

Impacto ambiental y en la salud de los trabajadores rurales provocados por los contaminantes derivados de la cama de pollo

Juan M. Cantet; Emiliana E. Orcellet

Autoras/es: Centro de Investigación en Salud y Ambiente (CISA). Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Entre Ríos. Lorenzo Sartorio 2160 - Concepción del Uruguay - Entre Ríos - Argentina
Contacto: juan.cantet@uner.edu.ar, emiliana.orcellet@uner.edu.ar

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/w914hksck>

Resumen

Uno de los residuos más voluminosos del engorde de pollos parrilleros es la cama de pollo (CP). Este material si bien puede ser reutilizado debe ser tratado previamente. A su vez, el sistema de integración avícola obliga a muchos empleados a vivir en las inmediaciones de las granjas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un apilado de la CP (autocalentamiento, AC) vs camas sin apilado (Control) durante el vacío sanitario (i.e. 7 ± 1 d) en las características físicoquímicas, microbiológicas y generación de contaminantes atmosféricos derivados. Se realizó un análisis descriptivo de la salud de los empleados, sin embargo, debido al bajo índice de ocurrencias, no pudo analizarse la correlación entre éstas y el material contaminante. Si bien no hubo diferencias en las características físicoquímicas entre las camas AC y Control, los contenidos de humedad, carbono orgánico y N total afectarían el desarrollo microbiano en las pilas AC. Las camas AC generaron mayor liberación de NH₃ pudiendo provocar alteraciones respiratorias. Aunque el AC produjo una disminución en la liberación de dióxido de N (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), y un aumento del ácido sulfhídrico (H₂S), las concentraciones fueron menores a las necesarias para generar signología.

Palabras clave: cama de pollo parrillero, características físicoquímicas, gases contaminantes, amoníaco, salud de trabajadores rurales

Objetivos propuestos y cumplidos

Analizar el impacto ambiental y el efecto sobre la salud pública de los contaminantes (gases, material particulado y microorganismos suspendidos en el aire) emitidos por las prácticas más comunes a las que son sometidas las camas de pollo durante el vacío sanitario, de granjas de cría y engorde de aves en la sub-cuenca Río Uruguay de Entre Ríos.

Marco teórico y metodológico (síntesis)

Marco Teórico

La producción avícola en el mundo ha crecido más rápido que ningún otro sistema productivo. Según indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) (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 de carne global (FAOSTAT 2023).

La creciente demanda por estos alimentos de origen animal, debido principalmente al crecimiento sostenido de la población mundial, el incremento del poder adquisitivo y la urbanización (FAO 2009), hizo que la industria avícola continúe en expansión y encuentre en los países desarrollados (EE.UU., China, y Rusia, entre otros) el mayor desarrollo tecnológico y productivo, aunque en Latinoamérica, Brasil y Argentina son claros ejemplos de esta tendencia. El cambio desde los sistemas extensivos, donde las aves se criaban “a campo”, en terrenos abiertos, hacia los sistemas confinados intensivos actuales, ha incrementado significativamente el número de aves por granja, lo cual facilitó la sustitución de capital por mano de obra y generó una eficiencia en la productividad del sector (Mottet y Tempio 2017).

La avicultura en Argentina es una actividad agroindustrial, focalizada fundamentalmente en las provincias de Entre Ríos y Buenos Aires, tomando relevancia no solo a nivel productivo sino también social, ya que es la segunda producción pecuaria del país, después de la producción bovina, y genera más de 80000 puestos de trabajo directos y unos 30000 en forma indirecta (Leonardi 2013). Dentro de la provincia de Entre Ríos, la sub-cuenca del Río Uruguay (con más de 2300 granjas productoras de pollos parrilleros, SENASA 2016) concentra la mayor cantidad de granjas y es la de mayor densidad avícola (Castillo et al. 2018) y 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, que coordinan a través de contratos con granjas de terceros la etapa de crianza o engorde (Senesi y Palau 2008). La intensificación de la producción y la tecnificación de los procesos, aunque significa una mejora en la eficiencia en el uso de los recursos disponibles (alimento, energía, mano de obra, etc.) ha generado que los granjeros tengan que trabajar en ambientes cerrados o semicerrados (galpones) con una alta concentración de aves (entre 8-12 aves por mt²), 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 (e.g. cáscara de arroz, aserrín, chips de madera, entre otros), heces, plumas, desechos animales y alimento desperdiciado, la cual, una vez que se retiran las aves cumplido su período productivo (i.e. comienzo del vacío sanitario), debe tratarse, ya que tienen la potencialidad de contaminar suelos y aguas, y de liberar al medio ambiente altas concentraciones de gases contaminantes (Campagnolo et al. 2002). Si bien estos residuos pueden utilizarse como una fuente de materia orgánica para abonar suelos dedicados a la agricultura y ganadería (Ruiz-Díaz et al. 2012, De Battista y Arias 2016), cuando no son manejados en forma adecuada, no solo pueden generar un perjuicio productivo-sanitario, sino también un potencial problema de salud pública y al

medio ambiente (Campagnolo et al. 2002), por ejemplo, una granja con capacidad para 20000 aves produciría más de 5 tn de N al año (Castillo et al. 2018), que en aquellas camas no tratadas pueden perder entre un 20 y un 50% del N inorgánico como gases (i.e. NH₃ y N₂O, Chastain et al. 2001).

Adicionalmente, en la Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) establece la obligatoriedad del tratamiento a la CP para la habilitación sanitaria de las granjas avícolas (SENASA 2010). Sin embargo, el tratamiento de estos residuos sólidos implica un período de permanencia extra in situ en la granja, para lograr una adecuada fermentación. En este sentido, las prácticas que se observan en el territorio se circunscriben al apilado fuera de los galpones o el compostaje (Bernigaud 2016), sin embargo, el tratamiento más popular, sobre todo en la región, es el apilado sanitario dentro de los galpones, que se denomina autocalentamiento (AC). Esta práctica tiene el objetivo de disminuir la carga microbiana por medio de fermentaciones que degradan la materia orgánica, aumentando la temperatura interna de la pila y son, en definitiva, las generadoras de gases nocivos o indeseables. Esta práctica permite la retención del calor y la temperatura alcanzada es perjudicial para la supervivencia de las bacterias, incluyendo los patógenos. Más allá de los consensos en la aplicación de este tipo de estrategias se encuentra muy poca información acerca del impacto en el ambiente y en la salud pública de los pobladores rurales, que tienen las prácticas llevadas adelante con la CP (Leonardi 2013).

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar física, química y microbiológicamente la CP con y sin tratamiento (i.e. AC en pilas o descanso de la cama in situ) y analizar el impacto sobre la salud de trabajadores rurales de contaminantes atmosféricos derivados de CP durante el vacío sanitario, de granjas de engorde de pollos parrilleros en la sub-cuenca Río Uruguay de Entre Ríos, Argentina.

Metodología propuesta

Se realizó 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 7 realizaban tratamiento de la CP por autocalentamiento (AC) entre crianzas, y 7 que no realizaban tratamiento de la misma (Control, Fig. 1). A través de visitas a los establecimientos se identificaron las granjas, se localizaron los galpones de crianza y las casas y/o parajes de descanso linderos.

Caracterización de los establecimientos y las condiciones laborales y sanitarias de los empleados

En cada granja se realizó una encuesta integral (EpiCollect.5, Oxford, UK) a los encargados y empleados de cada establecimiento que vivían en el predio, donde se relevó 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 a una base de datos integrada. A través de esta misma encuesta, se indagó a los encargados y empleados acerca de la apreciación subjetiva sobre las condiciones de trabajo generales y las condiciones de salud en las cuáles ellos se encontraban. Además, se preguntó sobre enfermedades preexistentes al trabajo de campo y acerca de

ocurrencia de enfermedades o signología característica relacionada con la exposición a alérgenos o agentes irritantes.



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

Tratamientos realizados en las camas de pollo

En la mitad de las granjas relevadas se realizó un tratamiento a la CP por AC. En breve, se formaron pilas o parvas con la CP dentro del galpón, con la finalidad de generar altas temperaturas que produzcan la inactivación de los organismos patógenos. 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 metro de ancho aproximadamente, y una altura entre 50 cm a 70 cm. Esta altura asegura alcanzar un volumen adecuado para que el calor generado ($\approx 60^{\circ}\text{C}$ y 70°C) se mantenga varios días. Luego de 4 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 por 3 a 4 días aproximadamente. En aquellos establecimientos en los cuales, no se trataba la CP (Control), 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 luego de extraídos los animales y previo al movimiento de cama, en los establecimientos con AC) y otra al final (7 ± 1 días del primer muestreo).

En un galpón de cada establecimiento, elegido al azar, se determinó y registró in situ el pH, con un peachímetro de tierra analógico (Disbyte, TFML 13470) en 6 puntos diferentes (Fig. 2), a una profundidad de ≈ 15 cm. Luego, se recolectaron muestras de cama de pollo mediante el método de zig zag, en 10 puntos del galpón (Fig. 2). Las

muestras obtenidas fueron agrupadas en un pool, y una vez homogeneizada, la misma se conservó refrigerada (5°C) hasta el posterior análisis. Una submuestra de este pool fue conservada en un envase estéril para el análisis bacteriológico.



Figura 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 del zig zag).

Análisis de laboratorio

La cama de pollo se caracterizó según 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, 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 (International Standard ISO 21528-2:2004). En breve, se cultivaron placas de petri (por duplicado) con 3 diluciones de muestra (i.e. 0.1 %, 0.01 % y 0.001 %), a una temperatura de 36.5°C, durante 48 h, para posteriormente realizar el recuento de colonias. Una vez obtenidas el número de colonias, se realizó el siguiente cálculo para obtener las unidades formadoras de colonias (UFC) detectables por cada gramo de muestra:

$$N = \Sigma C / v \times 1.1 \times d$$

Donde, ΣC es la sumatoria de colonias; v es el volumen inoculado; 1.1 es una constante y d es la dilución.

Análisis del ambiente aéreo dentro y fuera de los galpones de crianza

Los contaminantes gaseosos provenientes de la CP se monitorearon al inicio y al final de ambos procesos de vacío sanitario (i.e. AC y Control). Se tomaron muestras externas a una altura fija de 1.5 m en 2 puntos del entorno (sotavento y barlovento, durante 20 min) y 3 puntos internos de las naves (a cortinas cerradas [CC] y cortinas abiertas [CA], de 10 min c/u), para analizar temperatura ambiente, humedad relativa, material particulado de menos de 2.5 micras (PM2.5), dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2), ácido sulfhídrico (H2S, YesAir Plus), amoníaco (NH₃, Honeywell BW Solo) y velocidad del viento (anemómetro digital Testo® 410-1). Se formaron dos bases de datos, una con los contaminantes aéreos, (96 registros para cada contaminante en sus 4 condiciones de monitoreo, i.e. barlovento, sotavento, CC y CA). Y, por otro lado, se analizó NH₃ solo en dos condiciones de medición (CC y CA, n = 30) ya que la concentración de NH₃ no fue detectable en el exterior (i.e. < 1 ppm). Cada registro de los contaminantes aéreos, representa el promedio evaluado en los minutos de monitoreo de cada relevamiento en un punto de medición determinado.

Análisis estadístico

En principio se caracterizó en forma descriptiva la base de datos con los resultados de las encuestas (caracterización de los establecimientos, la producción, y las condiciones de los trabajadores). Se analizaron las características fisicoquímicas y bacteriológicas de la cama de pollo de ambos tratamientos, y la diferencia entre el muestreo inicial y el muestreo final (Δ tratamiento/muestreo) y se realizó un ANOVA. Los contaminantes aéreos fueron analizados, en principio, con un resumen descriptivo, para luego evaluar el efecto de los tratamientos de la cama (i.e. AC y Control) para cada contaminante, mediante el Test T de diferencia de medias, para muestras independientes en distribuciones no paramétricas (Wilcox test, conf. 0,95). Se utilizó RStudio (2023.06.0+421) para los análisis descriptos. Se reportaron diferencias con un nivel de significancia de $P < 0.05$ y se discutieron tendencias cuando $P < 0.10$ y $\Rightarrow 0.05$

Síntesis de resultados y conclusiones

Resultados

Caracterización de las granjas

Las granjas ingresaban unas 32000 ± 17427 aves por crianza, que se faenaban 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. Con respecto a los galpones, todos tenían estructura de madera construidos entre la década de 1980 (35 %) y 2010 (35 %) y poseían aislamiento lateral de cortinas de tipo manual, aislamiento del techo a través de plastillera, utilizan lámparas de bajo consumo para el sistema de iluminación, y para el sistema de calefacción utilizaban campanas, abastecidas a través de gas licuado de petróleo almacenado en tanques tipo zeppelin. Todos los galpones contaban con bebederos tipo nipples. Los comederos eran automatizados en 12 establecimientos, mientras que en 2 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 fogging (riego interno), y solo 5 establecimientos 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 y en general cada crianza se realizaba una limpieza y desinfección superficial, que constaba de la ruptura y eliminación de la capa superior de la cama, para luego realizar un lavado con detergente y desinfección con un agente rotatorio (e.g. formol, formaster, niesser squad o amicide). En el 86 % de las granjas se realizaba una limpieza profunda (con los mismos productos químicos) con retiro de la cama en forma anual.

Perfiles de salud de los trabajadores rurales

Todos los granjeros expresaron que las condiciones de trabajo a las que estaban sometidos eran entre regular a buena, mientras que la apreciación de su salud fue de excelente a buena para la mayoría de ellos (i.e. 76 %, Fig. 3). Por otro lado, cuando fueron

indagados acerca de las enfermedades o condiciones patológicas que poseían previo a entrar a trabajar en los galpones de pollos parrilleros, solo dos personas declararon poseer algún tipo de trastorno ocular y/o respiratorio (Fig. 4).

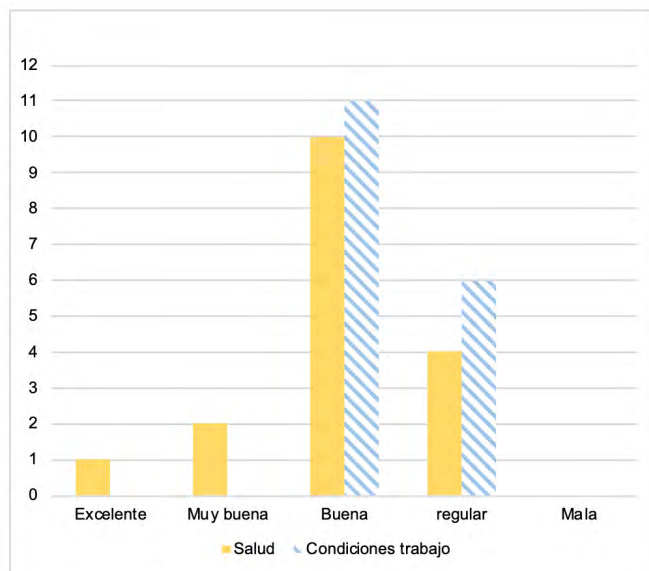


Figura 3. Apreciación de la salud (columnas lisas amarillas) y condiciones de trabajo (columnas con barras celestes) por parte de encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros, que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

En cuanto a la ocurrencia de signología asociada al trabajo en los galpones, la encuesta se enfocó en aquella relacionada con la exposición a agentes irritantes, y arrojó que aquella signología asociada a enfermedades del tracto respiratorio superior fue declarada con mayor frecuencia, aunque, en menor media, también reportaron dolencias relacionadas con las vías respiratorias bajas (Fig. 5).

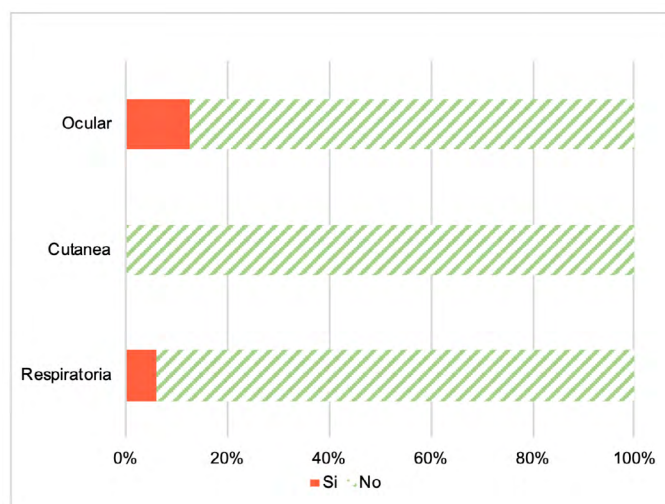


Figura 4. Enfermedades preexistentes al trabajo como trabajador rural avícola a campo, reportadas por encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros, que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

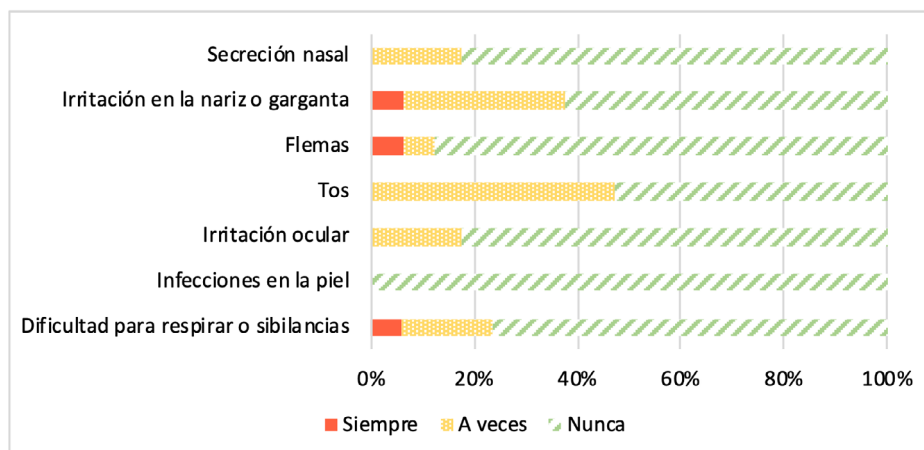


Figura 5. Ocurrencia de signología característica relacionada con la exposición a alérgenos o agentes irritantes durante el trabajo a campo, reportado por encargados y empleados de granjas de pollos parrilleros, que viven en el mismo predio donde se encuentran los galpones de crianza.

Cuadro I. Caracterización de las camas de pollos (CP) tratadas con autocalentamiento (AC) y sin tratar (Control) de granjas comerciales de pollos parrilleros de la sub-cuenca del río Uruguay (Entre Ríos, Argentina).

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

¹CA, cáscara de arroz. ²NI, no informado.

Análisis fisicoquímico de la cama de pollo

En el muestreo inicial, es decir, una vez extraídos los animales, al arrancar con el descanso (Control) o con el tratamiento de autocalentamiento, las camas no presentaron diferencias entre analizar el pH, registrado in situ (7.37 ± 0.490 , media \pm DE), ni tampoco entre los contenidos de N (2.23 ± 0.458 mg/L), humedad (28.7 ± 7.27 %), ni COT (45.5 ± 3.58 % MS, $P > 0,05$; Fig. 6). Tampoco hubo diferencias entre las colonias de enterobacterias que crecieron en ambas camas al inicio del vacío sanitario (8994 y 13681 UFC/g, para Control y AC, respectivamente, DE = 13502, $P > 0.05$).

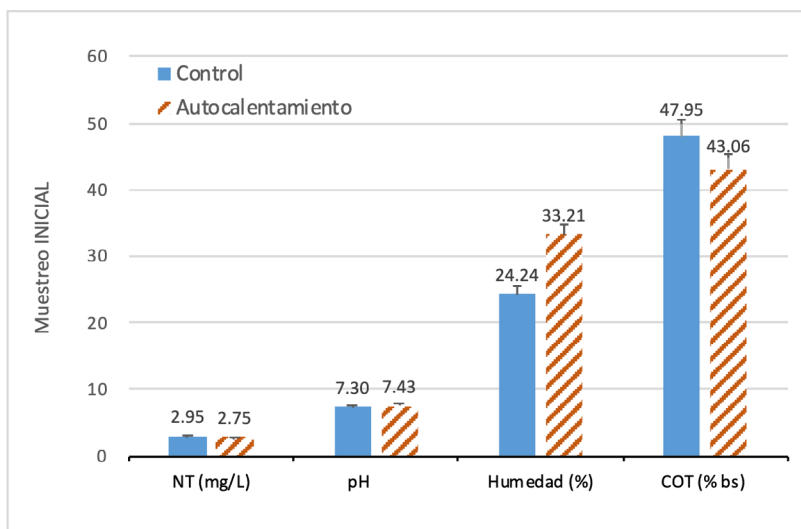


Figura 6. Características fisicoquímicas de la cama de pollo en el primer muestreo, i.e. al inicio del tratamiento de autocalentamiento (AC, columnas con barras naranjas) o del descanso (Control, sin AC, columnas lisas azules). NT, nitrógeno total; COT (% bs), carbono orgánico total, reportado como % de la materia seca de la cama de pollo. *, $P < 0,05$. †, $P < 0,10$

Con referencia al final del vacío sanitario (i.e. 7 ± 1 d) se observó una tendencia del tratamiento de AC por retener un 18% más de humedad que el Control ($DE = 4.72$, $P > 0.10$), mientras que el Control presentó 12% más contenido de COT comparado con las camas AC ($DE = 4.53$, $P > 0.05$, Fig. 7). No se encontraron diferencias en cuanto a pH y N total ($P > 0.05$, Fig. 7), ni tampoco en el contenido de enterobacterias (12889 y 5049 UFC/g, para Control y AC, respectivamente, $DE = 3752$, $P > 0.05$).

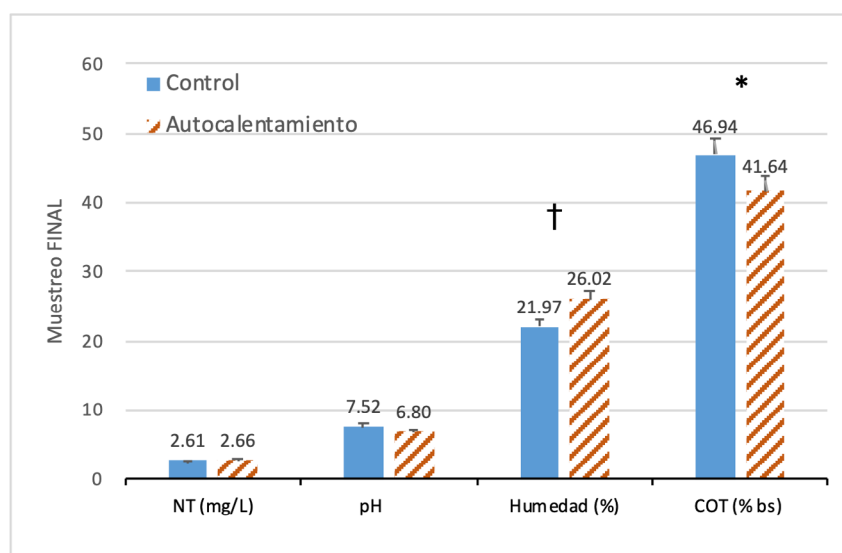


Figura 7. Características fisicoquímicas de la cama de pollo en el muestreo final, i.e. luego de 7 ± 1 d de tratamiento de autocalentamiento (AC, columnas con barras naranjas) o del descanso (Control, sin AC, columnas lisas azules). NT, nitrógeno total. COT (% bs), carbono orgánico total, reportado como % de la materia seca de la cama de pollo. *, $P < 0,05$. †, $P < 0,10$

Por otro lado, analizando las diferencias entre los muestreos inicial y final (i.e. Δ Final-Inicial) del período de descanso (Control) o AC, no se encontraron diferencias entre las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las camas en estudio (Cuadro II).

Cuadro II. Diferencias entre el muestreo final e inicial (Δ final-inicial) de las camas de pollo con tratamiento de autocalentamiento (AC) y sin tratamiento (Control).

Variable ¹	Control	AC	DE ²	LI (95) ³	LS (95) ⁴	P-valor
N Total (mg/L)	-0.34	-0.10	0.46	-0.90	0.42	0.4052
pH	0.19	-0.45	0.49	-0.24	1.52	0.1408
Humedad (%)	-2.27	-7.19	7.27	-3.41	13.24	0.2223
COT (% bs)	-1.02	-1.42	3.58	-2.85	3.66	0.7697
Enterobacterias (UFC/g)	3895	-8632	8790,3	-25825	70880	0.3071

¹COT, Carbono orgánico total. ²DE, Desvío estándar. ³LI, Límite inferior, y ⁴LS, Límite superior de un intervalo de confianza del 95%.

Evaluación de la contaminación aérea dentro y en las inmediaciones de los galpones

Los puntos de análisis de las diferentes agentes contaminantes no presentaron diferencias entre sí para la mayoría de los contaminantes aéreos ($P > 0,05$), sin embargo, la concentración de NH_3 presentó diferencias entre puntos de toma de muestra. Dentro de los galpones, con cortinas cerradas (NH_3 -CC) la concentración fue mayor que con cortinas abiertas (NH_3 -CA) (i.e. 16.62 y 2.26 ppm, respectivamente, $P < 0.05$, $DE = 0.76$, Fig. 8). Por otro lado, el AC generó un incremento en las concentraciones de NH_3 con respecto al Control ($P < 0.05$, $DE = 0.82$, Fig. 8) No hubo interacción entre los puntos de toma de muestra y los tratamientos para ninguno de los contaminantes aéreos. La descripción de los contaminantes atmosféricos está reportada en el Cuadro III

Cuadro III. Descripción de las concentraciones de los contaminantes aéreos evaluados en granjas comerciales de pollos parrilleros de la sub-cuenca del Río Uruguay (Entre Ríos, Argentina)					
Variable ¹	Media	Mín. ²	Máx. ³	Var ⁴	DE ⁵
PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.31	0.76	16.11	6.642	2.580
NO_2 (ppm)	0.71	0.24	1.26	0.091	0.301
SO_2 (ppm)	0.14	0	1.09	0.042	0.204
H_2S (ppm)	0.16	0	0.52	0.049	0.221
NH_3 -CC (mg/L)	30.1	0	150.2	1364	36.9
NH_3 -CA (mg/L)	3.5	0	27.9	31.9	5.65

¹PM 2.5, material particulado < 2.5 micras; NO_2 , Dióxido de N; SO_2 , Dióxido de S; H_2S , Ácido Sulfhídrico; NH_3 -CC, Amoníaco con cortinas cerradas; NH_3 -CA, Amoníaco con cortinas abiertas. ² Min, valor mínimo, ³ Máx, valor máximo; ⁴ Var, Varianza; ⁵ DE, Desvío estándar

Los tratamientos no generaron diferencias en la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($P > 0.05$, $3.21 \pm 1.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, media \pm DE), mientras que el AC generó una reducción en las concentraciones de NO_2 y SO_2 con respecto al Control ($P < 0.05$, $DE = 0.061$ y 0.075 ppm, para NO_2 y SO_2 , respectivamente, Fig.9). En contraposición, el AC produjo un aumento en la concentración de H_2S ($P < 0.05$, $DE = 0.021$ ppm, Fig. 9), comparado con las camas sin tratar (Control).

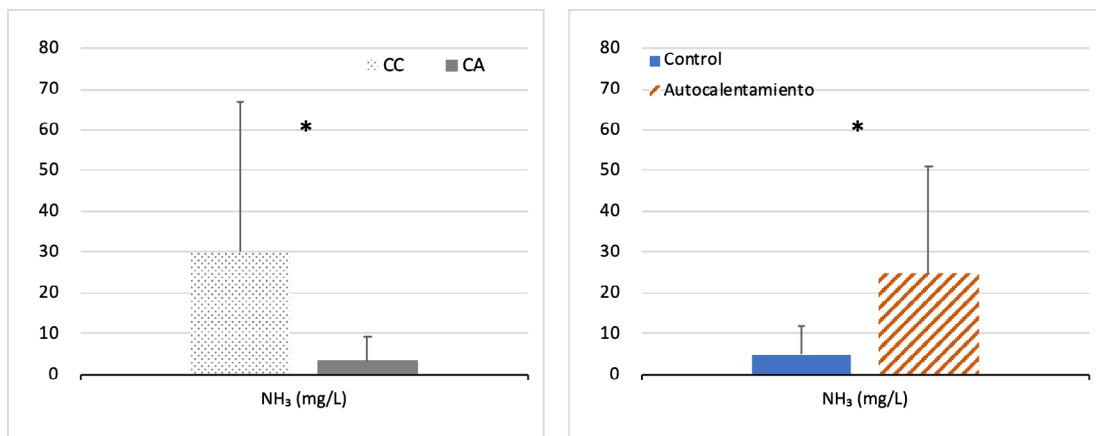


Figura 8. Concentraciones de NH₃ en dos condiciones de toma de muestra dentro del galpón (izquierda), con cortinas cerradas (CC, columna puntillada) o abiertas (CA, columna lisa) y en dos tipos de galpones (derecha), con camas de pollos con autocalentamiento (columna lisa azul) y sin tratamiento (Control, columna con barras naranjas). *, P < 0,05

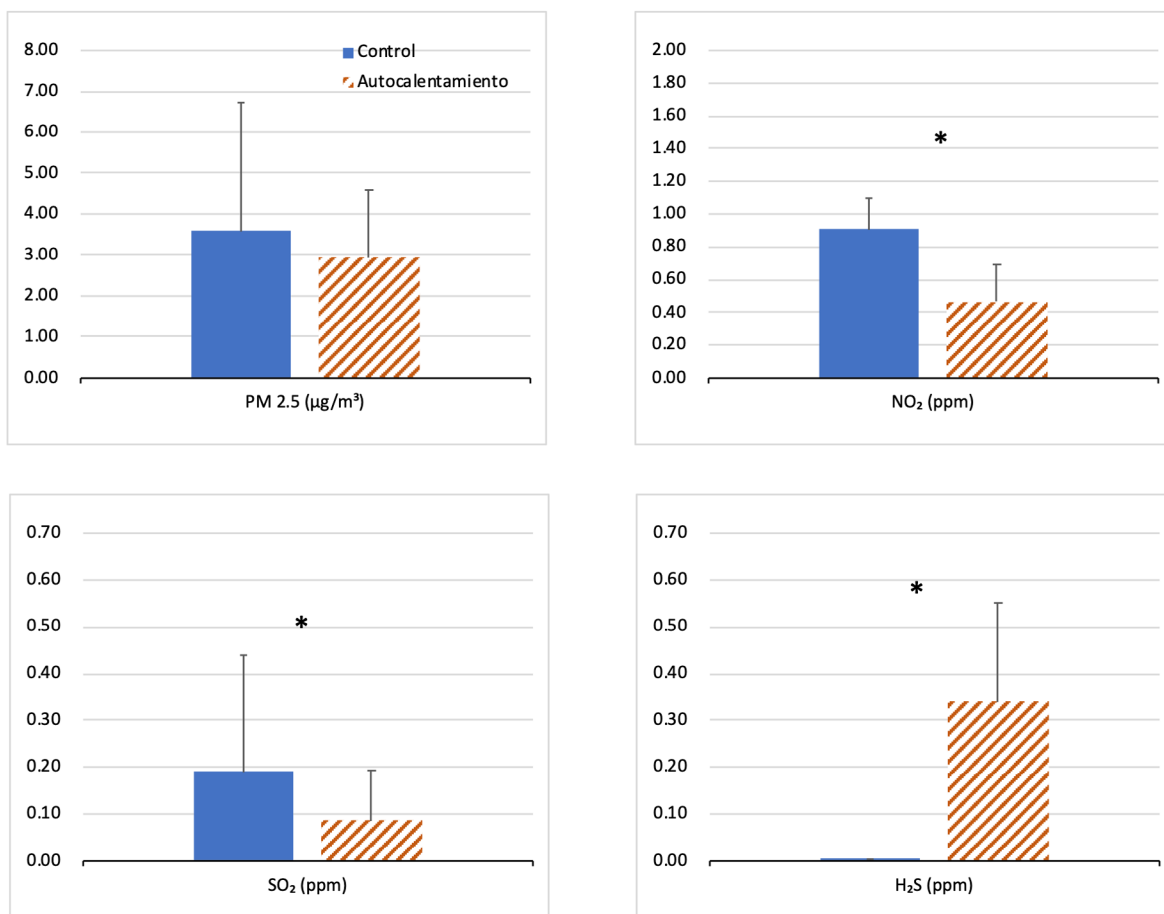


Figura 9. Concentraciones de material particulado < 2.5 (PM_{2.5}, arriba izquierda), dióxido de N (NO₂, arriba derecha), dióxido de azufre (SO₂, abajo izquierda) y ácido sulfhídrico (H₂S, abajo derecha) para dos tipos de galpones, con camas de pollos con tratamiento de autocalentamiento (columnas lisas azules) y sin tratamiento (Control, columnas con barras naranjas) durante el vacío sanitario. *, P < 0,05

Con respecto a los análisis de dispersión y correlación lineal entre contaminantes y características ambientales y de la cama, el PM_{2.5} presentó una correlación positiva con respecto a la humedad relativa ($P < 0.05$, $\rho = 0.388$) y negativa con respecto al viento ($P < 0.05$, $\rho = -0.352$, Fig. 10), sin correlación ($P > 0.05$) con temperatura ($\rho = -0.076$), humedad de la CP ($\rho = -0.189$) y COT ($\rho = 0.019$). Por otro lado, NO₂ se correlacionó positivamente con el COT ($P < 0.05$, $\rho = 0.677$), y con la humedad relativa ambiente ($P < 0.05$, $\rho = 0.340$) y negativamente con la temperatura ($P < 0.05$, $\rho = -0.412$), viento ($P < 0.05$, $\rho = -0.242$) y humedad de la CP ($P < 0.05$; $\rho = -0.236$, Fig. 11), aunque no presentó relación alguna con el contenido de N total ($P > 0.05$, $\rho = -0.180$).

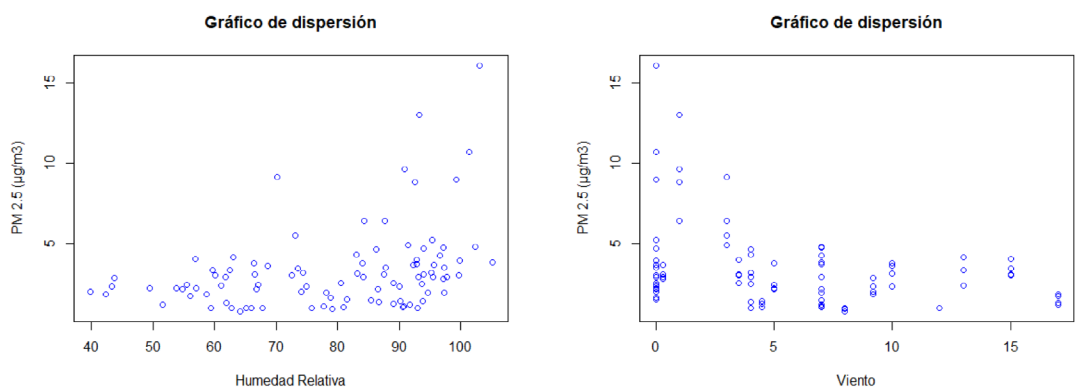
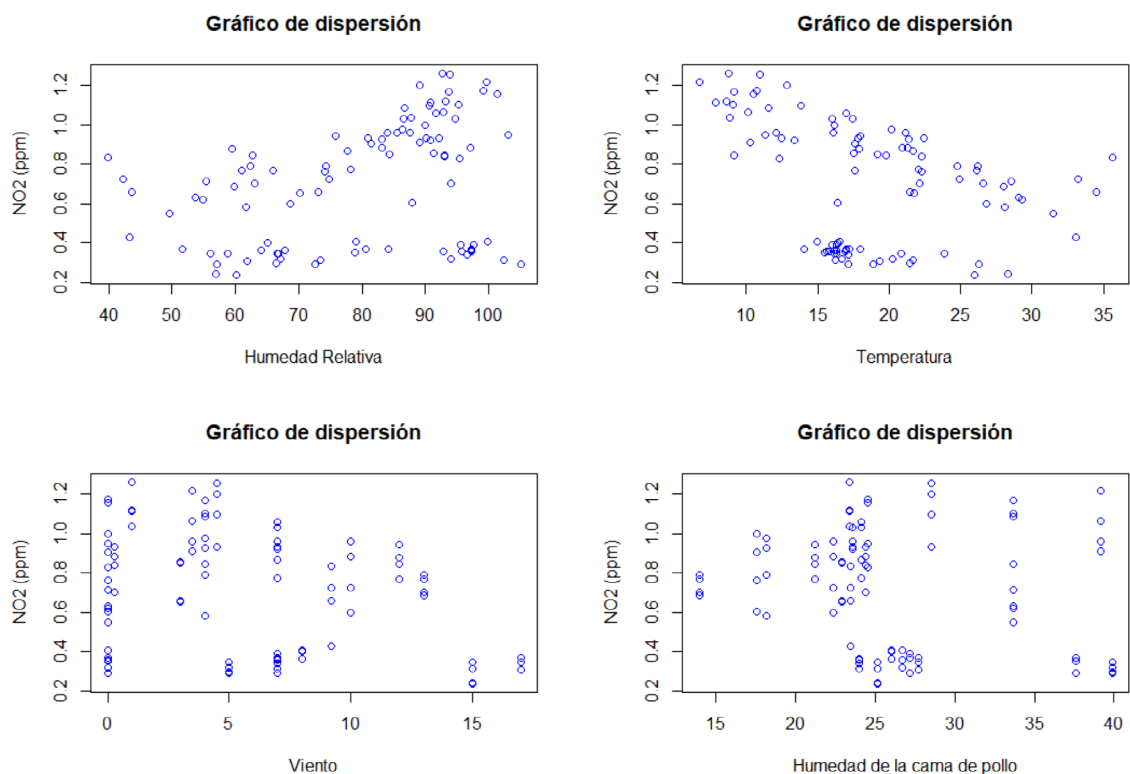


Figura 10. Relación del material particulado 2.5 (PM_{2.5}, µg/m³) con la humedad relativa ambiente (izquierda, $P < 0,05$, $\rho = 0.388$) y con el viento (derecha, $P < 0,05$, $\rho = -0.352$) proveniente de galpones con camas de pollos parri-lleros de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina, durante el vacío sanitario.



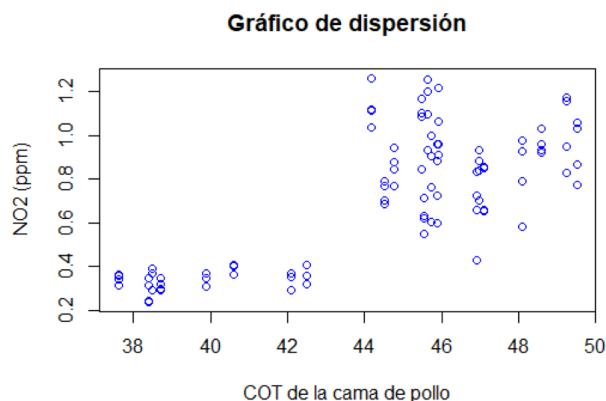


Figura 11. Relación de la concentración de dióxido de N (NO_2 , ppm) con la humedad relativa ambiente (arriba izquierda, $P < 0,05$, $\rho = 0.340$), temperatura (arriba derecha, $P < 0,05$, $\rho = -0.412$), viento (medio izquierda, $P < 0,05$, $\rho = -0.242$), humedad de la cama de pollo (medio derecha, $P < 0,05$, $\rho = -0.236$) y carbono orgánico total (COT, abajo, $P < 0,05$, $\rho = 0.677$) proveniente de galpones con camas de pollos parrilleros de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina, durante el vacío sanitario.

Para NH_3 se realizó el análisis de correlación sólo con parámetros de la cama de pollo (i.e. no con los ambientales), ya que no hubo concentraciones detectables fuera de los galpones (i.e. < 1 ppm). Presentó una correlación negativa solo con el COT ($P < 0.05$, $\rho = -0.427$ y -0.441 para CC y CA, respectivamente, Fig. 12). Con las demás variables, no hubo relación ($P < 0.05$, $\rho < 0.19$).

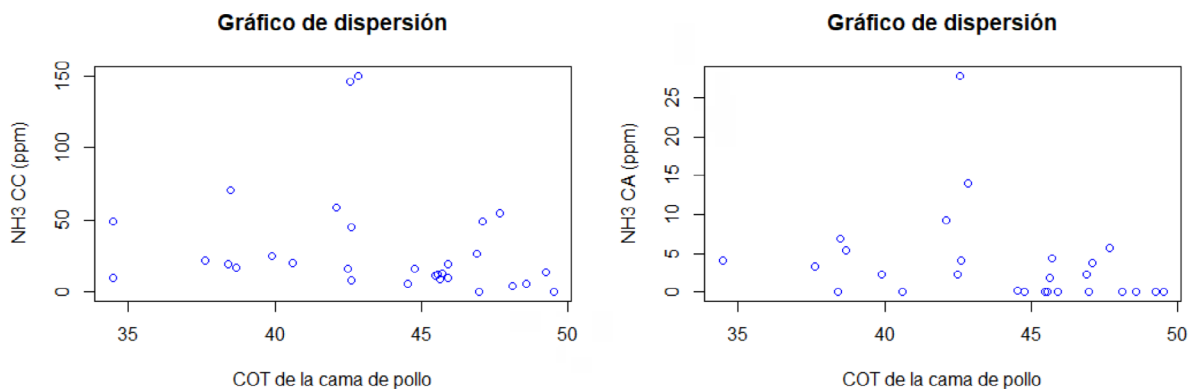


Figura 12. Relación de la concentración de amoníaco (NH_3 , ppm) en galpones con cortinas cerradas (NH_3 -CC, izquierda) o cortinas abiertas (NH_3 -CA, derecha) con el carbono orgánico total (COT) de la cama de pollo ($P < 0.05$, $\rho = -0.427$ y -0.441 , para CC y CA, respectivamente) en establecimientos de producción de pollos parrilleros de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina, durante el vacío sanitario.

Conclusiones

Debido a que pocos trabajadores manifestaron haber tenido problemas de salud relacionados con los contaminantes derivados de la CP, no pudo realizarse un análisis de correlación entre los eventos de salud y estos compuestos en suspensión. En cuanto a las características fisicoquímicas, si bien el AC no generó diferencias importantes, se puede estimar que el proceso de AC podría afectar el crecimiento microbiano, sin em-

bargo, esto no pudo ser confirmado, posiblemente debido a la alta variabilidad encontrada en los resultados microbiológicos. Por otro lado, si bien la liberación de NH_3 fue mayor en las camas AC, las mayores concentraciones, capaces de provocar irritaciones o eventos respiratorios se observaron solo dentro del galpón sin ventilación exterior (i.e. CC). Por último, el apilado AC produjo una disminución en las concentraciones de NO_2 y SO_2 y un aumento en la liberación del H_2S , sin embargo, las concentraciones de estos gases encontradas en los galpones de ambos tratamientos no son compatibles con la aparición de signología o patologías relacionadas con la exposición a estos agentes.

Indicadores de producción

Como resultado del presente proyecto se han enviado una publicación a la Revista Internacional de Contaminación Ambiental UNAM, México (ISSN: 0188-4999, SJR-2022: 0,188, H-Index: 23, SCImago Journal Rank), de acceso abierto e indizada en Latindex, Web of Science y Scopus, entre otros, en diciembre del corriente. Por otro lado, se han publicado publicado 7 resúmenes a Congresos Nacionales (entre 2021 y 2022) y 1 resumen en un simposio internacional.

Asimismo, gracias a los resultados recavados en este proyecto, han culminado y defendido su tesis de grado 3 alumnos de la FCS-UNER, han colaborado con tareas de investigación y extensión 2 pasantes y 5 becarios de iniciación (con becas de la FCS-UNER, becas CIN o becas EVC-MCU). Además, el presente proyecto forma parte de la formación doctoral de la Becaria Daiana M. Caire (becaria CONICET, del CISA-FCS-UNER).

Durante el transcurso del proyecto el personal afectado ha realizado talleres y actividades de extensión con personal del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Secretaría de Ambiente de la Pcia. de Entre Ríos y empresas privadas asociadas a la producción avícola.

Por último, el equipo adquirido con el presupuesto otorgado (para medición de NH_3), es utilizado para validar concentraciones de NH_3 en equipamiento nacional desarmado por Investigadores de la EEA INTA C. del Uruguay, que han colaborado en este proyecto, que sirven para evaluar concentraciones de NH_3 en diversos puntos, en forma continua, con alta precisión y a muy bajo costo.

Bibliografía

- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 16th Edit. ed. Arlington, VA, USA.
- Bernigaud I.C. (2016). Tratamiento por calentamiento de cama de pollo para reúso en caso de brotes infecciosos o retiro del galpón. Ediciones INTA, EEA Concepción del Uruguay <http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta>.
- Campagnolo E.R., Johnson K.R., Karpati A., Rubin C.S., Kolpin D.W., Meyer M.T., Esteban J.E., Currier R.W., Smith K., Thu K.M. y McGeehin M. (2002). Antimicrobial residues in animal waste and water resources proximal to large-scale swine and poultry feeding operations. *Science of the Total Environment*. 299, 89-95. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00233-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00233-4)

- Castillo S., Durante M. y Gange, J.M. (2018). Análisis de cuencas como receptoras de cama de pollos parrilleros. II Jornadas Internacionales de Ambiente.
- Chastain J.P., Camberato J.J. y Skewes P., (2001). Poultry Manure Production and Nutrient Content. Climate Change Central, Clemson University, USA. pp. 1-17.
- De Battista J.J. y Arias N. (2016). Utilización de la cama de pollo como fertilizante en cultivos anuales, en suelos Vertisoles de Entre Ríos, En: Gange, J.M. (Ed.), Cama de Pollo En Entre Ríos. Aportes Para Su Uso y Manejo. INTA Ediciones, EEA Concepción del Uruguay, Entre Ríos, pp. 70-75.
- FAO (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Foro de Expertos de Alto Nivel. Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.
- FAOSTAT (2023). Food and Agriculture Organization. United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en>
- Leonardi E. (2013). Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves. Revista SNS. 1, 37-46. <http://200.61.221.89/index.php/sns/article/view/43/31>
- Mottet L. y Tempio S. (2017) Global poultry production: current state and future outlook and challenges. World's Poultry Science Journal, 73, 1-12. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
- 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, 359-370.
- Ruiz Díaz D., Tomlinson P. y Shoup, D. (2012). Poultry litter: Nutrient availability, value, and storage practices, Extension Agronomy e-Updates. Kansas, USA.
- SENASA, 2010. Resolución 542/2010. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina.
- SENASA, 2016. Estadísticas. Establecimientos con Avicultura por Tipo de Producción <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/aves>
- Senesi H. y Palau S. (2008). Coordinación del agro negocio avícola en la Argentina. Perturbaciones y adaptación organizacional. 2^{do} Congreso de Agricultura Económica. Montevideo, Uruguay.

PID 10083

Denominación del Proyecto

Impacto ambiental y en la salud de los trabajadores rurales provocados por los contaminantes derivados de la cama de pollo

Director

Dr. Juan Manuel Cantet

Codirectora

Dra. Emiliana Elisabet Orcellet

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Ciencias de la Salud (FCS-UNER).

Contacto

juan.cantet@uner.edu.ar, emiliana.orcellet@uner.edu.ar

Cátedra/s, área o disciplina científica

Centro de Investigación en Salud y Ambiente (CISA). Cátedras de Ecología y Evaluación de Impacto Ambiental

Instituciones intervinientes públicas o privadas

Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Integrantes del proyecto

Docentes UNER: María Agustina Bonnet y Natalia Marcó. Estudiante doctoral: Daiana Marisol Caire. Integrantes estudiantes: Solange Hagedorn; Guadalupe Baccon. Becarias CIN: Valentina Flor López y María Elina Klein. Becario de formación: Milagros Rougier. Becarios EVC-MCU: Kevin Joaquín Sastre y Gastón Emanuel Garelli. Investigador externo: Natalia Soledad Almada (INTA EEA C.del Uruguay). Corina Irma Bernigaud (INTA EEA C.del Uruguay). Emanuel Ceferino Caluva (INTA EEA C.del Uruguay). Claudia Isabel Gallinger (INTA EEA C.del Uruguay). Juan Martín Gange (INTA EEA C.del Uruguay).

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

15/08/2019 y 21/12/2023

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 189/24 (28-06-2024)