

LA AVICULTURA DE PRECISIÓN: UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA POTENCIAR LA PRODUCCIÓN AVÍCOLA SOSTENIBLE

D. Luis Eduardo Casas Cirión:



Doctor en Ciencias Veterinarias en la Universidad de Montevideo (Uruguay) y diplomado en Nutrición y Alimentación de Aves en Tech Universidad tecnológica de la Ciudad de México. Además, ha estudiado el Máster en Producción y Sanidad Animal (Ciencias Veterinarias) en Tech Universidad Tecnológica: México y España, ES. Actualmente, es Docente Responsable de Avicultura (Cátedra de Aves), en la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad de Montevideo (Uruguay) y miembro activo de Redilat (Red de Investigadores Latinoamericanos).

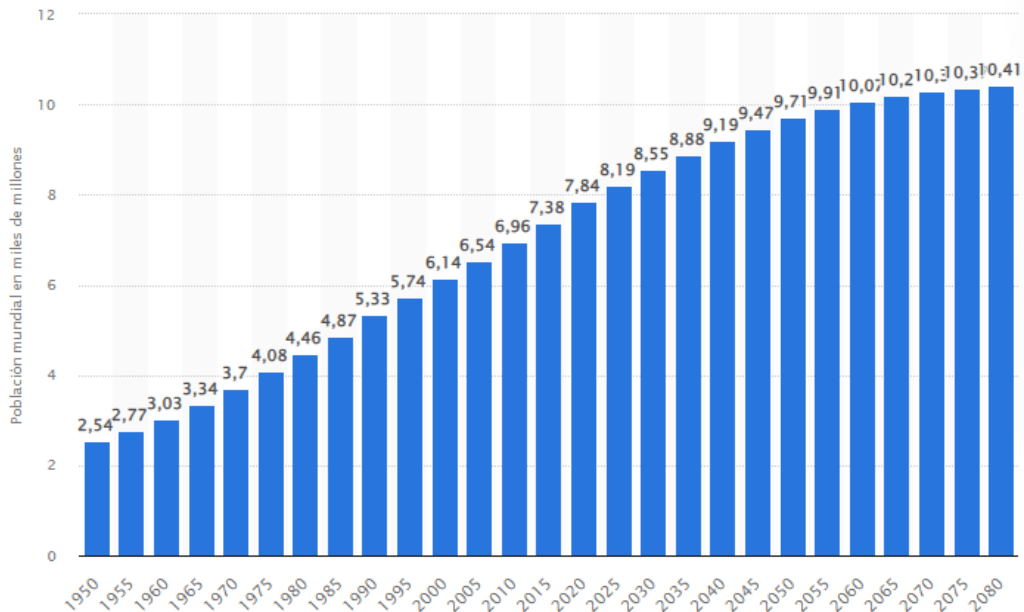
D^a. Andrea Carvalho Iglesias:

Doctora en Ciencias Veterinarias en la Universidad de Montevideo (Uruguay) y Máster en Gestión y Auditorías Ambientales (Medio Ambiente) en la Universidad Internacional Iberoamericana: Arecibo, PR. Ejerce como investigadora independiente en la ciudad de Maldonado, en Uruguay.



La población mundial actual de 7.600 millones de personas alcanzará los 8.600 millones para el año 2030. Además, llegará a 9.800 millones para 2050 (ONU, 2023). Por otra parte, los hábitos alimentarios cambiarán dado el aumento de ingresos y la constante urbanización (OCDE y FAO, 2021). Lo anteriormente descrito, impulsará la demanda mundial por proteínas de origen animal, con el consecuente incremento de la demanda de tierra, agua, insumos, así como de la eficiencia productiva.

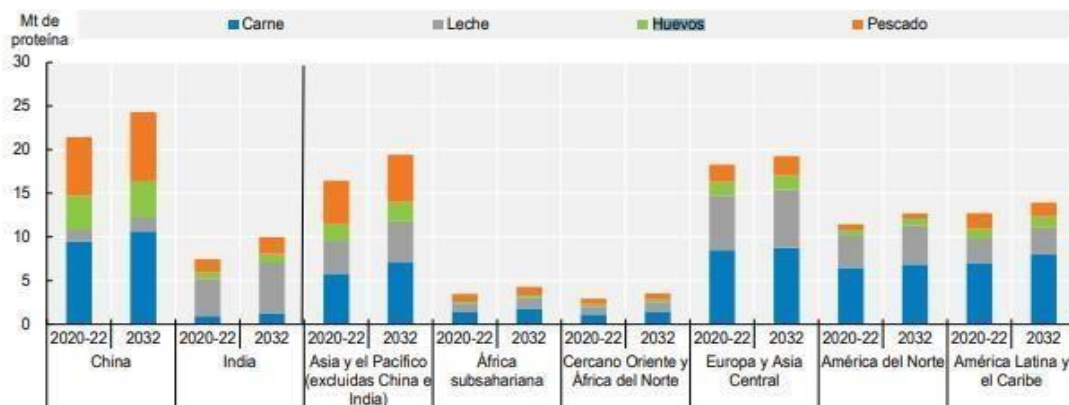
Gráfico 1. Evolución de la población mundial (en miles de millones)



Fuente: Statista 2023.

Se prevé que la producción y el consumo de productos avícolas aumenten en los próximos años, este crecimiento estará impulsado por su huella ambiental pequeña, bajo costo y atributos de salud positivos (OCDE y FAO, 2021).

Gráfico 2. Producción con base en proteínas



Fuente: OCDE/FAO (2023), "OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas", *Estadísticas de la OCDE sobre agricultura* (base de datos), <http://dx.doi.org/10.1787/aqr-outl-data-en>.

Fuente: OCDE/ FAO 2023.

Los huevos son las fuentes más asequibles de proteínas animales para toda clase de personas, por lo que el futuro de la industria avícola es auspicioso, pero tal crecimiento será posible gracias a los avances en la alimentación, la genética y el manejo. Un dato relevante es el facilitado por la Bolsa Mercantil de Colombia, que en 2023 indicaba: “En relación a la producción mundial de huevos, entre los años 2015 y 2020, la misma tuvo un aumento significativo del orden del 26.1%”.

Cuadro 1. Desarrollo previsto de la producción mundial de huevos entre 2020 y 2030 en los 10 países con mayor volumen de producción en miles de t (*).

Países / Años	2020	2025	2030	Aumento Absoluto	%
China	34.400,0	34.085,8	34.953,1	527,1	16,5
India	5.571,9	6.597,2	7.493,0	1.021,1	4,5
Estados Unidos	6.554,8	6.874,3	7.161,7	605,9	9,3
Méjico	3.028,1	3.193,6	3.349,0	320,9	10,6
Brasil	2.853,2	2.977,8	3.106,3	253,1	8,9
Rusia	2.601,1	2.715,2	2.823,7	222,6	8,6
Indonesia	2.192,2	2.439,8	2.661,4	469,2	21,4
Japón	2.671,5	2.616,3	2.556,4	-115,1	-4,3
Tailandia	1.111,2	1.155,4	1.178,6	67,4	6,1
Pakistán	915,1	1.030,3	1.168,5	253,4	27,7
Total 10 países	61.799,1	63.685,7	66.451,7	4.652,5	7,5
Total mundial	87.586,4	91.202,2	95.603,9	8.017,5	9,2

(*) OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2021-2030)

Los huevos son fuentes de proteínas de alto valor biológico por contener aminoácidos esenciales que el organismo humano no los puede sintetizar. Al mismo tiempo, el huevo contiene grasas de buena calidad por su alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, y no contiene grasas trans que son las que generan problemas a nivel de las arterias coronarias (López et. al, 2017). Por otra parte, contiene lecitina que es antiaterogénica e hipocolesterolémica, y también contiene colina, que es un nutriente precursor del neurotransmisor acetilcolina, que está implicado en el funcionamiento del Sistema Nervioso y la memoria (Carbajal, 2006). A todo esto, se agregan las altas exigencias de los consumidores por proteínas animales seguras.

La población mundial, los recursos y la dinámica climática sugieren que debemos mejorar la sostenibilidad del sistema de producción de alimentos, y la alimentación de precisión de los animales puede ser una de las formas de lograr este objetivo (Liebe y White, 2019).

La avicultura de precisión ha evolucionado de manera acelerada en los últimos años y dentro de ella la nutrición de precisión ayudaría en la utilización efectiva de los recursos

alimenticios disponibles con el objetivo de maximizar la respuesta de los animales a los nutrientes y mejorar la rentabilidad de la granja (Andonovic et al., 2018).

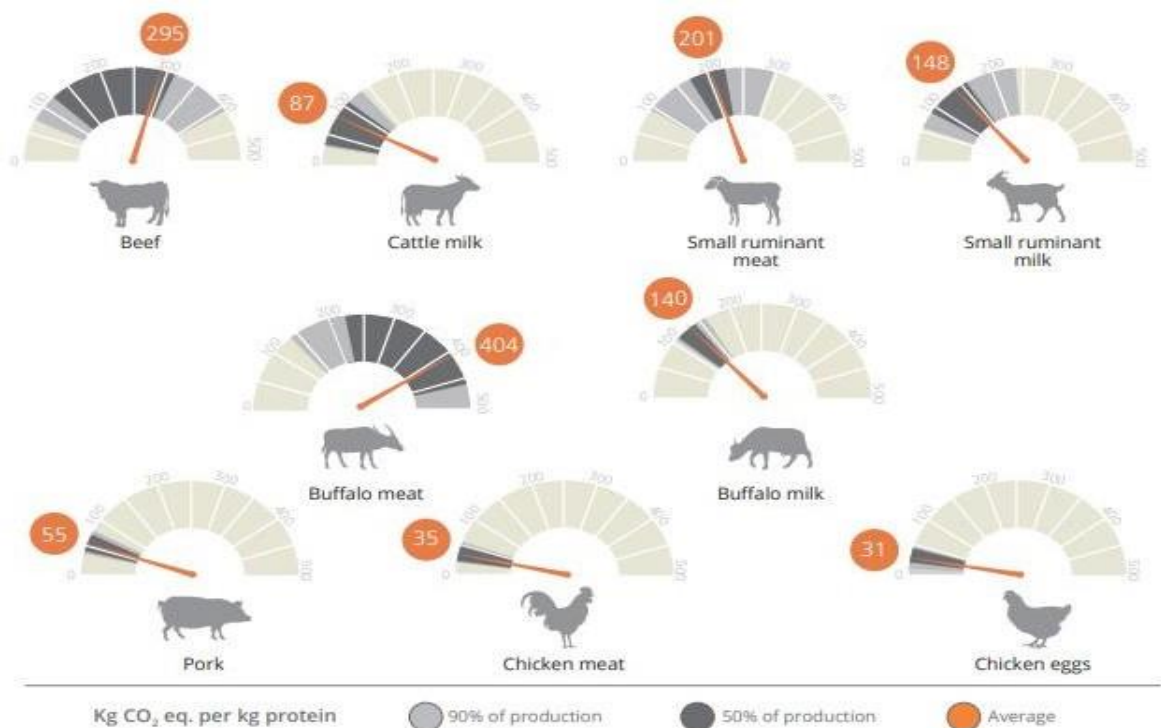
Por lo tanto, debemos tener presente la importancia de la nutrición de precisión y cómo las tecnologías en desarrollo podrían ayudar a mejorar la producción de manera eficiente en la industria avícola, teniendo en cuenta aspectos relacionados al medio ambiente, el bienestar animal, la inocuidad y seguridad alimentaria (Tortorelo, 2020).

La Avicultura de Precisión

La avicultura de precisión hace referencia a poder satisfacer las necesidades de las aves de producción intensiva con la máxima precisión para obtener el máximo rendimiento con los recursos disponibles (Tullo et al., 2019).

Esto conlleva a generar menos residuos en el sistema, lo que se traducirá en mayores beneficios económicos, sociales y medioambientales. En relación al aspecto medioambiental, va a ayudar a reducir la emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco en el aire, la contaminación de nitratos y antibióticos en cuerpos de agua, fósforo y metales pesados en el suelo (Andonovic et al., 2018; Tullo et al., 2019).

Gráfico 3. Intensidades globales de emisión por producto de origen animal.



Fuente: FAO, 2019. Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)

Se evidencian mejoras sociales, ya que, al incrementarse la eficiencia de las granjas, se lograrían mejoras en los ingresos de los granjeros, lo cual es de suma importancia, teniendo en cuenta que la pobreza en zonas rurales es 1,8 veces mayor en comparación a zonas urbanas (CEPAL, FAO y IICA, 2019).

Además, permite una mayor automatización de los procesos, reduciendo la intensidad del trabajo. Por otro lado, la disminuye la generación de residuos orgánicos, permite mejoras en la calidad de vida de los habitantes locales, ya que se reduce el problema del olor generado por la descomposición de los mismos. También, mejorando la salud de las aves, se evita la incidencia de problemas sanitarios.

Nutrición de Precisión

La nutrición de precisión significa suministrar al ave la cantidad de alimento que contenga nutrientes específicos y balanceados que cumpla con precisión sus requerimientos nutricionales para una eficiencia productiva óptima de huevos.

Gráfico 4. Elaboración de una dieta balanceada



Fuente: Elaboración Propia

Diferentes prácticas se han implementado con el objeto de alimentar a las aves con gran precisión. Estas prácticas incluyen alimentar por fases ajustando la composición de las dietas a los cambios en producción, y a su consumo de alimento. Adicionalmente, las dietas se formulan con base en el requerimiento de los aminoácidos digeribles y del requerimiento de energía metabolizable aparente (EMA) que un ave adulta en postura

requiere. Incluso se formulan las dietas con base en el requerimiento de fósforo (P) digestible más que en el requerimiento de P disponible.

La formación del huevo sigue un patrón muy específico, con una deposición de albúmina en las horas de la mañana, mientras que la deposición de cáscara ocurre en las horas de la noche. Esto implica un mayor requerimiento de proteína y aminoácidos en la mañana y un alto requerimiento de calcio en las horas de la noche. También el requerimiento de fósforo disponible es mayor durante la mañana en la medida que este es altamente requerido para reabsorber calcio para remodelar los recursos de hueso medular que se usaron durante la noche en la formación de la cáscara. De esta manera el requerimiento de aminoácidos y macrominerales cambia durante el día, y la única manera de lograr una nutrición de precisión es ajustar las dietas a estos requerimientos, situación que implica elaborar una dieta de mañana y una de tarde.

La alimentación en lo que es la vida de las ponedoras se divide según fases, siendo muy importante la etapa de recría, porque es donde se desarrollan órganos y tejidos que posteriormente soportaran la puesta de huevos.

El objetivo de la **etapa de recría** es lograr que las pollitas logren un determinado peso vivo y uniformidad del lote determinada en las distintas fases de crecimiento para lograr ponedoras que puedan expresar todo su potencial genético en la producción de huevos.

El programa nutricional utilizado en recría consta de varias fases cada uno caracterizado por determinados requerimientos nutricionales.

Fase de Arranque: va desde el nacimiento hasta el día 21 de vida, es decir las primeras 3 semanas (utilizando un pienso iniciador). En esta etapa, la pollita debe tomar un pienso que cubra todas sus necesidades de crecimiento, de desarrollo de la flora intestinal y del sistema inmune. Es preciso suministrar un alimento cuantitativamente rico y cualitativamente digestible para un mejor metabolismo de la pollita.

Fase de Crecimiento: es la segunda etapa de la fase de crianza de las aves de puesta de huevos. Se desarrolla desde las 3 semanas de edad hasta alcanzar las 10 semanas. Hay que tener en cuenta que la edad de cambio de un pienso es meramente orientativa, ya que depende de las condiciones del medio, del desarrollo corporal y de la uniformidad del lote.

La pollita en esta etapa pasará de un peso aproximado de 200 gr a 875 gr, es decir, que aumentará su peso 4,5 veces. Se caracteriza por ser la época de mayor desarrollo del ave y, por lo tanto, se tiene que suministrar un pienso que cubra esas necesidades. Cualquier deficiencia en el crecimiento normal en este periodo, podrá suponer un deficiente desarrollo del animal, lo que derivará en una reducción del peso vivo al final de la recría. Esto podría conllevar problemas de productividad de las aves, así como provocar una disminución del peso medio del huevo.

A lo largo de la fase de crecimiento resulta muy importante empezar a estimular el consumo de alimento para mantener un desarrollo correcto y armonioso de las aves. El suministro de alimento de buena calidad es un punto clave para conseguir el buen desarrollo de las pollitas y alcanzar el objetivo de peso vivo aconsejado por el estándar de las diferentes empresas de genética.

Fase de Desarrollo: representa la fase final de la recría y usualmente se prolonga durante las semanas 10 a 15-17. Durante este periodo, se necesita promover una buena ingesta de alimento para ayudar a desarrollar el sistema digestivo, así como, promover la capacidad de consumo antes del inicio del periodo de puesta. El factor limitante para el consumo de pienso es el tamaño del digestivo, estimulándolo a través de un incremento del tamaño de los órganos del tracto gastrointestinal, cuales buche, proventrículo, molleja e intestino durante este periodo, permitirá al ave tener una capacidad mayor de almacenaje de alimento.

La fibra insoluble permite maximizar el desarrollo de la molleja y del tejido gastrointestinal con consecuente aumento del consumo de alimento al principio de la puesta.

La fase de recría de las aves de puesta es una etapa fundamental que puede tener un impacto negativo sobre la futura producción de huevos. El objetivo es lograr un peso óptimo y una alta uniformidad del lote en cada etapa. Factores como la presentación del pienso y el correcto aporte de los requerimientos de los nutrientes son esenciales para lograr el objetivo.

Ya en la etapa de **postura de huevos** se realizan programas de alimentación por etapas como describiremos brevemente a continuación.

Un programa de alimentación por etapas tiene como objetivo satisfacer las necesidades de los nutrientes junto con energía, aminoácidos, minerales y vitaminas de las aves en cada etapa productiva. La decisión del cambio debe ser basada en relación a los parámetros productivos del animal para ajustar la formulación a los requerimientos diarios de nutrientes.

Etapa de Prepico: el principio del ciclo de producción es caracterizado por un consumo de pienso limitado por parte del ave. A las necesidades de mantenimiento del animal, se suman los requerimientos de nutrientes para hacer frente a un rápido incremento de producción de huevos y requerimientos de crecimiento del ave que no se puede definir completo antes de las 28 semanas de edad. Por lo tanto, en esta fase se necesitan altos niveles de aminoácidos para hacer frente al crecimiento del ave.

Etapa Inicial de Puesta: el objetivo del pienso en periodo inicial es lograr una buena persistencia de la curva de puesta. El pienso que se suministra en esta fase presenta una densidad menor respecto al anterior. La necesidad en nutrientes es menor en cuanto el animal ya ha alcanzado su peso vivo adulto lo que se traduce en que ya no hay más

necesidades de crecimiento. Se suelen utilizar valores más bajos de energía metabolizable. Asimismo, los niveles de aminoácidos digestibles bajan proporcionalmente. El aporte de calcio aumenta debido a una menor digestibilidad de este por parte del ave adulta. Igualmente, se suele cambiar la relación entre carbonato fino y carbonato grueso a favor de este último.

Etapas Final de Puesta: la fase final de puesta a menudo presenta problemas asociados a la calidad de la cáscara por exceso de calcio disponible o exceso de fósforo de la dieta. En este sentido, pesos de huevos excesivos pueden resultar en un aumento de los huevos no comercializables. Por lo tanto, en esta fase productiva se va a intentar mantener una buena calidad de la cáscara.

La energía metabolizable de los piensos en la fase final de puesta presenta una densidad inferior a los dos precedentes. De igual modo, se bajan los aminoácidos y la grasa añadida, por el efecto que tienen sobre el peso del huevo. Los niveles de calcio en la dieta van subiendo, así como el porcentaje de carbonato grueso. A menudo se aconseja una presentación de carbonato cálcico con partícula gruesa que no sea menor del 70 % del carbonato total.

Algunas consideraciones nutricionales

La predicción de las necesidades energéticas en aves se expresa en energía metabolizable aparente (EMA) en preferencia respecto a energía digestible ya que heces y orina se excretan conjuntamente. Las ponedoras no tienen necesidades de proteína bruta, tienen necesidades de aminoácidos digestibles. Hay que formular raciones balanceadas utilizando el concepto de “proteína ideal” que ayuda a definir las necesidades de aminoácidos digestibles. Se basa en determinar las necesidades de Lisina del ave y utilizar una relación fija para el resto de los aminoácidos, respecto a la Lisina. Por lo tanto, se recomienda el uso de un mínimo de proteína bruta cuando no hay una buena información de la composición nutricional de las materias primas.

FEDNA indica como aminoácidos más limitantes para las aves de puestas están los aminoácidos azufrados, Lys, Thr e Ile en este orden. Cabe también considerar que la mayor parte de los aminoácidos son utilizados para la producción de masa de huevo.

Tecnologías aplicadas a la producción avícola

La utilización de los Sistemas inteligentes de gestión avícola, permiten aumentar la producción y minimizar los costos y el uso de recursos. Estos incluyen tecnologías de precisión, como sensores inteligentes, cámaras, automatización de procesos agrícolas y plataformas de toma de decisiones basadas en datos. Permiten mejoras en el bienestar de las aves, alimentación de precisión y detección rápida de enfermedades infecciosas

(Tortorelo, 2020). Para hacer el mejor uso de estos datos, se deben emplear herramientas analíticas de big data que simplifiquen la toma de decisiones (Wilkinson, 2018).

Gráfico 5. Tecnologías aplicadas y sus beneficios



Utilidades	Puntos relevantes	Limitaciones
Capturar	Medio Ambiente	Costo inicial
Procesar	Agua de Bebida	Cobertura internet
Analizar	Alimentación	Propiedad y seguridad de datos
Informar	Peso Corporal y Uniformidad	
Tomar Decisiones		
Gestionar		

Fuente: Tullo et. al, 2019.

Se necesitan personas expertas para interpretar los datos y manejar a los animales, que mediante el uso de tecnologías tendrán control sobre el ambiente (ventilación, iluminación, estrés térmico), alimentación y bebederos, levante de gallinaza en forma diaria, recolección de huevos mediante cintas transportadoras.

El granjero tiene la posibilidad de acceso en forma remota, lo que le facilita el control de su granja y le brinda las ventajas de mejora en la productividad, reducción de mano de obra y mejor calidad de la producción

En el futuro, la producción avícola se digitalizará completamente, utilizando cámaras, sensores inteligentes, inteligencia artificial, sistemas informáticos integrados para el procesamiento de “big data” generando condiciones de producción óptimas (Wilkinson, 2018).

Repercusiones positivas que aporta la Avicultura de Precisión

Las **enfermedades**, si ingresan a una granja disminuyen la producción, aumenta la mortalidad y los costos en prevención y tratamientos, con el consecuente impacto negativo sobre la seguridad alimentaria y el comercio. Es crucial la prevención

mediante bioseguridad, adecuados planes de vacunación, correctos tratamientos basados en diagnósticos y respetando tiempos de espera de medicamentos.

Dentro de las estrategias para realizar una alimentación y nutrición de precisión de los animales, están el uso de probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, enzimas (fitasas), que en sí lo que buscan es mantener la integridad intestinal, por medio de una mejora en la digestión de nutrientes, limitar la colonización por patógenos y promover el adecuado funcionamiento del sistema inmune.

Se pueden usar soluciones multienzimáticas “efecto feedase” que degradan los factores antinutricionales y aumentan el valor nutritivo de los alimentos. Al reducir el fitato en la dieta con la adición de fitasas se mejora la disponibilidad de los aminoácidos y minerales (más que nada P y Ca), al mismo tiempo se reduce el costo de adicionar minerales disminuyendo la contaminación por contenido de fósforo en el estiércol, por tanto, es una solución valiosa para reducir la huella medioambiental.

En cuanto a las **mejoras medioambientales**, los residuos orgánicos son causantes de severos impactos sobre los ecosistemas, generándose una franca degradación de los mismos, con consecuencias negativas sobre el agua, el suelo, la salud pública y animal (Carvalho y Casas, 2022). Con la utilización de tecnologías inteligentes se obtienen beneficios medioambientales, por medio de la reducción en la generación de residuos, permitiendo una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. También permite mejoras en la conservación de los recursos hídricos, por la reducción de la contaminación por nitratos y antibióticos en cuerpos de agua.

Este aspecto es clave, teniendo en cuenta que el agua es un insumo crucial para la vida, la prestación de servicios básicos y la realización de actividades económicas. En la actualidad, los ecosistemas de agua dulce se encuentran entre los más afectados del mundo (ONU, 2022). En relación al recurso suelo, genera beneficios por el menor aporte de fósforo y metales pesados, lo cual es relevante para no afectar la biodiversidad del suelo (Andonovic et al., 2018; Tullo et al., 2019). Es de destacar que el 95 % de los alimentos proviene de la tierra, por lo cual mantener la salud de los suelos es vital para la seguridad alimentaria. Según FAO (2016), un tercio del suelo del mundo se encuentra degradado por la erosión, la salinización, la compactación, la acidificación y la contaminación química, por lo cual la Avicultura de Precisión se convierte en una herramienta a destacar.

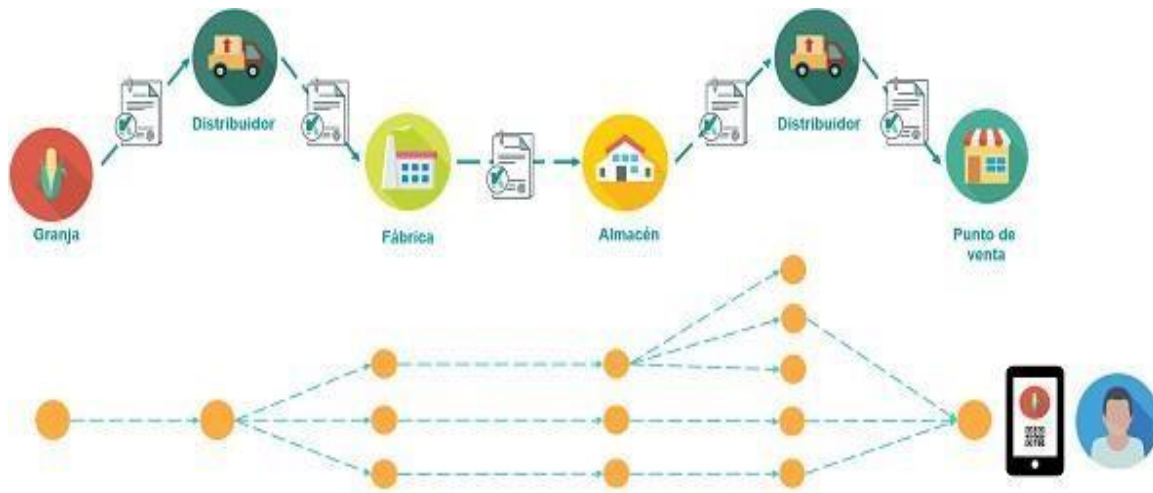
También aporta al **Bienestar Animal**, según las normas internacionales de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), el bienestar animal designa “el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere”. La Avicultura de precisión mediante la nutrición y el uso de tecnologías inteligentes tiene un impacto positivo en el bienestar animal.

Contribuye a mejorar la **Inocuidad Alimentaria**, según la FAO (2022), “Garantizar la inocuidad alimentaria es un proceso complejo que empieza en la explotación agrícola y

termina con el consumidor”. Al implementar una Avicultura de precisión, contemplaremos todos los aspectos del animal que nos lleven a obtener un producto de excelente calidad. La inocuidad alimentaria se refiere a todos los riesgos asociados a los alimentos que pueden repercutir en la salud de las personas, o sea de los consumidores como puede ser la contaminación por incidencia de patógenos. La inocuidad alimentaria es necesaria para que haya seguridad alimentaria (FAO, 2022).

Seguridad Alimentaria significa que todas las personas tengan acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para cubrir requerimientos nutricionales. Es de destacar que, en 2021 había 278 millones de personas a nivel mundial afectadas por hambre en África, 56.5 en América Latina y el Caribe y 425 en Asia. Y se espera que, en 2030, unos 670 millones de habitantes mundiales seguirán padeciendo hambre (FAO, et. al, 2022). Para lograr la seguridad alimentaria, es necesario contar con Buenas Prácticas de Manufactura (BPM basadas en higiene y manipulación), también es indispensable contar con Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), para una correcta Gestión de Calidad (FAO y OMS, 2022).

Por último, se debe satisfacer las exigencias de los consumidores de hoy, que se fijan en el origen de sus alimentos, cómo se produjeron, quién lo hizo y en qué condiciones. Y para ello la trazabilidad, la cadena de bloques (blockchain), la inteligencia artificial (IA) y el internet de las cosas (IoT), pueden crear una cadena de suministro integrada “desde la granja al plato” que tenga mayor transparencia, eficiencia e inocuidad.



Esquema del recorrido del alimento desde su origen hasta el consumidor

Fuente: Bitcoin 2020.

Si se quiere ampliar información sobre este tema sugerimos leer: La avicultura de precisión: una herramienta clave para potenciar la eficiencia del sector avícola. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.64>

Casas Cirión, L. E., Carvalho Iglesias, A. M., & Viñoles, J.. La avicultura de precisión: una herramienta clave para potenciar la eficiencia del sector avícola. LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades, 3(2), 67–83.

Referencias Bibliográficas:

Andonovic, I., Michie, C., Cousin, P., Janati, A., Pham, C. y Diop, M. (2018). Precision Livestock Farming Technologies. Global Internet of Things Summit (GIoTS), pp. 1-6, doi: 10.1109/GIOTS.2018.8534572

Bolsa Mercantil de Colombia (2023). Análisis de producto. Sector Avícola. https://www.bolsamercantil.com.co/sites/default/files/2023-05/Informe%20sector%20av%C3%ADcola%20-%20Final%20difusi%C3%B3n_0.pdf

Carbajal, A. (2006). Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud. Revista de Nutrición Práctica 2006, 10, 73-76. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-11-26-CARBAJAL-NutrPractica-2006.pdf>

Carvalho, A. M. y Casas Cirión, L. E. (2022). Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6 (4), 990-1013. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2022). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. Roma, Italia <https://doi.org/10.4060/cc0640es>

FAO 2019. Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). <https://www.fao.org/3/ca7089en/ca7089en.pdf>

Liebe, D. y White, R. (2019). Analytics in sustainable precision animal nutrition. Animal Frontiers, 9 (2), 16–24. <https://doi.org/10.1093/af/vfz003>

López et. al, 2017. Papel de huevo en la dieta de deportistas y personas físicamente activas. Nutr. Hosp. vol.34 supl.4 Madrid 2017. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1568>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Producción y Productos avícolas. <https://www.fao.org/poultry-production-products/products-and-processing/es>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021- 2030 <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2023- 2032. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2023-2032_08801ab7-enStatista2023.

[https://es.statista.com/estadisticas/635122/evolucion-de-la-poblacion-mundial/Tortolero, J. \(2020\). Convertir la avicultura de precisión en decisión en la Cumbre Avícola Latinoamericana. https://www.engormix.com/MA-avicultura/noticias/convertir-avicultura-precision- decision- t25934/p0.htm](https://es.statista.com/estadisticas/635122/evolucion-de-la-poblacion-mundial/Tortolero, J. (2020). Convertir la avicultura de precisión en decisión en la Cumbre Avícola Latinoamericana. https://www.engormix.com/MA-avicultura/noticias/convertir-avicultura-precision- decision- t25934/p0.htm)

Tullo, E., Finzi, A. y Guarino, M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. Science of The Total Environment, 650 (2), 2751-2760 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>

Wilkinson, S.J. 2018. Big Data for Poultry- What is Possible?

<https://poultry-research.sydney.edu.au/wp-content/uploads/2019/08/APSS-2018-Proceedings-Final.pdf#page=167>

Wilkinson et. al, 2021. Precision feeding and precision nutrition: a paradigm shift in broiler feed formulation? Anim

Biosci, 34 (3): 354-362. doi: 10.5713/ab.21.0034.