



# Cama de pollo

Valor agronómico



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación

# Cama de pollo

## Valor agronómico

## AUTORIDADES MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA

- › **Luis Miguel Etchevehere**  
Ministro de Agroindustria
- › **Ing. Agr. Guillermo Bernaudo**  
Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca
- › **Ing. Prod. Agr. Rodrigo Troncoso**  
Subsecretario de Ganadería
- › **M. Vet. Alejo Correa**  
Director Nacional de Producción Agropecuaria
- › **Ing. Agr. Karina F. Lamelas**  
Directora de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales
- › **Ing. Zoot. Gisela Mair**  
Area Avícola

Este documento ha sido elaborado por el siguiente equipo de trabajo: Ing. Agr. Karina Lamelas<sup>1</sup>, Ing. Agr. Roberto Maisonnave<sup>2</sup>, Ing. Zoot. Gisela Mair<sup>1</sup> y Lic. en Estadística Norberto Rodríguez<sup>1</sup> en el marco del Proyecto 'Caracterización de la Cama de Pollo de Granjas Integradas de Parrilleros de la Costa Este de la Provincia de Entre Ríos' del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Colaboraron en el relevamiento de muestras: Ing. Agr. Juan Martín Gange<sup>3</sup>, Lic. Corina Bernigaud<sup>3</sup>, Ing. José Horacio Noriega<sup>4</sup>, M. Vet. Juan Nehuen Rossi<sup>5</sup> y Lic. Pablo Marsó<sup>6</sup>.

Agradecemos al Dr. Jorge Dillon (Ex Subsecretario de Ganadería) por el apoyo institucional al proyecto, a la Ing. Agr. Alejandra Cuatrín (EEA INTA Rafaela) por su asistencia técnica para el diseño estadístico del muestreo y a las empresas avícolas Granja Tres Arroyos, Las Camelias y Soychú por su participación.

### Año 2018

1 Ministerio de Agroindustria de la Nación

2 AmbientAgro - Consultoría ambiental

3 INTA EEA Concepción del Uruguay, Entre Ríos

4 SENASA, Entre Ríos

5 Granja Tres Arroyos

6 Las Camelias

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>5</b>
2.1 Diseño y tamaño de muestra .....	5
2.2 Consideraciones del muestreo .....	6
2.3 Método de muestreo de cama de pollo .....	7
2.4 Acondicionamiento del material de la muestra.....	8
2.5 Planilla de relevamiento.....	8
2.6 Parámetros físico-químicos analizados .....	9
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>10</b>
3.1 Análisis e Interpretación de resultados obtenidos .....	10
3.1.1 Características de los galpones y de la cama de pollo .....	10
3.1.2 Resultado físico-químicos .....	12
3.2 Comparación con resultados internacionales .....	17
3.3 Efecto de algunas variables sobre los parámetros físicos y químicos de la cama de pollo .....	18
<b>4. EFECTOS PRÁCTICOS DE LA UTILIZACIÓN AGRONÓMICA DE LA CAMA DE POLLO</b> .....	<b>20</b>
4.1 Maíz .....	20
4.2 Soja.....	22
<b>5. BALANCE DE NUTRIENTES A LARGO PLAZO</b> .....	<b>25</b>
<b>6. CONSIDERACIONES FINALES</b> .....	<b>26</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> .....	<b>28</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>30</b>
Anexo I Planilla de relevamiento de información de granjas .....	30
Anexo II Gráficos de histogramas .....	31
Anexo III Efecto de algunas variables sobre los parámetros físicos y químicos de la cama de pollo .....	33

## 1. Introducción

La producción nacional de carne aviar creció en los últimos 20 años 280 %, pasando de 720 mil tn (1996) a 2.055 mil tn (2016). El incremento observado fue acompañado de un aumento en la cantidad de granjas de engorde de pollos parrilleros. Asimismo, puede señalarse un incremento en el tamaño de las mismas, tanto en las nuevas como en aquellas preexistentes que optaron por un aumento de escala.

El crecimiento del sector trajo aparejado no sólo un aumento en la cantidad de alimento ofrecida al mercado interno y externo sino también en el volumen de desechos de la producción, en particular en este caso, de cama de pollo.

Como es sabido, la cama de pollo es utilizada en los pisos de los galpones como sustrato sobre el cual las aves depositan sus deyecciones. Los materiales más frecuentemente utilizados son la cáscara de arroz, de girasol, de maní y la viruta. La cama de pollo es removida parcialmente al finalizar cada crianza y, de acuerdo con lo establecido por las Resoluciones de SENASA N° 546/2010 y su modificatoria N° 106/2013, se debe remover totalmente una vez por año o cada 5 crianzas (vacío sanitario).

Una vez removida, la cama de pollo es utilizada como enmienda orgánica principalmente. Si bien en Argentina ésta es la alternativa más difundida entre los productores avícolas y agrícolas, su uso se realiza sin conocer su composición físico-química ni a través de un Plan de Manejo de Nutrientes que considere un balance de nutrientes entre lo que aporta la cama de pollo y lo que requiere el cultivo.

En diversos foros y ante diferentes Organismos Públicos, el sector avícola ha solicitado una orientación técnica para poder manejar la cama de pollo de forma apropiada. Cualquier esfuerzo en el sentido de proveer dicha guía debe estar cimentado en el conocimiento amplio del sector para poder identificar las áreas temáticas donde la información o el conocimiento disponibles no son suficientes.

En este sentido, el diagnóstico conjunto con representantes de MAGyP e INTA permitió revelar que no existe en nuestro país una base de datos mínima referente a las características físico-químicas de la cama de pollo.

El foco de análisis en el estudio del manejo de excretas debe estar en las cantidades que nuestros productores generan y en la composición físico-química de estos materiales. Así, podemos comenzar a analizar las distintas alternativas de tratamiento, manejo y utilización como también las limitantes dadas por los resultados encontrados.

Existe siempre un riesgo en asumir valores de concentración de nutrientes desarrollados en otros países, ya que, si bien las dietas y genética animal son equiparables en el mundo moderno, los sistemas de manejo de las excretas pueden variar y la interacción de estas con el medio ambiente es un proceso complejo influenciado por las características zonales. De este modo no es extraño observar una gran variabilidad en valores de concentración de nutrientes dentro de un mismo país o -incluso- en una misma región.

Es por ello que desde el Ministerio se planteó realizar un muestreo de cama de pollo de granjas de pollos parrilleros, acotado a las principales zonas productoras, que permita caracterizarla desde el punto de vista físico-químico para conocer el aporte potencial de nutrientes como abono orgánico. Así también se buscó comparar los resultados analíticos locales con los publicados en bibliografía internacional de referencia.

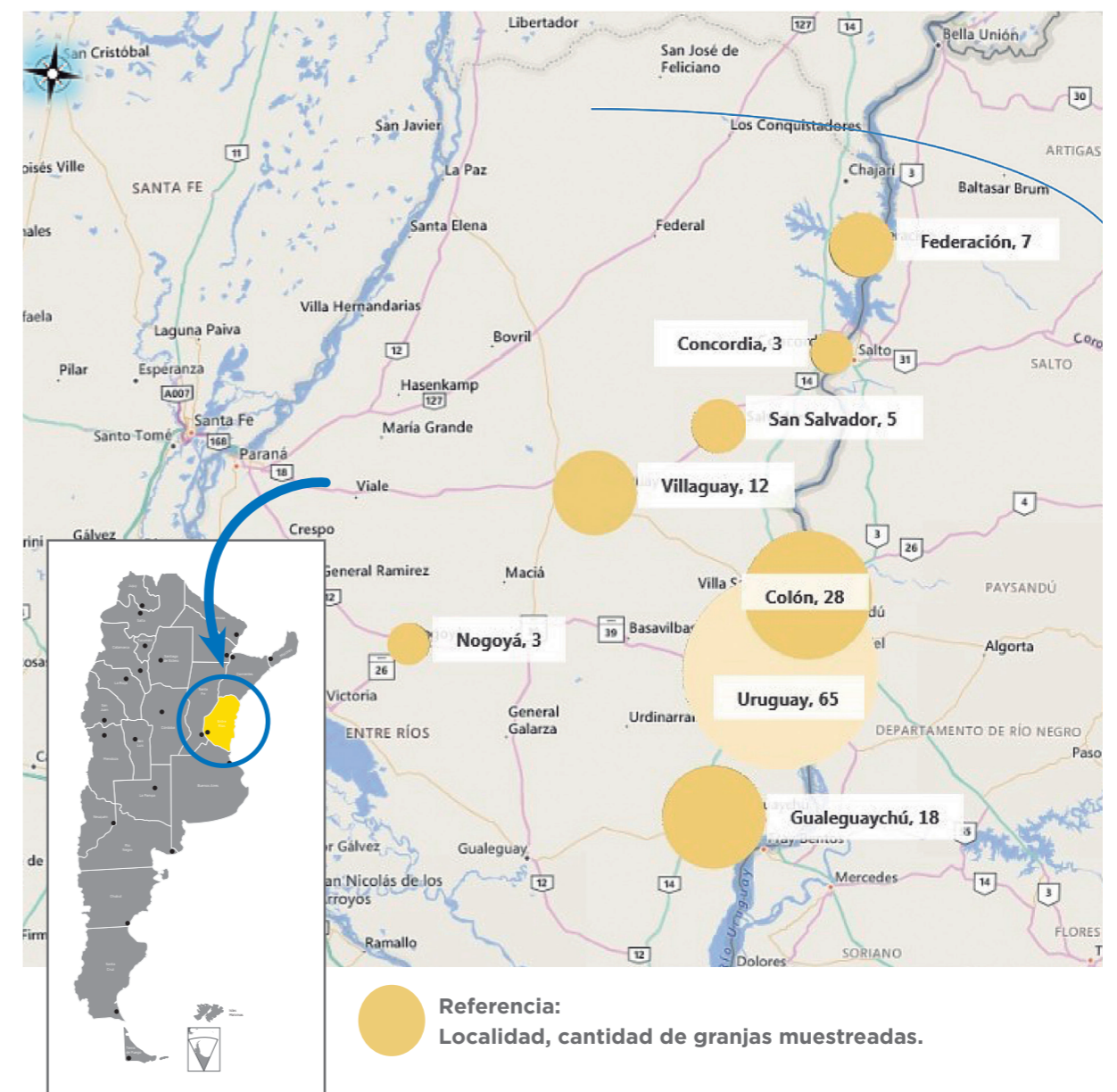
## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Diseño y tamaño de muestra

En el país se registran un total de 4.860 granjas que crían pollos parrilleros, de las cuales 2.673 (el 55%) están ubicadas en la provincia de Entre Ríos<sup>3</sup>.

La población objeto de estudio del presente trabajo fueron las 2.673 granjas que están ubicadas en la citada provincia, y es a esta a la cual se referirán los resultados de la presente investigación por muestreo.

**MAPA 1. Localización de las zonas de muestreo en la provincia de Entre Ríos**



<sup>3</sup> Datos tomados del SIGSA SENASA al momento del cálculo del tamaño de la muestra (julio 2015)

De esta población así definida y dentro de un listado de granjas potenciales acordado con las empresas integradoras y los productores avícolas integrados, se seleccionó en una primera etapa una muestra en forma aleatoria de 47 granjas y dentro de cada granja, en una segunda etapa, se volvieron a seleccionar sub-muestras constituidas por hasta tres galpones elegidos entre aquellos que estaban próximos a sacar la cama del galpón. En el caso de algunas granjas que poseían menos de tres galpones de este tipo, se tomaron dos o un solo galpón.

La unidad de estudio fue la cama de pollos definida como *“toda la cama utilizada en un mismo galpón, que haya tenido el mismo manejo productivo, densidad animal, sanidad y cuyas aves hubieran recibido la misma alimentación (cantidad y tipo), se encontraran en las mismas instalaciones, por las cuales hayan pasado varios lotes de aves y esté por iniciar el período de vacío sanitario”*.

El tamaño de la muestra fue determinado en 47 granjas en base al conocimiento previo de la población total de granjas<sup>4</sup> y del desvío standard del contenido de nitrógeno total esperado<sup>5</sup>, con una aceptación de un margen de error de 0,10 y un nivel de confianza de 0,95. Se tomaron tres muestras en cada granja resultando en un total de 141 muestras.

## 2.2. Consideraciones del muestreo

El período de muestreo abarcó los meses de septiembre y octubre de 2015, lapso necesario para muestrear los establecimientos seleccionados en forma paulatina, de acuerdo con la capacidad indicada por el laboratorio seleccionado, teniendo en cuenta un flujo permanente pero que no excediera su capacidad. El laboratorio seleccionado para los análisis fue el de la Cámara Arbitral de Cereales de Paraná de la provincia de Entre Ríos. La toma de muestras fue efectuada por parte de un equipo de técnicos conformado por profesionales de INTA y SENASA y de las empresas Granja Tres Arroyos, Las Camelias y Soychú, quienes fueron capacitados previamente en una jornada a campo<sup>6</sup>.

El muestreo se realizó cuando la cama estaba próxima a ser retirada del galpón y la toma de muestras se hizo siguiendo el instructivo diseñado para tal fin y respetando condiciones de bioseguridad e higiene de SENASA.

Las muestras fueron colocadas en bolsas herméticamente cerradas para evitar que se mezclaran los contenidos y colocadas a su vez en un envase secundario para mayor seguridad. Se mantenían refrigeradas por debajo de 4° C hasta la entrega en el laboratorio, que se realizaba en un plazo de 48-72 hs desde la toma de muestras. Para ello el técnico conservaba las muestras en heladera o cajas conservadoras con refrigerantes hasta el momento de su envío. Todas las muestras fueron rotuladas y acompañadas con la correspondiente planilla de relevamiento, debidamente completa con todos los datos solicitados.

<sup>4</sup> Fuente SIGSA SENASA

<sup>5</sup> Sobre la base de muestras de cama de pollo de distintos trabajos locales se calculó el promedio y el desvío standard (2.73 % ± 0.35) del contenido de Nitrógeno total.

<sup>6</sup> Capacitador: Ing. Roberto Maisonnave en el marco del Convenio con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

## 2.3 Método de muestreo de cama de pollo

Se utilizó el método de la canaleta, de acuerdo con lo especificado por Zhang y Hamilton (*“Sampling Animal Manures”*, Oklahoma Cooperative Extension Service).

Utilizando una pala angosta y ubicados en el centro del galpón se realizó una canaleta a lo ancho del mismo hasta acercarnos a 1 metro aproximadamente de las paredes laterales (Figura 1). La canaleta tenía el ancho y la profundidad de la pala utilizada. La “costra” (también llamada “champa”) ubicada sobre la cama de pollo también fue recogida.

Todo el material recolectado de la canaleta se depositó sobre una lona plástica y utilizando un rastrillo y otra herramienta útil a tal efecto se mezcló intensamente para lograr uniformidad en el material. Luego se dividió el material en cuatro partes iguales. Se tomaron dos cuartos al azar, descartando los otros dos cuartos, y se volvieron a mezclar uniformemente. El proceso se repitió varias veces más hasta obtener la muestra definitiva en una cantidad de material similar a 1 kg de muestra requeridos por el laboratorio. La misma se colocó en una bolsa plástica con cierre sellado (tipo *Ziploc*) y rotulada. Al finalizar todo el material sobrante fue colocado dentro de la canaleta y esparcido de manera uniforme.

FIGURA 1. Muestreo de cama de pollo (método canaleta)

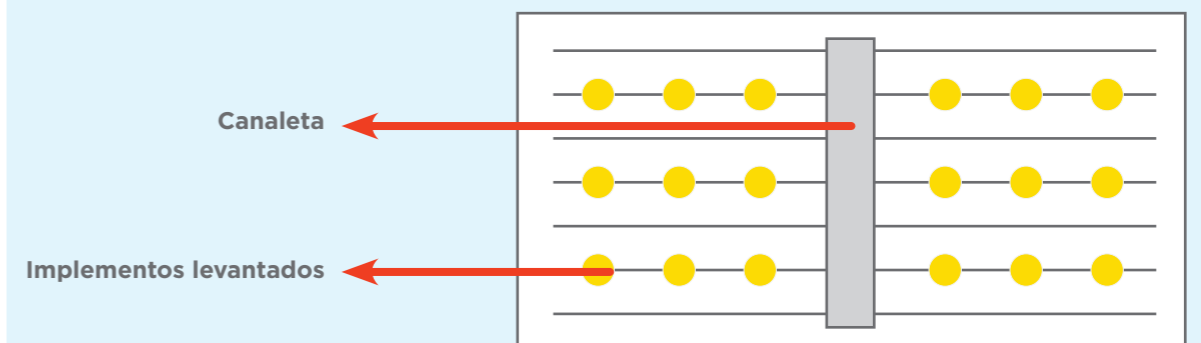


FOTO 1. Galpón previo al muestreo.



FOTO 2. Cavado de canaleta.



FOTO 3. Canaleta.



FOTO 4. Homogeneización del material.



FOTO 5. Cuarteo del material.



FOTO 6. Envasado primario en bolsa sellada.

## 2.4. Acondicionamiento del material de la muestra

En todos los casos se colocó una segunda bolsa plástica envolviendo a la que contenía la muestra para agregar protección contra los cortes y rasgados que pudieran ocurrir durante el traslado. Luego se colocaron las bolsas de distintas muestras en una conservadora de plástico o telgopor, agregando refrigerantes con el objetivo de mantener las muestras debajo de 4°C hasta su recepción en laboratorio.

## 2.5. Planilla de relevamiento

Por cada muestra se completó una **planilla de relevamiento** que contenía información sobre la muestra y sobre el galpón del que se extrajo la misma (Anexo I). La información relevada incluía:

- › Cantidad de crías
- › Sustrato de cama de pollo
- › Densidad de aves por m<sup>2</sup>
- › Características de los implementos del galpón: tipo de comederos, bebederos, ventilación, iluminación y refrigeración
- › Tratamientos realizados a la cama, volumen de cama retirada, uso posterior, incorporación al suelo, almacenamiento transitorio, antigüedad del almacenamiento, entre otros.

## 2.6. Parámetros físico-químicos analizados

Los parámetros físicos y químicos y los métodos de laboratorio utilizados en cada muestra fueron los siguientes:

TABLA 1. Parámetros físicos y químicos y métodos de laboratorio

Parámetros físicos y químicos	Unidades	Método empleado
Humedad	%	AOAC 930.15
Ph	UI	IRAM SAGPYA 29574
Ce (conductividad eléctrica)	mmhos/cm	Método conductímetro. Equipo Antares 3°, Dilución 1:2,5
Nitrógeno Kjeldahl total	%	Macro-kjeldahl AOAC-Official Method 2001. 11 C. Reagents (F).
N-nh <sub>4</sub> <sup>+</sup> (nitrógeno amoniacal)	%	Bremmer, J.M. y C.S. Mulvaney. 1982.
N-org (nitrógeno orgánico)	%	Bremmer, J. M. y C. S. Mulvaney. 1983. AOAC-955.04. Total Nitrogen in Fertilizers. AOAC-920.03. Ammoniacal Nitrogen in Fertilizers. AOAC-892.01. Ammoniacal Nitrogen and Nitrate.
Sólidos volátiles	%	Calcinación a 550° C
Fósforo total	%	Absorbancia. AOAC 965.17
Potasio total	%	Absorción atómica
Calcio	%	Absorción atómica
Magnesio	%	Absorción atómica
Sodio	%	Absorción atómica
Zinc	ppm	Absorción atómica
Cu	ppm	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de la Cámara Arbitral de Cereales de Entre Ríos.

## 3. Resultados

Uno de los objetivos principales del presente trabajo fue determinar las concentraciones medias de los parámetros físicos y químicos más importantes en cama de pollo próxima a retirarse del galpón de producción. Anticipando la alta variabilidad de la composición química de la CP, como se observa en distintos trabajos consultados, se asumió como muy relevante estimar no sólo los valores medios de los parámetros físicos y químicos, sino también las concentraciones máximas y mínimas encontradas -que definen un rango de resultados probables- como así también el desvío estándar (Desvío ST) y el coeficiente de variación (CV) para cada caso particular; éstos últimos como medidas de la variabilidad propia de cada parámetro físico y químico estudiado.

Resulta importante mantener presente que la cama de pollo que se evacua de los galpones de pollos parrilleros es utilizada, mayoritariamente, como abono orgánico agrícola. Por otro lado, es importante comparar los resultados de este trabajo con datos obtenidos de forma similar en otros países o regiones, de manera de establecer similitudes y diferencias en cuanto a la calidad de la enmienda y su utilización. Para ello, es imprescindible establecer dicha comparación con estudios de caracterización de cama de pollo en condiciones reales de producción, como ha sido en este caso.

### 3.1 Análisis e interpretación de resultados obtenidos

#### 3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS GALPONES Y DE LA CAMA DE POLLO

En las tablas 2 a 11 se resume la información obtenida de las planillas de relevamiento<sup>7</sup> que acompañaban cada muestra e indican algunas características de la cama de pollo, así como de los galpones de los cuales se obtuvieron las mismas.

TABLA 2. Tipo de comederos (%)

Tipo de comederos	%
Manuales	43
Automáticos	54
Ambos	2
No contesta	1
TOTAL	100

TABLA 3. Tipo de bebederos (%)

Tipo de bebederos	%
Niple	99
No contesta	1
TOTAL	100

<sup>7</sup> Datos compilados sobre 141 planillas de relevamiento.

TABLA 4. Tipo de ventilación (%)

Tipo de ventilación	%
Natural (ventiladores)	88
Túnel	9
No Contesta	3
TOTAL	100

TABLA 5. Tipo de iluminación (%)

Tipo de iluminación	%
Abierto	92
Blackout	6
No Contesta	2
TOTAL	100

TABLA 6. Material o sustrato de la CP (%)

Material o sustrato	%
Viruta/aserrín	50
Cáscara de arroz	25
Viruta y cáscara de arroz	21
Cáscara de maní	2
Otras*	2
TOTAL	100

\*Mezcla de cáscara de arroz con maní y/o girasol.

TABLA 7. Antigüedad de la CP (%)

Cantidad de crianzas	%
Mayor o igual a 7	18,1
5 a 6	36,2
3 a 4	33,4
Menor o igual a 2	12,3
TOTAL	100

TABLA 8. Tratamiento realizado a la CP<sup>8</sup> (%)

Tratamiento	%
Saca champa y desinfecta	37,6
Saca champa	35,5
Fermenta	6,4
Otras*	14,2
No sabe/No contesta	6,3
TOTAL	100

\*Combinaciones de saca champa, desinfecta, fermenta, acidifica y aplica cal.

TABLA 9. Uso posterior de la CP según tipo de predio (%)

Tipo de predio	%
Propios	47,5
De terceros	36,3
No sabe/No contesta	16,2
TOTAL	100

<sup>8</sup> Saca "champa": retira la porción superior de la CP que contiene costras. Fermenta: apila en el centro del galpón por un tiempo determinado en el que sube la temperatura. Acidifica: aplica productos para acidificar. Cal: aplica cal.

**TABLA 10. ¿Incorpora la CP cuando es aplicada en predios? (%)**

Incorporación	%
Sí	34,0
No	21,3
No sabe/No contesta	44,7
TOTAL	100

**TABLA 11. Densidad de aves**

Intervalo (aves/m <sup>2</sup> )	% galpones
9 a < 11	43,2
11 a < 13	51,1
>13	5,7
TOTAL	100

Promedio: 11,2 aves/m<sup>2</sup> (min 9; máx 15,5).

### 3.1.2 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

A continuación, en las tablas 12, 13 y 14 se presentan los resultados físico-químicos de las muestras obtenidas. Todos los resultados se encuentran expresados en base seca, con excepción del contenido de humedad.

**TABLA 12. Conductividad eléctrica, pH y humedad de cama de pollo**

	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	pH	Humedad %
Media	8,63	7,56	31,50
Desvío ST	3,66	0,31	4,65
CV%	42,88	4,07	14,78
Mínimo	2,06	7,00	21,50
Máximo	21,04	8,23	42,87

Ver Anexo II, Gráficos de histogramas.

Como se observa en la tabla 12, la conductividad eléctrica presentó una media de 8,63 con un desvío estándar (DSt) de  $\pm 3,66$ , y con un coeficiente de variación (CV) superior al 42%<sup>9</sup>. El pH observado fue prácticamente neutro, con una media de 7,56 y DSt  $\pm 0,31$  lo que resulta un valor normal dentro de los rangos de pH de suelos agrícolas. El promedio del contenido de humedad fue de 31,50% y DSt  $\pm 4,65$ , con un máximo de 42,87 y un mínimo de 21,50%. El valor promedio representa un contenido de humedad apropiado

<sup>9</sup> Más allá de la alta variabilidad propia, el DSt y el CV podrían ser menores si se tomara una muestra de mayor tamaño.

para el manejo de la cama fuera del galpón, ya que no se producen pérdidas de líquido por gravedad y el porcentaje de "agua" transportado es bastante reducido comparado con otras excretas animales como guano de gallina y sólidos separados mecánicamente de efluentes porcinos. En estos últimos casos los contenidos de humedad suelen ser superiores al 70%.

**TABLA 13. Sólidos volátiles, nitrógeno, fósforo y potasio en cama de pollo**

	Sólidos volátiles* (%)	Nitrógeno amoniacal (%)	Nitrógeno orgánico (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo total (%)	Potasio (%)
Media	79,13	0,40	1,95	2,96	0,97	1,25
Desvío ST	4,61	0,11	0,55	0,38	0,30	0,28
CV%	5,82	27,62	27,98	12,86	30,83	22,20
Mínimo	68,16	0,22	0,92	2,28	0,38	0,78
Máximo	90,59	0,68	3,18	3,68	1,59	2,24

\*Sólidos volátiles: como indicador de materia orgánica.

Ver Anexo II, Gráficos de histogramas.

La cama de pollo mostró un contenido elevado de materia orgánica (el promedio 79,13 %), con un bajo CV de 5,82 %. Este valor demuestra la relativa uniformidad de la cama entre granjas respecto de la materia orgánica cuyo contenido puede impactar positivamente en propiedades físicas del suelo a través del uso sostenido en el tiempo como abono orgánico.

El contenido de materia orgánica de una enmienda mejora propiedades edáficas como: tasa de infiltración, capacidad de retención de agua y capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, a la vez que aumenta el contenido de nutrientes que se liberan en forma lenta y progresiva mejorando desarrollo y rinde de cultivos y pasturas.

Las muestras de cama de pollo analizadas tuvieron un contenido promedio de nitrógeno total (NT) de 2,96%, 1,96% de nitrógeno orgánico (N-Org) y 0,40% de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). De estos resultados puede calcularse un 0,60% de nitrógeno en forma de compuestos oxigenados, probablemente nitratos y nitritos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Conocer las distintas formas nitrogenadas de excretas de origen animal resulta imprescindible, por cuanto los contenidos relativos de esas formas químicas determinan la cantidad de nitrógeno que estará disponible para el cultivo (NDC) en el mediano plazo y, en consecuencia, también nos informa las proporciones que son sensibles de ser perdidas en el ambiente.

El NDC estará afectado por las pérdidas de nitrógeno que se produzcan durante y después de la aplicación de la enmienda, como así también por la tasa de mineralización de la fracción orgánica.



Siguiendo la ecuación correspondiente y utilizando una recomendación simplificada<sup>10</sup> de los servicios de extensión de distintas universidades de EEUU:

$$\text{NDC} = \text{NT} \times \text{FD}$$

Donde,

NDC: Nitrógeno disponible para el cultivo

NT: Nitrógeno total

FD: Factor de disponibilidad

Con la ecuación se asume que sólo una fracción de las distintas formas de N presentes en la cama de pollo estarán disponibles para los cultivos durante el primer año. El rango de variación de disponibilidad del nitrógeno se ubica entre el 50 y 70% del N total, es decir un factor de disponibilidad (FD) de 0,5 a 0,7 (Koelsch y Shapiro, 1997; Payne y Zhang; Gaskin et al, 2013).

Para los resultados obtenidos en este muestreo, se comprueba que el valor calculado según la ecuación simplificada<sup>11</sup> es:

$$\text{NDC} (\%) = 2,96 \times 0,5 = 1,48 \%$$

Debe resaltarse que el N-Org representó más del 65 % del NT y, por la forma química en que se encuentra, este nitrógeno es menos sensible a pérdidas por lixiviación o volatilización, incrementando el *pool* de N del suelo.

Respecto de la variabilidad de los resultados, tanto en las formas de nitrógeno como para el fósforo, que es el otro nutriente de importancia agronómica primordial, los coeficientes de variación resultan elevados<sup>12</sup>. Los CV de nitrógeno amoniacal y orgánico superaron el 27 % mientras el CV del fósforo (P) fue de 30,83 % y 20,22 % en el caso de potasio (K). Estos amplios rangos de concentraciones probables de los nutrientes de relevancia agronómica no hacen más que subrayar la importancia de contar con muestras de cama de pollo de cada granja antes de planificar un uso agronómico de la misma, para no subestimar ni sobreestimar la concentración de los nutrientes relevantes ni sus probables porcentajes de pérdidas. Una vez que el manejo de la CP en galpones se encuentra estabilizado el método de muestreo a campo afinado y las determinaciones de laboratorio resultan menos variables, entonces puede programarse el muestreo de CP cada 2 a 3 años, especialmente si la

<sup>10</sup> Una forma extendida de esta ecuación es la que considera un Factor de Volatilización de amoníaco y un Factor de Mineralización esperada durante el primer año de agregada la enmienda:

$$\text{NDC} = (\text{N-NH}_4^+ \times (1-\text{FV})) + (\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-) + (\text{N-Org} \times \text{FM})$$

Donde,

FV: factor de volatilización de amoníaco esperada inmediatamente después de efectuada la aplicación. El rango de valores posibles de FV es amplio y depende de las condiciones climáticas, de la incorporación o no de la cama al suelo, del tiempo transcurrido entre la aplicación y la incorporación, entre otros factores. Usualmente, puede asumirse un FV de 0,5.

FM: factor de mineralización esperada durante el primer año de agregada la enmienda, usualmente 0,33.

<sup>11</sup> Considerando la ecuación extendida, con los resultados de este muestreo se observa que el valor calculado es similar al de la ecuación simplificada:

$$\text{NDC} (\%) = ((0,40 \times (1-0,5)) + (0,60) + (1,95 \times 0,33)) = 1,44\%$$

<sup>12</sup> El Desvío estándar y el CV podrían reducirse con una muestra poblacional más grande.

utiliza en su propio campo, de forma de reducir el costo para el productor, pero obteniendo resultados confiables.

La composición media de la cama de pollo respecto de P y K fue de 0,97 y 1,25 % respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos esperados y determinan una relación aproximada NPK de:

**3N : 1P : 1.25K**

Esta proporción de macro nutrientes esenciales es similar a la publicada por la Universidad de Georgia (EEUU) de:

**2.9N : 1.1P : 1.7K**

Los valores encontrados se retomarán más adelante para ejemplificar las tasas de aplicación agronómica de cama de pollo para diferentes cultivos en condiciones reales de producción (ver 4).

**TABLA 14. Calcio, sodio, magnesio, zinc y cobre en cama de pollo**

	Calcio (%)	Sodio (%)	Magnesio (%)	Zinc (ppm)	Cobre (ppm)
Media	2,65	0,41	0,56	315,27	61,18
Desvío ST	0,74	0,16	0,14	116,88	29,82
CV%	27,82	39,42	25,09	37,07	48,74
Mínimo	1,59	0,11	0,17	128,95	13,33
Máximo	5,07	1,12	0,86	610,60	134,73

Ver Anexo II, Gráficos de histogramas.

Un análisis de la composición de “bases” o cationes principales de la cama de pollo, calcio, sodio, magnesio y potasio, muestra que el calcio es el catión mayoritario con el 54% del contenido relativo. En contraposición, el sodio es el catión en menor concentración y representa tan sólo el 8,5% de las bases.

Estos resultados son críticos para anticipar la reacción de la cama de pollo utilizada como enmienda sobre las características físicas de un suelo agrícola. El calcio es determinante para la estabilidad estructural de los suelos, mientras el sodio tiene el efecto contrario propendiendo a la pérdida de estructura debido a la dispersión de partículas de arcillas expandibles.

Conocida la predominancia de suelos vertisoles en el departamento Uruguay (Entre Ríos), con contenidos elevados de arcillas expandibles en el horizonte superficial (epipedón),

resulta importante que el contenido relativo de sodio encontrado en la cama de pollo no fue elevado, para no promover la pérdida de estructura por expansión de arcillas.

Es conocido el rol biológico indispensable de los micronutrientes en el desarrollo de las plantas. Entre ellos, particularmente el zinc ( $Zn^{2+}$ ) y el cobre ( $Cu^+$ ,  $Cu^{2+}$ ) son componentes o activadores de numerosas enzimas.

El zinc es un micronutriente esencial para el desarrollo de las plantas, a tal punto que puede ser componente de formulaciones de fertilizantes comerciales que ya se encuentran disponibles en el mercado de agro insumos de nuestro país.

Por ejemplo, el maíz es un cultivo sensible a deficiencias de Zn (Gutiérrez Boem, 2016). Por otra parte, los niveles de Zn en suelo han disminuido notablemente y este micro nutriente podría ya ser limitante en gran parte de la región pampeana (Sainz Rozas, 2013; Melgar, 2004).

En cuanto a producciones de otros cultivos, la cama de pollo puede resultar beneficiosa también por su contenido de zinc, el que ha sido identificado como un micronutriente en déficit en lotes destinados a la producción de arroz en Entre Ríos (Quintero et al., 2001).

Las excretas de aves son normalmente ricas en zinc, aunque su valorización como fertilizante de cultivos no es habitual dado que raramente se incluye su determinación como parte de un análisis químico básico de cama de pollo. En nuestro caso, la concentración media de zinc fue de 315,27 mg/kg con un CV de 37,07%.

Otro micronutriente esencial para las plantas es el cobre. Los cereales de invierno y los cítricos son sensibles a la deficiencia de Cu (Gutiérrez Boem, 2016; Sierra, 2016). El contenido medio de cama de pollo del presente estudio arrojó un valor de 61,18 mg/kg o ppm con un CV de 48,74%.

Los resultados obtenidos en este trabajo están dentro del rango esperado según publicaciones internacionales consultadas para el caso del zinc, mientras que para cobre se obtuvieron valores bastante menores que los correspondientes a otros países.

Estudios desarrollados en el *Agricultural and Environmental Services Laboratory* de la Universidad del estado de Georgia, principal productor de pollos de los Estados Unidos, determinaron concentraciones de cobre en cama de pollo de 319 ppm, mientras que los valores promedio de zinc fueron de 265 ppm (Gaskin et al., 2013).

En la universidad de Auburn, Mitchell y Donald encontraron valores de Cu y Zn de 332 y 252 ppm respectivamente, medidos en cama de pollo (base húmeda) con un contenido de humedad del 19.7%.

El uso de minerales traza en pollos es necesario para que las aves alcancen su potencial genético de producción. Si bien la excreción de estos minerales podría impactar en el ambiente, cabe destacar que su uso puede reducirse a través del manejo de los aditivos utilizados en nutrición animal.

Bao y col. (2007) determinaron en pollos parrilleros que la ausencia de suplementación con micronutrientes como cobre, zinc, hierro y manganeso produce una caída en la ingesta de alimento e índices de crecimiento pobres. En este estudio, se compararon distintas dosis de Zn y Cu y también formulaciones de tipo orgánico versus inorgánico

(forma más común). Los resultados demostraron que aún en dosis bajas de suplementación, los minerales traza en formato de complejo orgánico fueron suficientes para sostener una performance óptima de producción con tasas de excreción razonables.

Las conclusiones de este trabajo mostraron que no sólo existe la oportunidad de reducir las dosis de micronutrientes en la ingesta sino el rol fundamental que tiene la presentación del suplemento en cuanto puede afectar su biodisponibilidad. En el mismo sentido, Leeson (2003) advirtió que el uso de Fitasas y Proteinatos pueden incrementar muy significativamente los niveles de biodisponibilidad de Zn y Cu, y por lo tanto reducir su excreción.

Las concentraciones de Cu y Zn encontradas en este trabajo no son, por sí solas, indicativas de un impacto potencial cierto siendo necesario contemplar no sólo el contenido de la excreta sino también la dosis de aplicación en el lote (Ver puntos 4.1 y 4.2), las tasas de remoción de los cultivos y los niveles previos en el suelo.

### 3.2 Comparación con resultados internacionales

Se realizó una revisión bibliográfica referente a la caracterización físico-química de la cama de pollo desarrollada por otros autores, obteniendo una comparación interesante para algunos de los parámetros medidos.

A continuación, la tabla 15 compara los promedios de distintos trabajos relevados y los resultados obtenidos en la Provincia de Entre Ríos para el presente muestreo.

**TABLA 15. Concentraciones medias de macro nutrientes en cama de pollo en base seca (Kg/tn)**

	Nitrógeno kg/tn	Fósforo kg/tn	Potasio kg/tn	Calcio kg/tn
Oklahoma, EEUU	33.8	14.6	24.4	27.9
EEUU <sub>1</sub>	54.3	18.5	27.8	18.5
Alabama, EEUU	38.6	15.1	11.5	22.3
EEUU <sub>2</sub>	54.1	8.7	19.9	26.4
Entre Ríos, ARG	29.6	9.7	12.5	26.5

EEUU<sub>1</sub>: recopilación de datos correspondientes a galpones parrilleros de los estados de Arkansas, Oklahoma, Missouri, Delaware, Alabama, Georgia, Tennessee y Texas.

EEUU<sub>2</sub>: valores publicados por la American Society of Agricultural and Biological Engineers

Como puede apreciarse, la variabilidad de los valores es elevada, especialmente en el caso del nitrógeno donde el manejo del galpón -principalmente en lo referido a ventilación, acondicionamiento y frecuencia de remoción- podría tener impacto sobre la calidad

y composición de la cama de pollo. Otro factor para tener en cuenta es la composición de la ración y el tipo y cantidad de suplementos utilizados. Por otro lado, los valores de nitrógeno de  $EEUU_1$  y  $EEUU_2$  son bastante más altos que en el resto de los estudios, lo que podría deberse a que se trata de promedios nacionales obtenidos en condiciones de producción y ambientales muy variables.

Los resultados de N, P y K obtenidos en Entre Ríos presentan diferencias, quizás reflejando diferencias de dieta, concentración animal y manejo ambiental del galpón avícola respecto de los Estados Unidos.

Independientemente del motivo, la variabilidad de los resultados refuerza la necesidad de contar con estudios de caracterización regionales para poder planificar el uso de las excretas animales en general, y de la CP en particular, sobre la base de valores locales.

### 3.3. Efecto de algunas variables sobre los parámetros físicos y químicos de la cama de pollo

Si bien el objetivo principal del trabajo fue realizar una caracterización físico-química de la cama de pollo, otras variables fueron relevadas al momento de la toma de muestras, de manera de disponer de información que nos permitiera realizar un análisis más integral de los resultados (punto 2.5).

De la información relevada, se identificaron variables que a priori podían tener algún efecto sobre las características físico-químicas de la cama de pollo y se agruparon en dos categorías en cada caso:

- Tipo de comedero (manual o automático),
- Cantidad de crianzas al año (hasta 5 y más de 5) y
- Sustrato de la CP (cáscara de arroz y viruta, aserrín y otros).

Se realizaron test de hipótesis de igualdad de promedios entre las categorías especificadas para las tres variables y los 14 parámetros físicos y químicos.

De las pruebas realizadas, se observaron efectos significativos del tipo de comedero (manual o automático) sobre el contenido de nitrógeno amoniacal, de la cantidad de crianzas realizadas por año sobre el contenido de humedad, el sodio y el potasio y del tipo de sustrato de la cama (cáscara de arroz y viruta, aserrín y otros) en el contenido de materia orgánica, pH, potasio, zinc y cobre.

No obstante, y como fuera expresado más arriba, no se profundizó en el análisis y la interpretación de estos resultados dado que no era el objeto del trabajo y se requerirían más estudios para ser concluyentes. En el Anexo III se resumen las tablas y gráficos correspondientes.

## 4. Ejemplos prácticos de utilización agronómica de la cama de pollo

sobre la base de datos de la provincia de Entre Ríos, Argentina

A continuación, y en base a los resultados promedio obtenidos, se desarrollan algunos ejemplos prácticos de aplicación de la cama de pollo a cultivos de maíz y soja de primera.

El objetivo de fertilización de un cultivo responde, generalmente, a las necesidades de nitrógeno del mismo, debido a una combinación de factores. En primer lugar, el nitrógeno es el nutriente que la mayoría de los cultivos requieren en mayor cantidad. En segundo lugar, la concentración de nitrógeno disponible en suelos de producción agrícola generalmente no es suficiente para asegurar niveles de rendimiento máximo potencial de un cultivo en una zona determinada.

En el caso de las leguminosas fijadoras de nitrógeno atmosférico, la fertilización suele responder a las necesidades de fósforo, con el agregado ocasional de otros nutrientes como azufre según zonas y nivel tecnológico del planteo agrícola.

Además, un plan de fertilización o de manejo de nutrientes debe asumir una estrategia respecto del nivel de fertilidad química del suelo en cuestión. Dicha estrategia de fertilización puede estar basada en:

- ▶ La sustitución del 100% del nutriente objetivo que el cultivo va a requerir durante el ciclo de crecimiento
- ▶ La sustitución del balance negativo de nutrientes entre lo que el cultivo va a requerir y lo que está disponible en el suelo a la siembra
- ▶ La reposición de niveles de nutrientes de un suelo empobrecido por años de agricultura altamente extractiva, en este caso se fertiliza no sólo con la cantidad requerida por el cultivo, sino que se agrega una masa de nutriente objetivo a acumular en el suelo para reponer los niveles de fertilidad deseados.

En este caso adoptaremos la primera opción sólo para simplificar los cálculos e independizarnos del valor inicial de nitrógeno o fósforo en el suelo a la siembra, que será diferente para cada lote y para cada año.

Desde el punto de vista práctico, esto significaría que el productor agrícola de granos u oleaginosas estaría optando por mantener los niveles actuales de nutriente objetivo en su suelo, agregando cada año lo que el cultivo removerá según un nivel de rendimiento predeterminado.

Sin embargo, nuestra recomendación técnica es la de tomar muestras de suelos anualmente -o cada 2 a 3 años mínimo- de modo de monitorear el nivel de ese nutriente objetivo en el suelo, ya que si no se alcanzaran los rendimientos esperados seguramente se verían incrementos paulatinos de la concentración del nutriente en el suelo.

Por otro lado, si los años fueran excepcionalmente buenos respecto de las temperaturas y las precipitaciones quizá los rindes podrían ser mayores a los esperados, y en ese caso estaríamos deprimiendo el nivel del nutriente objetivo en el perfil del suelo.

Independientemente del resultado del cultivo, a largo plazo la cama de pollo siempre aumentará al menos levemente el nivel del *pool* de nitrógeno del suelo, ya que como se explicó en 3.1 (ecuación 1) existe una porción del nitrógeno de la cama de pollo que se encuentra en forma de N-orgánico y no se mineraliza completamente durante el primer año de aplicación, de modo que el resto se va mineralizando e incorporando al *pool* de nitratos durante el segundo y tercer año sucesivamente. Este es otro motivo que justifica el muestreo periódico de los suelos enmendados, de modo de ajustar la tasa de aplicación de acuerdo con el nivel variable de nitrógeno en el suelo.

Cuando se cuenta con valores de nitratos o fósforo disponible en el suelo, dichos valores se ingresan en las filas d.1 y d.2 de la tabla de cálculo de dosis de aplicación agronómica restándose dicho valor del requerimiento total de nutriente del cultivo ( $e.1 = c.1 - d.1$ ).

Asimismo, cuando los cultivos sean diferentes a los aquí propuestos, bastará con reemplazar el rendimiento objetivo de dicho cultivo junto al valor de “requerimiento total de nutrientes” en la fila c.1 (consultar tabla 9 de “Buenas prácticas de manejo y utilización de cama de pollo y guano”) y luego seguir los cálculos mostrados.

Los valores de CP para maíz y soja de las tablas 16 y 17 han sido convertidos a su expresión en base húmeda o “tal cual”, que representa la composición y calidad de la cama de pollo tal como se la encuentra en el galpón y próxima a ser aplicada sobre un lote. Las concentraciones de N y P utilizadas para los cálculos son sólo ejemplos que surgen del relevamiento realizado y no deben tomarse como una receta que reemplace la muestra de cada granja en particular.

## 4.1. Maíz

- › **Objetivo:** Base nitrógeno (valores calculados en celdas amarillas); base fósforo (valores calculados en celdas grises). Ver g.1 y h.1 en tabla 16.
- › **Estrategia de fertilización:** 100 % sustitución.
- › **Enmienda:** Cama de pollo promedio (costa este, Entre Ríos).
- › **Rendimiento esperado:** 8 tn/ha
- › **Nitratos en suelo a la siembra:** 0
- › **Fósforo disponible en suelo a la siembra:** 0

**TABLA 16. Cálculo de dosis de aplicación agronómica de cama de pollo en cultivo de maíz**

Cultivo	Maíz grano	Unidades
a) Rendimiento esperado	8	tn/ha
b) Requerimiento nutrientes x unidad de rendimiento <sup>1</sup>		
b1) Nitrógeno	22	kg N/tn
b2) Fósforo	4	kg P/tn
c) Requerimiento total de nutrientes para el cultivo		
c1) Nitrógeno: a) x b1)	176	kg N/ha
c2) Fósforo: a) x b2)	32	kg P/ha
<b>SUELO</b>		
d) Concentración de nutrientes en el suelo*		
d1) Nitrógeno como nitratos	0	kg N/ha
d2) Fósforo disponible	0	kg P/ha
<b>ESTRATEGIA DE FERTILIZACIÓN</b>		
e) Cantidad de nutrientes a suplementar x fertilización		
e1) Estrategia base nitrógeno: c1) - d1)	176	kg N/ha
e2) Estrategia base fósforo: c2) - d2)	32	kg P/ha
<b>CAMA DE POLLO</b>		
f) Concentración de nutrientes en la excreta**		
f.2.1) Cama de pollo: nitrógeno***	10	kg/tn
f.2.2) Cama de pollo: fósforo****	6	kg/tn
<b>FERTILIZACIÓN</b>		
g) Cantidad de material a aplicar: fertilización base nitrógeno		
g.1) CP: e1) / f.2.1)	17.6	tn/ha
h) Cantidad de material a aplicar: fertilización base fósforo*****		
h.1) CP: e2) / f.2.2	5.3	tn/ha

\*Según informe analítico de laboratorio de suelos.

\*\*Según informe analítico de laboratorio químico.

\*\*\*Disponibilidad de N total corregida por pérdidas estimadas (NDC). Reemplazar en f.2.1 los valores de concentración de nitrógeno disponible para el cultivo en base a los resultados propios obtenidos en cada granja, asegurándose de que el laboratorio utilizado informe dichos valores en “base húmeda”.

\*\*\*\*Disponibilidad de P total corregida por pérdidas estimadas (PDC). Reemplazar en f.2.2 los valores de concentración de fósforo disponible para el cultivo en base a los resultados propios obtenidos en cada granja, asegurándose de que el laboratorio utilizado informe dichos valores en “base húmeda”.

\*\*\*\*\*Considerar suplementación de fertilizante nitrogenado sintético o comercial.

En el ejemplo de la tabla 16, se requieren agregar 17,6 toneladas de cama de pollo tal cual sale del galpón avícola, para cubrir el 100% del requerimiento de nitrógeno del cultivo de maíz y sin consumir el nitrógeno disponible en el suelo previo a la fertilización<sup>14</sup>.

Si se opta por la fertilización base fósforo, entonces se requieren sólo 5,3 toneladas de cama de pollo y, obviamente, se deberá completar el plan de fertilización con nitrógeno sintético o comercial.

Es importante destacar que cuando se toman valores guía de concentración de nutrientes de otros países, o incluso de otras regiones de nuestro vasto país, pueden existir diferencias significativas en los resultados obtenidos. Al respecto, en “Buenas Prácticas de manejo y utilización de cama de pollo y guano” (Maisonave et al., 2015), se alertaba sobre esta situación al utilizar valores guía de los Estados Unidos. En dicha Guía puede corroborarse que utilizando los promedios nacionales de EEUU relevados y publicados por la *American Society of Agricultural Engineers*, la recomendación de fertilización para el mismo maíz de 8 tn/ha de rendimiento esperado fue de 7,4 toneladas de cama de pollo (base nitrógeno) considerando una concentración inicial de 20 kg/ha de N en el suelo a la siembra. Aún eliminando el N inicial en el suelo a la siembra, la dosis de aplicación agronómica sería de 8.4 toneladas de cama de pollo en base N y de 2.9 toneladas en base fósforo en lugar de la recomendación original de 2.5 (ver Anexo 2 de la Guía citada anteriormente).

Cabe resaltar una vez más que en los ejemplos de cálculo desarrollados en tablas 16 y 17 no fueron considerados ni la concentración de nitratos a la siembra ni la estimación de nitrógeno a mineralizarse desde la materia orgánica del suelo durante la estación de crecimiento del cultivo.

## 4.2. Soja

En el caso del cultivo de soja, especie fijadora de nitrógeno atmosférico por simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, el agregado de una fuente de N adicional en forma de enmienda o fertilizante permite que la planta tome ese N presente en la solución del suelo como nitrato.

Esto representa una ventaja estratégica para la planta y el cultivo, ya que la absorción de nitratos del suelo se produce por flujo transpiratorio –sin gasto de energía– mientras que la simbiosis con bacterias fijadoras representa un gasto de hidratos de carbono para la planta.

Por lo expresado anteriormente, desde el punto de vista agronómico es apropiado proponer un plan de fertilización de soja en base nitrógeno. Por otro lado, este cultivo es altamente demandante de fósforo, por lo que se verá muy favorecido por el agregado de dicho elemento contenido en la cama de pollo.

- › **Cultivo:** Soja de primera.
- › **Objetivo:** Base nitrógeno (valores calculados en celdas amarillas); base fósforo (valores calculados en celdas grises). Ver g.1 y h.1 en tabla 17.
- › **Estrategia de fertilización:** 100 % sustitución.
- › **Enmienda:** cama de pollo promedio (Costa Este, Entre Ríos).
- › **Rendimiento esperado:** 3 tn/ha.

<sup>14</sup> Cabe aclarar que, con la estrategia de fertilización en base a nitrógeno, la adición de 17,6 tn de cama de pollo aportaría 3,78 kg Zn/ha y 0,73 kg Cu/ha. Nótese que si se asumiera un valor de  $\text{NO}_3^-$  a la siembra (en el ejemplo se tomó cero), la cantidad de cama a aplicar disminuiría y el contenido de Zn podría entonces acercarse a las recomendaciones de fertilizantes comerciales. En el ejemplo, ambos micronutrientes se ubican por debajo de los límites máximos de concentración indicados por la Resolución SENASA N° 264/2011.

› **Nitratos en suelo a la siembra:** 0

› **Fósforo disponible en suelo a la siembra:** 0

**TABLA 17. Cálculo de dosis de aplicación agronómica en cultivo de soja de primera**

Cultivo	Soja grano	Unidades
a) Rendimiento esperado	3	tn/ha
b) Requerimiento nutrientes x unidad de rendimiento <sup>15</sup>		
b1) Nitrógeno	80	kg N/tn
b2) Fósforo	8	kg P/tn
c) Requerimiento total de nutrientes para el cultivo		
c1) Nitrógeno: a) x b1)	240	kg N/ha
c2) Fósforo: a) x b2)	24	kg P/ha
<b>SUELO</b>		
d) Concentración de nutrientes en el suelo*		
d1) Nitrógeno como nitratos	0	kg N/ha
d2) Fósforo disponible	0	kg P/ha
<b>ESTRATEGIA DE FERTILIZACIÓN</b>		
e) Cantidad de nutrientes a suplementar x fertilización		
e1) Estrategia base nitrógeno: c1) - d1)	240	kg N/ha
e2) Estrategia base fósforo: c2) - d2)	24	kg P/ha
<b>CAMA DE POLLO</b>		
f) Concentración de nutrientes en la excreta**		
f.2.1) Cama de pollo: nitrógeno***	10	kg/tn
f.2.2) Cama de pollo: fósforo****	6	kg/tn
<b>FERTILIZACIÓN</b>		
g) Cantidad de material a aplicar: fertilización base nitrógeno		
g.1) CP: e1) / f.2.1)	24	tn/ha
h) Cantidad de material a aplicar: fertilización base fósforo*****		
h.1) CP: e2) / f.2.2	4	tn/ha

\*Según informe analítico de laboratorio de suelos.

\*\*Según informe analítico de laboratorio químico.

\*\*\*Disponibilidad de N total corregida por pérdidas estimadas (NDC). Reemplazar en f.2.1 los valores de concentración de nitrógeno disponible para el cultivo en base a los resultados propios obtenidos en cada granja, asegurándose de que el laboratorio utilizado informe dichos valores en “base húmeda”.

\*\*\*\*Disponibilidad de P total corregida por pérdidas estimadas (PDC). Reemplazar en f.2.2 los valores de concentración de fósforo disponible para el cultivo en base a los resultados propios obtenidos en cada granja, asegurándose de que el laboratorio utilizado informe dichos valores en “base húmeda”.

\*\*\*\*\*Considerar suplementación de fertilizante nitrogenado sintético o comercial.

<sup>15</sup> Fuente: INPOFOS. Archivo Agronómico N° 3.

En el ejemplo de la tabla 17, se requieren agregar 24 toneladas de cama de pollo tal cual sale del galpón avícola, para cubrir el 100% del requerimiento de nitrógeno del cultivo de soja, sin depender de la fijación simbiótica con microorganismos del suelo y sin consumir el nitrógeno disponible en el suelo previo a la fertilización<sup>16</sup>.

Si se opta por la fertilización base fósforo, entonces se requieren sólo 4,0 toneladas de cama de pollo y, obviamente, se deberá completar el plan de fertilización con nitrógeno sintético o comercial.

Las tablas 16 y 17 son orientativas, y tienen como objetivo mostrar una forma de cálculo sencilla basada en resultados analíticos y conceptos agronómicos que pueda ser aplicada por el productor o su asesor en temas agropecuarios.

Sin embargo, el nivel de análisis podría profundizarse según el criterio del productor y/o asesor, a través del muestro de suelo en varias profundidades, según el tipo de análisis de suelos solicitados al laboratorio, ajustando cálculos de pérdidas por condiciones climáticas locales, etc.

Por último, la siguiente tabla 18 resume la concentración de nutrientes disponibles para los cultivos contenidos en 1 tonelada de cama de pollo, para brindar una referencia rápida a productores y profesionales. Nótese que nos referimos a nutrientes disponibles, es decir la cantidad esperada realmente disponible para el cultivo una vez descontadas todas las pérdidas potenciales que ocurren durante la aplicación de la enmienda y considerando el % de mineralización durante la estación de crecimiento del cultivo.

**TABLA 18. Concentración promedio de nutrientes en cama de pollo (kg/tn)**

Nutriente disponible	Kg/tn*
Nitrógeno	10,1
Fósforo	6,0
Potasio	7,7
Calcio	16,3
Magnesio	3,4
Sodio	2,5
Cobre	0,04
Zinc	0,19

\*Kg de nutriente/tonelada de cama de pollo tal cual.

Así, la tabla 18 es útil al momento de la planificación de la campaña agrícola como una primera referencia aproximada de la superficie necesaria para uso agronómico de una

<sup>16</sup> Cabe aclarar que, con la estrategia de fertilización en base a nitrógeno, la adición de 24 tn de cama de pollo aportaría 5 kg Zn/ha y 1,0 kg Cu/ha. Nótese que si se asumiera un valor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a la siembra (en el ejemplo se tomó cero), la cantidad de cama a aplicar disminuiría y el contenido de Zn podría entonces acercarse a las recomendaciones de fertilizantes comerciales. En el ejemplo, ambos micronutrientes se ubican por debajo de los límites máximos de concentración indicados por la Resolución SENASA N° 264/2011.

cantidad de cama de pollo conocida (un galpón, dos, etc.) que se aplique al lote inmediatamente después de ser removida del galpón avícola. Cabe aclarar que esta referencia no sustituye el análisis de laboratorio particular de la CP y los cálculos correspondientes explicados precedentemente.

Para cama de pollo almacenada temporariamente -ya sea en el predio avícola o en la cabecera del lote agrícola- deben considerarse los valores que resulten del análisis químico de dicho material, dado que el tiempo transcurrido y las condiciones de almacenamiento introducen variaciones en la composición de la misma que serán propias de cada caso.

## 5. Balance de nutrientes a largo plazo y la importancia de los planes de manejo de nutrientes

Como se mostró en **3.1. 'Análisis e interpretación de resultados'**, la relación promedio de nitrógeno/fósforo en la cama de pollo relevada en la Provincia de Entre Ríos fue de 3:1.

Sin embargo, una vez que se computan las pérdidas esperadas en la concentración de N debido a la volatilización de amoníaco y en la fracción orgánica a mineralizar, esa relación que se transforma en NDC:PDC, disminuye a 1,5:1 representando la proporción final de nutrientes "disponibles para el cultivo".

Por otro lado, en el diseño de una fertilización tanto de maíz como de soja se advertirá que el requerimiento de N y P de dichos cultivos tiene una relación N:P superior a la relación N:P de la cama de pollo, por lo que resulta necesario ajustar el aporte que éste puede realizar de acuerdo con los requerimientos de aquellos.

**TABLA 19. Relación N:P en cama de pollo y cultivos**

	Relación N : P
Cama de pollo	3 : 1
Maíz	5,5 : 1
Soja	8 : 1

Fuente: relación calculada a partir de los resultados de este trabajo (CP) y de datos de Inpofos (maíz y soja).

La tabla 19 nos muestra que cuando realizamos fertilizaciones con cama de pollo en base nitrógeno estamos agregando una cantidad mayor de fósforo que la que necesita el cultivo (sobre fertilización). Y lo opuesto sucede cuando la fertilización se diseña en base fósforo y no agregamos la cantidad mínima de N requerida por el cultivo (sub fertilización).

En los ejemplos de maíz y soja, la cantidad de fósforo disponible para el Cultivo entregada en la fertilización base nitrógeno sería significativamente mayor a lo requerido por el cultivo. Por otro lado, la cantidad de nitrógeno entregada como NDC en la fertilización base fósforo resultaría escasa para un rango de entre 69 y 83% del requerimiento del cultivo de maíz y soja respectivamente.

Ambas situaciones tienen solución a través del trabajo profesional del Ingeniero Agrónomo implementando un Plan Integral de Manejo de Nutrientes (PIMN) a 3 ó 5 años vista. Un PIMN permite anticipar estos desbalances y manejarlos de manera ambientalmente apropiada, agronómicamente eficiente y económicamente viable.

Algunas soluciones posibles a las situaciones descriptas son: la rotación de cultivos con mayor requerimiento de fósforo, la fertilización de lotes con cama de pollo cada 2 ó 3 años en lugar de anualmente, la inclusión de un doble cultivo, o el agregado de fertilizante comercial en el caso de la subfertilización de nitrógeno.

Por ejemplo, el agregado de un cultivo de alfalfa en la rotación agrícola de un lote -que presenta un elevado consumo de fósforo del suelo y además es un cultivo plurianual- nos permite “descansar” del agregado de cama dicho lote por 4 años en promedio y obtener un cultivo de alfalfa de alto rendimiento gracias a la disponibilidad de fósforo, cobre, zinc y otros elementos esenciales para su desarrollo.

Sin embargo, cualquier decisión de manejo agro-ambiental de excretas o enmiendas de origen animal debe estar sustentada en datos reales. En este sentido, la toma periódica de muestras tanto de cama de pollo como de Suelos, según Protocolos definidos en virtud de las particularidades de este tipo de materiales, es esencial para una planificación realista y ambientalmente sustentable.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son de importancia para nuestro país, no sólo por la cantidad de granjas relevadas sino por la variedad de parámetros físico-químicos analizados.

Dicha caracterización físico-química de la cama de pollo de la costa Este de Entre Ríos resulta muy útil para los productores de la región y para las Autoridades correspondientes que deseen planificar a largo plazo el manejo de este valioso subproducto de la producción Avícola.

Sin embargo, la extrapolación de datos a otras regiones productivas debe ser cautelosa y reconociendo las variadas diferencias ambientales, edáficas y agronómicas existentes.

## 6. Consideraciones finales

Los resultados obtenidos representan los primeros datos de referencia del país en lo que respecta a la composición físico-química de la cama de pollo proveniente de granjas del Este de la Provincia de Entre Ríos, obtenidos a través de un muestreo representativo del número de establecimientos avícolas de la provincia. Los mismos evidencian un alto y variado contenido de nutrientes y de materia orgánica.

La alta variabilidad de los resultados refuerza la recomendación de que cada productor tome su muestra para conocer el aporte potencial de nutrientes de la cama de pollo de su granja.

Si bien existen similitudes con datos de EEUU, diferencias menores de concentración expresadas en partes por millón (o mg/Kg) pueden representar magnitudes importantes de nutrientes cuando se consideran las toneladas de cama de pollo aplicadas por hectárea en lotes de producción agrícola. Esto subraya la importancia de disponer de información

local de nuestro país para que los productores y técnicos puedan aplicar tasas agronómicas de cama de pollo más precisas, disminuyendo los impactos potenciales en el ambiente.

Desde el punto de vista agronómico y ambiental, la disponibilidad de cantidades muy importantes de cama de pollo en la costa este de la provincia de Entre Ríos puede resultar una ventaja estratégica, tanto para el sector avícola productor de parrilleros como para los productores agropecuarios de la región.

Los suelos vertisoles de la zona, mayoritariamente peludertes árgicos y argiudólicos (Atlas de Suelos de la República Argentina-Entre Ríos. SAGyP-INTA, 1985), presentan una capacidad de infiltración de agua limitada, una provisión de nitrógeno que depende casi exclusivamente de la mineralización de la materia orgánica y una baja concentración de fósforo disponible. En cuanto al potasio, son suelos muy bien provistos, aunque su disponibilidad puede ser limitada en presencia de tosquilla, pH alcalino y más del 85% de saturación con calcio en cultivos de arroz y soja principalmente (Arévalo et al., 2003; De Battista, 2004).

La infiltración reducida de agua de lluvia favorece la erosión hídrica en lotes con relieve ondulado, que a su vez puede promover la eutrofización de cursos de agua superficial por aporte de fósforo adsorbido al material particulado del suelo. La cama de pollo, como enmienda de origen animal con elevado contenido de materia orgánica, produce un efecto positivo justamente en la capacidad de retención de agua y la infiltración, disminuyendo los riesgos de erosión y pérdida de suelo (Payne y Zhang).

El desbalance de nutrientes N:P propio de las excretas animales puede ser estratégicamente utilizado por el profesional agrónomo para reponer niveles de fósforo en suelo a mediano plazo a través de la implementación de Planes de Manejo de Nutrientes y Estrategias de fertilización en base nitrógeno (Maisonnave et al., 2015). Luego, monitoreando la evolución de fósforo en suelo y otros parámetros de interés puede variarse la estrategia de fertilización a “base fósforo”, para mantener el nivel alcanzado de este nutriente en el suelo y completar el plan de manejo de nutrientes con una fertilización nitrogenada utilizando fertilizante sintético como urea, por ejemplo.

Además, fue demostrado que el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de la cama de pollo es relevante, presentando la particularidad de poder entregar macro y micronutrientes que se encuentran en forma disponible para las plantas a corto plazo. Esto es crítico en el caso del fósforo que actúa como promotor del crecimiento de raíces y del potasio en condiciones de limitantes por tipo de suelo o cultivos.

Con una producción anual de más de 359 millones de pollos el valor de la cama de pollo en la provincia de Entre Ríos podría superar los 53,5 millones de dólares si fuera utilizada completamente como fertilizante. Este valor contempla únicamente la valorización del nitrógeno y fósforo de la cama de pollo sin considerar otros nutrientes claves como el azufre y el zinc, entre otros. Además, restaría valorizar el aporte de materia orgánica de esta enmienda.

Sobre la base del contenido promedio de nutrientes determinado en este trabajo, se contaría con 26.035 tn de nitrógeno y 35.229 tn de fósforo -como fosfato- disponibles para el cultivo, lo que sería suficiente para fertilizar 174.500 ha de maíz según los requerimientos de nitrógeno del cultivo. Si, en cambio, basáramos la estrategia de fertilización en los requerimientos de fósforo entonces la superficie de maíz a fertilizar con la cama de pollo ascendería a 566.000 ha. Los productores agrícolas de Entre Ríos siembran anualmente

alrededor de 245.000 ha de maíz, por lo que 71% de la superficie sembrada podría ser potencialmente fertilizada en base a nitrógeno utilizando cama de pollo.

El valor fertilizante de la cama de pollo no debe ser menospreciado. Su manejo profesional, asegurando la preservación ambiental y el mejoramiento de suelos y cultivos, es indispensable para dar una solución técnica ordenada a una práctica ya acostumbrada en la región, como es el abonado de campos con dicho subproducto de la avicultura.

## 7. Bibliografía consultada

- › Arévalo, E.; Quintero, C.; Spinelli, N. y N. Boschetti. 2003. *Alternativas de fertilización para la secuencia de cultivos de arroz-soja en suelos vertisoles de Entre Ríos*. Proarroz. Resultados Experimentales 2002-2003. 12: 49-54.
- › Arias, N. INTA EEA C.Uruguay, E.Ríos. 2002. *Fertilización orgánica de pasturas. Evaluación de pasturas*. Información técnica nº 5. Producción animal.
- › Bao, M., Choct, M., Iji, P.A. y Bruerton, K. 2007. *Effect of Organically complexed Copper, Iron, Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in Tissues*. Journal of Applied Poultry Research. 16:448-455. Australia.
- › De Battista, Juan José. 2004. *Manejo de vertisoles en Entre Ríos*. Revista Científica Agropecuaria 8(1): 37-43. Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER.
- › Díaz, F.; Arias, N.; Francou, L. y J.M Gange. 2014. Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos. INTA EEA y AER Concepción del Uruguay, Entre Ríos. *Uso de la cama de pollo como abono orgánico*. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas, Bahía Blanca, Bs.Aires.
- › Gange, J.M. 2014. *Resultados analíticos de cama de pollo con diferentes condiciones y manejos del Departamento Uruguay y Colón*. Profam Uruguay. INTA AER Uruguay.
- › Gaskin, J.; Harris, G.; Franzluebbbers, A. and J. Andrae. 2013. *Poultry litter application on pastures and hayfields*. The University of Georgia Cooperative Extension. Bulletin 1330.
- › Gutiérrez Boem, F. Capítulo 10 "Micronutrientes". En: *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 2016. 166 pp.
- › Inpofos. *Requerimientos Nutricionales de los Cultivos*. Archivo Agronómico Número 3.
- › Lauric, A.; Marinissen, A. y T. Loewy. 2009 - 2010. *Fertilización orgánica con guano de pollo sobre el rendimiento del cultivo de trigo y la fertilidad del suelo*. INTA AER Bahía Blanca y EEA Bodenave. Buenos Aires.
- › Leeson, Steve. 2003. *A new look at trace mineral nutrition of poultry: Can we reduce the environmental burden of poultry manure?* Pages 125-129. In: *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings Alltech's 19<sup>th</sup> Annual Symposium*. Nottingham University Press. Nottingham, U.K.
- › Maisonnave, R.; Lamelas, K. y G. Mair. 2015. *Buenas Prácticas de manejo y uso de cama de pollo y guano*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 37 pp.
- › Melgar, R. 2004. *Uso de micronutrientes en cultivos de gruesa*. www.Fertilizando.com
- › Ministerio de Agroindustria de la Nación. Subsecretaría de Ganadería. Dirección Nacional de Producción Agropecuaria. Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales. Área Avícola. Datos de producción avícola Nacional.
- › Ministerio de Agroindustria de la Nación. *Superficie y rendimiento de maíz y soja en la Provincia de Entre Ríos*. Campaña 2015/2016. www.agroindustria.gob.ar
- › Mitchell, C. y J. Donald. 1999. *The value and use of poultry manures as fertilizers*. Alabama Cooperative Extension System and Auburn University. ARN-244.
- › Payne, J. y H. Zhang. *Poultry litter nutrient management: a guide for producers and applicators*. Oklahoma State University.
- › Quintero, C.; Anthonioz Blanc, D.; Arévalo, E. y N. Boschetti. 2001. *Primeros avances en la comprensión del problema que afecta al cultivo de arroz en suelos con tosquilla*. Proarroz. Resultados Experimentales 2000-2001. 10: 75-83.
- › Revista Márgenes Agropecuarios. Precios de Insumos. Julio 2017.
- › Sainz Rozas, H et al. *¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos?* Simposio Fertilidad 2013. Rosario, Santa Fe.
- › SENASA-SIGSA. Información sobre cantidad de granjas avícolas en la República Argentina.
- › Sierra, C. *Una mirada a la relación entre el cobre, el suelo y las plantas*. Septiembre 2016.
- › Stamatti, G. y De Carli, R. 2013. *Modalidad de uso de estiércol de la producción avícola en la zona de Crespo, Entre Ríos*. INTA AER Crespo. Entre Ríos. Primera Jornada Nacional de Gestión de Residuos INTA Rafaela, Santa Fe.
- › Zhang, H. and D. Hamilton. *Sampling animal manure*. Oklahoma Cooperative Extension Service. PSS-2248.



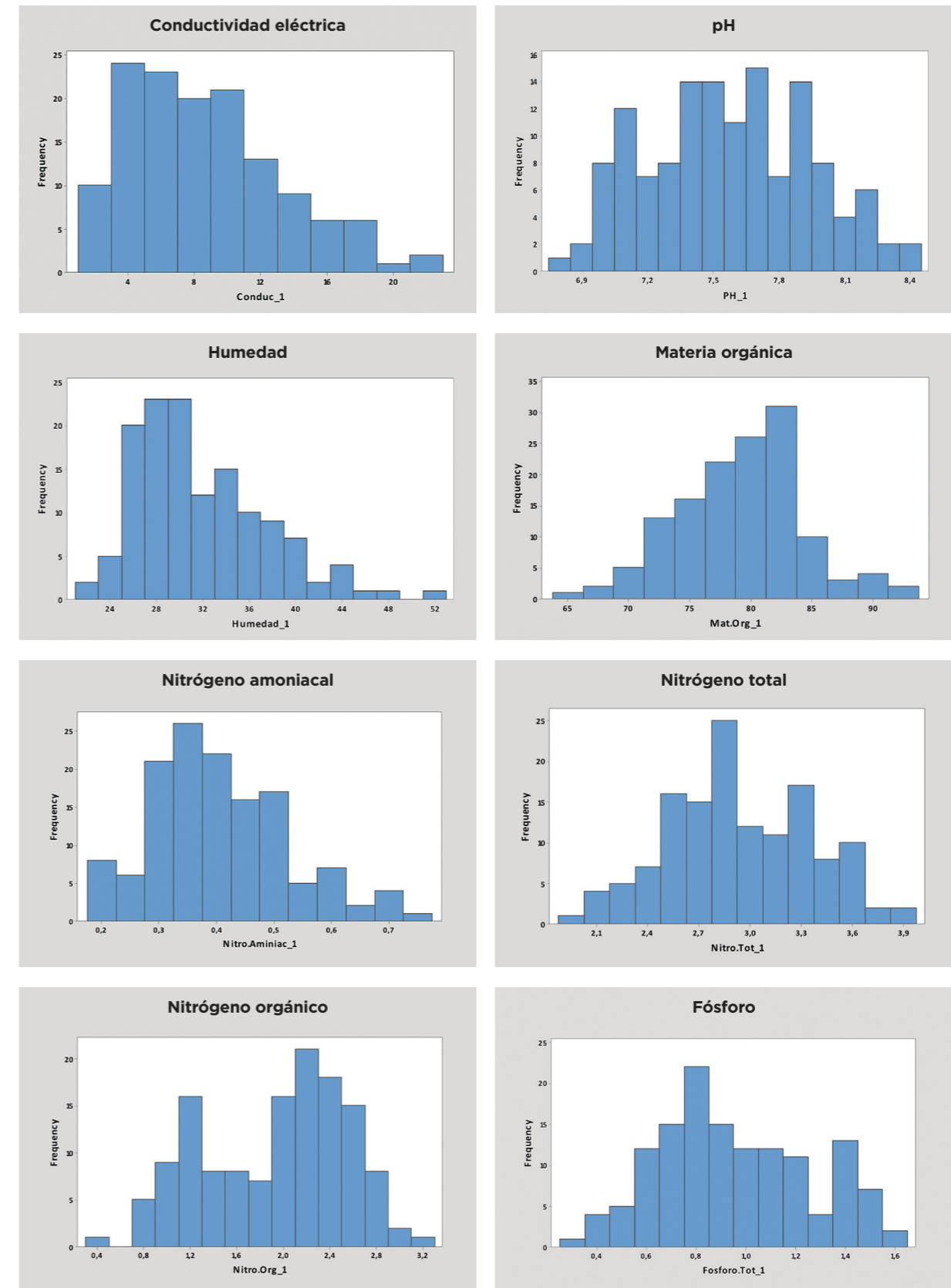
# 8. Anexos

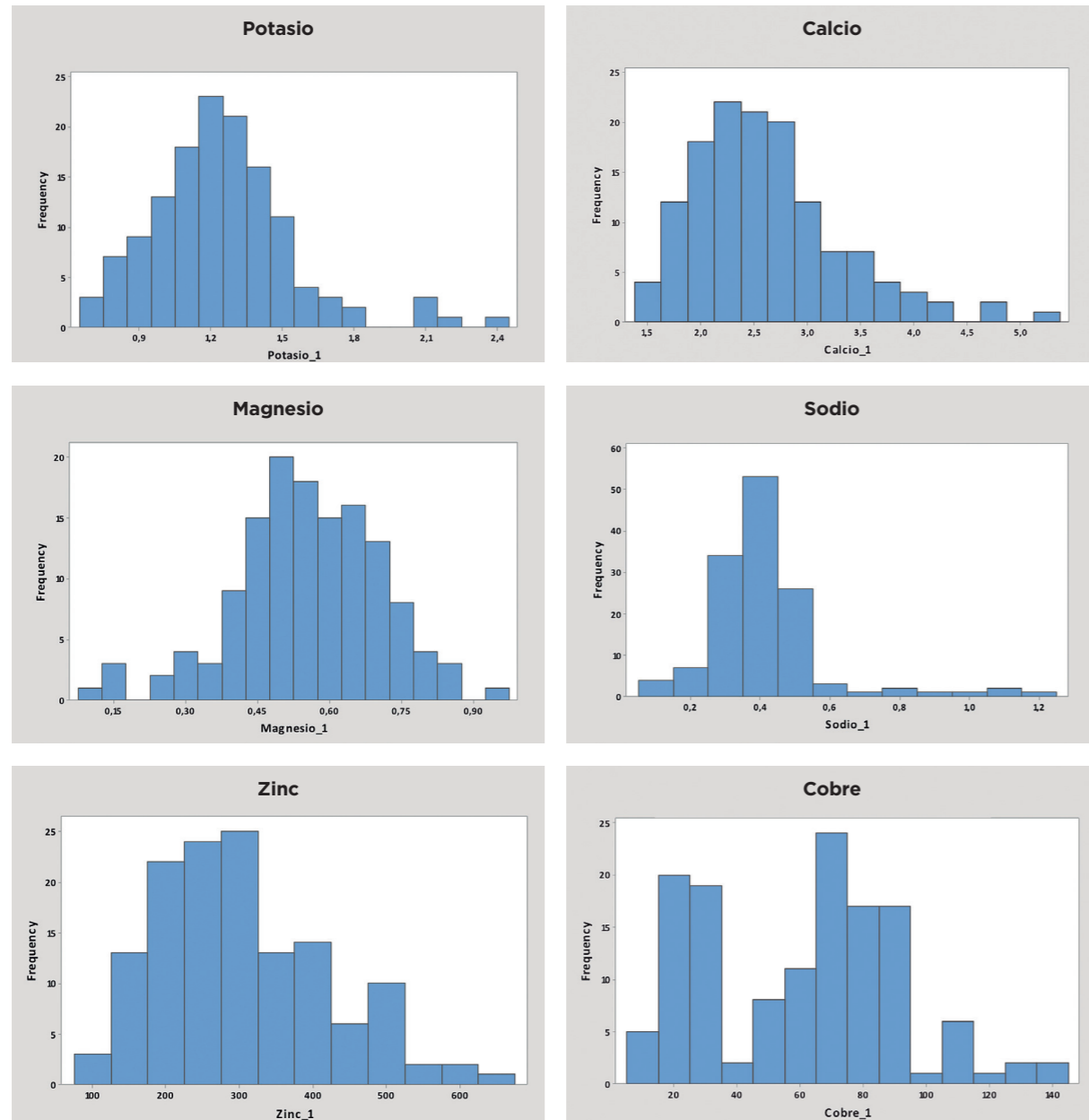
## Anexo I. Planilla de relevamiento de información de granjas

### Formulario para la Toma de muestras de CAMA de POLLO

<b>1 Identificación de la Granja</b>		N° Muestra _____
1.1. Nombre de la Granja _____		
1.2. Ubicación de la Granja (dirección y localidad) _____		
1.3. Empresa integradora _____		
1.4. Nombre o N° del galpón _____		
<b>3 Sobre el Galpón:</b>		
3.1. Destino de las aves del galpón	Mercado Interno <input type="checkbox"/>	Mercado Externo <input type="checkbox"/>
3.2. Medidas del galpón: largo x ancho (en metros) _____		
3.3. Tipo de comederos	Manuales <input type="checkbox"/>	Automáticos <input type="checkbox"/>
3.4. Tipo de bebederos	Niples <input type="checkbox"/>	Planetario u otro <input type="checkbox"/>
3.5. Sistema de ventilación	Natural (ventiladores) <input type="checkbox"/>	Túnel (extractores) <input type="checkbox"/>
3.6. Sistema de iluminación	Abierto <input type="checkbox"/>	Blackout <input type="checkbox"/>
<b>4 Sobre la Cama</b>		
4.1. Cantidad de crías (en la cama de la muestra) <input type="checkbox"/>		
4.2. Material de la cama _____		
4.3. Cantidad de cama ingresada (tn/galpón) _____		
4.4. Cantidad de cama a retirar (tn/galpón) _____		
4.5. Costo de retiro de cama (\$/galpón) _____		
4.6. Uso posterior frecuente (aplicación al suelo)		
Predio propio <input type="checkbox"/> Predio de terceros <input type="checkbox"/> No sabe <input type="checkbox"/> ¿La incorpora al suelo? Si/No <input type="checkbox"/>		
4.7. Almacenamiento transitorio: Lo apila en la granja <input type="checkbox"/> Lo apila en el lote a aplicar <input type="checkbox"/>		
<b>5 Si en la granja hace Pila de Cama (fuera del galpón):</b>		
5.1. Antigüedad desde inicio de la pila (meses): _____		
5.2. ¿La pila está cubierta? (Si/No) <input type="checkbox"/> ¿Con qué material? _____		
5.3. ¿Dónde almacena la pila? _____		
5.4. Uso posterior frecuente (aplicación al suelo)		
Predio propio <input type="checkbox"/> Predio de terceros <input type="checkbox"/> La incorpora al suelo? Si/No <input type="checkbox"/>		
5.5. Almacenamiento transitorio: Lo apila en la granja <input type="checkbox"/> Lo apila en el lote a aplicar <input type="checkbox"/>		
6.1. Nombre de quien tomó la muestra _____		
6.2. Fecha ____/____/____		

## Anexo II. Gráficos de histogramas





### Anexo III. Efecto de algunas variables sobre los parámetros físicos y químicos de la cama de pollo

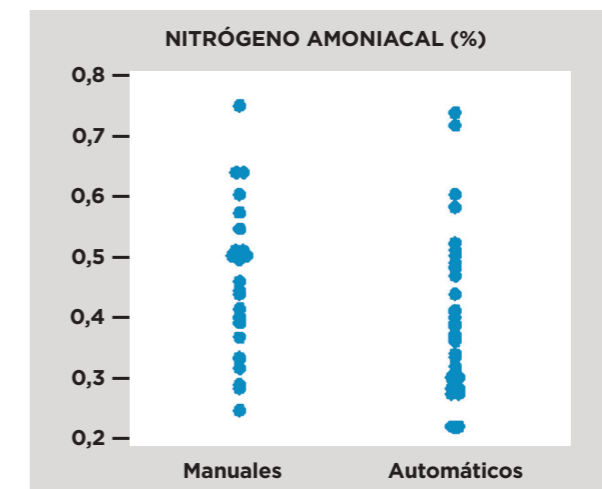
A partir de los test de hipótesis de igualdad de promedios realizados entre las categorías especificadas para las tres variables y los 14 parámetros físicos y químicos, los resultados obtenidos mostraron que el contenido de nitrógeno amoniacal no fue igual cuando se trataba de galpones con comederos manuales o automáticos. El porcentaje promedio de  $N-NH_4^+$  en cama de pollo de galpones con comederos manuales fue mayor ( $0,44 \pm 0,02$ ) al de galpones con comederos automáticos ( $0,38 \pm 0,02$ ) con un nivel de significación ( $p < 0,05$ ).

**TABLA 20. Efecto del tipo de comedero sobre el contenido de  $N-NH_4^+$  en cama de pollo**

	Nitrógeno amoniacal (%)	
	Tipo de comedero	
	Manual	Automático
Promedio	0,45	0,38
Desvío ST	0,02	0,02

Los promedios difieren con un nivel de significación  $p < 0,05$ .

**GRÁFICO 1. Efecto del tipo de comedero sobre el nitrógeno amoniacal**



No se observaron diferencias significativas entre CP proveniente de granjas con comederos manuales o automáticos para el resto de los parámetros (CE, pH, humedad, materia orgánica, N Orgánico, NT, P, K, Ca, Mg y Na).

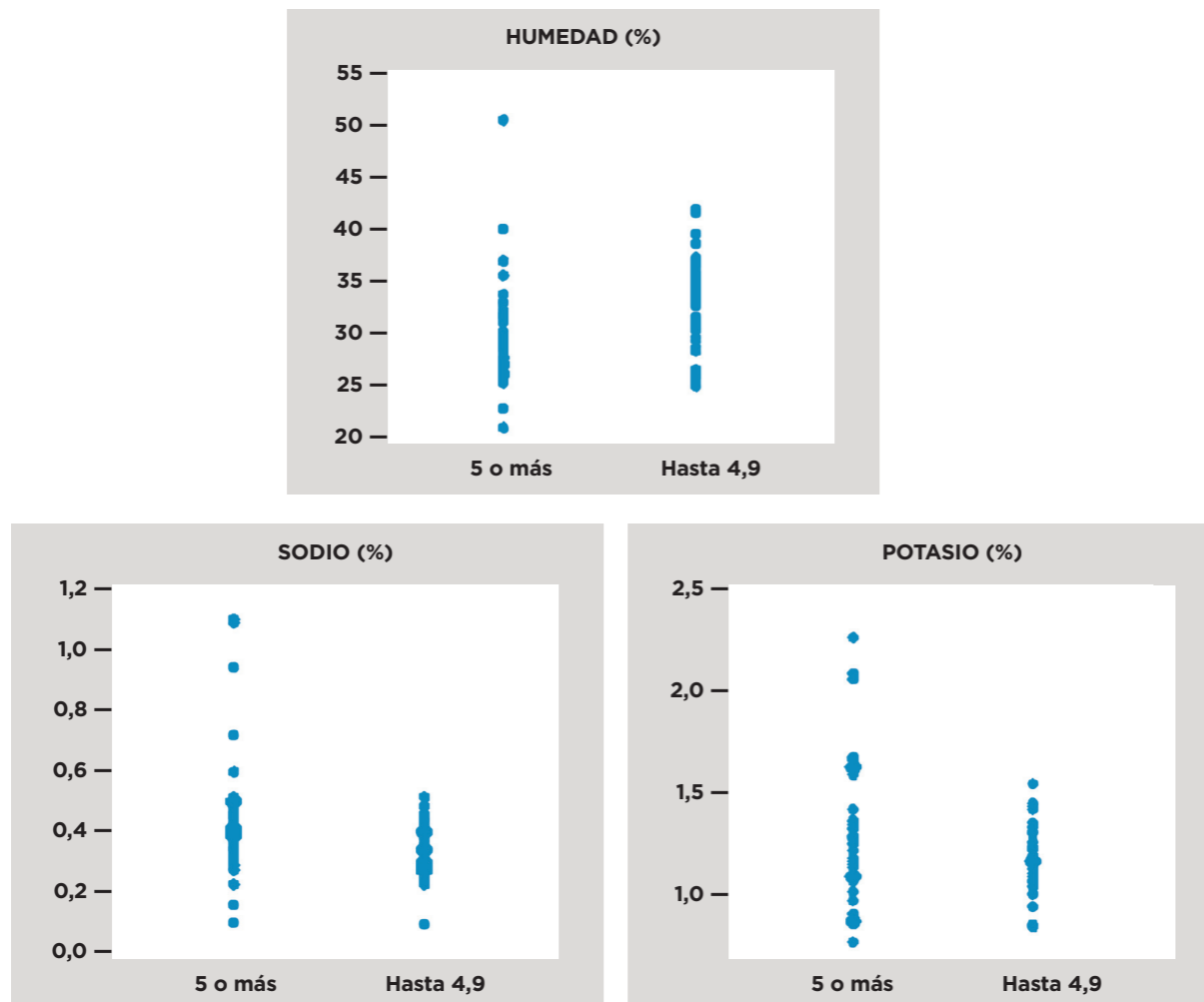
Otra variable de interés fue la Cantidad de Crianzas realizadas en el año. En este caso se hallaron diferencias entre las medias de aquellas muestras que provenían de granjas con hasta 5 crianzas al año en comparación con las que realizaron más de 5 crianzas al año, para el contenido de humedad ( $p < 0,05$ ), el sodio ( $p < 0,05$ ) y el potasio ( $p < 0,10$ ) (tabla 21). No se encontraron diferencias para el resto de los parámetros físicos y químicos.

**TABLA 21. Efecto de la cantidad de crianzas por año sobre el contenido de humedad, Na y K en cama de pollo**

	Humedad (%)		Sodio (%)		Potasio (%)	
	Crianzas anuales					
	Hasta 4,9	5 o más	Hasta 4,9	5 o más	Hasta 4,9	5 o más
Promedio	33,8	30,40	0,37	0,46	1,19	1,32
Desvío ST	0,85	0,88	0,02	0,04	0,03	0,06

Los promedios difieren con un nivel de significación  $p < 0,05$  para humedad y sodio y  $p < 0,10$  para potasio.

**GRÁFICOS 2, 3 Y 4. Efecto de la cantidad de crianzas sobre el contenido de humedad, Na y K**



Los promedios difieren con un nivel de significación  $p < 0,05$  para humedad y sodio y  $p < 0,10$  para potasio.

En relación con el sustrato de la cama, los datos se agruparon en “cáscara de arroz” y “viruta, aserrín y otros” (incluye cáscara de girasol y de maní). Se observaron diferencias significativas en el material de la CP, siendo el contenido de materia orgánica mayor para las camas de “viruta, aserrín y otros” que para las de “cáscara de arroz” ( $p < 0,01$ ). En cambio, los valores de pH y potasio fueron mayores para la “cáscara de arroz” en comparación con la de “viruta, aserrín y otros” ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ), a diferencia del zinc y el cobre donde los mayores valores se encontraron en “viruta, aserrín y otros” ( $p < 0,01$ ) (tabla 22). No se encontraron diferencias para el resto de los parámetros físicos y químicos.

**TABLA 22. Efecto del sustrato sobre el contenido de materia orgánica, pH, K, Zn y Cu en cama de pollo**

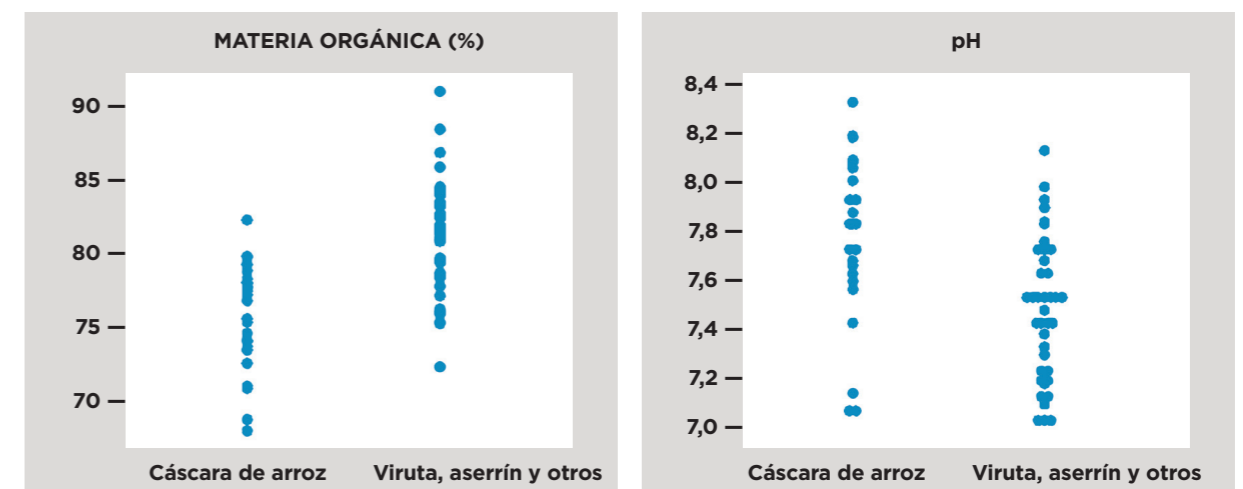
	Materia orgánica (%)		pH		Potasio (%)		Zinc (ppm)		Cobre (ppm)	
	C. arroz	Vi, As y O	C. arroz	Vi, As y O	C. arroz	Vi, As y O	C. arroz	Vi, As y O	C. arroz	Vi, As y O
	Promedio	75,66	81,00	7,73	7,45	1,38	1,18	241,90	363,5	29,65
Desvío ST	0,70	0,62	0,07	0,04	0,07	0,03	17,10	18,20	3,38	2,84

C. arroz: cáscara de arroz.

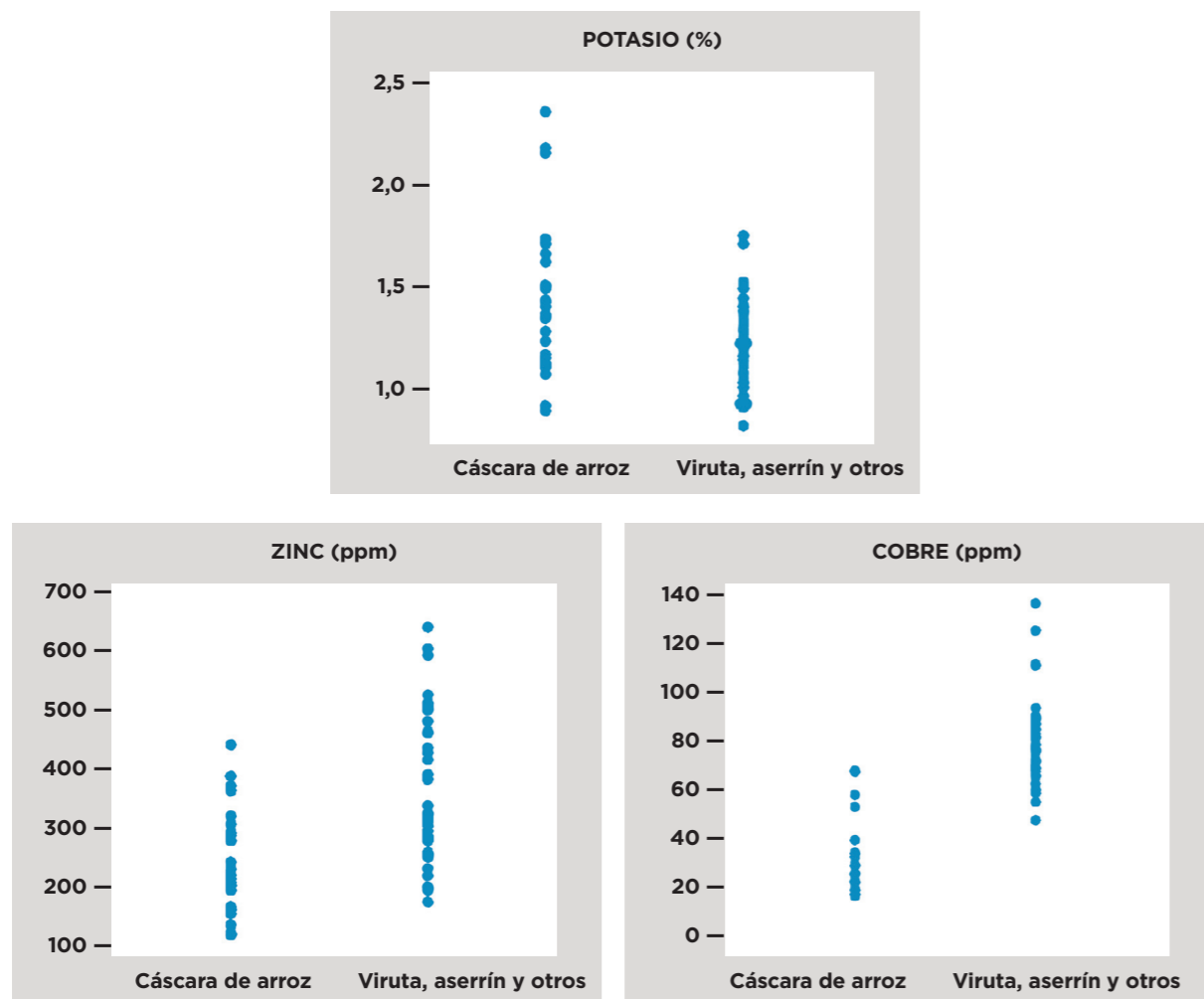
Vi, As y O: viruta, aserrín y otros (cáscara de girasol y maní).

Los promedios difieren con un nivel de significación  $p < 0,01$  para materia orgánica y pH y de  $p < 0,05$  para potasio.

**GRÁFICOS 5 Y 6. Efecto del sustrato de la CP sobre materia orgánica y pH**



GRÁFICOS 7, 8 Y 9. Efecto del sustrato de la CP sobre potasio, zinc y cobre



A continuación, se presenta la siguiente tabla que resume las principales variables que mostraron impacto sobre los parámetros físicos y químicos estudiados.

TABLA 23. Resumen de efectos de algunas variables sobre los parámetros físicos y químicos estudiados

		Variables		
		Tipo de comedero	Cantidad de crías	Sustrato de la cama
Parámetros físicos y químicos	Nitrógeno amoniacal	√		
	Contenido de humedad		√	
	Sodio		√	
	Materia orgánica			√
	pH			√
	Potasio			√
	Zinc			√
	Cobre			√

√ indica efecto estadísticamente significativo.



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación

agroindustria  
.gob.ar



#agroindustria