



PROGRAMA DE FORMACIÓN AMBIENTAL

Nombre del curso: Economía circular y nutrición animal inteligente: valorización de subproductos y formulación avanzada de dietas.

Duración en horas: 40

Dirigido a: estudiantes, docentes y profesionales interesados en la economía circular y la nutrición animal inteligente.

Nombres y apellidos del profesor principal: Dr. C. Aroldo Botello León

Síntesis curricular del profesor principal:

Doctor en Medicina Veterinaria (Universidad de Granma, Cuba), Master en Biología Marina con Mención en Acuicultura (Universidad de La Habana, Cuba), Doctor en Ciencias Veterinarias (Universidad Agraria de la Habana, Cuba) y Máster Universitario en Agroalimentación (Universidad de Cádiz-Universidad de Córdoba, España). Profesor, investigador y consultor especializado en nutrición y alimentación animal, con más de 23 años de experiencia teórica y práctica en la formulación y elaboración de dietas convencionales y alternativas óptimas y seguras, así como valorización de subproductos animales y vegetales, reducción de desperdicios y contribución a la economía circular. Ha participado en varios proyectos de investigación en Cuba, Ecuador y España. Ha sido autor de más de 40 artículos científicos; los que ha presentado en más de 60 eventos nacionales e internacionales. Autor del libro *Estadística para la producción y salud animal* y un libro en revisión: *Morfofisiología de peces teleósteos y crustáceos decápodos de interés acuícola*. Con más de 20 tesis dirigidas (pregrado y maestría).

Fundamentación:

El desarrollo sostenible y la optimización de los recursos productivos representan retos prioritarios en la producción animal actual. En este contexto, la economía circular surge como un modelo innovador que busca reducir el desperdicio y maximizar el aprovechamiento de insumos, especialmente en los sistemas de nutrición y alimentación animal. La creciente generación de subproductos agroindustriales y la necesidad de transformarlos en fuentes alternativas de nutrientes demandan profesionales capaces de evaluar su potencial, integrarlos de forma segura y formular dietas eficientes, sostenibles y económicamente viables. A través de un enfoque multidisciplinario, el curso permite adquirir competencias para diseñar sistemas alternativos de nutrición que incorporen principios de sostenibilidad y eficiencia productiva. Asimismo, se incorpora el uso de Excel y la inteligencia artificial como soporte para la formulación avanzada de dietas, potenciando la toma de decisiones basadas en datos y optimizando la rentabilidad en la producción animal. Se enfatiza en la aplicación práctica, brindando metodologías para el diseño de dietas balanceadas para aves, cerdos y peces. En un escenario global que exige soluciones sostenibles e innovadoras, este curso aporta una

formación especializada que integra ciencia, tecnología y gestión eficiente de recursos, preparando a los participantes para liderar la transición hacia una nutrición animal inteligente y una producción más responsable.

Objetivo general:

Fortalecer conocimientos en el diseño de sistemas alternativos de nutrición y alimentación animal basados en principios de economía circular, valorización de subproductos agroindustriales y promover el uso de herramientas digitales e inteligencia artificial para la formulación eficiente de dietas balanceadas para aves, cerdos y peces.

Programa analítico:

Tema	Objetivo específico	Contenidos
Tema 1. Economía circular en sistemas alternativos de nutrición animal.	Actualizar conceptos fundamentales de economía circular y su aplicación en sistemas de nutrición y alimentación animal alternativos.	- Fundamentos y principios de la economía circular aplicados a la nutrición y alimentación animal. - Casos prácticos en la nutrición animal.
Tema 2. Valorización de subproductos agroindustriales.	Identificar, clasificar y evaluar el potencial nutricional de subproductos animales y vegetales.	- Clasificación, origen y disponibilidad de subproductos animales y vegetales. - Evaluación nutricional y limitaciones de uso. - Casos prácticos de inclusión de subproductos en dietas para aves, cerdos y peces.
Tema 3. Fundamentos de formulación de dietas animales balanceadas.	Brindar conocimientos actualizados sobre la formulación de dietas balanceadas.	- Fisiología digestiva de aves, cerdos y peces. - Actualización de los requerimientos nutricionales. - Principios para la formulación de dietas.
Tema 4. Herramientas digitales e inteligencia artificial para la formulación de dietas animales.	Desarrollar habilidades prácticas en la formulación de dietas para aves, cerdos y peces mediante herramientas digitales e inteligencia artificial.	- Cálculos prácticos de formulación de dietas con Excel para aves, cerdos y peces. - Introducción a la inteligencia artificial en la formulación de dietas para animales. - Desarrollo de prototipos y aplicaciones prácticas.

Indicaciones metodológicas:

Se basa en la formación a distancia, utilizando una plataforma de aprendizaje online, que permite al estudiante acceder a los contenidos del curso y realizar prácticas y consultas al equipo docente, así como disponer de los recursos y la ayuda que necesite en cualquier momento durante los 60 días que tendrá acceso a la plataforma; período de tiempo en el que deberá responder los cuatro kit de evaluación e interactuar con el docente y el resto de los estudiantes matriculados a través del foro virtual.

Recursos necesarios:

Curso virtual: acceso a plataforma para videoconferencias, bibliografías y orientaciones metodológicas.

Sistema de evaluación:

Como parte del sistema de evaluación en el curso, se considerará:

- Interacción en los cuatro foros virtuales en los plazos establecidos.
- Respuesta a los cuatro kits de evaluación en los plazos establecidos.

Bibliografía recomendada:

- Akintan, O., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. D. (2024). Animal feed formulation—Connecting technologies to build a resilient and sustainable system. *Animals*, 14 (10): 1-16. <https://doi.org/10.3390/ani14101497>
- Botello A.L., Martínez Y., Cotería M.B., Morán C.M., Ortega M.O., Pérez K.C. & Waititu S. (2020) Growth performance, carcass traits and economic response of Cobb-500® broiler fed of palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 54 (20): 1-12. <https://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/986/1239>
- Botello A.L., Martínez Y., Viana M.T., Ortega M.O., Morán C.M., Pérez K.C., Méndez Y.M., Borja V.M. (2022) Effect of palm kernel cake in the nutrition for tilapia fry (*Oreochromis niloticus*). *Revista MVZ Córdoba*, 27 (2): 1-10. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2527>
- Botello A.L., Méndez-Martínez Y., Pérez-Corría, Ortega-Ojeda M., Teresa-Viana M., Morán-Ribas C. (2024) Characterization of duckweed and water hyacinth and their effect on the apparent digestibility in tilapia. *Revista MVZ Córdoba*, 29 (2): 1-12. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3458>
- Cervantes, P. L., Xicotencatl, R. I. F., Cador, C. M., & Kinney, I. S. (2024). Circular economy and food safety: A focus on ONE health. *Applied Food Research*, 4 (2): 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100509>
- Chiba, L. I. (2009). Diet formulation & common feed ingredients. Auburn University. Estados Unidos. <https://agriculture.auburn.edu/wp-content/uploads/2021/12/Animal-Nutrition-Handbook-2014-3rd-Rev-Chiba.pdf>
- Dieguez-Santana, K., Sarduy-Pereira, L., Ruiz-Reyes, E., & Sablón Cossío, N. (2025). Application of the Circular Economy in Research in the Agri-Food Supply Chain: Bibliometric, Network, and Content Analysis. *Sustainability*, 17 (5): 1-28. <https://doi.org/10.3390/su17051899>
- Instituto para el Desarrollo de la Valorización Ambiental (IdeVa) (2023). Guía práctica de economía circular: Modelos de negocio. Editorial IdeVa. España. https://www.ideva.es/sites/default/files/2023-11/GuiaNuevosModelosNegocioEC_red.pdf

- Kuhl, E. (2025). AI for food: Accelerating and democratizing discovery and innovation. *npj Science of Food*, 9 (82): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00441-8>
- Méndez-Martínez, Y.; Valensuela-Barros, H.A.; Cruz-Quintana, Y.; Botello-León, A.; Muñoz-Mestanza, R.D.; Orellana-Castro, G.L.; Angulo, C. (2024) Effect of Dietary Supplementation with Organic Silicon on the Growth Performance, Blood Biochemistry, Digestive Enzymes, Morphohistology, Intestinal Microbiota and Stress Resistance in Juvenile Hybrid Tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*). *Biology*, 13 (531): 1-20. <https://doi.org/10.3390/biology13070531>
- Méndez-Martínez, Y.; Vera-Veliz, A.R.; Cortés-Jacinto, E.; Cruz-Quintana, Y.; Botello-León, A.; Mendoza-Carranza, P.D.; Calvo, N.S. (2023) Growth Performance, Feed Utilisation, Digestive and Metabolic Enzyme Activity, and Liver Morphohistology in Hybrid Tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) Juveniles Fed with the Inclusion of Chitosan in Their Diet. *Fishes*, 2023 (8): 1-14. <https://doi.org/10.3390/fishes8110546>
- Méndez-Martínez, Y.; Narváez-Narváez, R.I.; Angulo, C.; Cortés-Jacinto, E.; Botello-León, A.; Verdecia-Acosta, D.M.; Torres-Navarrete, Y.G. (2023) Chemical composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) and its effect on growth performance, feed efficiency and metabolic biochemistry of juvenile hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51 (3): 1-20. <https://doi.org/10.15835/nbha51313337>
- Meshram, K., Mishra, U., & Rathnayake, U. (2025). Application of Artificial Intelligence in Agri-Tech, Environmental and Biodiversity Conservation. *Array*, 26 (2025): 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100412>
- National Dairy Development Board. (2012). Manual de alimentación animal: Animal nutrition booklet. NDDDB. India. <https://www.nddb.coop/sites/default/files/Animal-Nutrition-booklet.pdf>
- Nguyen, T. H., Wang, X., Utomo, D., Gage, E., & Xu, B. (2025). Circular bioeconomy and sustainable food systems: What are the possible mechanisms?. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 11 (2025): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2025.100145>
- Pérez, K.C., Botello, A.L., Mauro, A.K., Rivera, P.F., Viana, M. T., Cuello, P.M., Botello, R.A. & Martínez, A.Y. (2019) Chemical Composition of Earthworm (*Eisenia foetida*) Co-Dried with Vegetable Meals as an Animal Feed. *Revista Ciencia y Agricultura*, 16 (2): 79-92. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9130>
- Pomar, C., & Remus, A. (2022). The Impact of Feed Formulation and Feeding Methods on Pig and Poultry Production on the Environment. *Journal of Animal Science*, 100 (3): 124-125. <https://doi.org/10.1093/jas/skac247.237>
- Tambovceva, T., & Titko, J. (2020). Introduction to Circular Economy. University of Economics and Culture. Letonia. [https://www.augstskola.lv/upload/book Introduction to Circular Economy 2020.pdf](https://www.augstskola.lv/upload/book%20Introduction%20to%20Circular%20Economy%202020.pdf)
- Valdivié N.M., Martínez A.Y., Mesa F.O., Botello L.A., Betancur H.C. & Velázquez M.B. (2020) Review of *Moringa oleifera* as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 260 (2020): 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114338>



Elaborado por:
PhD. Aroldo Botello León
Docente-Tutor



Revisado por:
PhD. María Victoria Reyes Vargas
Programa Formación Ambiental



Aprobado por:
PhD. Gilberto Javier Cabrera Trimiño
Presidente Consejo Científico