

Diseño de una línea productora de alimento probiótico a partir de *Bacillus clausii*, en avicultura

Enrique De la Torre¹, Harumi Castillo¹, Sandra Carmona¹, Madeleine Hidalgo² y Anilú Miranda¹

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica¹, Departamento de Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos²
Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVER)
Veracruz, Ver. México
Corresponsal: anilu.mm@veracruz.tecnm.mx

Abstract— According to a research done by the National Institute of Statistics, Geography and Data processing (INEGI) to an average of 350,000 poultry pieces in 2018, chickens are treated with “antibiotics” known also as “growth promoters” AGP (during the cycle of poultry farming), causing human health hazard and a considerable financial loss to poultry industry. Even though all the human consequences this promoter carries, it hasn’t been prohibited in Mexico. The goal of this work was to develop a proposal of a line production using *Bacillus clausii* in probiotic production as an alternative of “growth promoters” used by poultry industry.

Keyword— Design, Engineering, *Bacillus clausii*, Probiotic, Growth promoters

Resumen— De acuerdo con un estudio realizado por Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018 a un promedio de 350 mil cabezas avícolas, el ciclo de ave de corral se les administran “antibióticos”, también conocidos como promotores del crecimiento, por consiguiente, ha provocado pérdidas dentro de la industria y, amenazas a la salud humana. Cabe mencionar, que las consecuencias que ocasiona este “promotor”, no ha sido prohibido en México. Por ende, el objetivo del presente proyecto es diseñar una línea de producción a partir de *Bacillus clausii*, para la producción de probióticos como una alternativa a los promotores de crecimiento utilizados en la Industria avícola [1].

Palabras claves—Diseño, Ingeniería, *Bacillus clausii*, Probiótico, Promotores de crecimiento

I. INTRODUCCIÓN

Para uso nutricional en aves de corral, se utilizan probióticos principalmente del género *Bacillus*, las cepas son *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. coagulans*, *B. toyoi* (*cereus*), *B. natto* (*subtilis*), *B. clausii*, *B. polyfermentans*, y *B. cereus* [2]. *Bacillus clausii* es una bacteria Gram (+), aeróbica, formadora de esporas [3]. Una de las ventajas del uso de esporas de *Bacillus* es su capacidad para mantener la viabilidad durante un período más largo [4]. Las esporas de bacilo son resistentes a las condiciones del tracto gastrointestinal, tienen la capacidad para germinar en el intestino delgado y también modular la inmunidad del huésped [5-6]

Dentro de estudios realizados para conocer la acción de probióticos en aves de corral se ha encontrado que la ingesta de probióticos en cantidades controladas proporciona beneficios. Entre estos se encuentran los de favorecer el establecimiento de la microbiota intestinal competente, el aumento en el peso corporal, mejora en la salud y desempeño, así como en el control de bacterias patógenas como, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Eimeria acervulina*, *Cystoisospora belli*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella*, gracias a esto el uso de los mismos ha ganado atención [6-10]

Es importante mencionar que los probióticos pueden sustituir a los APC (Antibióticos Promotores del Crecimiento), en la alimentación avícola. Los probióticos se definen como —microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas confieren beneficios en la salud del anfitrión [11]. Se ha demostrado que la administración de probióticos puede restaurar la microbiota intestinal tanto en humanos como en animales por lo que es recomendable aplicarlos en el caso de aves de corral en la etapa de engorde hasta la etapa de sacrificio.

Cabe mencionar, que también los estudios realizados han demostrado que los promotores usados para el crecimiento (antibióticos), representan peligro para la salud humana y animal, además, los relacionados

con líneas de producción de probióticos, han recomendado continuar dichas investigaciones, por ende, sirve como base para el desarrollo de la ingeniería básica [12], por último, el objetivo de este proyecto se basó en la evidencias del uso de antibióticos como uso de promotores de crecimiento, lo cual, da la pauta a empezar con los estudios pertinentes para el diseño de la línea de producción.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El alimento probiótico se realiza a partir de una mezcla de maíz, harina de soya, frijol de soya extruido, manteca, DL-Metionina, L-lisina.HCl, L-trionina (Tabla No. 1), a esta se le agrega biomasa de *Bacillus clausii*, la cual, es una bacteria aerobia Gram (+), formadora de esporas, la cual se encuentra en el suelo de Dinamarca, de donde se aísla para extraerse, dicha mezcla alcanza Por lo anterior, para el diseño-dimensionamiento de los equipos del proceso, primero se establece en un diagrama de proceso (Figura 1), cómo estará conformado los equipos para obtener el producto de interés. De igual forma, se muestran las ecuaciones pertinentes al diseño en las secciones siguiente [13].

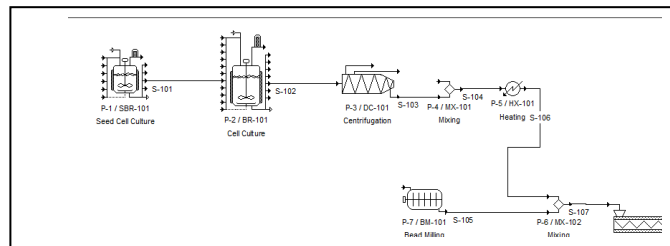


Figura 1. Diagrama de la línea de producción de probióticos

En el caso del fermentador semilla, se coloca el inóculo de *Bacillus clausii*, con un pH de 7 y durante 72 h, una vez concluida esta etapa la biomasa resultante del fermentador semilla pasa al fermentador de producción mediante un sistema de tubería, el cual tiene por composición Glucosa, MgSO₄.7H₂O, Extracto de carne, NaCl, Peptona, KH₂PO₄, MnCl₂, FeSO₄.7H₂O, ZnSO₄.7H₂O y CaCl₂, en la Tabla No. 1 se presentan las concentraciones del medio.

En el fermentador de producción las condiciones son pH de 8, una agitación de 115 rpm, aireación de 0.33 v/v/m, una temperatura de 41.4 °C durante 48 h.

Tabla 1. Concentración del metio de fermentación

Compuesto	Cantidad
Glucosa	1.04 g/L
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.59 g/L
Extracto de carne	5 g/L
NaCl	0.01 g/L
KH ₂ PO ₄	3 g/L
MnCl ₂	30 mL/L 0.1 M
FeSO ₄ .7H ₂ O	1.136 mL/L 0.1 M
ZnSO ₄ .7H ₂ O	300 μL/L 0.1 M
CaCl ₂	9.9 mL/L 0.1 M

A. Diseño, dimensionamiento y selección de equipo: Fermentador

Para el fermentador se realizaron dos tipos, el de semilla y el de producción, el dimensionamiento de los tanques, se realizó con base en las relaciones geométricas de Geankopolis [14;15]. Los fermentadores están compuestos por impulsores de seis aspas planas. Considerando que la altura es igual al diámetro del tanque. Cabe mencionar, para el diseño y selección se parte de una base de producción, el cual, se estimó en 0.0003% de la demanda actual, alrededor de 48 mil aves, de las cuales se tiene que, cada ave consume un promedio de 5.50 kg de alimento en toda su vida (se sabe que la vida promedio de un ave de corral es de 6 semanas). Se realiza la siguiente relación para calcular la cantidad de alimento que se necesita 261,195 kg. Por consiguiente, considerando la información reportada por Nuñez, *et al.*, (2017), cada ave consume 2×10^{11} UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias), para presentar los mejores resultados. Por esto se calcula la cantidad de UFC/g que son necesarias para satisfacer al 0.0003% de la población avícola.

$$V = \pi \left(\frac{D^3}{4} \right) \tag{1}$$

Para este caso, se despeja el diámetro. Conociendo el diámetro del tanque se calcularon las dimensiones faltantes del tanque, mediante las ecuaciones 3-9, presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Ecuaciones de diseño del tanque mezclador

Ancho del tanque, m	$W = D_a/5$	(3)
Altura del líquido, m	$H = D_t$	(4)
Diámetro del impulsor, m	$D_a = 0.3 D_t$	(5)
Diámetro de turbina, m	$D_d = 2D_a/a$	(6)
Largo del impulsor	$L = D_a/4$	(7)
Ancho del deflector, m	$J = D_t/12$	(8)
Alivio, m	$C = D_t/3$	(9)

Fuente: Geankoplis (1998)

En la fermentación semilla, se prepara el inóculo, de acuerdo a Sen y Babu (2005), se tiene que airear el medio de cultivo y por lo reportado por de los Monteros, 2005 el oxígeno no descenderá del 20 %.

B. Centrifuga

Para el caso de la centrifuga, es necesario que sea de sedimentación, por lo tanto, el diseño de la centrifuga se realiza a partir de Geankopolis [13], Una vez pasadas las 48 h de fermentación, se pasa a una centrifuga, por medio de un transporte de cangilones se pasa a un decantador centrifugo para solidos blandos, la cual se operará a 11200 G's durante 20 min, de donde se obtienen dos corrientes resultantes: el sobrenadante y la biomasa que es el producto de interés. El sobrenadante pasa directamente a una planta de tratamiento de aguas residuales industriales.

$$v_t = \frac{\omega^2 r_l D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18\mu} \tag{10}$$

$$q_c = \frac{\omega^2 D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18\mu \ln \left[\frac{2r_2}{r_1 + r_2} \right]} V \tag{11}$$

$$V = \pi b (r_2^2 - r_1^2) \tag{12}$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \tag{13}$$

En las anteriores ecuaciones se tiene que:

- v_t = Velocidad terminal de centrifugación, m/s
- ω = Velocidad angular, rad/s
- r_l = Radio interno, m
- r_2 = Radio externo, m

- D_p = Diámetro de partícula, m
- ρ_p = Densidad de la partícula, kg/m³
- ρ = Densidad del fluido, kg/m³
- μ = Viscosidad del fluido, kg/m*s
- q_c = Velocidad de flujo, m³/s
- V = Volumen, m³
- b = Altura tazón centrífuga, m
- N =Velocidad rotacional, rpm

C. *Tanque mezclador*

Para el dimensionamiento de los tanques de mezclado se realizó con base a Ulrich (1992) tomando como parámetro un tiempo de residencia de 20 min para garantizar un buen mezclado. Esta consideración se hizo debido a que en una etapa de mezclado se debe conseguir una buena homogenización de la mezcla. Partiendo del volumen se realizó el diseño con un sobre diseño del 20% [14].

$$V_s = 1.2V \tag{14}$$

Donde V es el volumen requerido y V_s es el volumen sobredimensionado. El mezclador tiene un impulsor de seis aspas planas, se considera altura y el diámetro del tanque son el mismo, por lo tanto, se utiliza la ecuación 15. También se calcula el tiempo de residencia en mezclador para garantizar un mezclado uniforme.

$$\theta = 12000 \left(\sqrt{\frac{\mu V_s}{\rho}} \right)^5 \sqrt{V_s} \tag{15}$$

D. *Secador*

Se diseñó un secador de bandejas a 80 °C. para un secado continuo, en este proceso entran 92 toneladas de biomasa (30% es agua), al cual, se requiere retirar el 99% de agua. Conforme a lo anterior, se tiene la ecuación 16 y 17:

$$t = \frac{L_s}{ARc} (W_2 - W_1) \tag{16}$$

$$A = \frac{L_s(W_2 - W_1)}{tRc} \tag{17}$$

En este caso t es tiempo, L_s es el peso sólido seco, R_c es la velocidad a la se efectúa el secado, W es la humedad inicial y final.

E. *Molino*

Para el dimensionamiento del molino, se utilizó la ecuación 18, se calcula la potencia requerida por dicho equipo.

$$\frac{P}{\tau} = 1.48E_i \left(\frac{1}{\sqrt{D_{pf}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{pi}}} \right) \tag{18}$$

En este caso, P es potencia, τ es la velocidad de alimentación, E_i es el índice de dureza, D_p son diámetros de partícula final e inicial.

F. *Pelletizador*

A continuación, se presentan las ecuaciones para el diseño del pelletizador, para esto se utilizaron las ecuaciones presentadas a continuación:

$$V_r = \frac{m}{\rho_p} \tag{19} \qquad V_r = W_r r \tau \tag{21}$$

$$P_c = \frac{v}{A_c} \tag{20} \qquad n_r = R\rho \tag{22}$$

$$f_r = f(f_b) \tag{23}$$

$$A_C = t_m(L_r) \tag{24}$$

$$V_{nc} = V_r \tag{25}$$

$$A_C = t_m(L_r) \tag{26}$$

$$H_g = \frac{P_c A_c f V_{nc}}{778} \tag{27}$$

$$N(90\%) = (D)(60)(n_R) \tag{28}$$

$$\phi^3 = \frac{\sqrt[32]{M_f^2 M_t^2}}{\pi \sigma_s} \tag{29}$$

$$D_h = 1 \frac{3}{4} \phi a 2D \tag{30}$$

$$N = M_t W \tag{31}$$

Dónde:	n_r : Velocidad de giro, rpm	L_r : Longitud del rodillo, m
V_r : Volumen del recipiente.	R_p : Relación de perímetros	H_g : Calor generado, BTU/ min
ρ_p : Densidad del producto, kg/m ³	W_r : Velocidad angular de los rodillos, rad/s	P_c : Presión de contacto, PSI
m : Masa del alimento, kg	R_r : Radio de rodillos, m	F : Coeficiente de rozamiento
F : Fuerza del cilindro, N/m ²	V_r : Velocidad lineal rodillos, m/s	A_c : Área de contacto del cilindro, in ²
A_c : Área del cilindro, m ²	A_c : Área de contacto del rodillo con el alimento balanceado, m ²	V_{nc} : Velocidad periférica del cilindro, in/min
r : Diámetro de rodillos, m	t_m : Ancho promedio de un grano de maíz, m ²	
P_r : Perímetro de cilindro rodillos, m		

G. Ubicación de la línea de producción

Para la ubicación de la Planta, se localiza el punto donde se tiene la mayor producción avícola, ubicada en Córdoba, Veracruz. La macrolocalización, se debe a que, el estado de Veracruz es el principal productor de cabezas avícolas en México. La microlocalización se estableció de acuerdo con la facilidad para obtener las materias primas y la cercanía con las vías de transporte, así como por la accesibilidad a los servicios de agua potable, drenaje sanitario, red hidráulica, instalación eléctrica.

III. RESULTADOS

A) Fermentadores

Utilizando las ecuaciones planteadas en la sección anterior, se obtiene los resultados correspondientes al diseño de fermentadores (Figura 2 y 3). Tomando en cuenta lo planteado en metodología se tiene que:

$$\text{Numero de } \frac{UFC}{g} = \frac{\left(2 \times 10^{11} \frac{UFC}{g}\right) (47490 \text{ aves})}{1 \text{ ave}} = 9.49 \times 10^{15} \frac{UFC}{g}$$

Ahora bien, de acuerdo con lo estipulado por Sen y Babu, (2005), es necesario un fermentador de 20 L para obtener una concentración de esporas de 9×10^{11} UFC/g de biomasa seca se considera que la humedad es del 90 %. Considerando estos datos podemos determinar que:

$$\text{Numero de } \frac{UFC}{g} = \frac{\left(9.49 \times 10^{15} \frac{UFC}{g}\right) (20 \text{ L})}{9 \times 10^{11} \frac{UFC}{g}} = 211,066 \text{ L}$$

Conforme a las ecuaciones planteadas en la metodología se tiene la Tabla 3, con los parámetros de diseño.

Tabla 3. Resultado de diseño de fermentador semilla y producción

	Fermentador Semilla	Fermentador de producción
V	2.5 m ³	50 m ³
D _t	1.47 m	3.9929 m
D _a	0.441 m	1.1978 m
D _d	0.209 m	0.7985 m
H	1.47 m	3.9929 m
W	0.00882 m	0.2395 m
L	0.1102 m	0.2994 m
C	0.49 m	1.3309 m
J	0.1225 m	0.3327 m
P	19.2152 kW	573.25 MW
Aeración	0.33 v/v/m	0.33 v/v/m

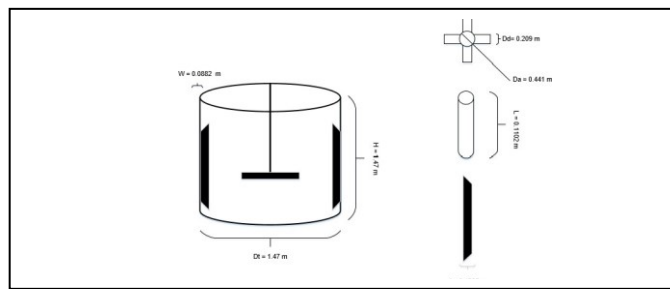


Figura 2. Diseño del fermentador semilla

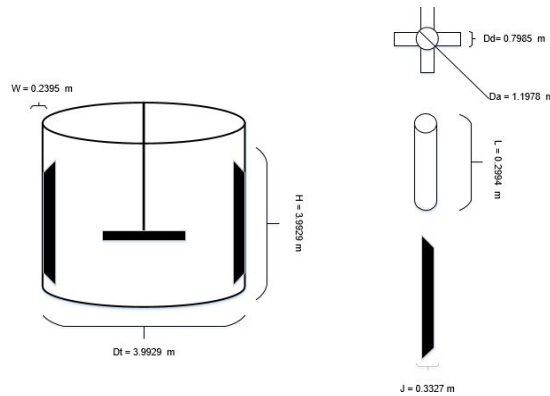


Figura 3. Diseño del fermentador de producción

B) Centrífuga

Sustituyendo las ecuaciones 9-12, se tiene la Tabla 4 donde se muestra las dimensiones de la centrífuga requerida para este proyecto.

Tabla 4. Cálculo de centrifuga

Parámetro	Valor
V, m ³	2.60
b, m	1.5
D _p , m	0.5
V _t , m/s	2.6
ω, rad/s	331.12
r ₁ , m	0.3
r ₂ , m	0.8
q _c , m ³ /s	2.2

C) Mezclador

Para el dimensionamiento de los tanques de mezclado, se hizo tomando como parámetro un tiempo de residencia de 20 min para garantizar un buen mezclado. Esta consideración se hizo debido a que en una etapa de mezclado se debe conseguir una buena homogenización de la mezcla [14]. En la Tabla 5 y Figura 4 se muestra los resultados para dimensionamiento del mezclador:

Tabla 5. Diseño de tanque mezclador

Dimensión	Medida
D _t	5.20 m
D _a	1.56 m
D _d	1.04 m
H	5.20 m
W	0.312 m
L	0.39 m
C	1.73 m
J	0.43 m
P	15.8 MW
Θ	165 s

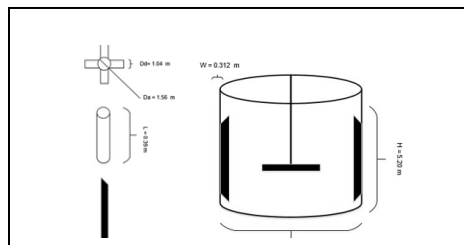


Figura 4. Diseño del mezclador

D) Secador

Como se mencionó en el apartado de Metodología, la eficiencia del secado es del 99%, y, de acuerdo con las ecuaciones planteadas, se obtuvo la ecuación del área, dando un resultado de 8.12 m², el anterior resultado es el área mínima requerida para efectuar el secado a 80 °C.

E) Molino

Para el cálculo de potencia se utiliza la ecuación 17 descrita en la sección anterior de metodología, obteniendo que, se necesita un molino con una potencia de 479.25 hp.

F) Pelletizador

Utilizando las ecuaciones del 18 al 30 en la Tabla 6, se agrupa los resultados pertinentes al diseño del pelletizador.

Tabla 6. Diseño del pelletizador

Volumen del recipiente (v _t)	$v_t = \frac{262.18 \text{ kg}}{460 \text{ kg/m}^3}$	0.5595 m ³
Presión del cilindro (P _c)	$P_c = \frac{4700 \text{ N}}{0.0574 \text{ m}^2}$	8.18x10 ⁴ Pa
Velocidad lineal de rodillos (v _r)	$V_r = \left(62.83 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)(0.01)$	6.283 m/s
Perímetro de cilindro de rodillos (P _{rcilindro})	$P_{rc} = (6.5\text{m})(3.1416(0.01))$	
Velocidad de giro (n _r)	$n_r = (600)(2.7433)$	1646 rpm
Fuerza de fricción (f _r)	$f_r = (4700 \text{ N})(0.035)$	1645 N
Área de contacto (A _c)	$A_c = (0.01)(0.075 \text{ m}^2)$	7.5x10 ⁻⁴ m ²
Velocidad periférica (V _{nc})	$v_{nc} = V_r$	6.283 m/s
Calor generado (H _g)	$H_g = \frac{(61.35 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2)(101640)}{778}$	8015.227
Rodamiento de rodillos	$N(90\%)=(1646 \text{ rpm})(2500)$	2.46x10 ⁸ rev
Diámetro del árbol (Φ)	$A_c = \frac{32\sqrt{(705)^2(49.59)^2}}{\pi(31 \times 10^7)}$	0.0285m
Diámetro del cubo (D _h)	$D_h = 1.75(0.0299)(1.174)(1.04)$	0.1278 m
Potencia requerida (N)	$N = \left(62.83 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)(49.59 \text{ N} \cdot \text{m}) \left(\frac{0.001341 \text{ hp}}{1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}\right)$	4.1782 hp

IV. CONCLUSIONES

Las bacterias benéficas son factores fundamentales para la inhibición del crecimiento de otras bacterias patógenas por diversos mecanismos, además, ayuda a estimular la síntesis de vitaminas, que en conjunto mantienen sano al animal. Entonces, los probióticos no son antibióticos, además, si se usan de forma adecuada en relación con medidas nutricionales de manejo y bioseguridad, garantiza una seguridad para el ser humano (consumidor).

Con los resultados obtenidos del proceso escalado (dimensionamiento y selección de equipo), obteniendo una eficiencia aceptable por encima del 90%, cabe destacar, que el proceso resultó ser factible tecnológicamente, y como ventaja, este mismo proceso puede acoplarse para diferentes tipos de crianza animal, debido a los diferentes autores, que muestran la compatibilidad y el ser seguro para la salud del animal y del consumidor final.

En general, el estudio del escalamiento del proceso de producción de probióticos a partir de *Bacillus clausii*, resultado factible, con esto y con los estudios realizados por otros autores con respecto al microorganismo, puede darse la confiabilidad necesaria para empezar a realizar la implementación del

proyecto, es decir, se cumplió con el objetivo de diseñar una línea de producción a partir de *Bacillus clausii*, para la producción de probióticos como una alternativa a los promotores de crecimiento utilizados en la Industria avícola.

RECONOCIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Veracruz mediante por prestar sus instalaciones para llevar a cabo el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Bengmark, S., 1998. Ecological control of the gastrointestinal tract - the role of probiotic flora. *Gut*, [e-journal]. 42(1), pp.2–7. <http://dx.doi.org/10.1136/gut.42.1.2>.
- [2] Nurmi, E. y Rantala, M., 1973. New aspects of Salmonella infection in broiler production. *Nature*, [e-journal]. 241(5386), pp.210 - 211. [10.1038/241210a0](https://doi.org/10.1038/241210a0).
- [3] Batista, M., 2017. Avaliação da sobrevivência de esporos de Bacillus spp. probióticos em matrizes alimentares e seus efeitos à saúde.. PhD. Universidade Estadual de Campinas. Disponible en: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/332905/1/Soares_MarianaBatista_D.pdf > [Consultado 20 de marzo 2019].
- [4] Organización Mundial de Gastroenterología., 2011. Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos. Disponible en: <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-spanish-2017.pdf> [Consultado 18 de abril 2019].
- [5] Mohan, V., 2015. The role of probiotics in the inhibition of Campylobacter jejuni colonization and virulence attenuation. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, [e-journal]. 34(8), pp. 1503 - 1513. [10.1007/s10096-015-2392-z](https://doi.org/10.1007/s10096-015-2392-z).
- [6] Patterson, J.A. y Burkholder, K.M., 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, [e-journal]. 82(4), pp.627 - 663. [10.1093/ps/82.4.627](https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627).
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, 2018. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2017 Conociendo el campo de México Resultados. [Online] Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf> [Consultado 12 de marzo 2019].
- [8] Vicente, J., Wolfenden, A., Torres-Rodríguez, A., Higgins, S., Téllez, G. y Hargis, B., 2007. Effect of a Lactobacillus species-based probiotic and dietary lactose probiotic on turkey poultry performance with or without Salmonella enteritidis challenge. *The Journal of Applied Poultry Research*, [e-journal]. 16(3), pp.361 - 364. <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.361>.
- [9] Fuller, R., 2001. The chicken gut micro flora and probiotic supplements. *The Journal of Poultry Science*, [e-journal]. 38(3), pp. 189 - 196. <https://doi.org/10.2141/jpsa.38.189>
- [10] Núñez Torres, O., Arévalo Castro, R. P., Kelly, G. y Guerrero, J. R., 2017. Efecto de la Enterogermina (Esporas de Bacillus clausii) en el Comportamiento Productivo de Pollos de Engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(4), pp.861. [doi:10.15381/rivep.v28i4.13882](https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13882)
- [11] Ghareeb, K., Awad, W.A., Mohnl, M., Porta, R., Biarnés, M., Böhm, J. y Schatzmayr, G., 2012. Evaluating the efficacy of an avian-specific probiotic to reduce the colonization of Campylobacter jejuni in broiler chickens. *Poultry Science*, [e-journal] 91(8), pp.1825–1832. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02168>
- [12] Lee, S., Lillehoj, H.S., Park, D.W., Hong, Y.H. y Lin, J.J., 2007. Effects of Pediococcus and Saccharomyces-based probiotic (MitoMax) on coccidiosis in broiler chickens *Comp. Comparative Immunology, Microbiology & Infectious Diseases*, [e-journal]. 30(4), pp. 261 - 268. [10.1016/j.cimid.2007.02.002](https://doi.org/10.1016/j.cimid.2007.02.002).

- [13] Miranda Medina, Anilu, Peral Peláez, Luis, González Valdés, Alejandro, García Hernández, María. 2008. Diseño de una planta productora de ácido algínico y alginatos a partir de *Acetobacter vinelandii*. *Tecnología, Ciencia Educación*. [e-journal] 23(2), pp 91-96. <https://www.redalyc.org/pdf/482/48223206.pdf> [Consultado el 10 de junio de 2019]
- [14] Geankoplis, C. 2006. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 4 ed. México: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V..
- [15] Miranda Medina, Anilu, Peral Peláez, Luis. 2014. Auditoría energética a edificios laborales de la SESGO-CFE en México. *Revista Iberoamericana de Ciencias [e-Journal]* 1(3), pp 183-197. <http://www.reibci.org/publicados/2014/agosto/2200112.pdf> [Consultado el 10 de junio de 2019]