

Ingeniería tecnológica de alimentación para el rendimiento de peso total de cuyes, Tacna-Perú

Technological feed engineering for total weight performance of guinea pigs, Tacna-Peru

Recibido: mayo 06 de 2024 | Revisado: mayo 21 de 2024 | Aceptado: junio 10 de 2024

INÉS MARITZA AGUILAR CONDORI¹
EDWIN ISMAEL PALZA CHAMBE¹
NOEMÍ ANA MARÍA CONDOR LAZO¹
IRENE VILMA LIMACHE ORTIZ¹
GEORGE ARGOTA PÉREZ²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue describir la ingeniería tecnológica de alimentación para el rendimiento de peso total de cuyes, Tacna-Perú. El estudio se realizó en la Granja Santa Rosa (latitud 17°56'28 y altitud 702 msnm) del Distrito de Pocollay (Tacna, Perú). La alimentación de los cuyes se basó en cuatro tratamientos (T1 = FVH con cebada libre + concentrado limitado, T2 = FVH con cebada limitado + concentrado libre, T3 = maíz chala limitado + concentrado libre y T4 = maíz chala libre + concentrado limitado). Transcurridas las cuatro semana se midió el peso total (g) y correspondió a: T3 = 661,33±47,17 > T2 = 644,77 ± 17.23 > T1 = 499,56 ± 8,34 > T4 = 474,33 ± 7,68. El T3 y T4 mostraron diferencias significativas en comparación con T1 y T2. El concentrado, rico en nutriente esencial, promovió un mayor peso en los cuyes en los tratamientos T2 y T3. El forraje verde hidropónico (FVH) con cebada y maíz chala no satisfizo completamente los requerimientos nutricionales en T1 y T4. La alimentación basada en concentrado, aunque efectiva, plantea desafíos de sostenibilidad y costos. La práctica de FVH puede ayudar a mitigar el estrés hídrico en Tacna, siendo crucial para la ingeniería tecnológica de alimentación.

Palabras clave: condición experimental; cuy; dieta animal; peso total; tecnología alimentaria

ABSTRACT

The objective of the study was to describe the technological feeding engineering for total weight performance of guinea pigs, Tacna-Peru. The study was conducted at Granja Santa Rosa (latitude 17°56'28 and altitude 702 masl) in the District of Pocollay (Tacna, Peru). The feeding of guinea pigs was based on four treatments (T1 = HVP with free barley + limited concentrate, T2 = HVP with limited barley + free concentrate, T3 = limited corn husk + free concentrate and T4 = free corn husk + limited concentrate). After four weeks, total weight (g) was measured and corresponded to: T3 = 661.33 ± 47.17 > T2 = 644.77 ± 17.23 > T1 = 499.56 ± 8.34 > T4 = 474.33 ± 7.68. T3 and T4 showed significant differences compared to

- 1 Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann "UNJBG". Tacna, Perú
- 2 Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú

Autor de correspondencia:
iaguilar@unjbg.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2024.v29n37.03>

T1 and T2. The concentrate, rich in essential nutrients, promoted greater weight in guinea pigs in treatments T2 and T3. Hydroponic green fodder (HVP) with barley and corn husk did not fully meet nutritional requirements in T1 and T4. Concentrate-based feeding, while effective, poses sustainability and cost challenges. The practice of HVP can help mitigate water stress in Tacna, being crucial for feeding technology engineering.

Keywords: animal diet; experimental condition; food technology; guinea pig; total weight

Introducción

Desde la perspectiva de la ingeniería tecnológica de alimentación, las actividades antropogénicas como la industrialización, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, la emisión de gases de efecto invernadero, la deforestación y la urbanización (Desoky et al., 2020) pueden afectar negativamente la calidad y disponibilidad de los insumos utilizados en la formulación de alimentos para animales.

Efectos como la sequía y el estrés hídrico, que reducen la apertura estomáica, inhiben el crecimiento radicular, retrasan la floración, limitan la fructificación y perjudican la productividad de los cultivos (Naylor & Coleman, 2018; Gupta et al., 2021), pueden comprometer la obtención de materias primas óptimas para la elaboración de dietas balanceadas. Cuando el estrés hídrico es consecuencia de la sequía, también se altera el intercambio gaseoso, la tasa de adsorción de carbono, se producen daños oxidativos y se pierde la turgencia (Hussain et al., 2018; Ullah et al., 2018), lo cual puede afectar la calidad nutricional y la composición de los ingredientes utilizados en la alimentación animal.

Por tanto, desde la ingeniería tecnológica de alimentación, es necesario mitigar los efectos del estrés hídrico para mantener la homeostasis osmótica e iónica

(Bhat et al., 2020; Manna et al., 2021), y así asegurar la disponibilidad de materias primas de calidad para la formulación de alimentos. Además, se requiere investigar alternativas que permitan la germinación de semillas y garanticen la viabilidad y el crecimiento de plantas (Zhang et al., 2018; Raza et al., 2019), que puedan ser utilizadas como fuentes de nutrientes en la alimentación animal, incluso bajo condiciones ambientales de estrés hídrico.

Las prácticas agrícolas climáticamente inteligentes metabólicas desde la perspectiva de la ingeniería tecnológica representan una alternativa prometedora para adaptarse y sobrevivir al estrés hídrico, asegurando la disponibilidad de insumos de calidad para la formulación de alimentos (Sharma et al., 2019; Patel et al., 2020). Estas prácticas son, particularmente, relevantes en regiones áridas como Tacna, Perú, ubicada en la cabecera del desierto de Atacama, el segundo más grande y seco del mundo debido a sus características de hiperaridez (Ritter et al., 2019). En estas zonas geográficas, el recurso hídrico es limitado para el desarrollo de actividades agropecuarias (Pino & Chávarri, 2022), lo que puede afectar la producción de materias primas para la elaboración de alimentos.

Por lo tanto, desde la ingeniería tecnológica de alimentación, es crucial implementar prácticas

agrícolas climáticamente inteligentes metabólicas que permitan cultivar y obtener ingredientes de calidad, incluso en condiciones de estrés hídrico severo. Estas prácticas pueden incluir técnicas de riego eficiente, selección de cultivos resistentes a la sequía, uso de enmiendas orgánicas para retener la humedad del suelo, entre otras estrategias. Al asegurar la disponibilidad y calidad de las materias primas, la ingeniería tecnológica de alimentación podrá formular dietas balanceadas y nutricionales que satisfagan los requerimientos específicos de las diferentes especies animales, incluso en regiones áridas como Tacna, donde el agua es un recurso escaso.

La crianza tradicional y comercial del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus, 1758) representa una oportunidad para aplicar conocimientos y técnicas avanzadas en el diseño de dietas optimizadas que maximicen la productividad de estos animales altamente valorados por su fácil reproducción, palatabilidad y elevado valor nutricional (Witkowska et al., 2017). En este contexto, la ingeniería tecnológica de alimentación puede desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de estrategias de suplementación nutricional, incluyendo la formulación de premezclas de minerales y vitaminas que garanticen la viabilidad y productividad óptima de los cuyes (Tellez et al., 2022).

Las técnicas de procesamiento desempeñan un papel crucial en la mejora de la calidad nutricional y la vida útil de las dietas formuladas para cuyes. Los estudios han demostrado que los métodos de procesamiento, como asar, remojar y cocinar la harina de kenaf, mejoran significativamente la ingesta de alimento, el aumento de peso, la digestibilidad de

los nutrientes y el porcentaje de aderezo (Popoola et al., 2023). Además, las técnicas de conservación del forraje, como el heno, el heno y el ensilado, ayudan a conservar los nutrientes para la alimentación del ganado durante todo el año, enfatizando la importancia de maximizar la eficiencia de la conservación de los nutrientes y, al mismo tiempo, minimizar los costos (Katoch, 2023). Además, analizar la composición química y el contenido energético de varios piensos es esencial para formular dietas económicamente viables para los cuyes, y los resultados muestran una gran variabilidad en la composición de los nutrientes y la densidad energética entre las diferentes fuentes de alimento (Castro & Chirinos, 2021).

La producción de forraje verde hidropónico ofrece una solución eficiente para mejorar el uso del agua y la tierra en regiones con escasez hídrica y limitaciones agrícolas, particularmente en la alimentación de cuyes. Investigaciones han demostrado que estos sistemas pueden reducir significativamente el consumo de agua y la necesidad de tierra en comparación con los métodos tradicionales de cultivo. Además, aumentan el rendimiento de biomasa y el contenido proteico del forraje, asegurando una producción continua de alimentos durante todo el año y mejorando la eficiencia general de la alimentación animal (Sharma et al., 2018; Ibtissame et al., 2021).

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) se caracteriza por su rápido ciclo de crecimiento y alta calidad nutricional, destacándose en términos de carbohidratos, proteínas y contenido de azúcares, según estudios recientes (Mejía & Orellana, 2019; Paipa et al.,

2020; Narváez & Guerrero, 2021). Estos resultados sugieren que el FVH podría ser una opción viable para mejorar el rendimiento de biomasa en las primeras etapas de crianza del cuy. Esta tecnología muestra un potencial significativo en la ingeniería tecnológica de alimentación, al proporcionar una fuente de alimento consistente y de alta calidad, crucial para enfrentar los desafíos alimentarios en la cría de cuyes. El objetivo del estudio fue describir la ingeniería tecnológica de alimentación para el rendimiento de peso total de cuyes, Tacna-Perú.

Método

El estudio se realizó en la Granja Santa

Rosa del distrito de Pocollay (Tacna, Perú) ubicada en las coordenadas: latitud 17°56'28 y altitud 702 msnm. Se consideró para la alimentación de los cuyes el forraje verde hidropónico (FVH) con cebada y maíz chala (Tabla 1). El aporte de nutrientes del concentrado se formuló en la empresa productora de alimentos veterinarios VITAPRO S.A. y presentó los requerimientos siguientes: proteína (16%), potasio (1.3%), magnesio (0.3%), calcio (1.0%), fósforo (0.6%) y fibra (10.0%). Además contenía, DL-metionina (0.20%), L-treonina (10.0%), L-lisina (0.1%), PrimeEQH 101 (3.5%), Quantum blue (0.01%), Mycoadaz (0.1%) y Antigen (0.5%). y concentrado que

Tabla 1

Contenido del concentrado en la alimentación de los cuyes (%).

| Contenido | % |
|--------------------------|------|
| Harina fina de maíz puro | 4.14 |
| Subproducto de trigo | 73 |
| Torta de soya | 11 |
| Harina integral de soya | 4 |
| Phosbio | 1.4 |
| Carbonato de calcio | 1.5 |
| Sal común | 0.4 |
| Cloruro de colina (60%) | 0.1 |
| DL-metionina | 0.20 |
| L-trionina | 0.05 |
| L-lisina | 0.1 |
| PrimeEQH 101 | 3.5 |
| Quantum blue | 0.01 |
| Mycoad az | 0.1 |
| Actigen | 0.5 |

Se diseñó un estante de cuatro niveles con estructura de soporte e invernadero (dimensiones: 1.8 m de largo x 0.70 m de ancho x 1.8 m de alto), con una distancia de 0.4 m entre cada nivel y una pendiente

del 10% para el drenaje del agua en las bandejas de cultivo, que consistieron en cajas de plástico oscuro (0.6 m de largo x 0.40 m de ancho). Para la crianza de cuyes, se utilizaron galpones con

muros de adobe y ventanas con mallas y cortinas de polipropileno para garantizar la iluminación y ventilación adecuadas. Cada galpón albergaba cuatro jaulas de crianza (1.20 m x 0.90 m) equipadas con comederos y bebederos.

Se establecieron cuatro tratamientos experimentales para analizar la alimentación, con distintas combinaciones de forraje verde hidropónico (FVH), cebada y maíz chala, junto con concentrado (T1 = FVH con cebada libre + concentrado limitado, T2 = FVH con cebada limitado + concentrado libre, T3 = maíz chala limitado + concentrado libre y T4 = maíz chala libre + concentrado limitado). El período experimental duró cuatro semanas, durante las cuales se aplicaron diferentes restricciones alimentarias (National Research Council, 1985).

Se registró el peso inicial y final de los cuyes en cada tratamiento utilizando

una balanza digital de precisión (gramera Patrick's AM3; precisión = 1 g). El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Centurion 18°, aplicando pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, 1965), y análisis de varianza con el test de Duncan (Duncan, 1955), para comparaciones entre los tratamientos. Los datos se consideraron significativos cuando $p < 0.05$.

Resultados

Los pesos totales de los cuyes provinieron de una distribución normal con un 95% de nivel de confianza: T1 = .998 (estadístico); .912 (significación), T2 = .775 (estadístico); .055 (significación), T3 = 1.000 (estadístico); .965 (significación) y T4 = .998 (estadístico); .912 (significación). Se halló diferencia significativa en los tratamientos, después de las cuatro semanas de experimentación (Tabla 2).

Tabla 2

Peso final (g) de los cuyes en cada tratamiento experimental

| Tratamiento experimental | Media experimental (g) | Error Estándar | Homogeneidad de grupos | Valor de p |
|--------------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------|
| T3 | 661.33 | 27.24 | a | |
| T2 | 644.77 | 9.95 | a | 0.00 |
| T1 | 499.56 | 4.82 | b | |
| T4 | 474.33 | 4.44 | b | |

Nota. Las letras (a, b) indican una diferencia significativa entre los tratamientos experimentales para $p < 0.05$, según Duncan (1955).

Discusión

Taboada (2022) sugiere que durante la fase de crecimiento de los cuyes, el uso de forraje verde hidropónico (FVH) con cebada puede ser suficiente sin necesidad de complementarlo con maíz chala. Se

observó que los cuyes alimentados con FVH de cebada y maíz chala fresco mostraron un menor peso en comparación con aquellos alimentados con concentrado limitado, como se evidenció en los tratamientos T1 y T4. Este resultado coincide con el hallazgo de Yanchaliquin (2022), quien señaló que

el FVH de cebada y maíz, combinado con concentrados, resultó en un mayor peso y mejor rendimiento de la canal para los cuyes.

La disminución del peso total en los tratamientos T1 y T4, en comparación con T2 y T3, podría atribuirse a la posible pérdida de proteínas durante el ciclo de producción del FVH. Además, la composición química del FVH de cebada y maíz chala puede no satisfacer completamente los requerimientos nutricionales de los cuyes en los tratamientos T1 y T4. Sin embargo, la alimentación basada en concentrado, aunque más efectiva, resulta ser costosa. La práctica agrícola con FVH puede mitigar el estrés hídrico en la región de Tacna y, dado que los cuyes son herbívoros, necesitan una dieta que incluya forraje.

Núñez & Guerrero (2021), señalan que la producción de biomasa vegetal mediante técnicas como el forraje verde hidropónico (FVH) puede impactar positivamente el rendimiento del peso total de cuyes en la ingeniería tecnológica de alimentación. Esta tecnología permite una nutrición saludable para los animales domésticos al utilizar la germinación y el crecimiento inicial de plántulas a partir de semillas viables. Además, el FVH es adecuado para la producción doméstica al ser adaptable a pequeños espacios, suelos de baja fertilidad y terrenos difíciles, lo cual es crucial en entornos agrícolas con limitaciones. Sin embargo, su implementación exitosa requiere gestionar aspectos como la temperatura, luz, agua, humedad y nutrientes de manera adecuada.

Uno de los aspectos destacados del forraje verde hidropónico (FVH) es su

ciclo de producción, típicamente entre 11 y 15 días. Después de este periodo, puede observarse una reducción en el contenido de proteínas, lo cual afecta la adecuada alimentación de los cuyes. En un estudio reciente, se utilizó un ciclo de producción de 11-12 días, siguiendo las recomendaciones de Curasma et al. (2021), quienes encontraron un rendimiento óptimo del FVH con cebada, alcanzando una biomasa de 3.5 kg/m² antes de iniciar la alimentación de los cuyes.

En este estudio realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú), se comparó el crecimiento de los cuyes bajo diferentes sistemas de alimentación. Se observó que los sistemas que utilizaban exclusivamente FVH de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y forraje fresco de maíz chala mostraron una ineficiencia en el crecimiento de los cuyes. Este resultado coincide con el análisis de los tratamientos T1 y T4 donde la ganancia del peso total, obedeció a la combinación con el concentrado limitado, pero difiere a lo mencionado por Yanchaliquin (2022), al incorporar forrajes hidropónicos en la dieta de los cuyes, donde observó un aumento en el peso y un mejor rendimiento de la canal, especialmente cuando se utilizó forraje verde hidropónico (FVH) de cebada y maíz, complementado con concentrados. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio.

La diferencia en el peso total de los cuyes entre los tratamientos experimentales T1 y T4, en comparación con T2 y T3, podría atribuirse a una posible reducción en el contenido de proteínas durante el ciclo de producción del forraje verde hidropónico (FVH). Esta pérdida podría

haber afectado la alimentación adecuada de los cuyes. Sin embargo, en este estudio, no se evaluó previamente dicho ciclo de producción para determinar la alimentación óptima de los animales.

Conclusiones

El concentrado, al contener un mayor porcentaje de proteínas, potasio, magnesio, calcio, fósforo y fibra, y al ser suministrado de manera libre, resultó en un mayor peso total para los cuyes en los tratamientos T2 y T3. Es posible

que la composición química del forraje verde hidropónico (FVH) con cebada y maíz chala no haya cumplido con los requerimientos nutricionales en los tratamientos T1 y T4. Sin embargo, la alimentación basada en concentrado resulta ser costosa y puede no ser sostenible a largo plazo. En respuesta al estrés hídrico en la región de Tacna, la práctica agrícola con FVH puede ayudar a mitigarlo, ya que los cuyes, siendo especies herbívoras, requieren una dieta que incluya forraje como parte de la ingeniería tecnológica de alimentación.

Referencias

- Bhat, M.A., Kumar, V., Bhat, M.A., Wani, I.A., Dar, F.L., Farooq, I., Bhatti, F., Koser, R., Rahman, S., & Jan, A.T. (2020). Mechanistic insights of the interaction of plant growth-promoting Rhizobacteria (PGPR) with plant roots toward enhancing plant productivity by alleviating salinity stress. *Frontiers in Microbiology*; *11*, 1-20. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.01952>
- Castro, B.J., & Chirinos, P.D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*Cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*; *5*(2), txab019. <https://doi.org/10.1093/tas/txab019>
- Curasma, C.J., Contreras, P.J.L., Huamán, J.R., & Ochoa, A.J.L. (2021). Sustratos y tiempos de cosecha en el rendimiento del forraje verde hidropónico de la cebada. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI*; *1*(2), 63-71. <https://doi.org/10.54943/ricsxxi.v1i1.171>
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*; *11*(11): 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>
- Desoky, E.S.M., Saad, A.M., El-Saadony, M.T., Merwad, A.R.M., & Rady, M.M. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria: Potential improvement in antioxidant defense system and suppression of oxidative stress for alleviating salinity stress in *Triticum aestivum* (L.) plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*; *30*, 101878 <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101878>
- Gupta, A., Bano, A., Rai, S., Dubey, P., Khan, F., Pathak, N., & Sharma, S. (2021). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a sustainable agriculture to rescue

- the vegetation from the effect of biotic stress: a review. *Letters in Applied NanoBioScience*; 10, 2459-2465. <https://doi.org/10.33263/LIANBS103.24592465>
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*; 201, 152-166. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.01.028>
- Ibtissame, E., Rachida, A.A., Khaoula, T., & Abdelaziz, M. (2021). Hydroponic and aquaponic farming: comparative study based on internet of things IoT technologies. *Procedia Computer Science*; 191, 499-504. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.07.064>
- Katoch, R. (2023). Conservation and processing of forages. In: techniques in forage quality analysis. Springer, Singapore. ISBN: 978-981-19-6020-8. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6020-8_15
- Shapiro, S.S., & Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*; 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- National Research Council. 1995. Nutrient requirements of laboratory animals; Guinea Pig. Washington, D.C., *National Academy Press*. 176 p
- Manna, M., Thakur, T., Chirom, O., Mandlik, R., Deshmukh, R., & Salvi, P. (2021). Transcription factors as key molecular target to strengthen the drought stress tolerance in plants. *Physiologia Plantarum*; 172, 847-868. <https://doi.org/10.1111/PPL.13268>
- Mejía, C.H.J., & Orellana, N.F.S. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*; 5(9), 1103-1120. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>
- Narváez, J., & Guerrero, E.M. (2021). Forraje verde hidropónico y organopónico de maíz como suplemento nutricional para ovinos del piedemonte amazónico. *Revista de Investigación Agraria y ambiental*; 13(1), 253-266. <https://doi.org/10.22490/21456453.4535>
- Naylor, D., & Coleman, D.D. (2018). Drought stress and root-associated bacterial communities. *Frontiers in Plant Science*; 8, 2223. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2017.02223>
- Núñez, T.O.P., & Guerrero, L.J.R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*; 8(1), 44-52. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Paipa, L., Bernal, L., Conde, A., Quijano, N., & Bula, K. (2020). El forraje verde hidropónico: una alternativa sostenible en tiempos de cambio

- climático. *Ámbito Investigativo*; 5(2), 60-71.
- Patel, M.K., Kumar, M., Li, W., Luo, Y., Burritt, D.J., Alkan, N., & Tran, L.S.P. (2020). Enhancing salt tolerance of plants: from metabolic reprogramming to exogenous chemical treatments and molecular approaches. *Cells*; 9, 2492. <https://doi.org/10.3390/CELLS9112492>
- Pino, V.E., & Chávarri, V.E. (2022). Evidencias de cambio climático en la región hiperárida de la costa sur de Perú, cabecera del desierto de Atacama. *Tecnología y Ciencias del Agua*; 13(1); 333-376. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-01-08>
- Popoola, Y.A., Olorunbohunmi, T.O., Omodewu, I.A, Oladele B.M.O., Ajayi S.R, & Omole, A.J. (2023.) Effect of different processing techniques of kenaf grain meal in the diets of rabbits, *Global Journal of Agricultural Research*; 11(1), 10-16. <https://doi.org/10.37745/gjar.2013/vol11n11016>
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S.S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants*, 8(2), 1-29. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Ritter, B., Wennrich, V., Medialdea, A., Brill, D., King, G., Schneiderwind, S., Niemann, K., Fernández, G.E., Diederich, J., Rolf, C., Bao, R., Melles, M., & Dunai, T.J. (2019). Climatic fluctuations in the hyperarid core of the Atacama Desert during the past 215 ka. *Scientific Reports*; 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41743-8>
- Sharma, A., Shahzad, B., Rehman, A., Bhardwaj, R., Landi, M., & Zheng, B. (2019). Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules*; 24, 2452. <https://doi.org/10.3390/molecules24132452>
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O.P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*; 17(4), 364-371. <http://dx.doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
- Taboada, M.V.H. (2022). Evaluación de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en sistemas de alimentación durante el crecimiento del cuy (*C. porcellus*). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista [Facultad de Zootecnia, Universidad Agraria La Molina]. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5280>
- Tellez, V.R.dP., Flores, A.H., Padilla, M.M.A., Ramos, M.L.A., & Rodríguez, P.H. (2022). Efecto de la suplementación de selenio orgánico y vitamina E sobre parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*; 6(18), 436-440. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.177>

- Ullah, A., Manghwar, H., Shaban, M., Khan, A.H., Akbar, A., Ali, U., Ali, E., & Fahad, S. (2018). Phytohormones enhanced drought tolerance in plants: a coping strategy. *Environmental Science and Pollution Research*; 25, 33103-33118. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3364-5>.
- Witkowska, A., Price, J., Hughes, C., Smith, D., White, K., Alibhai, A., & Rutland, C.S. (2017). The effects of diet on anatomy, physiology and health in the *Guinea pig*. *Journal of Animal Health and Behavioural Science*; 1(1), 1-6.
- Yanchaliquin, T.J.W. (2022). Forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes. Tesis para optar por grado académico de Ingeniero Zootecnista [Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba, Ecuador <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17088>
- Zhang, G., Sun, Y., Sheng, H., Li, H., & Liu, X. (2018). Effects of the inoculations using bacteria producing ACC deaminase on ethylene metabolism and growth of wheat grown under different soil water contents. *Plant Physiology and Biochemistry*; 125, 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.005>