



**EFFECTO DE TRATAMIENTOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y TÉRMICOS SOBRE LA
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE EXCRETAS DE GALLINAS PONEDORAS
UTILIZADAS COMO FERTILIZANTES**

MARIANA GONZÁLEZ BERRIO

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE**

2019

**EFFECTO DE TRATAMIENTOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y TÉRMICOS SOBRE LA
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE EXCRETAS DE GALLINAS PONEDORAS
UTILIZADAS COMO FERTILIZANTES**

MARIANA GONZÁLEZ BERRIO

Presentado como requisito para optar al Grado de
ZOOTECNISTA

Director
WILMER ALFONSO CUERVO VIVAS
Zootecnista. Esp., MSc.
Líder Especialización en Nutrición Animal Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE**

2019

Contenido	pág.
Lista de figuras	4
Lista de tablas	5
Lista de Gráficas	6
Resumen	7
Abstract	9
Introducción	10
1. Justificación	11
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. Marco teórico	13
4. Materiales y métodos	16
5. Resultados y discusión	22
6. Conclusiones	31
Referencias bibliográficas	32

Lista de figuras

	pág.
Figura 1: Galpones de aves ponedoras	16
Figura 2: Recolección de muestras de gallinaza	17
Figura 3: Molienda gruesa y molienda fina	17
Figura 4: Aplicación de tratamiento químico	19
Figura 5: Secado en aire de aire forzado	19
Figura 20: Separación de sub muestras para análisis de laboratorio	20

Lista de tablas	pág.
Tabla 1: Composición química muestras de gallinaza	22
Tabla 2: ANAVA consolidado para los efectos de cada tratamiento evaluado	25
Tabla 3: Consolidado de Pruebas de Medias de Tukey	26
Tabla 4: comparación composición química de gallinaza	27

Lista de gráficas

	Pág.
Gráfica 1: contenido de materia seca (%)	23
Gráfica 2: contenido de materia orgánica (%)	23
Gráfica 3: contenido proteína cruda (%)	24
Gráfica 4: contenido de cenizas (%)	24
Gráfica 5: contenido de cobre (mg/kg)	24

RESUMEN

Los sistemas de producción avícola generan grandes volúmenes de estiércol que se depositan en el suelo y como resultado, éste, el agua y el ambiente, se contaminan. El presente estudio tuvo por objetivo analizar los efectos producidos en la composición química de las excretas de gallinas ponedoras (gallinaza) utilizadas como fertilizantes a través de la implementación de tratamiento físico, químico y térmico. La gallinaza fue obtenida de galpones de aves de postura de la raza Lohmann Brown alojadas en jaulas. La muestra de gallinaza se dividió en cuatro unidades experimentales incluyendo la muestra control, posteriormente a cada una de ellas se le realizó un triplicado para la aplicación de cada tratamiento a evaluar. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a 7 grupos. Se procesaron las muestras de acuerdo a cada tratamiento evaluado, Físico (Molienda gruesa mediante molido con mortero, Molienda fina mediante dos pases por molino tradicional), Químico (se aplicó Cal viva, Cal Apagada, Cal dolomita, Hipoclorito de sodio al 15%) o térmico (horno a 60°C). Posteriormente se determinó sobre las sub-muestras el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), nitrógeno (N), cobre (Cu), materia orgánica (MO) y cenizas (CEN). Los resultados fueron procesados por medio de un diseño completamente al azar y se utilizó una prueba de medias de Tukey para establecer la significancia de las diferencias de los promedios, por medio del software estadístico R. Se observó diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0,001$) sobre el contenido de los nutrientes de interés analizados en el presente estudio (MS, MO, N, Cu, PC y Cenizas). Se concluye que el contenido de MO se disminuye con el tratamiento químico (cal viva 49,2%, cal apagada 43,6%, cal dolomita 44,7% e hipoclorito de sodio 48,5%) y también con el tratamiento térmico (47,9%). El contenido de N se reduce al adicionar cal apagada (2,7%) o cal dolomita (2,6%). Con la adición de cal viva se disminuyen el contenido de Cu (43,0 mg/kg) y el de PC (20,6%). La adición de cal apagada redujo el contenido de Cu (50,0 gr/kg) y aumentó el

contenido de CEN de las muestras de gallinaza (56,3%), determinando que los tratamientos aplicados modifican la composición química de la gallinaza.

Palabras claves: Avicultura, composición química, contaminación ambiental, estiércol, lixiviado, materia orgánica.

ABSTRACT

Poultry production systems generate large volumes of manure that are deposited in the soil and as a result, this, the water and the environment, are contaminated. The objective of this study was to analyze the effects produced in the chemical composition of the excreta of laying hens (chicken manure) used as fertilizers through the implementation of physical, chemical and thermal treatment. The manure was obtained from sheds of stag birds of the Lohmann Brown breed housed in cages. The sample of chicken manure was divided into four experimental units including the control sample, after each one of them was tripled for the application of each treatment to be evaluated. The treatments were randomly assigned to 7 groups. The samples were processed according to each treatment evaluated, Physical (Grinding coarse by grinding with mortar, Fine grinding by two passes by traditional mill), Chemical (Lime was applied, Lime extinguished, Lime dolomite, Hypochlorite sodium at 15%) or thermal (oven at 60 ° C). Subsequently, the dry matter (MS), crude protein (PC), nitrogen (N), copper (Cu), organic matter (OM) and ash (CEN) content were determined on the sub-samples. The results were processed by means of a completely randomized design and a Tukey means test was used to establish the significance of the differences of the averages, by means of statistical software R. Statistical difference between treatments was observed ($p < 0.001$) on the content of the nutrients of interest analyzed in the present study (MS, MO, N, Cu, PC and Ashes). It is concluded that the OM content decreases with the chemical treatment (quick lime 49.2%, slaked lime 43.6%, dolomite lime 44.7% and sodium hypochlorite 48.5%) and also with the heat treatment (47.9%). The N content is reduced by adding slaked lime (2.7%) or dolomite lime (2.6%). With the addition of quicklime the content of Cu (43.0 mg / kg) and that of PC (20.6%) are reduced. The addition of slaked lime reduced the content of Cu (50.0 g / kg) and increased the CEN content of the chicken samples (56.3%), determining that the applied treatments modify the chemical composition of the chicken manure.

Keywords: Poultry farming, chemical composition, environmental contamination, manure, leachate, organic matter.

INTRODUCCION

Con la creciente producción avícola (FENAVI, 2018) se han incrementado también los niveles de contaminación ambiental y de fuentes hídricas, gracias a los desechos producidos por dicha actividad; Steinfeld et al (2009) afirma que el óxido nitroso, uno de los principales gases de efecto invernadero, se origina con la producción pecuaria y depende mucho de la modalidad de producción de las excretas, ya sea sólido o líquido, y la disposición de las mismas, ya sea recolección, manejo o dispersión.

Es así que se hace necesario buscar la manera de procesar este tipo de residuos para mitigar el daño ambiental y darle un uso adecuado mediante su empleo como fertilizante. Según Intagri (2015), la gallinaza es el resultado de la acumulación de excretas de aves ponedoras durante la etapa de producción de huevo, podría verse mezclada con desperdicios de alimento y plumas.

A pesar de su alto contenido de Nitrógeno (N) y de Fósforo (P) al ser utilizada como fertilizante, se ha identificado en la gallinaza algunos inconvenientes como su alto contenido de cobre (Cu) y de fuentes de N contaminantes para aguas superficiales (nitratos, nitritos), la alta movilidad del N en el suelo hace que sea una fuente de contaminación de aguas superficiales y/o subterráneas, en cuanto al Cu por ser un metal menos móvil, puede generar altas concentraciones en el suelo y ser tóxico para algunos cultivos (Williams, 2012).

Por ello el presente estudio buscó evaluar la composición química de la gallinaza luego de ser sometida a tratamientos físicos (molienda gruesa y fina con molino tradicional), químicos (adición de cal viva, cal apagada, cal dolomita e hipoclorito de sodio al 15%) y térmico (secado a 60°C).

JUSTIFICACION

Los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear enormes problemas de polución, debido a las grandes cantidades de elementos (nitrógeno, fósforo y azufre) que liberan al ambiente; además, originan grandes volúmenes de estiércol que se depositan en el suelo y como resultado, éste y el agua se contaminan (García et al, 2009).

Estas excretas contienen una elevada cantidad de elementos que pueden ser incorporados al suelo y posteriormente a plantas y cultivos, tales como el N, el P y el K; García et al (2009) en su estudio expresa que el tiempo de acumulación de las excretas es un factor de importancia en la variación de la composición de la gallinaza. No obstante, al ser un material potencialmente contaminante y con bajo procesamiento industrial, suele convertirse en una fuente de emisión de gases de efecto invernadero, así como la alta deposición de Cu en el suelo.

Por este motivo se plantea en este proyecto, evaluar el efecto de tratamientos físicos, químicos y térmicos en muestras de gallinaza fresca, sobre su composición química y poder así determinar la viabilidad de estos desechos para emplearlos como fertilizantes.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar el efecto de tratamientos físicos (molienda gruesa y fina, con molino tradicional), químicos (adición de cal viva, cal apagada, cal dolomita e hipoclorito de sodio al 15%) y térmico (secado a 60°C) en la gallinaza sobre su composición química.

ESPECIFICOS

- Evaluar el efecto del tratamiento físico (molienda gruesa y fina) sobre la composición química de la gallinaza.
- Analizar el efecto de tratamientos químicos (adición de cal viva, cal apagada, cal dolomita e hipoclorito de sodio al 15%) sobre la composición química de la gallinaza.
- Evaluar el efecto del tratamiento térmico (secado a 60°C) sobre la composición química de la gallinaza.

MARCO TEORICO

Antecedentes

El incremento de la producción avícola (6,7%) ocurrido en los últimos años, ha determinado un mayor uso de las excretas como fertilizante y esto ha provocado la contaminación de las aguas (FENAVI, 2018). Con el almacenamiento de las excretas, la acción de las bacterias fecales y la acción mecánica o enzimática para el tratamiento de los desechos excretados, ocurre una rápida degradación, donde los compuestos orgánicos complejos que son relativamente inertes, se transforman en otros volátiles o reactivos (Lon-Wo, 2006).

Sumado a lo anterior también se pueden encontrar investigaciones que han abordado la polución como un problema de contaminación, siendo de mayor impacto los sistemas intensivos de producción avícola. Es así que en el estudio realizado por García et al (2009), se menciona que estos aportan al ambiente grandes cantidades de nutrientes que en exceso son contaminantes, como lo son: el nitrógeno, fosforo, azufre. Otra temática importante es la contaminación del suelo y el agua debido a las grandes cantidades de heces fecales, lo que implica un gran reto en la búsqueda de sistemas de recolección y tratamiento a estos residuos.

Producción de excretas

Según cifras arrojadas por el estudio de Pérez & Villegas (2009) una gallina ponedora produce diariamente una cantidad aproximada de 200 gr de estiércol; esta cifra estaría cercana a los resultados encontrados en el estudio “Efecto de los residuales avícolas en el ambiente” realizado por García et al (2009) sobre producción de excretas, que oscilan entre los 135 y 150 gr de heces al día; esta cantidad varía dependiendo de la edad de las aves, la alimentación y el clima; la producción de excretas causa impacto positivo o negativo en el ambiente dependiendo de su uso y aprovechamiento, teniendo en cuenta que son residuos con alto valor de nitrógeno y minerales.

Gases excretados

El amoniaco (NH_3) es uno de los principales gases contaminantes asociados a la avicultura (Arrieta, 2013). El NH_3 es un gas incoloro de olor penetrante que se disuelve fácilmente en el agua y tiende a evaporarse con rapidez; por eso su control en las producciones animales es tan difícil. Se origina de la

descomposición del ácido úrico de las excretas de los animales y organismos en descomposición (Escorcia, 2015).

Lon-Wo (2006) en su estudio explica que el tipo de alimentación, el método de procesamiento de los alimentos y la acción de los microorganismos determinan diferencias en la excreción en aves de postura. Esto puede tener incidencia en la generación de gases como lo es el NH_3 . Según Escorcia (2015), el amoniaco se produce según la edad de los animales, densidad, tipo de alimentación, el manejo que se le dé a las excretas y el tipo de alojamiento; además afirma que la exposición a altas concentraciones de amoniaco: entre 50 y 100 ppm, es causante de síntomas respiratorios en las aves y con solo 25 ppm los parámetros productivos pueden verse afectados. Esto se ve sustentado por Arrieta (2013) quien sostiene que los efectos potenciales de la mala calidad del aire en el bienestar de las aves, implican una interacción compleja entre la fisiología, el comportamiento y la salud.

Medidas de mitigación

Es así que Escorcia, (2015) propone la implementación de medidas de control que contribuyan a la reducción del impacto negativo en el ambiente por el amoniaco generado; entre las que se encuentra mejorar la ventilación de las instalaciones, adicionar productos en el alimento que disminuyan la excreción de nitrógeno amoniacal y mantener las camas en buen estado para evitar la aparición de olores y creación de lixiviados. Aun cuando se logre una eficiente manipulación de la nutrición y el Tracto gastrointestinal (TGI) de las aves, con el uso de las enzimas y aditivos, la producción de excretas continuará incrementando al ritmo que la producción animal crezca, por ello la otra vía para reducir el impacto negativo de las excretas en el ambiente es su uso como fertilizante, combustible; además de buscar alternativas de tratamiento, almacenamiento y disposición de residuos, para disminuir la contaminación ambiental y contribuir a un crecimiento sostenible (Lon-Wo, 2006).

Estrada (2005), expone otra forma de contribuir al medio ambiente con el secado de la gallinaza, la cual en este estado posee una mayor concentración de nutrientes, como es el caso del nitrógeno y el fósforo que tienen buen aporte como abono; pero se debe tener cuidado en este aspecto ya que la acumulación excesiva de los mismos podría volverse un problema de contaminación para el suelo.

La composición química de la gallinaza se ve determinada por diversos factores, como son: la composición de la dieta, edad y estado fisiológico de las aves; el tiempo de acumulación de las excretas puede variar también la composición de la gallinaza (García et al., 2009).

Existen diversos procesos que pueden realizarse a las excretas de aves, entre ellas se encuentra el compostaje; el compostaje es el tratamiento más apropiado de los residuos frescos antes de su incorporación al suelo, ya que una materia orgánica en avanzado estado de transformación y estabilización, debe contribuir definitivamente a mejorar la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. El proceso del compostaje comprende la **fase mesolítica** en la que la masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente; por su parte la **fase termofílica** se da una temperatura de 40 °C en la que los hongos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, a los 60 °C estos microorganismos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos, encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosa; otra fase es la **de enfriamiento** la cual se da a menos de 60 °C generando de nuevo la aparición de hongos termófilos que ayudan a descomponer la celulosa. A los 40 °C reaparecen los mesófilos los cuales ayudan a bajar el pH; y por último está la **fase de maduración** la que determina la finalización del proceso, se debe mantener la humedad entre 50 y 60 %, un exceso produce zonas anaerobias y en consecuencia malos olores y retraso del proceso, a su vez el déficit detiene el proceso microbiano y verificar el pH, ya que es un indicador del proceso del trabajo microbiano y tiende a ser neutro por efecto de la aireación y maduración de la masa en fermentación (Estrada, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Instalaciones

Se emplearon 10 kilos de muestra de gallinaza fresca obtenidas de un galpón de gallinas ponedoras, ubicado en la Estación Agraria San Pablo, localizada en la vereda El Tablazo del municipio de Rionegro (6°09'12"N 75°22'27"O).

Descripción de la muestra

La gallinaza fue obtenida de aves de postura de la raza Lohmann Brown alojadas en jaulas. Las aves se encontraban en la semana 25 de producción con un % de postura del 52,4, y un consumo de concentrado prepostura de 107 g/día.



Figura 1. Galpones de aves ponedoras

Se realizaron tratamientos físicos, químicos y térmicos sobre la gallinaza, se separó inicialmente 1000 gr de la muestra total para ser tenida en cuenta como el tratamiento control, el resto de la gallinaza se dividió en muestras de 1000 gr aproximadamente; a estas a su vez se les realizó un triplicado para aplicarle cada tratamiento a evaluar. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente, es decir fueron tratamientos independientes;

Tratamiento Físico:

Se homogenizó una unidad experimental de 1000 g de gallinaza fresca mediante técnica de maceración en mortero (estructura gruesa), posteriormente se dividió en 3 sub-muestras, esta unidad experimental fue tomada como tratamiento control.

Los 9000 g restantes de las unidades experimentales se les realizó molienda empleando un molino tradicional metálico de maíz, mediante el cual se efectuaron dos pases para la totalidad de la muestra (estructura fina). Estas a su vez fueron divididas en 3 sub muestras.



Figura 2. Recolección de muestras de gallinaza



Figura 3. Molienda guresa (mortero) y molienda fina (Dos pases en molino tradicional)

El tratamiento físico se toma como tratamiento y no como procedimiento dado que se hizo comparación entre gallinaza fresca y gallinaza molida. La disminución del tamaño de partícula claramente afecta condiciones fisicoquímicas de cualquier elemento, por tanto se considera un tratamiento.

Tratamiento Químico:

Para cada una de las estructuras obtenidas en el procesamiento físico se aplicaron cuatro tratamientos químicos;

1. Cal viva diluida en agua
2. Cal apagada diluida en agua
3. Cal Dolomita diluida en agua
4. Solución de Hipoclorito de sodio al 15% v/v

Se procedió de la siguiente manera:

1. En un recipiente se mezclaron 250 ml de Agua y 50 g Cal Viva (Solución de CaO con agua al 20% p/v), se adicionó ésta mezcla a 1000g de Gallinaza molida y se dividió en 3 submuestras. Posteriormente se dejó reposar 1 día a temperatura ambiente.
2. En un recipiente mezclaron 250 ml de agua con 50 g de Cal Apagada (Solución de CaOH con agua al 20% p/v), se adicionó ésta a mezcla 1000 g de gallinaza molida y se dividió en 3 submuestras. Se dejó reposar 1 día a temperatura ambiente.
3. En un recipiente mezclaron 250 ml de agua con 50 g de Cal Dolomita (Solución de MgCO₃ – CaCO₃ con agua al 20% p/v), se adicionó ésta a mezcla 1000 g de gallinaza molida y se dividió en 3 submuestras. Se dejó reposar 1 día a temperatura ambiente.
4. En un recipiente mezclaron 250 ml de agua con 50 ml de Hipoclorito de sodio al 15% (Solución de NaClO al 15%), se adicionó ésta a mezcla 1000 g de gallinaza molida y se dividió en 3 submuestras. Se dejó reposar 1 día a temperatura ambiente.



Figura 4. Aplicación de tratamiento químico (cal dolomita, cal apagada, hipoclorito de sodio 15%)

Tratamiento Térmico:

A cada una de las unidades experimentales con tratamiento físico (molienda fina) y con tratamiento químico se le realizó tratamiento térmico; mediante horno de aire forzado a 60°C durante 24 horas. Cada una de las unidades experimentales fue divididas en 3 sub muestras.



Figura 5. Secado en horno de aire forzado a 60°C

Análisis químico

Cada unidad experimental de 1000 g aproximadamente, se procesó de acuerdo a cada tratamiento a evaluar, Físico (Molienda gruesa [8 mm], Molienda fina [3 mm]), Químico (Cal viva, Cal Apagada [carbonato de calcio], Cal dolomita, Hipoclorito de sodio al 15%) o térmico (60°C). Posteriormente a las muestras se les evaluó su contenido químico específicamente;

1. Materia seca se analizó mediante secado en estufa de aire forzado a 60°C por 24 horas
2. Nitrógeno total se determinó mediante Método Kjeldahl (ONAC, 2018)
3. Cenizas se realizó mediante Incineración Directa
4. Materia orgánica se determinó por sustracción de contenido de cenizas
5. Cobre se realizó mediante espectrometría de absorción atómica (ONAC, 2018)



Figura 6. Separación de submuestras para análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio para Cobre (Cu) y Nitrógeno (N) fueron realizados en el Laboratorio químico y bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, estos se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica y Método Kjeldahl respectivamente; los análisis para Materia Seca (MS), Cenizas (CEN) y Materia Orgánica (MO) se realizaron en el laboratorio de la UNAD sede Nacional José Celestino Mutis, estos se determinaron mediante secado en estufa de aire forzado a 60°C por 24 horas, incineración directa y sustracción de contenido de cenizas respectivamente. La aplicación de los

tratamientos químicos se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la UNAD, sede occidente del municipio de Medellín.

ANALISIS ESTADISTICO

Para analizar el efecto de los 7 tratamientos evaluados se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el software estadístico R y para determinar la significancia de las diferencias entre los promedio de los tratamiento se realizó una prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el contenido químico promedio determinado para los 7 tratamientos evaluados (incluyendo el control) en la gallinaza en estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química muestras de gallinaza

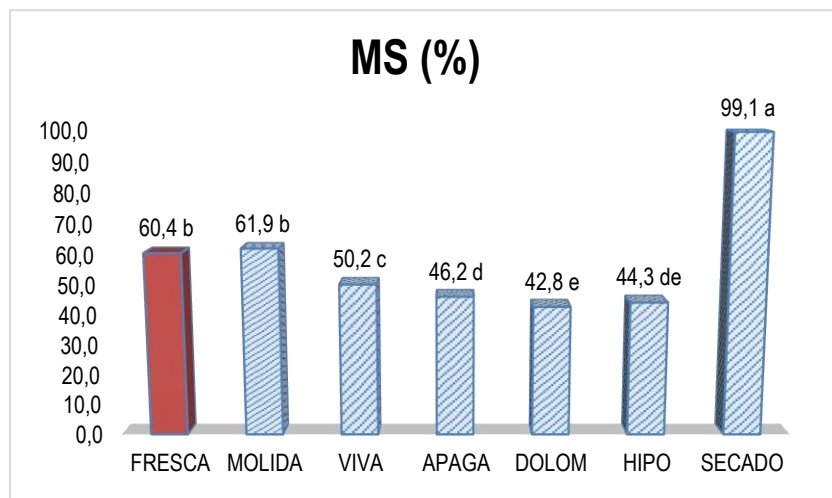
TRATAMIENTO	MUESTRA	MS	MO	PC	N Total	CEN	Cu
Control	Gallinaza Fresca en mortero	60,4	55,7	23,1	3,7	44,8	52,0
Físico	Gallinaza Fresca molida (2 pasos)	61,9	55,3	26,8	4,3	44,7	52,0
	Gallinaza Molida + Cal Viva	50,2	49,2	20,6	3,3	50,7	43,0
	Gallinaza Molida + Cal Apagada	46,2	43,6	16,8	2,7	56,3	50,0
Químico	Gallinaza Molida + Cal Dolomita	42,8	44,7	16,2	2,6	55,2	48,0
	Gallinaza Molida + Hipoclorito	44,3	48,5	25,6	4,1	51,4	50,0
Térmico	Gallinaza Molida + Secado a 60°	99,1	47,9	25,6	4,1	52,1	52,0

Fuente. Laboratorios UNAL y UNAD

A partir del análisis de los resultados en la **Tabla 1**, se evidencia un aumento en el contenido de materia seca para el tratamiento térmico (99,1%); para el caso del tratamiento químico se observa una disminución en el contenido de materia orgánica en cuanto a la aplicación de cal apagada (43,6%); con la adición de cal dolomita se visualiza una disminución en el contenido de proteína cruda (16,2%); el contenido de cenizas aumenta en cuanto al tratamiento químico especialmente en la aplicación de cal apagada (56,3%) no se evidencia cambio en el contenido de cobre para el tratamiento físico y térmico (52,0mg/kg), en cambio para el

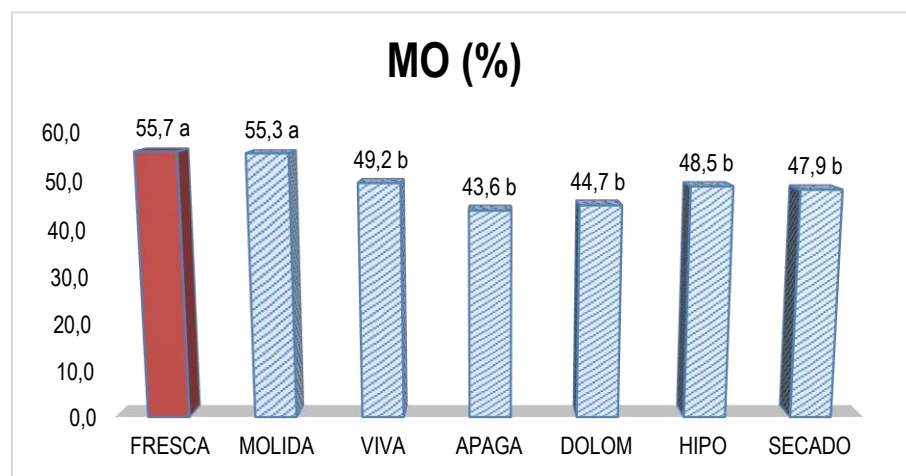
tratamiento químico hay una disminución con la aplicación de cal viva (43,0%); todos estos resultados fueron comparados con la muestra control.

A continuación, se muestra la distribución de los nutrientes en las diferentes muestras de los tratamientos evaluados, se presentan los promedios de cada tratamiento.



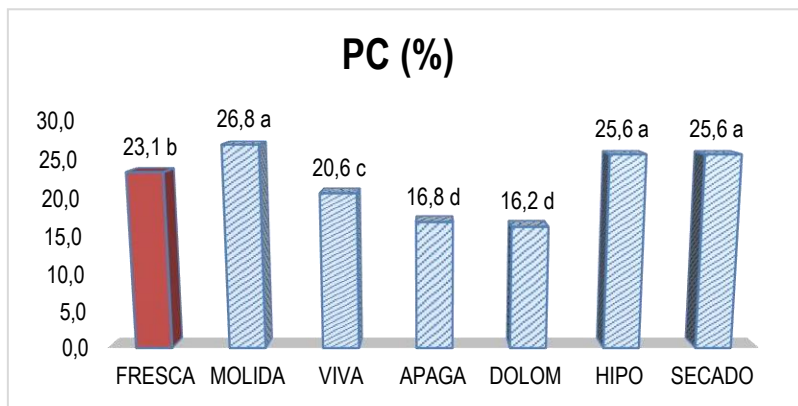
Gráfica 1. Contenido de materia seca (%)

Fuente. Autor



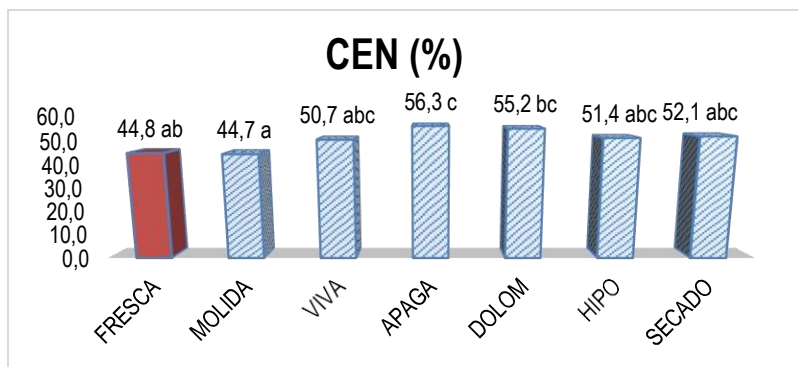
Gráfica 2. Contenido de materia orgánica (%)

Fuente. Autor



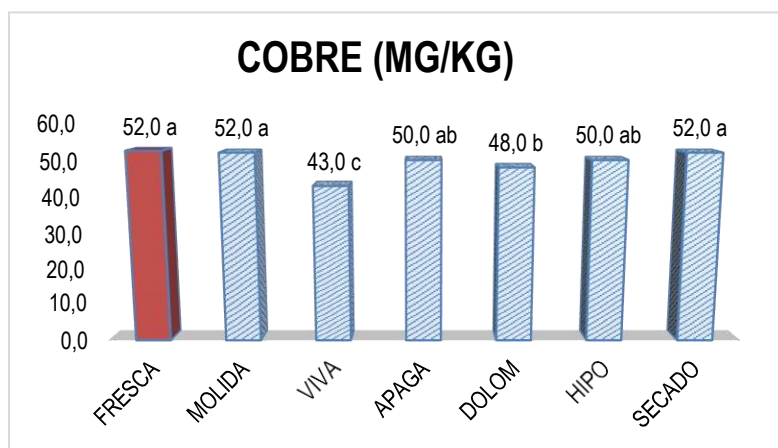
Gráfica 3. Contenido Proteína Cruda (%)

Fuente. Autor



Gráfica 4. Contenido de Cenizas (%)

Fuente. Autor



Gráfica 5. Contenido de Cobre (mg/kg)

Fuente. Autor

Se realizó en el software R un análisis no paramétrico (dado que los resultados obtenidos no cumplían con los supuestos de normalidad) trabajando con las medianas de los tratamientos se realizó el análisis de varianza por cada variable medida (Tabla 2).

Tabla 2. ANAVA consolidado para los efectos de cada tratamiento evaluado

Variable Respuesta	GL	SC	CMC	Valor F	Pr(>F)
<i>Materia Seca.</i>	6	6972	1162	1223	<2e-16 ***
<i>M. Orgánica.</i>	6	397,9	66,32	15,79	1,66e-05 ***
<i>Nitrógeno (%)</i>	6	8.666	14.443	121,3	2,97e-11 ***
<i>Cobre</i>	6	199,65	33,27	25,14	9,82e-07 ***
<i>Proteína Cruda</i>	6	337,4	56,23	206,8	7,6e-13 ***
<i>Cenizas</i>	6	366,7	61,12	16,44	1,31e-05 ***

Código de Significancia: 0 '**' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

De acuerdo al análisis realizado por medio del software estadístico R, se observó que hubo diferencias entre tratamientos ($p < 0,001$) sobre el contenido de los nutrientes de interés analizados en el presente estudio (MS, MO, N, Cu, PC y Cenizas).

Luego de comprobar los supuestos del modelo (aleatorización de los tratamientos, normalidad de los errores, homogeneidad de varianzas) se utilizó una prueba de medias de Tukey para determinar la significancia de las diferencias entre promedios de los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Consolidado de Pruebas de Medias de Tukey

	\bar{X} MS (%)	\bar{X} MO (%)	\bar{X} N (%)	\bar{X} CU (ppm)	\bar{X} PC (%)	\bar{X} CEN (%)
Gallinaza Fresca	60,5 b	55,7 a	3,7 ab	52,5 a	23,4 b	44,9 ab
Molienda	62 b	55,3 a	4,3 a	52 a	26,9 a	44,7 a
Cal Viva	50,3 c	49,3 b	3,3 ab	43 c	20,6 c	50,7 abc
Cal apagada	46,2 d	43,6 b	2,7 b	50 ab	16,9 d	56,4 c
Cal Dolomita	42,9 e	44,7 b	2,6 b	48 b	16,3 d	55,3 bc
Hipoclorito	44,3 de	48,6 b	4,1 ab	50 ab	25,6 a	51,4 abc
Tratamiento Térmico	99,1 a	47,9 b	4,1 ab	52 a	25,6 a	54,2 abc

Medias con letras diferentes presentaron diferencias significativas según Tukey ($p < 0,01$)

La prueba de medias realizada sobre los promedios y las medias de los tratamientos evidenciaron que el tratamiento térmico aumentó el contenido de materia seca (99,1%). Así mismo, dado que la gallinaza fresca y la que fue sometida a molienda presentaron los contenidos de materia orgánica más elevados, a su vez los tratamientos térmico o químico disminuye el contenido de materia orgánica en la gallinaza.

Al realizar únicamente proceso de molido sobre la gallinaza fresca se aumenta el contenido de N, esto se debe a que se da mayor porosidad en la gallinaza lo que hace que exista mayor posibilidad de contacto y por ende mayor reacción química; la gallinaza fresca presenta un alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno, el cual se volatiliza rápidamente (Estrada, 2005), mientras que al adicionar cal apagada o dolomita se reduce este contenido. Al calentar la gallinaza o adicionarle hipoclorito se logran efectos similares a los logrado por la molienda de la gallinaza, en este caso al realizarse secado de la gallinaza se logra una mayor concentración de nutrientes, dependiendo también del tiempo y rapidez del secado (Estrada, 2005). Estos resultados se extrapolan al contenido de proteína cruda, dado que a nivel de laboratorio este parámetro es el resultado del contenido de N multiplicado por un coeficiente fijo (6,25).

El único tratamiento que logró reducir significativamente el contenido de cobre (43,0 mg/kg) en la gallinaza fue la adición de cal viva, lo cual puede indicar su efectividad para evitar el problema de altos contenidos de este metal pesado en la gallinaza. Sin embargo, este tratamiento redujo significativamente el contenido de proteína cruda (20,6%).

Finalmente se puede apreciar que la adición de cal apagada disminuyó el contenido de cobre (50,0 mg/kg) y generó un aumento en el contenido de minerales (56,3%) de las muestras de gallinaza al ser relacionado con la muestra control, esto puede deberse a la adición de mezcla de minerales que se aplicó a la muestra (Ríos, 2016).

Tabla 4. Comparación composición química de gallinaza

Tipo de Gallinaza	Autores	MS	MO	PC	N Total	CEN	CU
Gallinaza fresca	<i>González y Cuervo (2018)</i>	60,4	55,1	23,1	3,7	44,8	52,0
	<i>SAGARPA (2007)</i>	70,0	70,0	23,1	3,7	-	-
	<i>Uribe et al (2001)</i>	-	-	18,7	3,0	39,2	-
	<i>Estrada et al (2005)</i>	42,2	34,1	20,0	3,2	23,7	-
Gallinaza Molida	<i>González y Cuervo (2018)</i>	61,9	55,3	26,8	4,3	44,7	52,0
	<i>Muñoz et al (2015)</i>	89,3	24,1	5,7	0,9	57,0	-
Gallinaza Tto Químico	<i>Cal viva</i>	50,2	49,2	20,6	3,3	50,7	43,0
	<i>Cal apagada</i>	46,2	43,6	16,8	2,7	56,3	50,0
	<i>Cal dolomita</i>	42,9	44,7	16,2	2,6	55,3	48,0
	<i>Hipoclorito de sodio</i>	44,3	48,5	25,6	4,1	51,4	52,1
	<i>Ríos (2016)</i>	94,0	-	7,2	1,1	74,0	-

	<i>González y Cuervo (2018)</i>	99,1	47,9	25,6	4,1	52,1	52,0
Gallinaza Tto Térmico	<i>TECNAMED (2008)</i>	83,1	58,0	25,0	4,0	-	37,4
	<i>Mullo (2012)</i>	81,9	65,1	20,8	-	34,9	-
	<i>Cordero & Morales (2007)</i>	89,6	-	28,0	-	28,0	150,0

Fuente. Consolidación de varias fuentes bibliográficas

La **Tabla 4** muestra la comparación entre diversos autores que realizaron estudios similares a este sobre la composición química de la gallinaza.

En el presente estudio el contenido de materia seca (MS) de la gallinaza fresca fue de 60,5 % este resultado se aproxima a lo observado por SAGARPA (2007) que fue de 70,0%, en cuanto a los resultados obtenidos por Estrada (2005) difiere debido a que las muestras no fueron aireadas previamente por lo tanto tiene un alto contenido de humedad y bajo de materia seca (42,2 %). En el caso de la gallinaza molida el resultado obtenido en el presente estudio fue de 62,0 % en cuanto a materia seca, esta cifra difiere mucho del resultado observado por Muñoz et al (2015) debido a que la muestra tuvo un tratamiento de compostaje previo por lo que pierde gran contenido de agua y por ende el resultado de materia seca es alto (89,3 %)

En cuanto a la gallinaza con tratamiento químico se obtuvo para materia seca fueron para cal viva 50,2%; para cal apagada 46,2%; para cal dolomita 42,8% y para hipoclorito de sodio 44,3 %, en el caso de Ríos (2016) las muestras fueron tratadas con roca fosfórica, polihalita y azufre, esto pudo ocasionar que la materia seca fuera más alta (94,0%). Las muestras con tratamiento térmico arrojaron un resultado para materia seca del 99,1%, este resultado coincide con lo observado por TECNAMED (2008), Mullo (2012) y Cordero & Morales (2007), que fue de 83,1 %, 81,9 % y 89,6 % respectivamente; los cuales presentaron secado previo en las muestras a evaluar.

En el presente estudio el contenido de materia orgánica para el caso de la gallinaza fresca fue de 55,1 %, en el caso de SAGARPA (2007) se trabajaron muestras frescas por eso el contenido de materia orgánica tan alto (70,0 %), en el

caso de Estrada (2005) habla sobre la periodicidad de recolección de las excretas esto puede ser el causante que la materia orgánica sea baja (34,1 %). Para la gallinaza molida arrojó un resultado de 55,3%, este valor difiere bastante del observado por Muñoz et al (2015) que a pesar de haber realizado tratamiento de compostaje previo presenta un valor de materia orgánica tan bajo (24,0 %).

En el tratamiento químico realizado a la gallinaza los resultados para materia orgánica fueron para cal viva 49,3%, cal apagada 43,6%, cal dolomita 44,7% y para hipoclorito de sodio 48,6%, con respecto a Ríos (2016) no se encontraron resultados para comparar ya que este no relacionó información al respecto. En cuanto a la gallinaza con tratamiento térmico el contenido de materia orgánica fue de 47,9%; se asemeja un poco en cuanto a lo observado por TECNAMED (2008) que fue de 58,0 %, difiere un poco con los resultados obtenidos por Mullo (2012) que fue de 65,1 %, esto puede deberse a que habla sobre la alimentación en las aves lo que podría llevar a niveles de materia orgánica más elevada.

Para el contenido de proteína cruda en la gallinaza fresca se obtuvo un resultado de 23,1% coincidiendo con lo observado por SAGARPA (2007), que fue de 23,1 %; los resultados de Uribe (2001) y Estrada et al (2005) se acercan a los obtenidos en el presente estudio aunque un poco más bajos 18,7 % y 20,0 % respectivamente, esto puede deberse a la forma de manejo y aireado de la gallinaza. En cuanto a la gallinaza molida el contenido de proteína cruda en este estudio arrojó un resultado de 26,9 %, en el tratamiento de compost realizado por Muñoz et al (2015) este valor es muy bajo que fue de 5,7 %.

En la gallinaza con tratamiento químico para el presente estudio los resultados de proteína cruda fueron, para cal viva 20,63%; cal apagada 16,9%; para cal dolomita 16,2 % e hipoclorito de sodio 25,6 %, comparando estos resultados entre sí puede verse que en el tratamiento de cal apagada y cal dolomita se reduce el contenido de proteína cruda, en cuanto a Ríos (2016) el valor de la proteína es muy bajo, (7,2%) esto puede deberse al tratamiento que se le hizo con roca fosfórica, polihalita y azufre. En el tratamiento térmico el contenido de proteína cruda fue de 25,6%, este coincide con lo observado por TECNAMED (2008), Mullo (2012) y Cordero & Morales (2007) que fue de 25,0%, 20,8 y 28,0 respectivamente.

La ceniza en gallinaza fresca en este estudio fue de 44,8%, coincide en gran parte con lo observado por Uribe (2001) que fue de 39,2%, en cuanto a Estrada (2005) obtiene un resultado más bajo 23,7%, esto puede ser ya que en dicho estudio se menciona que la alimentación de las aves interviene mucho en la composición

química de la gallinaza. En la gallinaza molida para el contenido de ceniza se obtuvo un resultado de 44,7 %, esta cifra se asemeja a lo observado por Muñoz et al (2015) que fue de 57,0%, a pesar de ser un poco más elevado este puede deberse a la mezcla de residuos de cosecha que se le adicionó a las muestras tratadas. En el presente estudio para la gallinaza con tratamiento químico el contenido de cenizas fue para Cal viva 50,7%, Cal apagada 56,4%, Cal dolomita 55,3% e Hipoclorito de Sodio 51,42; estas cifras difieren de los obtenidos por Ríos (2016) que fue de 74,0%, esto puede deberse a como se ha dicho anteriormente, porque se le adicionó una mezcla de minerales. En la gallinaza con tratamiento térmico el contenido de cenizas fue de 52,1%, este resultado difiere en parte de lo observado por Mullo (2012) y Cordero & Morales (2007), 34,95% y 28,0% respectivamente; esto puede deberse a varios factores como puede ser la alimentación de las aves, el manejo del secado y el tiempo de recolección de las muestras, entre otros.

En el presente estudio se analizó también el cobre dentro de la gallinaza fresca, obteniendo un resultado de 52,0 mg/kg. En el caso de la gallinaza molida se obtuvo un resultado de 52,0 mg/kg y para la gallinaza con tratamiento químico se obtuvieron para cal viva 43,0 mg/kg, cal apagada 50,0 mg/kg, cal dolomita 48,0 mg/kg e Hipoclorito de sodio 52,1 mg/kg. Estos resultados no pudieron compararse para dichos tratamientos ya que los autores citados no analizaron este componente. En el caso de la gallinaza con tratamiento térmico el contenido para cobre fue de 52,0 mg/kg, este resultado difiere al obtenido por TECNAMED (2008) que se observa un resultado bajo (37,4mg/kg) a comparación del obtenido por Cordero & Morales (2007) que fue de 150,0 mg/kg.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio se evidenció un aumento en el contenido de materia seca (99,1%) para el tratamiento con secado; con la aplicación de cal dolomita se redujo la composición de materia seca (42,8%) y la composición de proteína cruda (16,2%); con la aplicación de cal apagada se observó una disminución en el contenido de materia orgánica (43,6%) y un aumento en el contenido de cenizas (56,3%); no se evidenció un cambio en el contenido de cobre para el tratamiento físico y térmico (52,0 mg/kg), para el tratamiento químico hubo una disminución en el contenido de cobre con la aplicación de cal viva (43,0 mg/kg); con el tratamiento físico se observó un aumento de la proteína cruda (26,8%) y en el contenido de materia orgánica (55,3%) y una disminución en el contenido de cenizas (44,7%); todos estos resultados fueron comparados con la muestra control.

Los documentos encontrados sobre los tratamientos a la gallinaza no evidencian información detallada a comparar, además de haber sido difíciles de hallar no son puntuales a la hora de explicar los procedimientos, por lo que fue una ardua tarea tratar de encontrar las razones a los diferentes resultados obtenidos. Algunos documentos hablaban sobre compostajes y otros métodos de tratamiento a la gallinaza para ser empleada como abono.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se determinó que el mejor efecto encontrado se da con la implementación del tratamiento físico (molienda fina), el químico con aplicación de Cal Viva y el térmico, a una misma muestra de gallinaza en diferentes momentos, es posible modificar la composición química de la misma, generando un producto que podría aprovecharse como fertilizante orgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrieta, K. Oier A. (2013). *Emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco en una explotación de gallinas ponedoras en Bizkaia*. Tomado de: <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/7669>

Cordero, O. Manuel, A; Morales, U. Jorge. (2007). *Uso de pollinaza y gallinaza en la alimentación de rumiantes*. Desplegable para productores número 32. Tomado de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/308/161.pdf?sequence=1>

Escorcía, A. Neila, S. (2015). *Evaluación de los niveles de amoníaco en las heces fecales de aves ponedoras comerciales de la empresa Avisin con la inclusión del producto De-Odorase*. Tomado de: <http://repository.ucc.edu.co/bitstream/ucc/60/1/43-%28538-15%29%20Evaluacion%20de%20los%20niveles%20de%20amoniac%20en%20las%20heces%20fecales%20de%20aves%20ponedoras%20comerciales%20de%20la%20empresa%20avisin.pdf>

Estrada, P., Mónica, M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. Revista Lasallista de Investigación. Volumen 2, número1. Tomado de: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>

FENAVI. (2018). *6,7% aumentó la producción avícola*. Tomado de: <http://fenavi.org/comunicados-de-prensa/67-aumento-la-produccion-avicola/>

García, Yaneisy. et al. (2009). *Efecto de los residuales avícolas al ambiente*. Tomado de: <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Residuosavicolas.pdf>

Intagri. (2015). *La gallinaza como fertilizante*. Tomado de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>

Lon-Wo, Esmeralda. (2006) *La producción avícola y la contaminación ambiental*. Tomado de: http://www.avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/memorias/conferencia-5.pdf

Mullo, G. Inés. (2012). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. Tomado de: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>

Muñoz, C. Juan, M. et al. (2015). *Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayán, Cauca*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Volumen 13, Número 1. Tomado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>

Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC. (2018). *Acreditación ISO/IEC 17025:2005*. Tomado de: <http://onac.org.co/certificados/14-LAB-036.pdf>

Pérez, V. María, V; Villegas, C. Rodolfo, A. (2009). *Procedimientos para el manejo de residuos orgánicos avícolas. Manual técnico*. Tomado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1411/1/PROCEDIMIENTOS%20PARA%20EL%20MANEJO%20DE%20RESIDUOS%5B1%5D.pdf>

Ríos, E. Jean, H. (2016) *Caracterización Físicoquímica de Abonos Orgánicos Artesanales*. Tomado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9341/RiosEscobarJeanHelbert2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaría de desarrollo, ganadería agricultura, desarrollo rural y pesca y alimentación – SAGARPA. (2007). *Abonos orgánicos*. Tomado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Organicos.pdf>

Steinfeld, Henning. et al. (2009). *La larga sombra del ganado*. FAO. Tomado de: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>

Tecnificación Agraria y Medioambiental, S.L. – TECNAMED (2008). *Gallinaza seca*. Tomado de: https://www.agromaquinaria.es/pdf/empresas/Gallinaza_Seca_6111453022072011.pdf

Uribe, José, F. et al. (2001). *Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula*. Revista Colombiana de Ciencias pecuarias. Volumen 14, 2. Tomado de: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323763/20780950>

Williams, Charles M. (2012). *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*. Tomado de: http://www.fao.org/docrep/016/al715s/al715s00.pdf?fbclid=IwAR05o5ucnsvHGt4depnBd_4qKzNERUTTMr4U77wMuuctBZAwkNNeEW9Mqb8