



**EFFECTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO  
SUPLEMENTADO CON UN PROBIÓTICO SOBRE EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y LA CALIDAD  
NUTRICIONAL DEL POLLO DE ENGORDA †**

**[EFFECT OF HYDROPONIC GREEN FORAGE SUPPLEMENTED  
WITH A PROBIOTIC ON THE PRODUCTIVE BEHAVIOR AND  
NUTRITIONAL QUALITY OF BROILERS]**

**M. H. Bedolla-Torres<sup>1</sup>, A. Palacios-Espinosa<sup>3\*</sup>, O. A. Palacios-López<sup>2</sup>,  
J. L. Espinoza-Villavicencio<sup>3</sup>, C. A. Contreras-Godínez<sup>2</sup>,  
R. Ortega-Pérez<sup>3</sup> and A. Guillen-Trujillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, B.C.S., México. C.P. 23096

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), Circuito Universitario S/N, Campus Universitario II, 31125 Chihuahua, Chih. México.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur, Km. 5.5. carretera al Sur, La Paz, B.C.S., Mexico. C.P. 23080. E-mail: [palacios@uabcs.mx](mailto:palacios@uabcs.mx)

\*Corresponding author

### SUMMARY

**Background.** Partial replacement of the diet in broilers with hydroponic green forage results in a decrease in feed costs. Supplementation with probiotics improves the health status of chickens and their productive efficiency. **Objective.** Evaluate the partial replacement in the diet of broilers with the inclusion of hydroponic green corn fodder (FVH) supplemented with a yeast (*Debaryomyces hansenii*) as a probiotic, on some productive characteristics. **Methodology.** A total of 360 day old chickens were randomly assigned to one of five treatments, with five repetitions per treatment and 18 chickens for replication. The experimental period lasted 39 days during which food and water were provided *ad libitum*. The treatments consisted of five experimental diets: T1 = usual diet (UD) without yeast, as a control; T2 = 80% UD and 20% FVH supplemented with yeast (8 x 10<sup>8</sup>); T3 = 60% UD and 40% FVH supplemented with yeast (8 x 10<sup>8</sup>); T4 = UD plus yeast as a probiotic added in drinking water. **Results.** It was observed that the food consumption was lower in the animals that received the probiotic treatments (T2-T4) in relation to those that were fed with the control treatment. Similarly, food consumption was lower (P<0.05) in the treatment in which the probiotic was supplied in the drinking water (T4), compared to the treatments in which the probiotic was added in the FVH irrigation (T2 and T3). The addition of the probiotic in the water compared to the probiotic in the forage resulted in a greater weight gain (P<0.05). **Implications.** The partial replacement of the balanced feed with FVH is feasible and reduces the production costs of the broiler. The addition of *Debaryomyces hansenii* in the drinking water, reduces the consumption of food without affecting the weight gain, thus improving the productive efficiency. **Conclusion.** It is possible to substitute the diet of the broiler with up to 40% FVH without affecting its productive characteristics. Supplementation with *Debaryomyces hansenii* improves the productive efficiency of broilers.

**Keywords:** hydroponic green forage; yeast; probiotic.

### RESUMEN

**Antecedentes:** La sustitución parcial de la dieta en el pollo de engorda con forraje verde hidropónico resulta en una disminución en los costos por alimentación. La suplementación con probióticos mejora el estado de salud de los pollos y su eficiencia productiva. **Objetivo.** Evaluar la sustitución parcial en la dieta de pollos de engorda con la inclusión de forraje verde hidropónico de maíz (FVH) suplementado con una levadura (*Debaryomyces hansenii*) como probiótico, sobre algunas características productivas. **Metodología.** Un total de 360 pollos de un día de edad, fueron asignados al azar, a uno de cinco tratamientos, con cinco replicas por

† Submitted August 2, 2021 – Accepted October 25, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

tratamiento y 18 pollos por réplica. El periodo experimental duró 39 días durante los cuales el alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*. Los tratamientos consistieron en cinco dietas experimentales: T<sub>1</sub> = Dieta usual (DU) sin levadura, como control; T<sub>2</sub> = 80% DU y 20% FVH suplementado con levadura (8 x 10<sup>8</sup>); T<sub>3</sub> = 60% DU y 40% FVH suplementado con levadura (8 x 10<sup>8</sup>); T<sub>4</sub> = DU más la levadura como probiótico adicionada en el agua de bebida. **Resultados.** Se observó que el consumo de alimento fue menor en los animales que recibieron los tratamientos con probiótico (T<sub>2</sub>-T<sub>4</sub>) en relación con los que fueron alimentados con el tratamiento control. De igual manera, el consumo de alimento fue menor (P<0.05) en el tratamiento en el que el probiótico fue suministrado en el agua de bebida (T<sub>4</sub>), comparado con los tratamientos en donde el probiótico se adicionó en el riego del FVH (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>). La adición del probiótico en el agua comparado con el probiótico en el forraje, resultó en una mayor ganancia de peso (P<0.05). **Implicaciones.** La sustitución parcial del alimento balanceado con FVH es factible y disminuye los costos de producción del pollo de engorda. La adición de *Debaryomyces hansenii* en el agua de bebida, reduce el consumo de alimento sin afectar la ganancia de peso, por lo que mejora la eficiencia productiva. **Conclusión.** Se puede sustituir la dieta del pollo de engorda hasta con un 40% de FVH sin afectar sus características productivas. La suplementación con *Debaryomyces hansenii* mejora la eficiencia productiva de los pollos.

**Palabras clave:** Forraje verde hidropónico; levadura; probiótico.

## INTRODUCCIÓN

El alimento se considera el elemento imperativo más costoso en la producción animal. Existe una necesidad habitual de evaluar todos los recursos alimentarios sostenibles potenciales para la producción ganadera; incluyendo subproductos agrícolas, follajes y malezas (Safwat *et al.*, 2014). Recientemente, la industria de los forrajes hidropónicos se ha publicitado ampliamente en todo el mundo, lo que también ha renovado el interés de los productores de ganado y los científicos (Burke, 2014). Los granos de maíz se han considerado unos de los granos más adecuados para la producción de forraje hidropónico; principalmente por su disponibilidad con precios bajos y su alta cantidad de proteína de buena calidad (Molina *et al.*, 2018). El aspecto más importante de la producción de forraje hidropónico es que el brote hidropónico de un kg de granos de maíz puede producir de 7 a 10 kg de forraje verde en 8 a 15 días, independientemente de la temporada (Gebremedhin, 2015). Además, dicho forraje cuenta con aspectos nutricionales relevantes en términos de contenido y calidad de proteínas (Dung *et al.*, 2010), ácidos grasos esenciales y carbohidratos por activación de lipasas y  $\beta$ -glucanasas (Gebremedhin, 2015), enzimas (Fazaeli *et al.*, 2012), vitaminas y disponibilidad mineral (Shipard, 2005).

El forraje verde hidropónico se define como brotes muy sabrosos, de alturas que varían de 15 a 20 cm, producidos por la germinación sin suelo de granos de cereales (maíz, cebada, soja, trigo, etc.) (FAO, 2001). La hidroponía requiere de un control específico de la cantidad de agua y las soluciones de nutrientes (Atlas Global Crop. LTD., 2004). Sin embargo, Naik *et al.* (2015) mencionan que los forrajes hidropónicos se pueden germinar con éxito

con solamente agua del grifo, sin ningún suplemento nutricional, pero su contenido de nutrientes probablemente se vea afectado.

El forraje verde hidropónico de avena ha sido utilizado con resultados equivalentes al concentrado comercial en pollos de engorda (Saenz, 2018). También la sustitución de un 30% de la dieta comercial por forraje verde hidropónico de maíz en pollos de engorde ha sido reportado con buenos resultados (Mendoza y González, 2020). Así mismo, el forraje verde hidropónico de cebada se ha utilizado con éxito en la producción de huevo de codorniz (Abouelezz *et al.*, 2019). Sin embargo, Talha y Nureldin (2008) reportan que el germinado de granos de sorgo tiene pocos efectos benéficos sobre el rendimiento de pollos de engorde.

Las levaduras son una rica fuente de vitaminas y antioxidantes naturales (Gazi *et al.*, 2001 y Amprayn *et al.*, 2012), proporcionan energía, contienen entre 30 y 70% de proteína, son ricas en vitaminas del grupo B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico y biotina), minerales, especialmente selenio y fibra (Spring *et al.*, 2000, citado por Medina *et al.*, 2014). Se han utilizado con éxito como promotores de crecimiento tanto para animales como para plantas de maíz (Bedolla *et al.*, 2015; Shehu *et al.*, 2016). Las levaduras son hongos unicelulares que proliferan y crecen rápidamente en carbohidratos simples, a menudo a través de vías respiratorias y fermentativas (Botha, 2011). Se ha demostrado que la adición de levaduras del género *Debaryomyces*, *Candida* y *Yarrowia* en la solución de riego de sistemas hidropónicos de maíz, mejora el contenido de nutrientes del forraje verde (Bedolla *et al.*, 2015)

El efecto probiótico de *Bacillus* sp. en la dieta de pollos, mejora el balance microbiano del tracto

gastrointestinal, inhibe el crecimiento de bacterias dañinas y estimula la producción de enzimas hidrolíticas, con lo que se mejora la utilización del alimento (Milián *et al.*, 2008). Se sabe que *B. subtilis* mejora el crecimiento y calidad de la carne de pollos de engorda por su capacidad antioxidante (Saavedra *et al.*, 2017), incrementándose las concentraciones en suero e hígado de glutatión, glutatión reductasa, glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa, además de un incremento en las concentraciones séricas de IgA e IgG (Bai *et al.*, 2016), mejorando además el aumento de peso y la tasa de conversión alimenticia (Bai *et al.*, 2016, Zhang *et al.*, 2013). En monogástricos, los principales efectos de la suplementación con levaduras y sus derivados (mananos) son la estimulación de las disacaridasas de las microvellosidades, el efecto antiadhesivo frente a patógenos, la estimulación de la inmunidad específica, la inhibición de la acción tóxica y el efecto antagonista frente a microorganismos patógenos (Castro y Rodríguez, 2005, citado por Medina *et al.*, 2014). Debido a lo previamente citado, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de la dieta del pollo de engorda, con forraje verde hidropónico de maíz (FVH) y la suplementación con levadura (*Debaryomyces hansenii*) como probiótico sobre el desempeño productivo y calidad de la canal en pollos de engorda.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en la Granja El platanito, ubicada en el km. 16 carretera a Santiago La Paz, B.C.S. Durante el estudio se mantuvo un rango de temperatura de 25 a 30 °C y una humedad relativa del 60 al 70%.

360 pollos de la línea Cobb de un día de edad fueron asignados al azar a uno de cuatro tratamientos; T1 = control (dieta utilizada de manera usual en la granja), T2 = 80% dieta control y 20% FVH, suplementado con levadura *Debaryomyces hansenii*, T3 = 60 % dieta control y 40% FVH, suplementado con la levadura *Debaryomyces hansenii* y T4 = dieta control más la levadura *Debaryomyces hansenii* en el agua de beber a una concentración de  $8 \times 10^8$  UFC/ml. El FVH utilizado en los tratamientos T2 y T3 fue regado durante todo su desarrollo con agua a la cual se le adicionó el probiótico a una concentración de  $8 \times 10^6$  UFC/ml. Cada unidad experimental estuvo integrada por un lote de 18 pollos y cada tratamiento se repitió cinco veces.

El alimento concentrado utilizado como tratamiento control, fue balanceado en la propia granja, a base de maíz, harina de soya, Di-Ca-fosfato, premezcla de minerales y vitaminas. El FVH de maíz se produjo en una unidad de germinación hidropónica (3.0 x 2.0 x 3.0 m de largo, ancho y alto, respectivamente), tenía cuatro soportes metálicos (2.0 x 1.0 x 1.8 m) de cuatro repisas cada una (40 cm de altura cada una), con una capacidad de hasta 40 bandejas de plástico hidropónico (30 x 70 cm) y una pendiente adecuada para eliminar el exceso de agua. La sala de germinación se mantuvo en un rango de temperatura de 35 a 40 °C y con una humedad relativa del 50 al 60%. Los granos de maíz (*Zea mays*, L.) se lavaron abundantemente y posteriormente se mantuvieron en remojo durante 24 horas en agua corriente. El agua de remojo incluía oxido de calcio al 1% para evitar la contaminación por hongos (Morgan *et al.*, 1992). Posteriormente fueron trasladados a un recipiente de plástico y cubiertos con una toalla húmeda durante otras 24 horas, pasado ese tiempo los granos de maíz fueron trasladados a charolas de germinación a razón de 1.3 kg por charola, extendiéndose éste a lo largo del fondo de la misma (López *et al.*, 2009; Bedolla *et al.*, 2015).

La cosecha de FVH se realizó a los 12 días posteriores. Durante ese periodo, se regó tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 hrs) con agua corriente más la levadura *Demaryomyces hansenii* (concentración de  $8 \times 10^6$  UFC/ml), a razón de 600 ml por charola/riego, utilizando una regadera manual.

El FVH utilizado para los tratamientos T2 y T3, fue molido y adicionado según su porcentaje al concentrado. Los animales dispusieron de agua y alimento *ad libitum*, y fueron pesados individualmente al inicio y final del experimento. El consumo diario de alimento se calculó como la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado. La ingesta de forraje de maíz (FVH) se obtuvo como la diferencia entre el FVH agregado y el rechazado. La ingesta total de alimento se calculó como la suma de la ingesta de forraje más el concentrado consumido. La conversión alimenticia se obtuvo dividiendo la ingesta total de alimento sobre el peso del pollo.

Los pollos a los 39 días de edad recibieron un ayuno de 12 h, pero con acceso al agua, y fueron pesados antes de su sacrificio (sangrado de la vena yugular). Tres pollos por tratamiento fueron seleccionados al azar para registrar las siguientes variables: peso de la canal, peso de la pechuga con

y sin hueso, peso de las piernas y muslos con y sin hueso, peso de la piel, peso de la grasa, peso de los huesos. Las canales se enfriaron a 4°C inmediatamente después del sacrificio, se volvieron a pesar para obtener los pesos enfriados. Después de lo cual, los cortes y músculos de la canal se separaron y pesaron.

Las pechugas de los animales seleccionados de cada tratamiento fueron finamente fileteadas y metieron en el horno de secado a una temperatura de 70°C por 24 h. Los análisis proximales se realizaron de acuerdo a las normas establecidas por la Association of Analytical Chemistry (A.O.A.C., 2000). Las determinaciones que se realizaron fueron proteína cruda (PC), en un digestor Foss Kjeltec 2300, energía bruta (EB), en un calorímetro Par 1261, fibra cruda (FC), en un Fibertec System M, 1020 hot extractor, lípidos en un Soxtec 2050 Auto Extraction Unit Foss Tecator, cenizas y humedad en un Furnace 6080 y en una Mufla Thermolyne.

#### Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, y las características nutricionales de la pechuga de los pollos al sacrificio (cenizas, proteínas, extracto libre de nitrógeno, lípidos, fibra cruda, humedad y energía) mediante el siguiente modelo lineal general:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$  es la  $ij$ -ésima respuesta (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y características nutricionales de la pechuga);  $\mu$  es la media general del experimento;  $\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1$  hasta 4 tratamientos);  $\varepsilon_{ij}$  es el error experimental

Las características nutricionales con excepción de la energía se expresaron en porcentajes, motivo por el cual dichos valores fueron transformados al arcoseno del ángulo con el propósito de cumplir con los supuestos del modelo lineal (Steel y Torrie, 1980). Se utilizaron contrastes ortogonales para determinar diferencias entre los tratamientos. Todos los análisis fueron realizados utilizando el paquete estadístico SAS (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de la dieta usual (DU) se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Contenido nutrimental de la dieta usual (DU) en la granja “El Platanito”**

Ingredientes (%)	Iniciador (0-21 d)	Engorda (21-42d)
Maíz	46.52	47.03
Soya	32.81	26.19
Grasas animal/vegetal	3.00	5.75
L-Lisina HCl	0.27	0.30
DL-metionina	0.30	0.28
L-treonina	0.11	0.12
Sal	0.34	0.37
Carbonato de calcio	1.12	1.14
Fosfato dicálcico	1.20	1.22
Premezcla de vitaminas y minerales	0.30	0.30
<b>Nutrientes calculados</b>		
Proteína bruta	23.00	20.4
Energía metabolizable (Kcal/kg)	2950	3100
Lisina digestible	1.21	1.07
Metionina digestible	0.62	0.57
Aminoácidos azufrados digestibles	0.86	0.78
Treonina digestible	0.76	0.68

Los promedios para ganancia de peso y consumo de alimento de los pollos en cada uno de los contrastes ortogonales se presentan en la Tabla 2, en ella se puede apreciar que, respecto a la ganancia de peso, no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los animales que recibieron la dieta control, con los que recibieron el resto de los tratamientos (T2-T4). Sin embargo, cuando comparamos los tratamientos que recibieron el probiótico durante el riego del FVH (T2 y T3) con el tratamiento que recibió el probiótico en el agua de bebida (T4), encontramos que con este último tratamiento los animales tuvieron una mayor ganancia de peso ( $P < 0.05$ ). No hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos que sustituyeron al concentrado con un 20 o 40% de FVH.

El consumo de alimento fue menor ( $P < 0.05$ ) en los animales que recibieron los tratamientos con probiótico (T2-T4) en relación con los que fueron alimentados con el tratamiento control. De igual manera, el consumo de alimento fue menor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento en el que el probiótico fue suministrado en el agua de bebida (T4),

comparado con los tratamientos en donde el probiótico se adicionó en el riego del FVH (T2 y T3). El consumo de alimento fue igual ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos con 20 o 40% de FVH en la dieta (T2 y T3, respectivamente).

La comparación de la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia por semana se presenta en la Tabla 3, en ella podemos resaltar que los animales que recibieron algunos de los tratamientos tuvieron mayor ganancia de peso y menor consumo de alimento en la primera y quinta semana ( $P<0.05$ ), en relación con los animales que recibieron el control. La adición del probiótico en el agua comparado con el probiótico en el forraje, resultó en una mayor ganancia de peso ( $P<0.05$ ) en las semanas 1, 2 y 5, sin embargo, el consumo de alimento fue mayor, igual y menor, respectivamente para cada una de las semanas. Los resultados anteriores se ven reflejados cuando comparamos el índice de productividad y la eficiencia alimenticia para estos contrastes (Tabla 4), siendo mejores estos indicadores para los animales tratados en relación con el control, así como para los animales que recibieron el probiótico en el agua, comparados con el probiótico en el forraje.

Los resultados de los análisis proximales para la pechuga de pollo en los diferentes contrastes ortogonales, se presentan en la Tabla 3. En ella se puede observar que, respecto al contenido de cenizas, humedad y energía, no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en ninguno de los contrastes, de igual manera tampoco hubo diferencias ( $P>0.05$ ) respecto al contenido de proteína y lípidos, exceptuando cuando la comparación se hizo entre la sustitución de un 20 o 40% de concentrado con FVH, registrándose un mayor

( $P<0.05$ ) contenido de proteína y menor ( $P<0.05$ ) contenido de lípidos con el tratamiento del 40% de FVH. Respecto a la fibra cruda solo se presentó diferencias ( $P>0.05$ ) en el contraste que compara el tratamiento control con el resto de los tratamientos, siendo mayor ( $P<0.05$ ) el contenido de fibra en estos últimos. El ELN fue igual ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos de 20 y 40% de FVH (T2 y T3, respectivamente). La adición en el agua de bebida del probiótico presentó mayor contenido ( $P<0.05$ ) de ELN en relación con los tratamientos en donde el probiótico fue adicionado en el riego del FVH. Así mismo el tratamiento control presentó mayor ( $P<0.05$ ) contenido de ELN que los tratamientos con probióticos.

El hecho de no encontrarse diferencia significativa en la ganancia de peso entre los animales que recibieron alguno de los tratamientos, con los animales que recibieron el tratamiento control (dieta usual) representan un resultado sumamente favorable puesto que significa que la sustitución de la dieta usual con un porcentaje de FVH es factible en la producción del pollo de engorda. Si bien no hubo diferencia significativa respecto a la ganancia de peso, al comparar entre la adición del 20 y el 40% de FVH en la dieta, la sustitución con este porcentaje tuvo un mayor contenido de proteína en la canal, y presentó mejor rendimiento de la misma, lo anterior indica que la sustitución del alimento con un 40% de FVH puede resultar en un producto de mejor calidad. Este resultado concuerda con el reportado por (Mendoza *et al.*, 2020), quienes mencionan que el FVH puede sustituir al alimento hasta en un 40% en la dieta de los pollos de engorda. Otro factor a considerar es que la sustitución del alimento por un 40% de FVH resulta en una disminución de los costos de alimentación (Medina *et al.* 2014).

**Tabla 2. Comparaciones (contrastos ortogonales) para ganancia de peso y consumo de alimento ( $\bar{x} \pm E. E$ ), en aves alimentadas con forraje verde hidropónico y levadura (*Debaromyces hansenii*)**

	Testigo vs tratados		DH-FVH vs DH-H <sub>2</sub> O		DH-20FVH vs DH-40FVH	
Ganancia de peso	755.7 <sup>a</sup> ±103.0	763.0 <sup>a</sup> ±102.7	742.6 <sup>a</sup> ±101.1	803.7 <sup>b</sup> ±105.9	726.8 <sup>a</sup> ±102.4	758.4 <sup>a</sup> ±99.8
Consumo de alimento	148.8 <sup>a</sup> ±9.8	124.7 <sup>b</sup> ±5.4	131.8 <sup>a</sup> ±5.5	113.5 <sup>b</sup> ±5.3	135.5 <sup>a</sup> ±6.6	128.0 <sup>a</sup> ±4.5

Valores con diferente literal indican diferencia significativa ( $P<0.05$ )

DH-FVH = tratamientos que recibieron la levadura (DH) durante el riego del forraje verde hidropónico (FVH)

DH-H<sub>2</sub>O = tratamientos que recibieron la DH en el agua de bebida

DH-20FVH = tratamientos que sustituyeron el 20% del concentrado con FVH irrigado con DH

DH-40FVH = tratamientos que sustituyeron el 40% del concentrado con FVH irrigado con DH

**Tabla 3. Comparaciones (Contrastes ortogonales) para nutrientes en la pechuga ( $\bar{x} \pm E.E$ ), en aves alimentadas con forraje verde hidropónico y levadura (*Debaromyces hansenii*).**

	Testigo vs tratados		DH-FVH vs DH-H <sub>2</sub> O		DH-20FVH vs DH-40FVH	
Cenizas	4.7 <sup>a</sup> ±0.05	4.2 <sup>a</sup> ±0.03	4.8 <sup>a</sup> ±0.01	4.7 <sup>a</sup> ±0.06	4.8 <sup>a</sup> ±0.02	4.8 <sup>a</sup> ±0.01
Proteína	80.2 <sup>a</sup> ±0.59	80.8 <sup>a</sup> ±0.21	81.1 <sup>a</sup> ±0.13	80.5 <sup>a</sup> ±0.36	79.4 <sup>a</sup> ±0.13	82.5 <sup>b</sup> ±0.14
Lípidos	8.8 <sup>a</sup> ±0.66	8.8 <sup>a</sup> ±0.21	9.1 <sup>a</sup> ±8.22	8.2 <sup>a</sup> ±0.49	10.6 <sup>a</sup> ±0.08	7.7 <sup>b</sup> ±0.03
Fibra cruda	0.1 <sup>a</sup> ±0.012	0.2 <sup>b</sup> ±0.08	0.2 <sup>a</sup> ±0.03	0.2 <sup>a</sup> ±0.02	0.2 <sup>a</sup> ±0.02	0.3 <sup>a</sup> ±0.03
ELN.	6.0 <sup>a</sup> ±0.11	5.3 <sup>b</sup> ±0.26	4.8 <sup>a</sup> ±0.17	6.3 <sup>b</sup> ±0.12	5.0 <sup>a</sup> ±0.24	4.7 <sup>a</sup> ±0.09
Humedad	72.4 <sup>a</sup> ±0.47	72.9 <sup>a</sup> ±0.23	73.0 <sup>a</sup> ±0.19	73.1 <sup>a</sup> ±0.31	72.4 <sup>a</sup> ±0.35	73.1 <sup>a</sup> ±0.03
Energía	5232.4 <sup>a</sup> ±43.16	5271.1 <sup>a</sup> ±14.05	5294.5 <sup>a</sup> ±6.73	5224.3 <sup>a</sup> ±28.68	5338 <sup>a</sup> ±13.26	5250.2 <sup>a</sup> ±0.21

Valores con diferente literal indican diferencia significativa (P<0.05)

DH-FV = tratamientos que recibieron la levadura (DH) durante el riego del forraje verde hidropónico (FVH)

DH-H<sub>2</sub>O = tratamientos que recibieron la DH en al agua de bebida

DH-20FVH = tratamientos que sustituyeron el 20% del concentrado con FVH irrigado con DH

DH-40FVH = tratamientos que sustituyeron el 40% del concentrado con FVH irrigado con DH

Los resultados respecto a las variables utilizadas como rendimiento de la canal en los diversos contrastes, se muestran en la Tabla 4. Los pesos de la canal, de la pechuga con hueso y sin hueso, de la pierna y el muslo sin hueso fueron igual (P>0.05) entre los animales testigo y los animales tratados, sin embargo, el peso fue mayor (P<0.05) cuando el probiótico se adicionó en el agua de bebida, en comparación a cuando fue regado sobre el FVH, de igual manera también fue mayor en el tratamiento que adicionó el 40% de FVH, en comparación con el 20%.

La ganancia de peso con la adición del probiótico en la dieta fue igual que la que tuvieron los animales que recibieron el control, sin embargo, los

alimentados con probióticos tuvieron menor consumo de alimento, lo que representa una mayor eficiencia alimenticia y mejor índice de productividad del pollo de engorda. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores (Gheisar y Kholeghipour, 2006; Fathi *et al.*, 2012; Medina *et al.*, 2014) quienes tampoco encontraron efecto de la levadura sobre el peso corporal del pollo de engorda, sin embargo, Santin *et al.* (2001) reportan que la levadura incrementa significativamente el peso del pollo de engorda. Nuestros resultados respecto al consumo de alimento no concuerdan con los reportados por otros autores (Gheisar y Kholeghipour, 2006; Medina *et al.*, 2014), quienes mencionan que la adición de levadura en el pollo de engorda no tuvo

**Tabla 4. Comparaciones (Contrastes ortogonales) para rendimiento de la canal ( $(\bar{x}) \pm E.E$ ), en aves alimentadas con forraje verde hidropónico y levadura (*Debaromyces hansenii*).**

	Testigo vs Tratados		DH-FVH vs DH-H <sub>2</sub> O		DH-20FVH vs DH-40FVH	
Peso canal	2658 <sup>a</sup> ± 64.6	2514 <sup>a</sup> ± 78.9	2430 <sup>a</sup> ± 84.6	2684 <sup>b</sup> ± 67.4	2250 <sup>a</sup> ± 125.5	2610 <sup>b</sup> ± 43.7
Pechuga c/hueso	490 <sup>a</sup> ± 22.1	430 <sup>a</sup> ± 24.1	404 <sup>a</sup> ± 18.6	509 <sup>b</sup> ± 34.5	356 <sup>a</sup> ± 23.9	452 <sup>b</sup> ± 13.8
Pechuga s/ hueso	423 <sup>a</sup> ± 18.5	397 <sup>a</sup> ± 24.8	370 <sup>a</sup> ± 21.0	451 <sup>b</sup> ± 32.4	312 <sup>a</sup> ± 28.7	428 <sup>b</sup> ± 13.4
PM s/hueso	303 <sup>a</sup> ± 23.2	272 <sup>a</sup> ± 16.0	247 <sup>a</sup> ± 18.9	322 <sup>b</sup> ± 10.2	207 <sup>a</sup> ± 24.4	287 <sup>b</sup> ± 13.5
PM c/hueso	400 <sup>a</sup> ± 27.4	353 <sup>a</sup> ± 15.7	336 <sup>a</sup> ± 18.7	388 <sup>a</sup> ± 9.7	302 <sup>a</sup> ± 27.4	370 <sup>b</sup> ± 9.9
Piel	144 <sup>a</sup> ± 9.8	125 <sup>b</sup> ± 4.5	117 <sup>a</sup> ± 4.9	142 <sup>b</sup> ± 3.7	102 <sup>a</sup> ± 2.0	132 <sup>b</sup> ± 7.8
Grasa	132 <sup>a</sup> ± 10.7	65.7 <sup>b</sup> ± 7.9	58 <sup>a</sup> ± 7.7	81 <sup>a</sup> ± 8.1	42 <sup>a</sup> ± 10.7	74 <sup>b</sup> ± 4.5
Huesos	420 <sup>a</sup> ± 20.0	388 <sup>a</sup> ± 16.4	374.5 <sup>a</sup> ± 17.9	415 <sup>a</sup> ± 13.6	340 <sup>a</sup> ± 30.2	409 <sup>a</sup> ± 5.6

Valores con diferente literal indican diferencia significativa (P<0.05)

DH-FV = tratamientos que recibieron la levadura (DH) durante el riego del forraje verde hidropónico (FVH)

DH-H<sub>2</sub>O = tratamientos que recibieron la DH en al agua de bebida

DH-20FVH = tratamientos que sustituyeron el 20% del concentrado con FVH irrigado con DH

DH-40FVH = tratamientos que sustituyeron el 40% del concentrado con FVH irrigado con DH

efecto sobre el consumo de alimento, sin embargo, estos autores utilizaron la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

El peso para la pierna y muslo con hueso fue igual ( $P>0.05$ ) entre los animales testigo y tratados, así como también entre los que recibieron el probiótico incluido en el riego del FVH y el probiótico adicionado en el agua de bebida. La sustitución del concentrado con el 40% de FVH resultó en un mayor ( $P<0.05$ ) peso de la pierna y el muslo con hueso.

El peso de la piel fue mayor ( $P<0.05$ ) en los animales testigo en comparación con los tratados, de igual manera en los animales que recibieron el probiótico en el agua de bebida, en comparación con los que lo recibieron en forma de riego en el FVH, y también fue mayor en el tratamiento con un 40% de FVH en relación con el del 20% de FVH. El contenido de grasa fue menor en los animales tratados en relación con el testigo, así como en el tratamiento con 20% de FVH en relación con el del 40% de FVH. No hubo diferencia en grasa entre los tratamientos T2 y T3.

El peso de los huesos fue igual ( $P>0.05$ ) en todos los contrastes.

La adición del probiótico en el agua de la bebida en relación con el probiótico adicionado a través del FVH, resultó en una mayor ganancia de peso, menor consumo de alimento y mayor peso de la canal, lo que indica que es preferible el adicionar el probiótico en el agua de la bebida en la dieta del pollo de engorda que proporcionarlo a través del FVH, (Avalos, *et al.* 2012)

### CONCLUSIONES

La sustitución del alimento balanceado en la dieta del pollo de engorda con un 40% de FVH es factible, favorable y puede representar una disminución en el costo de producción del mismo.

La adición de probiótico (*Debaryomyces hansenii*) en el agua de bebida del pollo de engorda, reduce el consumo de alimento sin afectar la ganancia de peso, por lo que mejora la eficiencia productiva de estas aves. La adición del probiótico en el agua de bebida del pollo alimentado con un 40% de FVH disminuye el consumo de alimento e incrementa la ganancia de peso y el peso de la canal.

### Agradecimientos.

Un reconocimiento a la “Granja el Platanito” por su apoyo para la realización del presente trabajo.

**Funding.** There was no external funding for this work.

**Conflict of interests.** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Compliance with ethical standards.** The authors declare that all the procedures that contributed to the completion of this work comply with the ethical standards of the UABCS, UACH and CIBNOR, as well as the Mexican regulation NOM-033-SAG / ZOO-2014

**Data availability.** The data is available with the corresponding author (palacios@uabcs.mx) upon request.

**Author contribution statement (CRediT):** **MH Bedolla-Torres-** Conceptualization, Investigation, writing - original draft, **O.A. Palacios-López and C. A. Contreras-Godínez-** Conceptualization, Methodology, writing - original draft, **J.L. Espinoza-Villaviencio, R. Ortega-Pérez and A. Guillen-Trujillo-** Investigation, Methodology, **A. Palacios-Espinosa,** Formal Analysis, writing - original draft, writing – review and editing.

### REFERENCIAS

- Abouelezz, F. M.K., Sayed, M. M. and Abdelnabi, M. A., 2019. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. *Animal Feed Science and Technology*, 252, pp. 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.04.011>
- Amprayn, K., T. M. Rose, M. Kecskés, L. Pereg, H. T. Nguyen and Kennedy, I. A. 2012. Plant growth promoting characteristics of soil yeast (*Candida tropicalis* HY) and its effectiveness for promoting rice growth. *Applied Soil Ecology*, 61, pp. 295– 299. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.11.009>
- AOAC, 2000. Official method of analysis, *Association of Official Analytical Chemists*, EUA.

- Atlas Global Crop., LTD. 2004. Feeding Animal to feed People. Retrieved from: *World Wide Web*: [www.atgloco.com](http://www.atgloco.com).
- Avalos, J. M. S., Contreras, B. D., Prado, R. O. F., Contreras, J. L., Macedo, B. R. J., García, M. L. J., Morales B. J. E. and Téllez I. G., 2012. Efecto de un probiótico en pollos de engorda. *Abanico Veterinario*, 12 (1), pp. 29-32.
- Bai K., Huang Q., Zhang J., Fields G., Zhang L. and Wang T. 2016. Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* on growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*; 96 (1), pp. 74-82. doi: 10.3382/ps/pew246. Epub 2016 Aug 2.
- Bedolla, T. M. H, Palacios, E. A, Palacios, L. O. A., Choix, F. J., Ascencio. V. F. J., López, A. D., Espinoza, V. J. L., de Luna de la Peña, R., Guillen, T. A., Ávila, S. N. Y. and Ortega, P. R. 2015. La irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. *Revista Argentina de Microbiología*, 47 (3), pp. 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.04.002>
- Botha, A. 2011. The importance and ecology of yeasts in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.10.001>
- Burke, L. 2014. Hydroponic fodder in an organic pastured poultry system: ¿Can feed costs be reduced? *Project report*. [https://projects.sare.org/sare\\_project/fnc13-902/](https://projects.sare.org/sare_project/fnc13-902/)
- Dung, D.D., Goodwin, I. R., and Nolan, J. V. 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, pp. 2485-2492. DOI:10.3923/JAVAA.2010.2432.2436
- F.A.O. 2001. Manual técnico forraje verde hidropónico. *Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile.
- Fathi M., Al-Mansour, A., Al-Khalaf, A., and Al-Damegh M. 2012. Effect of yeast culture supplementation on carcass yield and humoral immune response of broiler chicks. *Veterinary World*. 5 (11), pp. 651-657. <http://dx.doi.org/10.5455/vetworld.2012.651-657>.
- Fazaeli, H., H. A. Golmohammadi, S. N. Tabatabayee and AsghariTabrizi, M. 2012. Productivity and Nutritive Value of Barley GreenFodder Yield in Hydroponic System. *World Applied Sciences Journal*, 16, pp. 531-539. [https://www.idosi.org/wasj/wasj16\(4\)12/9.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj16(4)12/9.pdf)
- Gazi, M.R., Hoshikuma, A., Kanda, K., Murata A, and Kato, F. 2001. Detection of free radical scavenging activity in yeast culture. *Saga Daigaku Nogakubu Iho.*, 86: 67-74. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=JP2002002279>
- Gebremedhin, W. K. 2015. Nutritional benefit and economic value of feeding hydroponically grown maize and barley fodder for Konkan Kanyal goats. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8, pp. 2430. DOI: 10.9790/2380-08722430
- Gheisarl A., and Kholeghipour B. 2006. Effect of dietary inclusion of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, immune responses and blood parameters of broiler chickens. *XII European Poultry Conference*, Verona, Italia, pp. 1-6. <https://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-association/WPSA-italy-2006/10090.pdf>
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B, and Rodríguez-Quezada, G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimentos para el ganado en zonas áridas. *Interciencia* 34, pp. 121-126. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=S0378-18442009000200009&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0378-18442009000200009&lng=es&nrm=iso).
- Medina, N. M., Gonzalez, c.A., Daza, S. L., Restrepo, O., and Barahona, R. 2014. Desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 61(3), pp. 270-283. <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46873>

- Mendoza, G. J. E., and González A. N. A. 2020. Evaluación de dos concentrados con inclusión de forraje verde hidropónico a base de maíz (*Zea mays*) en pollos de engorde de la finca Holanda, comarca La Lagartera Camapaboaco, de enero a marzo de 2020. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Nacional Agraria Sede Regional Camoapa. Camoapa Boaco, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/4196/>
- Milián, G., Pérez, M. and Bocourt, R. 2008. Empleo de probióticos basado en *Bacillus sp* y de sus endosporas en la producción avícola. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(2), pp. 117-122. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015494001.pdf>
- Molina, A., Olmedo, M, and Trumpp, A.. 2018. Análisis de factibilidad de Forraje Verde Hidropónico en dietas de novillos para producción de carne de calidad diferenciada, *Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba*, Argentina, pp: 40. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/11298>.
- Morgan J. V., Hunter R., and O’Haire R. 1992. Limiting factors in hydroponic barley grass production. Eighth International Congress on Soilless Culture. *Proceedings International Society for Soilless Culture*. Ireland pp. 241-261. <https://eurekamag.com/research/002/885/002885958.php>
- Naik, P. K., Swain, B. K., and Singh, N.P. 2015. Production and Utilization of Hydroponics Fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32, pp. 1-9. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijan&volume=32&issue=1&article=001>
- Saavedra M. T., Arroyo F. G., Herrera M. C., and Mexicano S. L. 2017. *Bacillus subtilis* como probiótico en avicultura: aspectos relevantes en investigaciones recientes. *Abanico Veterinario*. 7 (3): sep/dic. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=73330>
- Saénz, B. A. V. 2018. Producción sostenible de pollo de engorde utilizando forraje verde hidropónico a base de avena (*Avena sativa L.*) en el municipio de Sachica, Boyacá. *Tesis de Ingeniero Zootecnista*. UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21616/1055670072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santin E., Maiorka A., and Macari M. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Journal of Applied Poultry Research*. 10:236-244. <http://dx.doi.org/10.1093/japr/10.3.236>.
- SAS, 2004. SAS User's Guide Statistics, Ver. 6.14 Edition SAS Institute, Inc., C.
- Safwat, M. A., Sarmiento-Franco, L., and Santos-Ricalde, R. 2014. Rabbit production using local resources as feedstuffs in the tropics. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, pp. 161-171. /urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v17i2.2025
- Shehu, B. M., Ayanwale, B.A., Ayo, J. O., and Uchendu. C. 2016. Short communication: Effect of *Saccharomyces cervisiae* supplementation on some biomarkers of oxidative stress in weaned rabbits during the hot-dry season. *World Rabbit Science*, 24, pp. 67-70. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.1656>
- Shipard, I. 2005. "How Can I Grow and Use Sprouts as Living Food?" Book. Nambour Qld. Stewart Publishing.
- Steel, R.G. and Torrie, J.H. 1980. Principles and procedure of statistics: a biometric approach. McGraw Hill Book Co. New York.
- Talha, E. E. A., and Nureldin, A. M. 2008. The effect of germination of low-tannin sorghum grains on its nutrient contents and broiler chicks performance. *Pakistan Journal of Nutrition* 7 (3), pp. 470-474. [https://www.academia.edu/51463983/The\\_Effects\\_of\\_Germination\\_of\\_Low\\_Tannin\\_Sorghum\\_Grains\\_on\\_its\\_Nutrient\\_Contents\\_and\\_Broiler\\_Chicks\\_Performance](https://www.academia.edu/51463983/The_Effects_of_Germination_of_Low_Tannin_Sorghum_Grains_on_its_Nutrient_Contents_and_Broiler_Chicks_Performance)
- Zhang Z. F., Cho J. H., and Kim I. 2013. Effects of *Bacillus subtilis* UBT-MO2 on growth performance, immune organ relative weight, fecal gas concentration and intestinal microbial shedding in broiler chickens. *Livestock Science*, 155, pp. 343-347. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.05.021.