4	4	5	8	10	—	5	5	—

CUADRO CIII. MANEJO DE LOS RESIDUOS Y LIMPIEZA DE LAS GRANJAS ESTUDIADAS.

	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5	Granja 6	Granja 7	Granja 8	Granja 9	Granja 10	Granja 11	Granja 12	Granja 13	Granja 14
Mayores residuos generados	Abono	Cartón y plástico	Productos veterinarios, papel, cartón	Abono, productos veterinarios	Productos veterinarios	—	—	Papel, cartón, productos veterinarios	Cama, cartón	Productos veterinarios, cama, cartón	Cama, productos veterinarios, cama	Productos veterinarios	Productos veterinarios, cama	Cama, productos veterinarios
¿Depósitos para residuos veterinarios?	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Dichos residuos, ¿quedan a cargo del productor o son retirados?	Productor	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Prod.	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran	Se retiran
¿Se realiza limpieza de tanque?	Sí	Sí	Sí	—	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Cada cuánto es la limpieza?	6 meses	6 meses	1 año	—	6 meses	2 años	6 meses	—	6 meses	6 meses	6 meses	8 meses	Más de un año	6 meses
Desinfección de vehículos al ingreso del predio.	Bomba	Arco	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	No	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba
Método de desinfección.	—	Cloro	Cloro	Cloro, ácido	Cloro	Cloro	Cloro	—	Cloro	Cloro	—	—	—	—

Productos veterinarios: productos y medicamentos veterinarios; cama: cama de pollo; aves: aves muertas.

CUADRO CIV. MANEJO DE LOS RESIDUOS Y LIMPIEZA DE LAS GRANJAS ESTUDIADAS.

	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5	Granja 6	Granja 7	Granja 8	Granja 9	Granja 10	Granja 11	Granja 12	Granja 13	Granja 14
Manejo de aves muertas	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp	Cp
Fosa	Cem.			Otro			Tierra							
Control de moscas	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Control de roedores	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Frecuencia de limpieza y desinfección	1 Cr	1 Cr	1 Cr	1 Cr	4 Cr	1 Cr	1 Cr	7 Cr	1 Cr	1 Cr	1 Cr	—	1 Cr	1 Cr
Tipo de cama	Viruta CA	CA Aserr.	CA Viruta	Viruta CA	CA Aserr.	Viruta	Chips	CA, Viruta	CA	CA VirutaChips	Viruta	Viruta Aserr.	Viruta	Viruta
¿Realiza tratamiento de la cama entre cranzas?	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Mediante	Cp	AC	AC	AC	RC	AC	—	—	—	AC	—	—	—	—
Frecuencia de limpieza de la cama	Anual	Venta	6-7 Cr	Anual	4 Cr	3-4 Cr	Anual	7 Cr	Anual	Anual	Anual	4-5 Cr	Anual	Anual
Destino de la cama	Fertiliz.	—	Fertiliz.	Fertiliz.	—	Fertiliz.	Fertiliz.	Venta	Fertiliz. Venta	Venta	Fertiliz.	Venta	Venta	Fertiliz.
Disposición final de efluentes	CSep	—	CSep PAbs	CSep	Sin CSep	CSep	PAbs	CSep PAbs	CSep PAbs	CSep PAbs	CSep	CSep PAbs	PAbs	CSep

Cp: compostaje; Cem.: cemento; Cr: crianza; CA: cáscara de arroz; Aserr.: aserrín; AC: autocalentamiento; RC: reciclaje; Fertiliz.: utilizado como fertilizante en el predio; Venta: vendido como abono fuera del campo; CSep: cámara séptica; PAbs: pozo absorbente.