

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**USO DE RESIDUOS DE PAN PARA ALIMENTACIÓN DE AVES PONEDORAS,
EN REEMPLAZO DE MAÍZ.**

POR

MARTÍN IGNACIO GÜNDEL CROVETTO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2023**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**USO DE RESIDUOS DE PAN PARA ALIMENTACIÓN DE AVES PONEDORAS,
EN REEMPLAZO DE MAÍZ.**

POR

MARTÍN IGNACIO GÜNDEL CROVETTO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2023**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Hernán Rodríguez R.

Ing. Agrónomo, Mg. Sc. Dr.

Guía

Profesor Asociado, Jorge Campos P.

Prof. de Estado en Matemática, Mg. E. Cs, Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Pamela Williams S.

Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Objetivos	4
Materiales y métodos	4
Resultados y discusión	9
Conclusiones	18
Referencias	19

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1 Postura de los distintos tratamientos durante el transcurso del ensayo (%).....	10
Figura 2 Producción promedio de huevos en relación con niveles de inclusión de pan (%).....	11
Figura 3 Consumo de alimento durante el transcurso del ensayo (gr (ave día) ⁻¹) en relación con niveles de inclusión de pan en reemplazo de maíz.....	12
Figura 4 Eficiencia de conversión en gallinas de postura en relación a niveles de reemplazo de pan por maíz (kg docena de huevos ⁻¹).....	14
Figura 5 Peso promedio del huevo en gallinas de postura en relación con niveles de reemplazo de pan por maíz. (g)....	16
Tabla 1 Composición de las dietas utilizadas en los cinco tratamientos (/100 kg).....	6
Tabla 2 Nutrientes teóricos aportados por la dieta versus los requerimientos de la línea a niveles crecientes de reemplazo de maíz (Hy-Line International, 2023).....	6
Tabla 3 Valores de los análisis nutricionales base materia seca de los cinco tratamientos.....	9
Tabla 4 Variación del peso vivo de las aves en relación con niveles de inclusión de pan (g).....	15
Tabla 5 Color de la yema con equipo DET 6500 (Nabel, Japón) de los distintos tratamientos.....	17

Tabla 6	Grosor de la cascara del huevo en relación con niveles de inclusión de pan en reemplazo de maíz (mm).....	18
Tabla 7	Costo de los tratamientos / kg.....	19

USO DE RESIDUOS DE PAN PARA ALIMENTACIÓN DE AVES PONEDORAS, EN REEMPLAZO DE MAÍZ

USE OF BREAD FOR FEEDING LAYING HENS, IN REPLACEMENT OF CORN

Palabras índice adicionales: economía circular, alimento energético, eficiencia alimenticia, calidad de huevo.

RESUMEN

El desperdicio de alimentos es un problema global que tiene un impacto negativo tanto en el medio ambiente como en la seguridad alimentaria. Cada año, toneladas de alimentos perfectamente comestibles se desechan, contribuyendo al agotamiento de recursos naturales y a la emisión de gases de efecto invernadero. Es ahí donde se identifica una problemática con el descarte de pan. Este ensayo tuvo como objetivo, evaluar el uso de pan de residuo en la dieta de aves de postura y su efecto en los parámetros productivos y de calidad del huevo para así contribuir a una alimentación animal más sustentable, disminuyendo también el uso de maíz. El experimento fue realizado en sector de Cosmito, Concepción, Chile. Tuvo una extensión de 6 semanas, entre los meses de julio y agosto de 2023, las aves con una edad de 18 semanas al comienzo del ensayo. Se utilizaron 240 gallinas de la línea Hy-Line Brown distribuidas en 5 tratamientos de 48 aves cada uno. Se usaron tratamientos reemplazando residuos de pan por maíz en concentraciones crecientes: 0, 25, 50, 75 y 100%. La producción de huevos fue afectada negativamente por la inclusión, solo el tratamiento de 25% de reemplazo logró cumplir estándares productivos. El peso del huevo no registró diferencias significativas ($P > 0,05$). La yema baja su intensidad de color significativamente ($P < 0,05$). Se concluye que es posible el reemplazo hasta un 25%, sin comprometer parámetros productivos ni de calidad.

SUMMARY

Food waste is a global problem that has a negative impact on both the environment and food security. Every year, tons of perfectly edible food are discarded, contributing to the depletion of natural resources and the emission of greenhouse gases. This is where a problem with bread disposal is identified. This essay aimed to evaluate the use of residual bread in the diet of laying hens and its effect on productive and egg quality parameters to contribute to a more sustainable animal feed, also reducing the use of corn. The experiment was conducted in the Cosmito sector, Concepción, Chile, over a period of 6 weeks, between July and August 2023, with hens starting at 18 weeks of age. A total of 240 Hy-Line Brown hens were used, distributed across 5 treatments of 48 birds each. Treatments involved replacing residual bread with corn at increasing concentrations: 0, 25, 50, 75, and 100%. Egg production was affected by the inclusion; only the 25% replacement treatment met production standards. Egg weight showed no significant differences ($P > 0.05$). The yolk exhibited a significant decrease in color intensity ($P < 0.05$). It is concluded that replacement up to 25% is possible without compromising productive or quality parameters.

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente un tercio de los alimentos producidos en el mundo para consumo humano cada año se pierde o se desperdicia (FAO, 2021). Se consideran las pérdidas de alimentos que se producen a lo largo de la cadena de producción de este, desde la cosecha, el procesamiento y empaque hasta el comercio, pero sin incluirlo. El desperdicio de alimentos, por otro lado, se produce en el nivel de la venta al por menor y el consumo (FAO, 2019). Todo esto, en conjunto, representa alrededor de USD \$936 billones de dólares, sin considerar el impacto social y medioambiental de la problemática (FAO, 2014). Este fenómeno se ha elevado a la categoría de un importante desafío global, hallando su lugar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) bajo el ODS 12, que se enfoca en la responsabilidad en consumo y producción, y que incluye un objetivo específico para reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos (FAO, 2019).

En Chile se estima una pérdida de 140,4 toneladas de arroz por año, 16.550 unidades de lechugas y 1,08 toneladas de papa por hectárea, reflejando en pérdidas aproximadas de \$12.066 USD año⁻¹, \$2.422 USD ha⁻¹ y 244,5 USD ha⁻¹ respectivamente (Sáez, 2015). En lo que corresponde a pan, se estima un promedio de 63,3 kg desperdiciados por familia de 5 integrantes al año, que se refleja en un 16,7% del consumo total nacional (Sáez, 2015). Aunque estos datos son escasos y en términos de cuantificación de pérdida y desperdicio de alimentos (PDA), Chile no presenta más datos cuantitativos; debido al volumen desperdiciado de pan, es que se presume como un ingrediente interesante para ser aprovechado en la alimentación animal. Se identifica un potencial recurso, por su alto valor energético y proteico que van en el orden de 270 kcal y 8,85 g de proteína por cada 100 g (USDA, 2019).

Al mismo tiempo, el alimento para aves supone un costo importante para los productores y su precio ha aumentado debido al aumento de los precios de los productos primarios como los granos. Si bien es cierto, existe información sobre el uso de residuos de alimento en sistemas de producción animal (Torok *et al.*, 2022), estos radican más en subproductos de granos y procesamiento cárnico y de pescado, pero no de alimentos procesados a base de granos. Algunos desechos de alimentos procesados, como mezclas de granos cerveceros usados, residuos de pescado, carne y la harina de huesos son alguno de los ejemplos que pueden reemplazar los costosos cereales, aceites y harinas en las dietas de las aves, reduciendo así significativamente el costo del alimento (Truong *et al.*, 2019).

En nuestro país, no se ha descrito experiencias de uso de pan de desperdicio en la alimentación de aves de postura de manera comercial, es por esto que el estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de pan desperdiciado en reemplazo de maíz, en relación a parámetros productivos y calidad del huevo en ponedoras. Es por esto que se plantea la siguiente hipótesis, es factible la utilización de pan de desperdicio en reemplazo total o parcial de maíz sin afectar los parámetros productivos y calidad física del huevo.

Como principal objetivo de esta investigación es evaluar la utilización de pan de desperdicio para la alimentación de aves de postura, con la finalidad de reemplazar

completa o parcialmente el maíz utilizado. Posteriormente se identifican dos objetivos específicos, en primer lugar determinar si el pan puede sustituir el maíz para la alimentación de aves ponedoras y lograr identificar que concentraciones de este son óptimas para mantener la postura y calidad del huevo dentro de los estándares comerciales y recomendaciones de Hy line; finalmente Identificar el beneficio/costo de la utilización de pan de desperdicio en dietas para aves de postura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y extensión del ensayo

El ensayo se realizó en el sector de Cosmito, Concepción, en un galpón acondicionado para el alojamiento de aves ponedoras. Este tuvo una duración de 6 semanas comprendidas entre los meses de julio y agosto de 2023

Aves

Se utilizaron 240 aves Hy-Line Brown de 18 semanas de vida al inicio del estudio. La media del peso inicial fue de 1638 gr con una desviación estándar de 43,95 g.

Jaulas

Las gallinas fueron confinadas en un galpón convencional piramidal. Los tratamientos se dispusieron por nivel con 48 aves por tratamiento. Por problemas de manejo y de logística, no se hicieron repeticiones.

Iluminación

La iluminación fue natural, con fotoperiodo correspondiente a los meses de julio y agosto.

Galpón

Estas jaulas estarán dispuestas en un galpón de madera, exclusivamente para el ensayo, aislado con aperturas laterales para ventilación. La iluminación estará controlada por cortinas. Se utilizaron comederos manuales en forma de canaleta.

Alimento

Los ingredientes de la dieta son los siguientes: Maíz, Pan molido, Afrecho de trigo, afrecho de soya, harina de pescado, fosfato bicálcico, sal común, conchuela,

metionina, lisina y núcleo de postura. Al momento de fabricación del alimento se utilizó un secuestrante de micotoxinas.

Las dietas se formularon en función de los requerimientos de las aves según niveles recomendados por Hy-Line International para la línea Hy-Line Brown (Hy-Line International, 2023).

El alimento fue entregado una vez al día en una cantidad de 120 g (ave día)⁻¹.

El agua de bebida fue proporcionada en forma *ad libitum* con bebederos automáticos.

Tratamientos

Los tratamientos se formularon usando niveles crecientes de pan en reemplazo de maíz: 0, 25, 50, 75 y 100 % en las dietas de los tratamientos Control, I, II, III, y IV respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de las dietas utilizadas en los cinco tratamientos (/100 kg).

Ingredientes	Tratamiento				
	Control	I	II	III	IV
Pan residuo	0,00	17,5	35,00	52,50	70,00
Maíz	70,00	52,5	35,00	17,50	0,00
Afrecho de trigo	0,30	0,41	0,61	0,38	1,70
Soya	14,10	14,48	14,59	15,91	13,70
Harina de pescado	5,90	4,12	2,61	0,18	0,30
Fosfato bicálcico	0,66	0,87	1,05	1,35	1,30
Sal común (Na Cl)	0,25	0,09	0,00	0,00	0,00
Conchuela	8,54	9,73	10,87	11,83	12,80
Metionina	0,15	0,16	0,17	0,18	0,2
Lisina	0,02	0,04	0,07	0,08	0,1
Núcleo Postura	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tratamientos: I (0% pan), II (25% pan), III (50% pan), IV (75% pan) y V (100% pan).

Tabla 2: Nutrientes teóricos aportados por la dieta versus los requerimientos de la línea a niveles crecientes de reemplazo de maíz (Hy-Line International, 2023).

Nutrientes	Tratamiento					Requerimientos
	Control	I	II	III	IV	
Energía metabolizable (kcal kg-1)	2800	2800	2800	2800	2800	2800
		15,3	15,3	15,3	15,3	
Proteína cruda (%)	15,30	0	0	0	0	15,30
Calcio (%)	3,61	4,04	4,45	4,79	5,17	3,62
Fósforo (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Lisina (%)	0,71	0,68	0,61	0,60	0,52	0,68
Metionina + Cistina (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,44	0,61

Análisis estadístico

Por la naturaleza del ensayo se realizó un análisis estadístico descriptivo, presentando las medias y las desviaciones estándar por tratamiento en los parámetros productivos.

Para los parámetros de calidad, se realizó un ANOVA en un diseño completo al azar. La comparación de medias se realizó con un test de Tukey y se consideró significancia cuando $P < 0.05$. Se verificaron los supuestos de análisis de varianza a través del test de Shapiro-Wilks para la normalidad y Levene para la homogeneidad de varianza, ambos con un 95% de significancia.

Evaluaciones

Se realizaron las siguientes mediciones a lo largo del ensayo:

Postura base gallina alojada (BGA). Se contaron los huevos de cada repetición y tratamiento diariamente y el resultado obtenido se divide por el número total de gallinas por tratamiento; este valor se multiplica por cien para obtener el porcentaje de postura promedio semanal utilizando el método de base gallina día.

Consumo promedio semanal. Se pesó el alimento ofrecido a las gallinas diariamente, de manera que el consumo individual (g (ave día)^{-1}) fuera de 110 g.

Una vez por semana, justo antes de alimentar a las aves, se recogió el alimento residual de los comederos, obteniendo así por diferencia el consumo real de las aves por semana (alimento ofrecido – alimento recogido) (n° de aves)⁻¹.

Eficiencia de conversión. Se calculó la eficiencia, dividiendo el consumo semanal por las docenas de huevos producidas.

Peso vivo de las gallinas (g ave⁻¹). Se pesaron las gallinas usando una balanza electrónica al principio y al final del periodo experimental.

Mortalidad. Se determina calculando el número de gallinas muertas dividido por el total de gallinas por tratamiento, y se expresa en porcentaje.

Peso del huevo. Se tomó una muestra al azar del 10% de la postura semanal por cada tratamiento para posteriormente determinar el peso con la utilización de la balanza integrada en el equipo DET 6500 (Nabel, Japón)

Color de la yema. Determinados con equipo DET 6500 (Nabel, Japón).

Grosor de cáscara. Cada huevo analizado por el equipo se le extrajo una parte de la cáscara, la cual, sin membrana, fue medida con un micrómetro digital obteniendo así el grosor de la cascara (mm).

Composición nutricional del alimento. En el transcurso del experimento se tomaron muestras de alimento por cada tratamiento, las cuales fueron sometidas a análisis químico realizado en el laboratorio del Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, campus Chillan. Este análisis determinó los siguientes parámetros según la norma de la Association of Official Analytical Chemists: Materia seca, Humedad (Pearson, 1999), Cenizas totales (AOAC Method 942.05, 2012), proteína cruda (AOAC Method 990.03, 1990), Extracto etéreo (AOAC INTERNATIONAL, 1995), Fibra cruda (AOAC 926.09, 1996). Los Extractos no nitrogenados, que corresponde al contenido de carbohidratos totales en el alimento, se calculó de la siguiente forma:

$$\text{ENN} = \text{MS} - (\text{PC} + \text{EE} + \text{FC} + \text{C})$$

Donde: MS =Materia seca, PC= Proteína cruda, EE=extracto etéreo, FC= Fibra cruda y C= cenizas (Bateman, 1970).

La Energía metabolizable se calculó mediante la ecuación de Carré et al. 1984.

Estudio beneficio/costo. Para el análisis de este apartado se utilizó información secundaria obtenida de fuentes como ODEPA e información primaria recolectada de productores y expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la composición nutricional del alimento

Al evaluar la composición nutricional del alimento se obtuvo la siguiente tabla nutricional (Tabla 3). En cuanto a extracto etéreo y fibra cruda se reportaron valores más altos en comparación al estudio realizado en Bélgica en donde obtuvieron 2.07 y 1.63 gramos respectivamente. En proteína cruda obtuvieron menores concentraciones, 13.72 gramos (Grigороva y Penkov, 2023). Como se puede apreciar en Tabla 3, el tratamiento IV contiene aproximadamente el doble de extracto etéreo que los otros tratamientos y por ende un mayor contenido de kcal kg^{-1} , entre más lípidos contiene un alimento, mayor será la energía metabolizable (Zhou *et al.*, 2010).

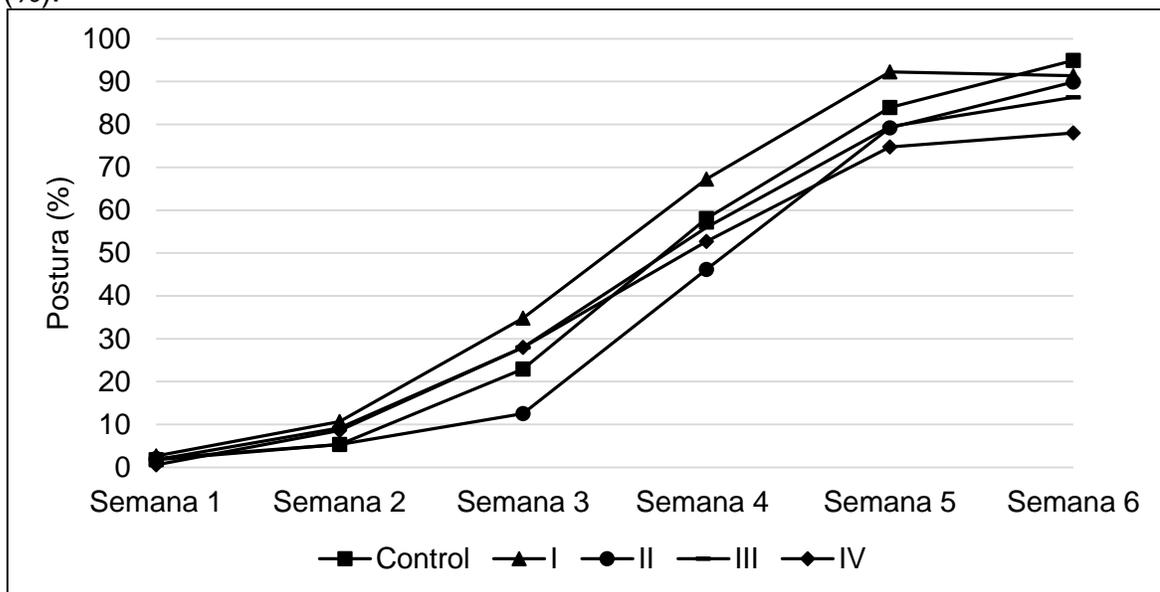
Tabla 3: Valores de los análisis nutricionales base materia seca de los cinco tratamientos.

Determinaciones	Tratamiento				
	Control	I	II	III	IV
Cenizas totales	15,53	16,15	16,81	19,88	15,76
Proteína cruda (g)	16,57	15,43	15,39	14,78	18,71
Extracto etéreo (g)	3,40	3,29	3,45	2,98	7,62
Fibra cruda (g)	1,58	1,36	1,37	1,11	1,55
Extractos no nitrogenados (g)	62,92	55,55	62,99	61,26	56,37
Energía metabolizable (kcal kg^{-1})	2552	2229	2504	2363	2769

Postura base gallina alojada (BGA)

Se obtuvo a la semana 6 del ensayo una máxima postura de 94,94% en las aves del tratamiento control y una mínima de 77,98% en aves del tratamiento IV alimentadas con un 100% de pan en reemplazo de maíz (Figura 1).

Figura 1: Postura de los distintos tratamientos durante el transcurso del ensayo (%).



Si bien todos los tratamientos aumentan la postura a lo largo del ensayo, los tratamientos correspondientes al control y el de 25% de pan en reemplazo de maíz (I) son los más cercanos a los porcentajes de postura según los estándares fijados por Hy-Line International (Hy-Line International, 2023).

A la semana 5 del ensayo, el tratamiento I (25% pan en reemplazo de maíz) logra tener una postura acorde a los estándares de Hy-Line International (Hy-Line International, 2023), que establece que para las 22 semanas de edad deben tener una postura entre 92 - 94 %.

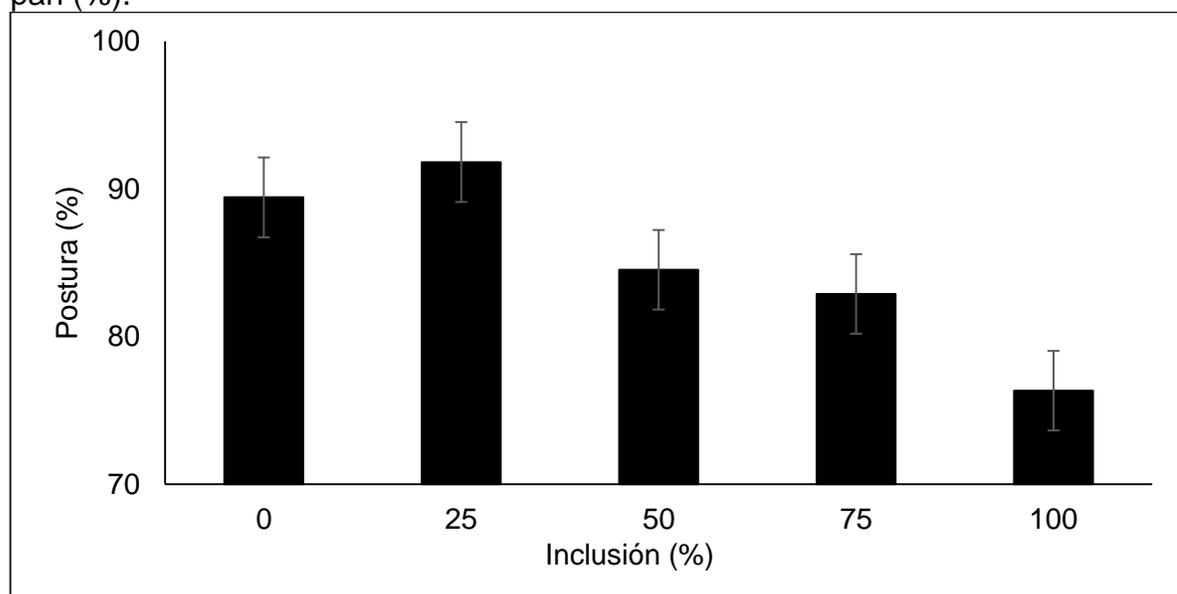
En los tratamientos donde hubo inclusión de pan, se destaca el tratamiento I, que con un reemplazo de 25% llegó a una postura promedio de 91,82% (Figura 2), 2,38 puntos porcentuales mayor al tratamiento control.

En la Figura 2, se observa que la producción de huevos tiende a disminuir a medida que se aumenta la inclusión de pan en reemplazo de maíz. Se ha identificado una disminución del aporte de lisina en los tratamientos con mayores cantidades de pan en reemplazo de maíz (Tabla 2), las dietas basadas en trigo son pobres en cuanto al contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina como primer aminoácido limitante (Meybodi *et al.*, 2019). Estudios previos han demostrado que la lisina es un aminoácido limitante y afecta la producción de

huevos (Kakhki *et al.*, 2016), por lo que fue necesaria una suplementación de aminoácidos. Una disminución de aminoácidos podría reflejar una baja en la postura. Al-Tulaihan *et al.* (2004) en su estudio, concluye que una dieta basada en productos a base de trigo contiene menos aminoácidos como la Lisina y la Metionina que dietas basadas en maíz.

Por otro lado se ha descrito en estudios recientes que la sustitución por restos de pan hasta 20% no afecta negativamente a la capacidad de puesta (Grigorova y Penkov, 2023).

Figura 2: Producción promedio de huevos en relación con niveles de inclusión de pan (%).



Media: 85,00 %, DE: 6,04

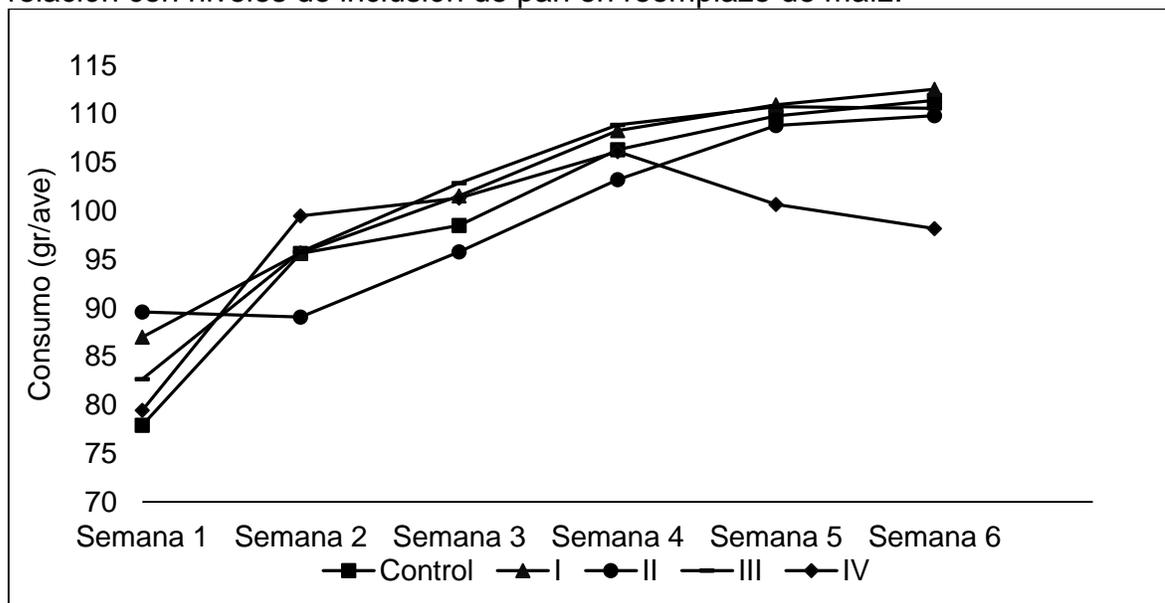
Consumo

En la Figura 3 se puede apreciar el efecto de los distintos tratamientos en el consumo del alimento a lo largo del ensayo. Este consumo en los tratamientos control, I, II y III se mantuvo dentro de los estándares para aves de postura, línea Hy-Line Brown de 18 a 24 semanas de edad (Hy-Line International, 2023).

El tratamiento con un 25% de pan en reemplazo de maíz, registra un consumo promedio de 102,67 g por ave siendo el más alto, seguido del tratamiento con un

75% de pan en reemplazo de maíz con 101,92 g por ave, estos fueron los dos tratamientos que estuvieron por encima del control (99,2 g por ave).

Figura 3: Consumo de alimento durante el transcurso del ensayo (g (ave día⁻¹) en relación con niveles de inclusión de pan en reemplazo de maíz.



Media: 100,29; DE: 9,89

El tratamiento de 50% de pan en reemplazo de maíz tuvo un consumo promedio de 99,38 g por ave y finalmente el de 100% pan en reemplazo de maíz registró el consumo promedio más bajo con 97,54 g por ave, debido a las últimas dos semanas de ensayo donde se identifica una baja en el consumo de 106,13 g por ave a 98,19 g (Figura 3). Esta baja de consumo se puede explicar principalmente por el aporte energético presentado por el tratamiento de 100% de reemplazo de maíz por pan (Tabla 3), al ser mayor que los otros tratamientos, el consumo se inhibe, pues satisfacen antes sus requerimientos, mismo efecto producido en el estudio de Wu *et al.* (2007) que utilizó dietas mayores a 2.700 kcal/kg.

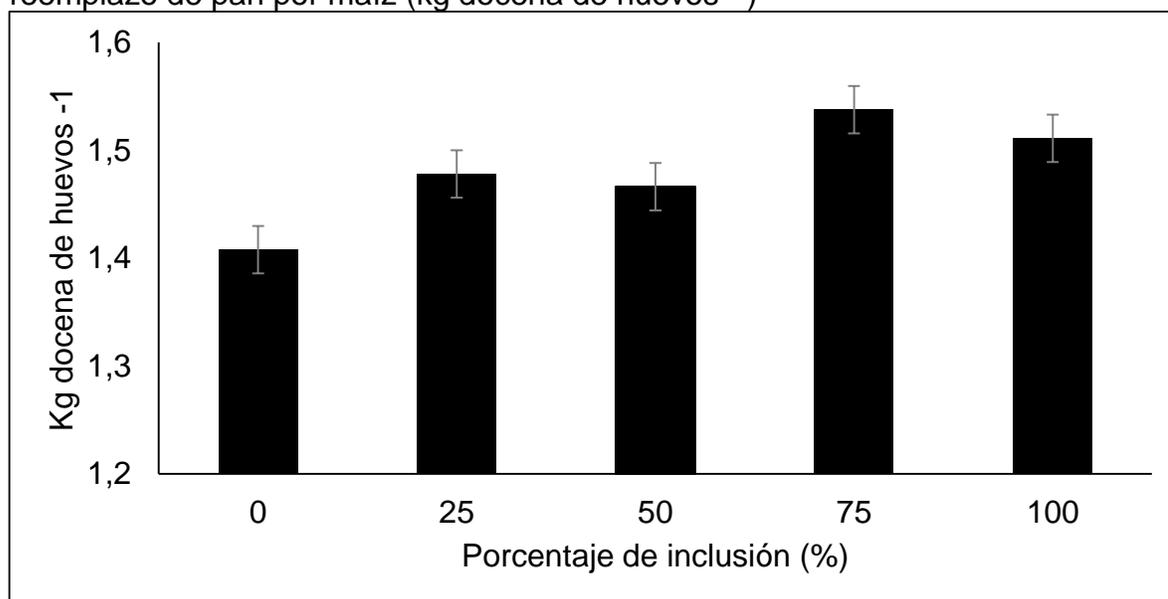
Eficiencia de conversión

Este parámetro productivo relaciona el consumo de alimento con la producción de huevos y la ingesta de la dieta por cada docena de huevos que es producida.

Como se observa en la Figura 4, hay una variación de 1,41 a 1,54 kg de alimento consumido por docena de huevos producidos en el ensayo. Esta eficiencia aumenta

levemente a medida que el porcentaje de reemplazo de maíz por pan incrementa. Los valores del ensayo se encontraron entre los estándares establecidos por Hy-Line International (2023), que establece que para la edad la eficiencia debiera ser de 1,42 a 1,58 kg de alimento consumido por docena de huevos producidos, con excepción del tratamiento control que está por debajo de los estándares.

Figura 4: Eficiencia de conversión en gallinas de postura en relación a niveles de reemplazo de pan por maíz (kg docena de huevos⁻¹)



Desviación estándar: 0,049. Media: 1,48

El tratamiento III en donde hubo un reemplazo de pan por maíz de un 75% que registra 1,54 kg de alimento consumido por docena de huevos producidos registrando el valor más alto de la evaluación, siendo el menos eficiente.

Se obtuvo que todos los tratamientos en donde hubo inclusión de pan en reemplazo de maíz las aves fueron menos eficientes, al consumir más para producir la docena de huevos. El estudio de Dimitrova *et al.* (2020) realizado con desperdicios de pan llegó a la conclusión que con un reemplazo de 10% de pan, la conversión alimenticia mejoraba, contrario a los resultados obtenidos en este ensayo.

Peso vivo gallinas

El peso vivo de las gallinas al inicio del experimento varió entre 1571 y 1677 g por gallina y al final de este, varió entre 1984 y 2045 g por gallina. Se observa un aumento en el peso de las gallinas en todos los tratamientos. Las aves estuvieron en todo el periodo experimental dentro del rango de peso corporal recomendado para la línea a esta edad (Hy-Line International, 2023).

En la Tabla 3 podemos ver la variación del peso en los distintos tratamientos, obteniendo en promedio, una variación de 360 g. El tratamiento IV es el que registra la menor variación de peso, esto podría deberse a la baja en consumo (Castello *et al.*, 1989) que tuvo en las dos últimas semanas de ensayo.

Tabla 4 . Variación del peso vivo de las aves en relación con niveles de inclusión de pan (g).

Parámetros	Tratamientos				
	Control	I	II	III	IV
Peso Inicial (g ave ⁻¹)	1621	1677	1571	1646	1675
Peso Final (g ave ⁻¹)	1984	2045	1922	2039	1998
Variación de peso (g)	363	368	351	393	323

Media: Peso inicial = 1638 g; Peso final = 1998.

Mortalidad

Durante el transcurso del ensayo no se registraron casos de mortalidad y no hubo ninguna enfermedad o patología en las aves.

Peso del huevo

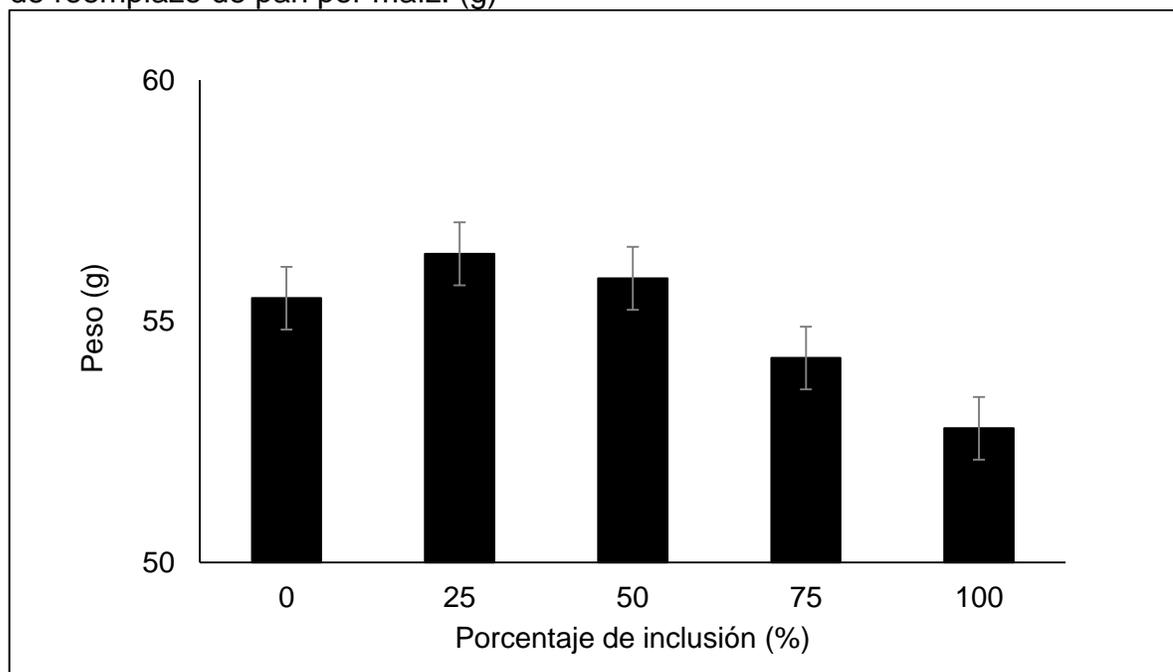
En este caso no se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$). Como se puede apreciar en la Figura 6 se observa que el peso promedio de los huevos tuvo una variación entre 56,4 g en las aves del tratamiento con un 25% de reemplazo y 52,78 g para las aves con un 100% de pan en reemplazo de maíz. Ninguno de los tratamientos alcanza a tener pesos dentro de los estándares de Hy-Line (Hy-Line International, 2023) para las 26 semanas de edad que van desde los 57.3 a 59.7 gramos para esa edad, a pesar de esto el tratamiento de 25% pan en reemplazo de

maíz fue el más cercano con una diferencia de 0,9 gramos para cumplir con el mínimo recomendado por la línea.

Los principales factores que influyen en este parámetro son la energía ingerida, las proteínas, la metionina y la lisina (Castello *et al.*, 1989).

El estudio de Ma *et al.* (2021) demostró que bajos niveles de metionina afecta negativamente al peso del huevo lo que podría verse reflejado en las dietas con mayor reemplazo de pan, al aportar menores cantidades de este aminoácido (Tabla 2). Otros autores afirman que la metionina como primer aminoácido limitante, restringe el peso del huevo y su desarrollo (Saleh, 2013).

Figura 5: Peso promedio del huevo en gallinas de postura en relación con niveles de reemplazo de pan por maíz. (g)



Color de la yema

El color de la yema fue disminuyendo a medida que el reemplazo de pan por maíz aumenta. Como se puede apreciar en la Tabla 4, el tratamiento control y I (25% de pan en reemplazo de maíz) no muestran diferencias, si con el tratamiento II y III, que entre ellos no muestran diferencias. Finalmente, el tratamiento IV es el que registra el valor más bajo.

Características como el color de la yema influyen en las preferencias de los consumidores (Grashorn, 2016). Si bien la preferencia en la intensidad del color de la yema varía en diferentes países, según estudios los consumidores europeos prefieren yemas de color más intensas mientras que en el resto del mundo se prefiere yemas más pálidas (Grashorn, 2016). El color de la yema varía entre el amarillo pálido y el naranja profundo, esto depende de la pigmentación de la yema que está dada por la cantidad y el tipo de carotenoides presentes en el alimento (Li *et al.*, 2018). Como las aves no pueden sintetizar carotenoides en su cuerpo, deben recibir todos estos de la dieta (Nys, 2000).

El maíz, que suele ser el ingrediente principal de la dieta de las gallinas, es el único cereal con un contenido apreciable de carotenoides y un perfil de carotenoides adecuado para la pigmentación de la yema del huevo (Mellado-Ortega y Hornero-Méndez, 2015) por lo tanto la disminución de este ingrediente podría explicar la baja en la pigmentación de la yema (Leeson *et al.*, 2000).

Tabla 5: Color de la yema de los distintos tratamientos.

Parámetro	Tratamiento					Valor <i>p</i>
	Control	I	II	III	IV	
Color de yema (DSM Yolk fan)	5,85 a	5,72 a	4,28 b	3,97 b	1,73 c	<0,001

Grosor de cáscara

En lo que corresponde al grosor del cascarón, su variación fue mínima (0,44 – 0,42) y estadísticamente no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) (Tabla 5).

Proporcionar a las aves una cantidad óptima de calcio es crucial para asegurar una calcificación adecuada de la cáscara del huevo, siendo el factor más determinante en lo que consta a la calidad de la cáscara (NRC National Research Council, 1994). Como se muestra en Tabla 2, el calcio fue uno de los nutrientes que aumentó a mayor reemplazo de pan por maíz. Salinas *et al.* (2017) demuestra

en su estudio que el pan es una buena fuente de calcio, lo que explicaría que se mantuviera este parámetro dentro de los estándares.

Por otro lado, estudios han demostrado que dietas de entre 2710 a 2890 Kcal Kg⁻¹ durante el periodo de pre-peak tienen efectos positivos en lo que es el grosor de cáscara (Shim *et al.*, 2013) lo que explicaría que una dieta formulada para alcanzar 2800 kcal kg⁻¹ mantuviera el grosor de cáscara.

Tabla 6: Grosor de la cascara del huevo en relación con niveles de inclusión de pan en reemplazo de maíz (mm).

Tratamiento	Grosor (mm)
Control	0,43
I	0,44
II	0,43
III	0,42
IV	0,42

Estudio beneficio/costo

Se identificó el costo mínimo del pan para el productor a través de los costos de transporte de este, desde los puntos de recolección hasta la fábrica de alimentos del productor, suponiendo un coste \$0 del pan.

Se realizaron cotizaciones y se concluyó que los servicios de transporte rondan valores de \$100.000 a \$200.000 pesos para el traslado de una tonelada de pan entre los puntos que están a una distancia de 45 km, lo que reflejaría un coste para el productor de alrededor de \$150 pesos por el kilogramo de pan de descarte.

Evaluando el tratamiento I como el más conveniente en términos productivos y de calidad, se identifica que el costo por kilogramo de alimento es de \$327,7, que con una supuesta postura de 80 %, los costos productivos de este, considerando solo el alimento serían de \$49,1 por huevo. Con una dieta convencional a base de maíz los costos productivos del huevo rondan los \$55 basándose en los precios de los alimentos cotizados, por lo que el reemplazo de pan significa una baja estimada en el costo productivo.

A continuación, en Tabla 6, se muestran los costos por cada ingrediente de cada tratamiento según cotización realizada en empresa de alimentos para aves y ODEPA.

Tabla 7. Costo de los tratamientos por Kg.

Ingredientes	Costo x Kg	Tratamiento				
		Control	I	II	III	IV
Pan residuo	150	0,0	26,3	52,5	79,0	105,0
Maíz	292,2	204,5	153,4	102,3	51,1	0,0
Afrecho de trigo	220	0,7	0,9	1,3	0,8	3,8
Soya	680	88,5	91,0	91,7	99,9	86,3
Harina de pescado	700	41,3	28,9	18,3	1,3	2,0
Fosfato Bicálcico	985	7,8	10,3	12,5	16,0	15,6
Sal común	140	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
Conchuela	55	4,7	5,4	6,0	6,5	7,1
Metionina	4500	6,1	6,4	6,6	7,1	0,0
Lisina	2500	0,0	0,9	0,0	2,0	0,0
Núcleo Postura	3600	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Costo total /kg		358,2	327,7	295,3	267,6	223,9

FUENTE: Precios obtenidos de cotización con empresa de alimentos Nutravet limitada. Fecha 06 de noviembre 2023.

CONCLUSIONES

- El pan de desperdicio sí puede reemplazar el maíz en concentraciones cercanas al 25%, sin afectar parámetros productivos y de calidad de huevo.
- Reemplazos mayores al 50% podrían comprometer los parámetros productivos y de calidad siendo interesante la prueba de suplementos que puedan corregir las deficiencias.
- Existe una baja en los costos productivos del huevo al reutilizar el pan desperdiciado e incluirlo en la dieta de aves. Se presenta oportunidad de

realizar estudios acabados en lo que significaría ambientalmente el uso de pan en reemplazo de maíz.

REFERENCIAS

1. AOAC INTERNATIONAL. 1995. Official Methods of Analysis (16th ed.). Arlington, VA.
2. Bateman, J. V. 1970. Nutrición animal. Manual de Métodos analíticos. AID, México.
3. Bragg, D. B., Floyd, J., & Stephenson, E. L. 1971. Factors Affecting the Transfer of Calcium (^{45}Ca) from the Hen's Diet to the Egg Shell. *Poultry Science*, 73-167.
4. Carré, B., Prevotel, B., & Leclercq, B. 1984. Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feedingstuffs. *British Poultry Science*, 25(4), 561-572.
5. Castello, J., Franco, F., & Pontes, M. 1989. Producción de huevos. Real Escuela de Avicultura: Barcelona, España.
6. FAO. 2014. Food Wastage Footprint: Full-Cost Accounting, Final Report. Roma.
7. FAO. 2019. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma.
8. FAO. 2021. Pérdida y desperdicio de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
9. Goodwin, T. 1980. Nature and distribution of carotenoids. *Food Chemistry*, 5(1), 3-13. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(80\)90061-8](https://doi.org/10.1016/0308-8146(80)90061-8).
10. Grashorn, M. 2016. Feed additives for influencing chicken meat and egg yolk color. In *Handbook on natural pigments in food and beverages*. Woodhead Publishing., 283-302.
11. Grigorova, S., & Penkov, D. 2021. Influence of the cereal components replacement with extruded bread waste in the laying hens diet on the net utilization of energy and protein. *Trakia Journal of Sciences*, 3, 222-225.
12. Wu, G., Bryant, M. M., Gunawardana, P., & Roland, D. A., Sr ,2007. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial leghorn strains during phase one. *Poultry science*, 86(4), 691–697. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.691>

13. Hoffmann-La Roche, F. 1988. Egg Yolk Pigmentation with Carophyll, 3rd ed. Basel, Suiza: Co. Ltd.
14. Hy-Line International. 2023, 09 25. Hy-Line International. Management guide for Hy-line brown commercial layers. Retrieved from Hy-Line: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>
15. Kakhki, R., Golian, A., & Zarghi, H. 2016. Effect of dietary digestible lysine concentration on performance, egg quality, and blood metabolites in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 25, 506-517. <https://doi.org/10.3382/JAPR/PFW032>.
17. Leeson, S., Summers, J., & Díaz, G. 2000. Nutrición aviar comercial. Le´Print Clubb Express Ltda.: Santafé de Bogotá, Colombia.
18. Li, I., Wu, S., Liou, J., Chen, J., & Chen, C. 2018. Effects of *Deinococcus* spp. supplement on egg quality traits in laying hens. *Poultry Science*, 97(1), 319-327. <https://doi.org/10.3382/ps/pex281>.
19. Mellado-Ortega, E., & Hornero-Méndez, D. 2015. Carotenoids in cereals: An ancient resource with present and future applications. *Phytochem. Rev.*, 873–890.
20. NRC National Research Council. 1994. Nutrient requirements of chickens. Washington, DC, USA.
21. Nys, Y. 2000. Dietary Carotenoids and egg yolk Coloration - a review. *HAL (Le Centre pour la Communication Scientifique Directe)*., 64, 45–54. <https://hal.inrae.fr/hal-02699109>.
22. Sáez, L. (2015). En “Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y El Caribe”, FAO. Boletín, 2.
23. Shim, M. Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S. M., Pesti, G. M., & Sodsee, P. 2013. Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. *Poultry Science*, 92(10), 2687-2696. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02569>.
24. Thiex, N., Manson, H., Andersson, S., & Persson, J. 2002. Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(2), 309-317.
25. Thiex, N., Novotný, L., & Crawford, A. 2012. Determination of ash in animal feed: AOAC Official Method 942.05 revisited. *Journal of AOAC International*, 95(5), 1392-1397.

26. Torok, V. A., Luyckx, K., & Lapidge, S. 2022. Human food waste to animal feed: opportunities and challenges. *Animal Production Science*, 1129-1139.
27. Truong, L., Morash, D., Liu, Y., & King, A. 2019. Food waste in animal feed with a focus on use for broilers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*,8(4), 417-429.
28. USDA. 2019. US Department of agriculture. <https://www.usda.gov/>
29. Williams, W. 1992. Origin and impact of color on consumer preference for food. *Poultry Science*, 71, 744–746. <https://doi.org/10.3382/ps.0710744>.
30. Zhou, Z.; Wan, H.F.; Lia, Y.; Chena, W.; Qia, Z.L.; Penga, P. and Peng, J. 2010. The influence of the amylopectinamylase ratio in samples of corn on the true metabolizable energy value for ducks. *Anim Feed Sci Technol*, 157: 99-103.