

La modelización del crecimiento de los cerdos bajo un sistema de cama profunda

Ernesto Antonio, Hurtado^{1*}; Tommy, Cueva-Navia²; Cecilio, Barba-Capote³

Resumen

Con el fin de evaluar a través de modelos matemáticos el comportamiento productivo (crecimiento y consumo) de cerdos en un sistema de cama profunda con subproductos agrícolas (cascarilla de arroz y rastrojo de maíz). Se utilizaron 18 cerdos mestizos, criados en corrales individuales con caña guadua (*Guadua angustifolia*) individuales a una densidad de 1,20 m².animal⁻¹, durante cinco meses. Las variables consumo de alimento y peso final fueron medidas para modelizar el crecimiento y consumo. Los resultados arrojan un modelo raíz cuadrada para el crecimiento (R²=94,11%), mientras que para el consumo ajusta a un modelo doble cuadrado (R²= 91,90%). Con respecto a peso vs consumo, un modelo log- Y raíz cuadrada-X, permitió la ecuación del modelo ajustado $\text{Peso} = \exp(1,12059 + 1,30298 * \sqrt{\text{Consumo}})$. Se concluye, que los modelos matemáticos no lineales presentaron el mejor ajuste a los datos analizados de un sistema de cama profunda mediante el empleo de recursos materiales propios y subproductos agrícolas de cultivos locales, contribuyendo a la descripción del crecimiento de los cerdos.

Palabras clave: cerdos, subproductos, crecimiento, consumo, modelo.

Modeling the growth of pigs under a deep bedding system

Abstract

In order to evaluate through mathematical models, the productive behavior (growth and consumption) of pigs in a deep bedding system agricultural by-product (rice husk and maize stubble). We used 18 mestizo pigs, raised in individual pens with individual guadua cane (*Guadua angustifolia*) at a density of 1.20 m².animal⁻¹, for five months. The variables food consumption and final weight were measured to model growth and consumption. The results show a square root model for growth (R² =94,11%), while for consumption it adjusts to a double square model (R² =91,90%). With respect to weight vs consumption, a log-Y model square root-X, allowed the equation of the adjusted model $\text{Weight} = \exp(1,12059 + 1,30298 * \sqrt{\text{Consumption}})$. It is concluded that the non-linear mathematical models presented the best fit to the analyzed data of a deep litter system through the use of their own material resources and agricultural by-products of local crops, contributing to the description of the growth of pigs.

Keywords: pigs, by-products, growth, consumption, model.

Recibido: 05 de enero de 2021
Aceptado: 06 de marzo de 2021

¹ Ing. Prod. Animal; Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador; ernestohurta@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-2574-1289>.

² Médico Veterinario; Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador; tommymcn20@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5995-1730>

³ Ing. Prod. Animal; Universidad de Córdoba, España; cjbarba@uco.es; <https://orcid.org/0000-0001-8363-1673>

*Autor para correspondencia: ernestohurta@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La población de cerdos a nivel nacional, durante el año 2014, de acuerdo con la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (E.S.P.A.C.), estaba constituida por 1.934.162 cabezas, distribuidas en diversas regiones de Ecuador, así lo reporta Chugcho (2017). No obstante, a lo largo de 2017 la producción porcina ecuatoriana cayó un 15%, de acuerdo a Romeu (2018).

Un hecho relevante del sector es que está formado por pequeñas explotaciones familiares, normalmente de subsistencia, que desarrollan su actividad en áreas rurales muy cercanas a los núcleos urbanos. La producción familiar es una alternativa como medio de sobrevivencia en la comunidad rural, aprovechando los subproductos en el sistema de producción (Chugcho 2017); Mientras que Ramírez (2017) menciona que el aporte es del 30%. Sin duda estos datos permiten ratificar la importancia que tiene la porcicultura en esta parte de la población.

La producción en cama profunda (Deep Bedding) aparece como alternativa a los sistemas confinados convencionales de producción de cerdos, constituyendo además una opción para criar lechones destetados cuando la cría se realiza al aire libre. De igual manera, proporciona un ambiente adecuado para los cerdos y permite que estos definan aspectos que determinan su bienestar durante el engorde (Campiño et al., 2010). Además, la tecnología de cama profunda satisface las demandas de los pequeños y medianos productores y contribuye al incremento de la producción de carne de cerdo (Cruz et al., 2017).

Este sistema tiene impacto ambiental donde destacan la no emisión de residuales líquidos al ambiente, debido al manejo sólido de las excretas, además de reducir los malos olores y las moscas en las granjas porcinas. Se produce un ahorro considerable del volumen de agua y se obtiene, además, un fertilizante orgánico de excelente calidad, ya que se genera una composta "in situ", que permite mayor bienestar animal (Cruz et al., 2017).

El uso de la cama profunda en la explotación porcina, tratada con microorganismos eficientes (ME), complementan notablemente el enfoque

de producción limpia y orgánica, controlando olores, evitando la proliferación de moscas, dando bienestar a los animales y produciendo porquinaza para ser usada como abono orgánico (Clavijo, 2018).

El sistema de cama profunda produce de forma considerable menor impacto en actividades de limpieza de los compartimentos. Asimismo, el manejo de las camas con una altura de 60 cm de tamo de arroz reduce la humedad y permite la homogeneidad entre desechos sólidos y líquidos de tal forma que permanece seca y con menos olores al ambiente (Reyes et al., 2018).

Un modelo matemático es la representación gráfica del comportamiento de variables dependientes e independientes estudiadas, que ajusta la realidad (Simón, 2016; Corral y Calegari, 2011). Es la idealización que tiene por objeto identificar los elementos que son relevantes y plantear sus relaciones (Di Rienzo et al., 2008). Estos modelos, permiten establecer predicciones en el comportamiento productivo (Tlapa et al., 2008). Además, permiten calcular los valores máximos de los crecimientos medio y corriente, pudiendo determinar las edades de sacrificio de los animales que permitan obtener el máximo beneficio económico (Gómez et al., 2008).

La literatura reporta que los modelos matemáticos son ecuaciones que permiten construir curvas continuas de una variable biológica en función de otra (Gort et al., 2018; Parés y Kucherova, 2014). Así, un modelo de crecimiento ajustado brinda una oportunidad para describir características importantes, tales como la precocidad, la ganancia diaria, el peso adulto y el intervalo de tiempo entre el nacimiento y la madurez, lo que permite la predicción del comportamiento productivo (Casas et al., 2010).

Casas et al. (2010) mencionan que una apropiada descripción matemática de la dinámica de crecimiento a nivel comercial puede ser usada para explicar los patrones observados en campo, comparar tasas y predecir el comportamiento productivo de lotes en una empresa en particular.

La modelización de la dinámica de crecimiento es la herramienta principal, junto con la información de la dinámica de consumo de alimento durante esta misma etapa, para desarrollar programas de

nutrición de precisión para la fase de crecimiento. Por lo anterior, el objetivo de es seleccionar el o los mejores modelos matemáticos para ajuste del comportamiento productivo relacionados al crecimiento y consumo de alimento de cerdos en cama profunda de cascarilla de arroz y rastrojo de maíz.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó durante la época seca de 2016, entre el período julio a septiembre, a la altitud de 15 m, en el sitio Figueroa, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí,

situada geográficamente entre las coordenadas 00° 49' 23" de latitud Sur; 80° 11' 01" de longitud oeste. Las condiciones climáticas, en los últimos cinco años, han sido: temperaturas promedio de 27°C, humedad relativa 82,9% y precipitación 889,6mm (Estación Meteorológica ESPAM-MFL, 2019).

Construcción del alojamiento experimental

Se realizaron 18 construcciones de corrales con caña guadua (*Guadua angustifolia*) y techo con cadí (*Phytelephas aequatuvialis*), donde se dispuso de un cerdo como unidad experimental, en una densidad de 1,20m² (Figura 1).



Figura 1. Construcción de los corrales con caña guadua y cadí.

Subproductos de cosechas agrícolas (cascarilla de arroz y rastrojo de maíz) utilizados en el sistema de cama profunda

a. Cascarilla de arroz (*Oryza sativa*)

En el primer tratamiento de la investigación se utilizó cascarilla de arroz proveniente de las procesadoras del cultivo, para la cama o piso de las nueve repeticiones con un grosor de 50cm por encima del nivel del suelo, a medida que el nivel de la cama descendía se le añadía nuevo material (cascarilla de arroz) hasta completar la respectiva altura, procedimiento ejecutado durante la realización de la investigación (Figura 2).

b. Rastrojo de maíz (*Zea mays*)

El segundo tratamiento de la investigación se utilizó el rastrojo de maíz trozado -mediante una

picadora de pasto- proveniente de los cultivos, para la cama o piso de las nueve repeticiones con un grosor de 50cm por encima del nivel de suelo, a medida que el nivel de la cama descendía se le añadía nuevo material (rastrojo de maíz) hasta completar la respectiva altura, desde la recepción de los cerdos hasta los 120 días.

Se utilizaron 18 cerdos mestizos (Landrace x Pietran) durante en la etapa de recría, nueve por cada sistema de cama estudiado, con peso inicial promedio 10,72 ± 0,26 kg. Siendo los sistemas: piso de tierra con cascarilla de arroz y piso de tierra con rastrojo de maíz (Figura 2). El suministro del alimento balanceado se realizó de acuerdo a los requerimientos de la fase fisiológica (Tabla 1); mientras que el consumo de alimento, era medido diariamente y el peso se realizaba semanalmente, durante 120 días.



Figura 2. Sistemas utilizados como cama profunda en los cerdos (cascarilla de arroz y rastrojo de maíz).

Cuadro 1. Composición nutricional del alimento balanceado comercial en las distintas etapas

Condición	Proteína (min)	Grasa (min.)	Fibra (máx.)	Humedad (máx.)	Cenizas (máx.)
Iniciador	19,0%	4,0%	4,0%	13,0%	7,0%
Crecimiento	18,0%	4,5%	5,0%	13,0%	7,0%
Engorde	17,0%	4,0%	5,0%	13,0%	6,0%

Análisis Estadístico

La relación funcional entre las variables (peso y consumo) en los tratamientos bajo estudio, se realizó por medio de regresión, que consideran los ajustes de acuerdo al coeficiente de determinación (R²) y cuadrado medio del error (CME). Para el procesamiento de la información estadística se empleó el software estadístico SAS versión 9.4 (2013).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Modelización del sistema de cama profunda

a. Peso vivo

En los cuadros 2 ,3 y 4 se presentan los resultados de la modelización del crecimiento del porcino en el sistema de cama profunda. La salida muestra los resultados de ajustar un modelo raíz cuadrada-Y para describir la relación entre peso

y masa en el tiempo. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Peso} = (2,24194 + 0,936628 * \text{Masa_T})^2$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre peso y masa_T con un nivel de confianza del 95,0%. Asimismo, el coeficiente de determinación del modelo ajustado explica el 94,1184% de la variabilidad.

El error absoluto medio (MAE) de 0,310942 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Cuadro 2. Coeficientes de regresión del modelo peso Y = (a + b*X)²

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	2,24194	0,0885662	25,3138	0,0000
Pendiente	0,936628	0,0227417	41,1854	0,0000

Cuadro 3. Análisis de varianza del modelo de regresión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	276,34	1	276,34	1696,24	0,0000
Residuo	17,2688	106	0,162913		
Total (Corr.)	293,609	107			

Coefficiente de Correlación = 0,97

R² = 94,12%

R² (ajustado para g.l.) = 94,06%

Error estándar = 0,404

Error absoluto medio = 0,312

Estadístico Durbin-Watson = 1,72956

(P=0,0805)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,128779

Cuadro 4. Comparación de modelos alternos

Modelo	CME	R ² (%)
Raíz Cuadrada de Y	276,34	94,12
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	285,23	93,99
Exponencial	287,18	93,08
Cuadrado de X	288,57	92,59
Raíz Cuadrada Doble	288,79	92,39
Lineal	288,89	92,21
Multipliativa	289,91	91,56
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	290,11	90,25
Cuadrado Doble	291,10	89,59
Raíz Cuadrada de X	292,89	88,11
Doble Inverso	292,86	87,61
Raíz Cuadrada-Y Log-X	293,39	87,37
Log-Y Cuadrado-X	295,10	85,00
Inversa de Y	297,56	83,31
Cuadrado de Y	298,11	82,50
Logaritmo de X	300,12	80,99
Curva S	301,23	78,58
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	304,16	75,30
Inversa-Y Cuadrado-X	335,78	69,11
Cuadrado-Y Log-X	337,56	65,92
Inversa de X	342,12	62,14
Cuadrado-Y Inversa de X	389,35	45,94

Los pasos llevados desde el punto de vista metodológico para la obtención del modelo más representativo de la relación, ha permitido la modelización. Se observa que el crecimiento animal

o crecimiento ponderal (relación funcional entre el peso vivo con respecto a la edad) requiere de regresiones no lineales, tal como lo indica Chuairey *et al.* (2018). Un modelo de regresión lineal con un

Raíz Cuadrada de X	83567,0	86,99
Cuadrado de Y	83978,0	86,59
Raíz Cuadrada Doble	84161,0	86,42
Cuadrado de X	84897,0	85,23
Raíz Cuadrada de Y	84998,0	84,96
Raíz Cuadrada-Y Log-X	86265,0	78,10
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	86445,0	77,56
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	88264,0	75,53
Logaritmo de X	88727,0	74,17
Cuadrado-Y Log-X	102567,0	59,90
Inversa de X	130527,0	24,82
Cuadrado-Y Inversa de X	157847,0	16,24

Este ajuste del modelo de regresión es diferente al reportado por Braun *et al.* (2020) en las regresiones lineal simple y cuadrática para el porcentaje de tejido magro en función del rendimiento que resultaron no significativas ($r=0,037$ y $r=0,13$ respectivamente). Sin embargo, los valores de R^2 de las ecuaciones de predicción obtenidas por González *et al.* (2016) mediante el modelo de regresión cuadrática indican un ajuste aceptable para modelar la respuesta productiva, características de la canal y concentración de urea en plasma.

c. Peso vs consumo

Una vez modelizado el crecimiento y el consumo, se modelizó el crecimiento respecto al consumo (Cuadros 8, 9 y 10). Se ajusta a un modelo log-Y raíz cuadrada- X para describir la relación entre masa y consumo, la ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Peso} = \exp(1,12059 + 1,30298 * \sqrt{\text{Consumo}})$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre peso y consumo con un nivel de confianza del 95,0%. El estadístico R^2 indica que el modelo ajustado explica 90,83% de la variabilidad en peso. El coeficiente de correlación es igual a 0,95, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,19. El error absoluto medio (MAE) de 0,14 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin- Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95,0%.

Cuadro 8. Coeficientes de regresión del modelo del peso vs consumo

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	1,12059	0,0704054	15,9162	0,0000
Pendiente	1,30298	0,040214	32,401	0,0000

NOTA: intercepto = $\ln(a)$

Cuadro 9. Análisis de varianza del modelo de regresión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
Modelo	39,1888	1	39,1888	1049,83	0,0000
Residuo	3,95686	106	0,0373289		
Total (Corr.)	43,1457	107			

Coeficiente de Correlación = 0,953043 $R^2 = 90,83\%$
 R^2 (ajustado para g.l.) = 90,74% Error estándar = 0,19
 Error absoluto medio = 0,14 Estadístico Durbin-Watson = 1,09982
 (P=0,0000)
 Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,447476

Cuadro 10. Comparación de Modelos Alternos

Modelos	CME	R ² (%)
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	39,188	90,83
Raíz Cuadrada de Y	39,356	90,28
Lineal	39,738	89,12
Exponencial	39,925	88,93
Cuadrado de X	40,105	88,40
Cuadrado Doble	40,568	88,00
Raíz Cuadrada de X	40,856	85,69
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	40,987	85,14
Cuadrado de Y	43,539	81,55
Inversa de Y	44,732	79,80
Log-Y Cuadrado-X	44,967	79,46
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	48,345	74,58
Inversa-Y Cuadrado-X	52,934	64,12

Los resultados obtenidos refieren ajustes de modelización no lineales, Borbón (2019) indica que, los modelos no lineales cuando no son elegidos en forma empírica y se incorporan en ellos información sobre los procesos físicos o biológicos, como valores de las asíntotas, permiten una mejor interpretación y asociación de los parámetros obtenidos a procesos o fenómenos físicos. Estos modelos usan menos parámetros que los modelos lineales permitiendo obtener predicciones más fidedignas con mayor facilidad de interpretación de los parámetros que determinan la variable respuesta. Urbina (2016) concluyó que el ajuste de los modelos no lineales mixtos, permite caracterizar adecuadamente el crecimiento.

Parés y Kucherova (2014) indican que, los criterios matemáticos que permiten determinar la capacidad de ajuste de un modelo frente a otro,

requieren tener en cuenta la coherencia biológica de los parámetros estimados de cada modelo como parámetro de evaluación.

La empleabilidad de los modelos de crecimiento animal permite recopilar y resumir información en puntos estratégicos del desarrollo ponderal, y así, describir la evolución del peso según la edad del animal. Estos modelos también permiten comparar las tasas de crecimiento de diferentes individuos en estados fisiológicos equivalentes (Tholon y Queiroz, 2009). Sin duda, que los modelos ajustados obtenidos permiten predecir la respuesta de las variables estudiadas bajo estas condiciones.

Pochulu (2018) menciona que, un cerdo como ser vivo, el cual llegará un momento en que estará limitado tanto en espacio como en recursos, y comenzará a limitar la tasa de crecimiento y, por lo

tanto, el peso máximo que logre alcanzar. Para este caso será apropiado utilizar el modelo logístico, el cual está relacionado con el modelo exponencial para valores "pequeños" o iniciales de la variable de entrada; el cual es uno de los resultantes en la presente modelización ($R^2= 88,93\%$), caracterizado por una disminución en la tasa de crecimiento.

Freitas (2005) encontró que los modelos adecuados para describir el patrón de crecimiento de los cerdos fueron: Gompertz, logístico y Von Bertalanffy; cuando considero el coeficiente de determinación y la debida interpretación biológica de los parámetros. Estos hallazgos mantienen similitud con los encontrados en la presente investigación, lo que refleja el carácter biológico de la especie.

De acuerdo con Cicarelli *et al.* (2017) y Fraga *et al.* (2015) los modelos constituyen una herramienta valiosa para observar el crecimiento de los cerdos en los distintos sistemas de producción, que contribuyen a describir y analizar parámetros productivos tales como: ganancia media diaria (GMD), intervalo de tiempo entre el destete y la faena, entre otros. De esa manera se puede identificar los factores que incidan en el desarrollo y, por lo tanto, tomar medidas para mantener y/o mejorar la eficiencia productiva. Con respecto a la modelización Alonso *et al.* (2017) mencionan que, junto con la información de la dinámica de consumo de alimento durante esta misma etapa, se podrán desarrollar programas de nutrición de precisión para la fase de crecimiento.

De allí que estos modelos establecidos con los coeficientes de regresión obtenidos en los cerdos criados en cama profunda admiten predecir y describir las curvas de crecimiento, con una interpretación biológica del sistema de producción.

IV. CONCLUSIONES

El uso de modelos no lineales establecidos del sistema de producción de cama profunda mediante el empleo de recursos materiales propios y subproductos agrícolas de cultivos locales, describen de manera asintótica el crecimiento de los cerdos, que puede permitir la predicción del funcionamiento físico-biológico de una explotación de cerdos bajo estas condiciones, o sea el consumo de alimento balanceado aumenta con el tiempo,

pero el peso vivo disminuye hasta que se alcance el estándar de la raza.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M. A. C. (2017). Cascarilla del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en raciones de crecimiento, acabado para cerdos. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(1). <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/537/511>
- Alonso, G. U., Rueda, F. G., Vidal, M. R., y Luna, A. M. (2017). Análisis del modelo de crecimiento animal en cerdo ibérico de cebo en un cruce al 50% (Duroc IMF x Retinto Vallehermoso), mediante un modelo multinivel con efectos mixtos. <https://cutt.ly/5kukTaR>
- Borbón Gómez, J. J. (2019). Relación entre la alimentación y la ganancia de peso en el pre-cebo porcino bajo un modelo de regresión lineal en una producción porcina. Departamento de Administración. <https://cutt.ly/JkpzPfM>
- Braun, R., Cervellini, J., y Esteves Leyte, R. (2020). Calidad de las reses en cerdos mejorados, alojados en pistas al aire libre. *Semiárida*, 11(1), 43-48. Recuperado de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiaria/article/view/4713>
- Casas, G. A., Rodríguez, D., y Téllez, G. A. (2010). Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(3): 349-358.
- Campiño-Espinosa, G. P., y Ocampo-Durán, Á. (2010). Comportamiento de cerdos de engorde en un sistema de cama profunda utilizando racimos vacíos de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. *Orinoquia*, 14(2): 147-159.
- Ceron, Marcos Speroni, Oliveira, Vladimir de, Pieve, Natielei Alexandre Nunes Novais, Silva, Nhayandra Christina Dias e, Rossi, Carlos Augusto Rigon, Fraga, Bruno Neutzling, Muniz, Henrique da Costa Mendes, y Kessler, Alexandre de Mello. (2020). Nonlinear equations to determine the growth curve of immunocastrated pigs. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 55, e01184. Epub July 06, 2020. <https://>

- doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01184
- Cicarelli, M., Amanto, F. y Alvarado, P. (2017). Curva de crecimiento de cerdos de un criadero comercial de Tandil. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tesis de grado para optar: Médico Veterinario. Buenos Aires. Argentina. 35 p.
- Chuairey, L. F., Bustillo, C. W. G., de Calzadilla Pereyra, J., y Chang, N. U. L. (2018). Desarrollo de la modelación estadístico-matemática en las ciencias agrarias. Retos y perspectivas. *Investigación Operacional*, 38(5): 462-467.
- Chugcho, V. (2017). Apuntes acerca de la ganadería porcina en Ecuador. Noticias foro Agro Ganadero. Disponible:<http://foroagroganadero.com/news/new/IdNew/601/Option/3>
- Clavijo, N. E. (2018). Alimentación de porcinos de ceba con harina de víscera de pescado (HVP) tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el municipio de Garzón Huila Colombia, 2017. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 3: 37-49.
- Corral J, Calegari D. (2011). Towards and agent-based methodology for developing agroecosystems simulations. En: Barthe G, Pardo A, Schneider G. [Eds.]. *Software engineering and formal methods: 9th International Conference, SEFM 2011; 14 - 18 noviembre 2011; Montevideo, Uruguay*. Springer. pp. 431 - 446.
- Cruz, E., Almaguel, R. E., Mederos, C. M., González, C., Sáez, Y., Breña, L., y Bolaño, A. (2017). Evaluación y extensión de la tecnología de camas profundas en los sistemas de producción porcina del sector campesino y cooperativo en Cuba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina Volumen*, 24(1): 19-24
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L. A., Tablada, E. M., y Díaz, M. D. P. (2008). *Estadística para las ciencias agropecuarias* (No. 630.21 E79e). Córdoba, Argentina. Editorial Brujas.
- Estación Meteorológica ESPAM-MFL. (2019). Carrera de Ingeniería Agrícola. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta. Manabí.
- Fraga, B. N., Lovatto, P. A., Rorato, P. R. N., Oliveira, V. D., Rossi, C. A. R., y Lehnen, C. R. (2015). Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. *Ciência Rural*, 45(10): 1841-1847.
- Freitas, A. R. (2005). Curvas de crescimento na produção animal. *R. Bras. Zootec.*, 34: 786-795.
- Gómez, D. A. A., Muñoz, M. F. C., y Betancur, L. F. R. (2008). Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(1): 4.
- González, M, Figueroa, JL, Vaquera, H, Sánchez-Torres, MT, Ortega, ME, Copado, JMF, y Martínez, JA. (2016). Metaanálisis del efecto de dietas bajas en proteína y adicionada con aminoácidos sintéticos para cerdos machos castrados en finalización. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48(1): 50-58. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000100007>
- Gort, G. B. G., Villafranca, M. H., Corrales, C. P., y Bustillo, C. W. G. (2018). Modelos matemáticos para describir la producción de biomasa de la Moringa oleifera. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 16(1).
- Li, Z., Mao, T., Liu, T., y Teng, G. (2015). Comparison and optimization of pig mass estimation models based on machine vision. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 31(2), 155-161.
- Parés-Casanova, P. M.; Kucherova, I. (2014). Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en la cabra catalana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(3) 390-398.
- Pochulu, M. 2018. *La Modelización en Matemática: marco de referencia y aplicaciones*. 1a ed. Universidad Nacional de Villa María: GIDED. Libro digital, pdf.
- Sánchez, J., Soria, S., Leonard, I., Jácome, A., Andino, M., y Andrade-Yucailla, V. (2017). Utilización de guayaba y maní forrajero en la etapa de crecimiento

- ceba de cerdos en la Amazonía ecuatoriana. In Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria–Ecuador. REIMA. Universidad Estatal Amazónica. pp:137-140.
- Ramírez, S. (2017). La producción porcina del país está a la baja. Revista Líderes. Disponible: <https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html>
- Reyes, C. A., Florin, A. L., Aguilar, N. L., y Florin, J. L. (2018). Evaluación de dos sistemas de producción porcícola y su impacto en el medio ambiente. In Conference Proceedings , 2(2): 261-267.
- Romeu, G. (2018). Informativo porcino. N° 78. Cuarto trimestre. <https://issuu.com/rotecnapress/docs/ip78>
- Torres, V., y Ortiz, J. (2005). Aplicaciones de la modelación y simulación a la producción y alimentación de animales de granjas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 39, 397-406.
- Tholon, P., y Queiroz, S. A. De. (2009). Modelos matemáticos utilizados para describir curvas de crecimiento en aves aplicados ao melhoramento genético animal. *Ciência Rural*, 39(7): 2261-2269. doi:10.1590/S0103-84782009000700050
- Tlapa, R. C., Mancera, B. D., Beltrán, A. H., Hernández, J. M. M., Acosta, P. C., Ibarra, B. C. C. y Alarcón, Y. K. (2008). Modelos matemáticos en la evaluación del crecimiento de vaquillas cruzadas en clima cálido húmedo y su caracterización productiva a primera gestación. XXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano 2008. <https://cutt.ly/Jl2Ndxl>
- SAS. Statistical Analysis System. (2013). Versión 9.4
- Simón, F. (2016). Procesos de difusión Logístico y Gompertz. Métodos numéricos clásicos en la estimación paramétrica. <https://cutt.ly/ekpjOeq>
- Urbina, A. (2016). Modelos no lineales mixtos en el análisis de crecimiento de bovinos con datos de estructura incompleta (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Chihuahua). México. <http://repositorio.uach.mx/93/1/Tesina%20Alfredo%20Ramon%20Urbina%20Valenzuela.pdf>