

JORGE CASTRO BEDRIÑANA
DORIS CHIRINOS PEINADO



ROL SOCIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LA NUTRICIÓN ANIMAL



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HUANTA



FONDO
EDITORIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

ROL SOCIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

JORGE CASTRO BEDRIÑANA & DORIS CHIRINOS PEINADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HUANTA
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

ROL SOCIO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

JORGE CASTRO BEDRIÑANA
DORIS CHIRINOS PEINADO



FONDO
EDITORIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

CASTRO BEDRIÑANA, JORGE/CHIRINOS PEINADO, DORIS

Rol Socio Económico y Ambiental de la Nutrición Animal / 1ra ed.

Huanta: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, 2024.

105 pp.; 17x23cm

Rol Socio Económico y Ambiental de la Nutrición Animal

Editado por:

©Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Fondo Editorial. Jr. Manco Cápac No 497, El Bosque, local administrativo, Huanta, Ayacucho - Perú.

ISBN: 978-612-49667-8-1

1ª edición Digital – agosto 2024

**HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA DEL PERÚ
Nº 2024-10812**

Libro electrónico disponible en <http://fondoeditorial.unah.edu.pe/index.php/fonedi/catalog>

Proceso de Revisión

Fue revisado por pares externos en modalidad de doble ciego, autorizado para publicar con Resolución Presidencial Nº 154-2024-UNAH.

Revisor A: Dr. Miguel Angel Quispe-Solano

Revisor B: Dr. Victor Jesús Vergara-Rubín

Diseño de cubierta y diagramación de interiores

Aguilar Ozejo Antony

Publicado en el Perú / Published in Peru

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, sin autorización escrita del autor.

INDICE

CAPÍTULO I

LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL

1.1 SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL (SAN) -----	22
1.1.1 Aspectos generales -----	22
1.1.2 Modelo conceptual de la seguridad alimentaria nutricional-----	26
1.1.3 Situación mundial de la Seguridad Alimentaria y Nutricional-----	27
1.1.4 Evaluación de la Seguridad Alimentaria y Nutricional-----	28
1.2 DESNUTRICIÓN CRÓNICA DE NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN EL PERÚ---	32
1.3 LINEAMIENTOS, OBJETIVOS Y ACCIONES PARA MEJORAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL -----	37
1.3.1 Disponibilidad -----	37
1.3.2 Acceso -----	38
1.3.3 Uso -----	38
1.3.4 Estabilidad -----	39
1.3.5 Institucionalidad -----	39

CAPÍTULO II

DESARROLLO HISTÓRICO Y ROL DE LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

2.1 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA NUTRICION -----	41
2.2 IMPORTANCIA DE LA NUTRICION EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL-----	51
2.3 ROL DE LA NUTRICION EN LA PRODUCCION ANIMAL-----	55
2.3.1 ROL FISIOLÓGICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL -----	56
2.3.2 ROL ECONÓMICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL -----	57
2.3.3 ROL SANITARIO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL-----	58
2.3.4 ROL SOCIOLÓGICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL -----	61

CAPÍTULO III

RIESGO POTENCIAL E ÍNDICE DE RIESGO POR LA INGESTA DE METALES PESADOS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

3.1 IMPORTANCIA NUTRICIONAL DE LOS MINERALES -----	69
3.2 CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS POR METALES PESADOS -----	71
3.3 CONTAMINACIÓN DE LECHE POR METALES PESADOS -----	76
3.4 IMPLICACIONES DE LA PRESENCIA DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO EN LA LECHE PARA LA POBLACIÓN PERUANA Y LA SALUD MENTAL -----	82

PREFACIO

Con mucha satisfacción presentamos esta obra titulada “Rol Socioeconómico y Ambiental de la Nutrición Animal”, producto de varios años de investigación ha sido escrito con el propósito de incorporar aspectos sociales y ambientales a la importancia de la nutrición para una producción animal inocua, segura y de calidad, destinada a la alimentación humana e industria pecuaria y tener en cuenta que el rol de la nutrición no solo tiene una importancia fisiológica, sanitaria y económica, como generalmente se sostiene, sino tiene un enfoque de responsabilidad social y economía circular.

Este enfoque social de la nutrición animal debe ser incorporado en la enseñanza de la nutrición y alimentación animal en las carreras profesionales ligadas a la producción agroalimentaria, específicamente a la producción de alimentos de origen animal, como de Ingeniería Zootecnia, Agronomía, Medicina Veterinaria, Agronegocios, Gestión Ambiental, Agroindustria, Industrias Alimentarias, Biotecnología, Economía, entre otras; por lo que estamos seguros que el aporte de este libro digital, escrito de manera sencilla y didáctica, no solo contribuirá en la formación adecuada de estos profesionales y en la actualización de los profesionales dedicados a la producción animal sino en fortalecer las capacidades de los productores para que direccionen sus sistemas productivos hacia la producción de alimentos nutritivos, seguros e inocuos y no representen ningún riesgo para la salud humana.

Esta primera edición representa un trabajo en el que se analiza la importancia social de la nutrición animal para considerarla en los programas de alimentación animal, bajo el enfoque de la responsabilidad social. Se ha

incluido información actualizada sobre la importancia de la nutrición en el bienestar y producción animal, en la calidad del producto y en la protección del ambiente y la salud humana. Un aspecto importante es el tema de la producción animal y la seguridad alimentaria nutricional, la importancia de la nutrigenómica, nutraceutica y principios activos de alimentos de origen animal en la salud humana.

La experiencia de los autores en la enseñanza e investigación en nutrición y alimentación animal por más de 30 años, la asesoría brindada a diversas organizaciones en temas de nutrición pública y seguridad alimentaria, el desarrollo de investigaciones conjuntas con profesionales de otras instituciones y productores, el compartir con colegas de diversas instituciones públicas y privadas, la permanente capacitación y participación en congresos y jornadas de investigación, han permitido publicar esta obra que incluye hallazgos de recientes investigaciones en temas de riesgo para la salud por el consumo de leche contaminada con metales pesados.

El texto inicia con un tema introductorio sobre la producción animal y la seguridad alimentaria nutricional, seguido de un capítulo sobre el desarrollo histórico y rol de la nutrición en la producción animal. El último capítulo trata sobre el riesgo potencial e índice de riesgo por la ingesta de metales pesados en productos alimenticios, con énfasis en el riesgo por el consumo de leche contaminada con plomo, cadmio y arsénico producida en la sierra central en la población peruana de 2-85 años.

Esperamos que este texto sea igualmente útil para los productores, quienes día a día dan su esfuerzo para que la población disponga de alimentos de alta calidad.

Los autores

AGRADECIMIENTOS

El tiempo dedicado a la redacción de un libro no solo responde a la búsqueda adecuada de información, análisis y síntesis de esta, sino el restringir gran parte de este a la familia, a quienes los autores no nos cansaremos de agradecer y esperar su comprensión por el apasionamiento por nuestra profesión y en especial por la seguridad alimentaria nutricional de poblaciones vulnerables.

El reto de escribir un libro no solo responde a la formación y permanente investigación y capacitación de los autores, sino a los conocimientos recibidos durante la formación especializada, razón por la que damos público agradecimiento a nuestros maestros del pre y posgrado, a los colegas investigadores y amigos con quienes compartimos muchas experiencias.

Expresar nuestro más sincero reconocimiento al Psic. Gianfranco Castro Chirinos por su aporte en el ítem 3.4 del Capítulo III: Implicaciones de la presencia de plomo, cadmio y arsénico en la leche para la población peruana y la salud mental.

En forma muy especial, los autores expresamos nuestro agradecimiento por el amor, la comprensión y la paciencia que tienen nuestros hijos y nietos, pues la dedicación exclusiva al trabajo académico y científico nos absorbe un preciado tiempo que quisiéramos pasarlo con ellos.

PRÓLOGO

Esta primera edición virtual de este libro es escrita y publicada considerando la necesidad de contar con un material especializado al alcance de investigadores sociales, ingenieros, estudiantes y productores para ampliar y profundizar conocimientos en el campo social de la nutrición animal; sin embargo, la verdadera actualización se conseguirá mediante la lectura complementaria de revistas especializadas y con la asistencia a eventos científicos e investigando y experimentando constantemente.

Ponemos a disposición de los lectores esta primera edición del libro digital “Rol Socioeconómico de la Nutrición Animal”, esperando que el esfuerzo invertido en elaborar este texto sirva para los estudiantes, profesionales y productores pecuarios a quienes se debe nuestra dedicación en esta fascinante área de la ciencia, para direccionar la producción animal hacia una producción saludable.

INTRODUCCIÓN

La nutrición animal no puede seguir teniendo una finalidad meramente productivista, debe cuidar el bienestar de los animales y su salud, garantizando la obtención de productos seguros y de calidad para el consumidor final, aplicando conceptos no solo bioquímicos y fisiológicos sino de salud preventiva, asegurando la sostenibilidad de los sistemas de producción y minimizando los impactos de la nutrición sobre el medio ambiente.

La sociedad demanda el establecimiento de sistemas de producción que sean seguros, que garanticen el bienestar animal y que no dañen el medio ambiente, implementando procesos de economía circular. Para esto es importante que el profesional pecuario, especialmente el responsable de la nutrición y alimentación, conozca las interacciones nutrición-salud, nutrición-genética y nutrición-polución y las integre en la aplicación de estrategias y programas de alimentación que maximicen el rendimiento productivo y minimicen el impacto de la producción animal sobre el medio ambiente; y lo que es más importante, ofrecer al consumidor un producto de calidad, adecuadamente obtenido para la satisfacción de los mismos.

Entre los temas de importancia actual se tiene a la inmuno-nutrición, que trata de las relaciones entre nutrición, enfermedades y rendimiento, la utilización de probióticos y nutracéuticos, las alternativas a la utilización de antibióticos en la alimentación animal, el uso de forrajes bioactivos para reducir las cargas parasitarias, la prevención de problemas de toxicidad derivada de antinutrientes, la interrelación entre bienestar y nutrición, el uso de alimentos transgénicos (tema de mucho debate), la modificación de la fermentación ruminal para reducir las emisiones de gases, la optimización

de la nutrición de cerdos y aves para reducir el impacto medioambiental, el impacto de la suplementación con oligoelementos, la nutrición animal en la producción ecológica, y el monitoreo y evaluación de la presencia de metales pesados en el sistema suelo-planta-animal-humano.

El máximo rendimiento biológico de los animales está determinando por la potencialidad genética y el ambiente, es decir de factores endógenos y exógenos; dentro de los segundos se encuentra el aporte de nutrientes de la dieta y las condiciones del ambiente en el cual los animales son criados. El aporte de nutrientes de la dieta es el factor ambiental que en mayor medida afecta la expresión biológica y la viabilidad económica de la producción animal. La expresión biológica puede ser evaluada a través de la tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia, performance reproductiva, salud animal, rendimiento y calidad de los productos pecuarios, entre otros de interés.

La viabilidad económica del sistema productivo responde en gran medida a los costos de alimentación, habiendo estudios que señalan que este rubro representa entre 40% y 85% de los costos de producción, dependiendo de la especie, sistema de producción y finalidad productiva.

Por otro lado, es importante indicar que es posible disminuir el impacto negativo de los sistemas de producción animal sobre el medio ambiente si se ejerce un adecuado control en la alimentación, empleando niveles adecuados de nutrientes en la formulación de las raciones y diseño de los programas de alimentación. También es importante destacar que el diseño y aplicación adecuada de programas de alimentación determinarán animales menos susceptibles a enfermar, con mejor respuesta inmunológica; de manera que el enfoque no se debe dirigir a la atención de la salud sino a la prevención y promoción de esta, destacando una estrecha relación entre la producción animal y la salud pública.

Por estas razones, en esta primera edición de este libro se han incluido temas que permitan a los lectores adquirir las bases nutricionales y sociales necesarias para el diseño de sistemas y programas de alimentación adecuados a diferentes circunstancias, que contribuyan en la mejora de la producción animal, en la conservación del ambiente y en la mejora de la salud pública.

CAPÍTULO I

LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL

Una necesidad fundamental del hombre ha sido y sigue siendo la alimentación. La presión demográfica, sobre todo de la población urbana, es tan alta, y no es suficiente los actuales niveles de producción agroalimentaria para cubrir las progresivas demandas; más aún, considerando que la reducción de la superficie cultivable se incrementa año a año debido a que muchas tierras cultivables están siendo urbanizadas y sustituidas por cemento. En este contexto, en septiembre 2016, los representantes de gobiernos reunidos en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, con motivo del aniversario de la dicha organización, como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible aprobaron 17 nuevos objetivos del desarrollo sostenible con la finalidad de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Cada objetivo tiene sus metas específicas que se deben alcanzar en los próximos 15 años (Figura 1).

Figura 1

Objetivos del desarrollo sostenible al 2030. Los avances al 2020 se han visto contrarrestados en todo el mundo por la creciente inseguridad alimentaria, el deterioro del entorno natural y las persistentes desigualdades dominantes. El Covid-19 tuvo efectos adversos. Fuente: United Nations (2023).



A continuación, se dan a conocer los 17 ODS:

- Objetivo 1.* Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
- Objetivo 2.* Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- Objetivo 3.* Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Objetivo 4.* Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Objetivo 5.* Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
- Objetivo 6.* Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7.* Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 8.* Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

- Objetivo 9.* Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 10.* Reducir la desigualdad en y entre los países.
- Objetivo 11.* Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12.* Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13.* Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo 14.* Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Objetivo 15.* Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- Objetivo 16.* Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Objetivo 17.* Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Entre las principales conclusiones del informe de evaluación al 2020, se tiene:

- Aproximadamente 71 millones de personas volverán a caer en extrema pobreza en 2020. La pérdida de ingresos, la limitada protección social y el incremento de los precios podrían poner en riesgo de pobreza y hambre incluso a personas que anteriormente estaban a salvo.
- El subempleo y desempleo derivados de la crisis implican que alrededor de 1.600 millones de trabajadores pueden verse considerablemente afectados.
- Más de 1.000 millones de residentes de barrios marginales de todo el mundo están en grave situación de riesgo a causa de los efectos de la COVID-19. No hay viviendas adecuadas y agua segura, hay baños compartidos, escasez de sistemas de gestión de residuos, satura-

ción de transporte públicos y acceso limitado a las instalaciones sanitarias oficiales. Las mujeres y los niños son los más afectados por las consecuencias de la pandemia.

- Los cierres de las escuelas han afectado al 90 % de los estudiantes de todo el mundo (1.570 millones) y han provocado que más de 370 millones de niños se salten comidas escolares de las que dependen. La falta de acceso a Internet en casa, afecto el aprendizaje remoto.
- A medida que más familias caen en la extrema pobreza, los niños de las comunidades pobres y desfavorecidas corren un riesgo mucho mayor de verse involucrados en el trabajo infantil, el matrimonio y el tráfico infantiles.
- El cambio climático continúa su proceso a una velocidad mucho mayor de lo previsto. La acidificación de los océanos se acelera, la degradación del suelo continúa, hay especies masivas en riesgo de extinción y siguen predominando los patrones insostenibles de consumo y producción.

En este sentido todos debemos comprometernos a lograr el desarrollo sostenible en sus tres dimensiones: económica, social y ambiental, de forma equilibrada e integrada, correspondiendo a los profesionales pecuarios diseñar y aplicar tecnologías de producción y transformación que contribuyan con el mega objetivo de poner fin a la pobreza y el hambre en todo el mundo, de aquí al 2030.

Para el cumplimiento de los 17 ODS se requiere de profesionales formados creativamente y con habilidades innovadoras, especialmente de aquellos ligados a la producción agroalimentaria, su transformación, comercialización, etc.

La FAO insta a mejorar la contribución del sector pecuario a los ODS, apoyando la transformación de los sistemas de producción animal, de forma que sean sostenibles desde un punto de vista económico, social y ambiental. Señalan que, el crecimiento y la transformación continua del sector pecuario ofrece oportunidades para el desarrollo agrícola, la reducción

de la pobreza, los avances en materia de seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición humana, empoderando a las mujeres y los jóvenes de las zonas rurales, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y aumentar la capacidad de resiliencia de los hogares para hacer frente a los choques climáticos (FAO, 2023).

A nivel macro, necesitamos una profunda reforma del sistema mundial de agricultura y alimentación si queremos nutrir a los 925 millones de personas con hambre que existen actualmente y los dos mil millones de personas que vivirán en el año 2050 (FAO, 2023).

Entre las áreas de trabajo que la FAO considera importantes están la Gestión de los recursos zoogenéticos, los sistemas de producción pecuaria sostenibles, a través de la mejora de los sistemas de alimentación del ganado, el aumento de la inocuidad de los piensos, la promoción del uso de nuevos recursos para la fabricación de piensos y tecnologías conexas y la reducción de la competencia con la alimentación humana en materia de piensos; prestar orientación y asistencia técnica sobre buenas prácticas de manejo de animales y bienestar animal; reducir el uso de antimicrobianos en la producción animal; facilitar la aplicación de sistemas de identificación y trazabilidad de los animales, el desarrollo de la cadena de valor, los programas de cría y cruzamiento de animales y las escuelas de campo para ganaderos; la ganadería, cambio climático y utilización de los recursos naturales; mejorar el papel del ganado en los agroecosistemas y evaluar el rendimiento de los sistemas agroecológicos; abordar los efectos del cambio climático en la ganadería, reducir la huella ambiental de las cadenas de suministro pecuario y evaluar las repercusiones de los proyectos e inversiones sobre las emisiones de gases de efecto invernadero; apoyar las políticas y reglamentos favorables a los pastores y la toma de decisiones participativa, para que los pastores aumenten su capacidad de recuperación ayudándoles a mantener los equilibrios socioeconómicos, ecológicos y técnicos a corto y mediano plazo dentro de los sistemas de pastoreo y en torno a ellos (FAO, 2023).

1.1 SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL (SAN)

1.1.1 Aspectos generales

La definición de seguridad alimentaria nutricional, vigente desde la Cumbre Mundial sobre la Alimentación realizada en Roma en 1996, dice: *Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida sana y activa* (FAO, 2011).

De manera que los encargados de la producción animal debemos garantizar el cumplimiento del mensaje; dice, *todas las personas*, es decir gestantes, niños, adolescentes, adultos, etc.; dice *en todo momento* y no solo en época de cosecha; dice *acceso físico y económico*, es decir estar presente siempre en los mercados a precios accesibles; dice *alimentos inocuos y nutritivos*; es decir adecuadamente producidos, sin presencia de contaminantes, aspectos que debemos incluir en los diferentes sistemas de producción agropecuaria.

El enfoque de Nutrición añade a este concepto los aspectos de atención, acceso a servicios de salud y a un ambiente saludable, apuntando a lo que se llama Seguridad Nutricional; de manera que, la definición de Seguridad Alimentaria Nutricional dada en la misma cumbre es: *La Seguridad Nutricional es alcanzada si “cada individuo tiene el acceso físico, económico y ambiental a una dieta balanceada que incluye los macro y micro nutrientes necesarios y agua potable segura, sanidad, higiene ambiental, atención primaria de salud y educación para poder llevar una vida saludable y productiva* (Gross et al., 2000).

Técnicamente, la seguridad alimentaria es el estado de certeza en la disponibilidad y acceso de provisiones de comestibles de consumo humano (Ivette, 2021). Es la capacidad de las personas de obtener (produciendo o comprando), los alimentos suficientes para cubrir sus necesidades básicas que les permita llevar una vida sana y activa; de manera que

la seguridad alimentaria de un país se logra cuando tiene la capacidad de producir la cantidad suficiente de alimentos para cubrir las necesidades nutricionales de su población.

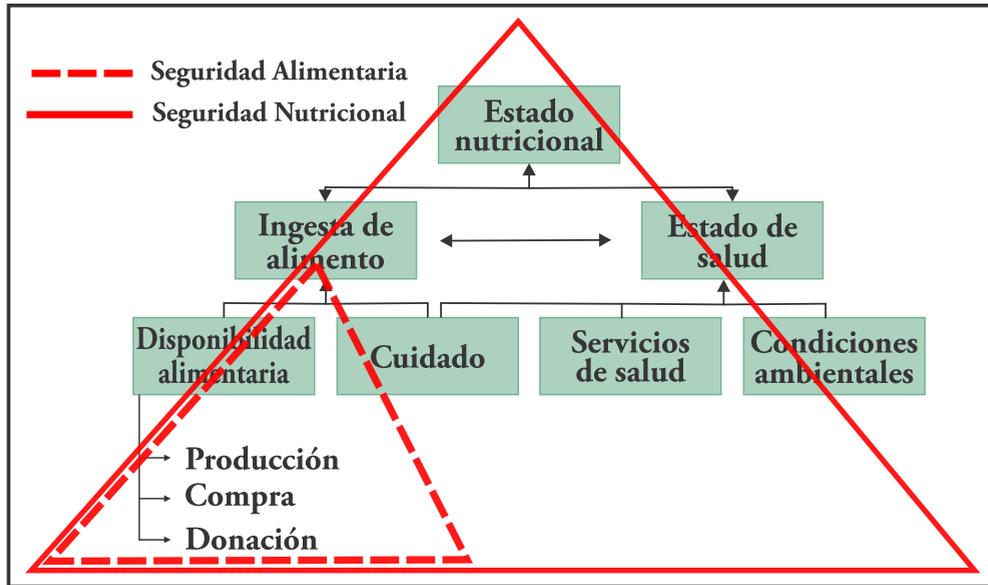
Para que sea posible tener seguridad de la disposición de provisiones comestibles, es necesario que se cumplan ciertas condiciones, como la disponibilidad de medios de consumo, la suficiencia para satisfacer las necesidades, la estabilidad en el tiempo, una cultura de una buena nutrición y una correcta administración de los alimentos. Es importante considerar que la capacidad de una adecuada nutrición no solo tiene que ver con la ingesta de alimentos, sino con factores no alimentarios, como la ausencia de enfermedades y de adecuadas prácticas alimentarias y de higiene.

La figura 2, muestra el esquema conceptual del estado nutricional elaborado por la UNICEF (Gross et al., 2000), que, si bien tiene más de dos décadas de propuesto, mantiene su vigencia. Aquí se observa que los determinantes inmediatos interdependientes del estado nutricional que se manifiestan a nivel individual son la ingesta dietaria y el estado de salud. La ingesta dietaria debe ser adecuada en cantidad y calidad y los nutrientes deben ser ingeridos en combinaciones apropiadas para que el cuerpo humano pueda absorberlos. Los hábitos y conocimientos (preparación, procesamiento, prácticas de alimentación de niños) influyen en la composición y utilización biológica de los alimentos. Por otro lado, una persona subnutrida tiene un sistema inmunológico débil y es más propensa a infecciones, las que aumentan el potencial para una malnutrición severa

Los determinantes inmediatos del estado nutricional están influenciados por cuatro determinantes subyacentes que se manifiestan a nivel familiar: disponibilidad y acceso a los alimentos, adecuada atención a las madres y niños y el acceso a servicios de salud (Weingärtner, 2004).

Figura 2

Esquema conceptual del estado nutricional a nivel familiar



Fuente: Gross et al., 2000.

La definición de seguridad alimentaria enfatiza la “estabilidad” de la disponibilidad, accesibilidad y utilización de los alimentos. La disponibilidad es alcanzada si los alimentos adecuados están listos para ser utilizados por la gente. El acceso es asegurado cuando todos los individuos de un hogar tienen los suficientes recursos para obtener los alimentos apropiados (ya sea a través de producción, venta o donación) para un régimen nutritivo (Figura 3).

La utilización se refiere a la habilidad del cuerpo humano para ingerir y metabolizar alimentos. Dietas nutritivas y seguras, un ambiente biológico y social adecuado, una nutrición efectiva y el cuidado de la salud, aseguran una adecuada utilización de alimentos y evitan enfermedades. La mayoría de las veces, la utilización se entiende sólo desde la perspectiva biológica o biomédica; sin embargo, el alimento también tiene un rol social importante, mantiene a las familias y a las comunidades unidas por su cultura culinaria.

La estabilidad es el determinante temporal de la SAN y afecta a los tres elementos físicos. Es importante distinguir entre inseguridad alimentaria y nutricional crónica (por ejemplo, la alimentación repetitiva en épocas de escasez antes de la cosecha “*de estación*” o la falta de cuidado durante la cosecha) y la inseguridad nutricional transitoria (debido a desastres eventuales) (Gross et al., 2000).

Figura 3

Esquema conceptual de seguridad alimentaria y nutricional



Fuente: Gross et al., 2000.

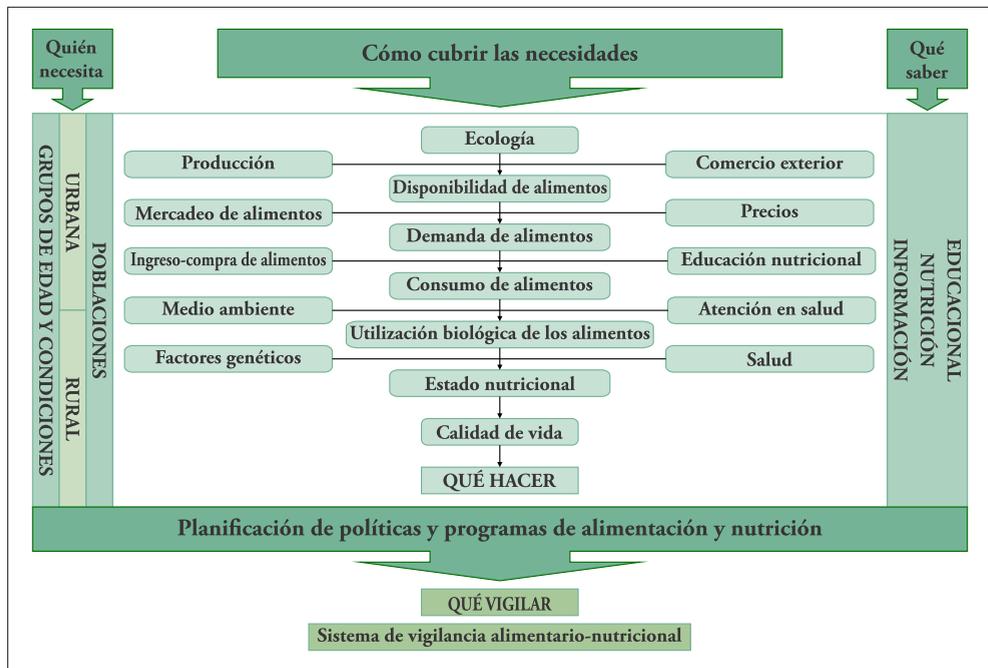
Estos determinantes de la seguridad alimentaria están afectados por una serie de factores, como el cambio climático, los fenómenos meteorológicos que afectan las cosechas, el incremento en la tasa de natalidad, el incremento de la esperanza de vida al nacer, el uso ineficiente de los recursos naturales, la pobreza, el agotamiento de las extensiones de tierra cultivable, la contaminación ambiental y de los alimentos, entre otros, que hacen del sistema más complejo y de difícil intervención (Ivette, 2021).

1.1.2 Modelo conceptual de la seguridad alimentaria nutricional

La disponibilidad depende del nivel productivo nacional y de los alimentos adquiridos vía importación, donaciones, etc (Hoja de balance: Faostat). La demanda y el consumo de alimentos dependen de los precios, de capacidad de compra y de la educación nutricional por parte de la encargada de elaborar los alimentos. La utilización biológica de los alimentos depende del estado de salud del organismo, el cual dependerá, en gran parte, de factores medioambientales, principalmente de las condiciones de saneamiento básico, como la presencia de agua segura, eliminación de excretas, etc. (Figura 4).

Figura 4

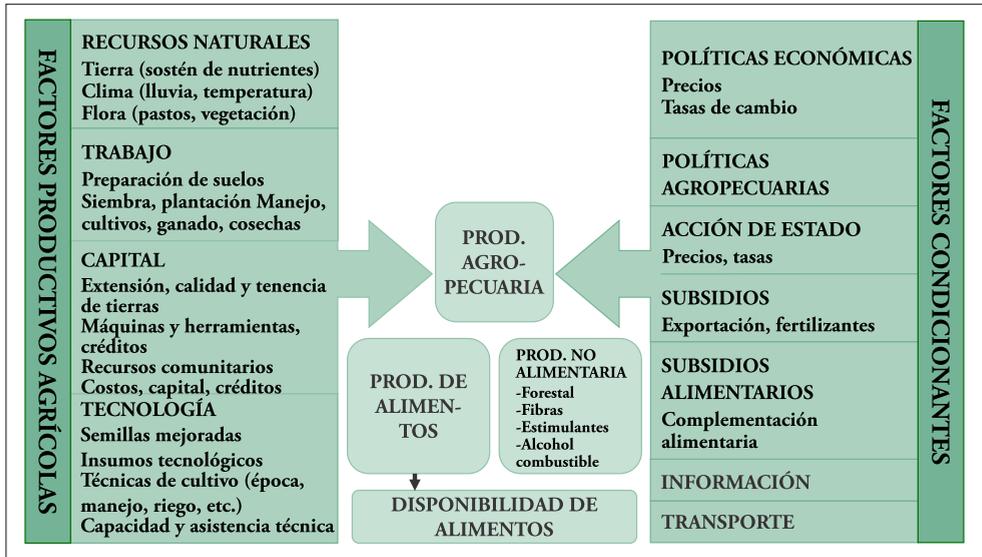
Sistema de Alimentación y Nutrición. Fuente: Valiente et al., 1988



En la figura 5 se muestran los principales factores condicionantes del comportamiento y eficiencia del sistema alimentario nutricional.

Figura 5

La producción agropecuaria en el sistema alimentario y nutricional



Fuente: Valiente et al., 1988.

1.1.3 Situación mundial de la Seguridad Alimentaria y Nutricional

El reciente informe del banco mundial (The World Bank, 2023), señala que la inflación de los precios de los alimentos sigue siendo elevada en todo el mundo. La información entre enero y abril de 2023, luego de la pandemia del COVID-19, muestra una inflación elevada en casi todos los países de ingresos bajos y medianos, con niveles de inflación superiores al 5% en el 64,7% de los países de ingresos bajos, el 83,7% de los países de ingresos medianos bajos y el 89% de los países de ingresos medianos altos, y muchos de los cuales experimentan una inflación de dos dígitos. Además, el 81,8% de los países de altos ingresos están experimentando una alta inflación de los precios de los alimentos. Los países más afectados se encuentran en África, América del Norte, América Latina, Asia meridional, Europa y Asia central.

El Informe Mundial sobre las Crisis Alimentarias 2023, publicado a inicios de mayo, reporta que 258 millones de personas en 58 países o territorios enfrentaron crisis o peores niveles de inseguridad alimentaria aguda

en 2022. En Afganistán, Burkina Faso, Haití, Nigeria, Somalia, Sudán del Sur, Yemen, las poblaciones enfrentaron niveles catastróficos de inseguridad alimentaria, lo que revela una amenaza de hambruna y niveles extremadamente críticos de desnutrición en varias áreas de estos países (FSIN, 2023).

El Informe Mundial sobre Políticas Alimentarias 2023 del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, 2023) hacen hincapié en la necesidad de mantener sistemas de alerta temprana bien coordinados y marcos de acción preventiva para preparar y organizar respuestas antes de una crisis. Pide a los gobiernos que mantengan entornos empresariales favorables para las cadenas de valor agroalimentarias, creen programas de protección social adaptables que integren objetivos de género y climáticos, reutilicen los fondos de apoyo agrícola y aprovechen mejor los fondos del sector privado para la resiliencia a largo plazo.

Tras la invasión rusa de Ucrania, las políticas relacionadas con el comercio impuestas por diversos países han aumentado y la crisis alimentaria mundial se ha visto parcialmente agravada por las restricciones impuestas al comercio de alimentos. Para marzo 2023, 22 países han implementado 28 prohibiciones de exportación de alimentos, y diez han implementado 14 medidas de limitación de la exportación (The World Bank, 2023).

1.1.4 Evaluación de la Seguridad Alimentaria y Nutricional

La malnutrición infantil es un importante problema de salud pública en todo el mundo. Se calcula que 144 millones de niños menores de 5 años tienen retraso del crecimiento, 47 millones sufren emaciación y 38,3 millones tienen sobrepeso u obesidad. Alrededor del 45% de las muertes de niños menores de 5 años están relacionadas con la desnutrición (OMS, 2023). La medición del crecimiento de los lactantes y niños menores de 5 años es una parte importante de la vigilancia de la salud infantil. El crecimiento inadecuado debido a una mala alimentación conduce a la desnutrición, y si va seguido más adelante de un aumento de la ingesta de calorías, puede dar lugar a sobrepeso u obesidad, otra pandemia de este siglo (OMS, 2023).

La evaluación nutricional puede ser definida como la interpretación de la información obtenida mediante el uso de métodos dietéticos (encuestas recordatorias), de laboratorio (bioquímicos), antropométricos (mediciones de dimensiones corporales) y clínicos (síntomas por deficiencias o excesos) (Chirinos, 2016).

Para una evaluación a nivel individual y comunal del estado nutricional se usan métodos antropométricos como el peso, talla, grosor de los pliegues subcutáneos, entre otros; las cuales varían con la edad y el grado de nutrición y son particularmente utilizadas en circunstancias de desbalances crónicos de proteína y energía; puesto que la disminución prolongada o severa de estos componentes dietarios deriva en el retraso del crecimiento lineal de los niños y en la pérdida o no de la acumulación de masa muscular y grasa en tanto en los niños como en los adultos (Castro y Chirinos, 2014).

Los índices antropométricos de un individuo sirven para compararlos con los valores de una población referencia y así determinar si están dentro del promedio, por encima o por debajo del valor referencial, para lo cual estos indicadores tienen que ser previamente transformados a Z-score o Puntajes Z. Los puntajes Z son transformaciones que se pueden hacer a los valores o puntuaciones de una distribución normal, con el propósito de analizar su distancia respecto a la media, expresándolas en unidades de desviación estándar (Castro y Chirinos, 2014; Chirinos y Castro, 2013, Chirinos, 2016).

En el caso de la talla, peso y otras mediciones, el puntaje Z representa la medición en relación con la mediana de la población referencia, como unidades estandarizadas en términos de desviaciones estándar de la población referencia para niños de la misma edad. Para ello, actualmente se tiene el patrón de crecimiento de niños de 0 a 60 meses de edad de la OMS-2006, producto de un estudio multicéntrico realizado con 8500 niños de distintos orígenes étnicos y entornos culturales (Brasil, Estados Unidos de América, Ghana, India, Noruega y Omán). Las nuevas curvas de crecimien-

to proporcionan una referencia internacional única que corresponde a la mejor descripción del crecimiento fisiológico de todos los niños menores de cinco años, criados en adecuadas condiciones y con lactancia materna exclusiva por 6 meses (OMS 2006).

Los nuevos patrones de crecimiento infantil de la OMS sustentan su validez, en que proporcionan información sobre el crecimiento idóneo de los niños, pues se ha demostrado científicamente, por vez primera, que los niños nacidos en regiones diferentes del mundo, a los que se ofrecen condiciones de vida óptima, cuentan con el potencial de crecer y desarrollarse hasta estaturas y pesos para la edad, similares. De manera que los nuevos patrones de crecimiento infantil de la OMS pueden ser utilizados extensamente en nutrición y salud pública, por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para la vigilancia del bienestar de los niños, y por centros de investigación que buscan la mejora de la salud y nutrición infantil y de la población en general, lo que permitiría plantear estrategias de promoción, prevención e intervención y reducir el problema de enfermedades crónicas en la adultez (OMS 2006).

A modo de ejemplo, en el caso de la talla para la edad (T/E), si tenemos un niño de 3 años, cuya talla es 102 cm y la talla promedio de la población referencia para niños de esa edad es 102 cm, con una desviación estándar de ± 3 , entonces el puntaje Z sería cero. Es decir, el niño refleja un estado nutricional normal.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{Entonces, } z = \frac{102 - 102}{3} = 0$$

Si este niño hubiera tenido una talla de 95 cm, el Z-score sería -2.33 y su estado nutricional evidenciaría desnutrición crónica (Castro y Chirinos, 2017).

El índice de peso para talla expresa el peso de los niños con relación a su altura. Revela si el niño es delgado o no. En déficit, este índice determina “desnutrición aguda” o desnutrición actual. Cuando los niños tienen Z-score menores a -2 tienen desnutrición aguda ((Castro y Chirinos, 2017).

El índice de talla para edad expresa la altura de un niño con respecto a su edad. Revela si un niño está en “desnutrición crónica” o “retraso del crecimiento”, siendo utilizado como indicador de pobreza. Los niños que caigan en la curva por debajo de -2 Z-score talla para edad (T/E) son desnutridos crónicos. Aquellos que presentan menos de -3 Z-score son desnutridos crónicos severos (Castro y Chirinos, 2017).

El retraso del crecimiento se define como la baja estatura para la edad, inferior a menos dos desviaciones típicas de la norma de referencia internacional de crecimiento de la NCSH (National Center for Health Statistics/OMS). Este indicador refleja los efectos acumulados a largo plazo de la alimentación inadecuada y las malas condiciones sanitarias, debidas a falta de higiene y a enfermedades habituales en ambientes pobres e insalubres. La prevalencia de la desnutrición crónica es una medida pertinente y válida de la pobreza endémica y constituye un mejor indicador que las estimaciones del ingreso *per cápita* (Castro y Chirinos, 2017).

El retraso del crecimiento tiene un impacto negativo sobre el desarrollo físico y psíquico de los niños, y pone en peligro el desarrollo de los recursos humanos en los países pobres. La persistencia de una alta prevalencia de retraso del crecimiento en los niños es un reflejo del fracaso crónico de la lucha contra la pobreza. Por el contrario, la disminución de la desnutrición crónica potenciará el crecimiento económico y ayudará a reducir la pobreza (Castro y Chirinos, 2017).

El índice de peso para edad expresa el peso de un niño en relación con su edad y no diferencia entre dos niños diferente talla. Este indicador de bajo peso es fácil de medir y se comporta bien en el monitoreo del crecimiento a nivel de la comunidad (Castro y Chirinos, 2017).

Para profundizar el tema de evaluación de la seguridad alimentaria nutricional, evaluación antropométrica y resultado de intervenciones integrales sobre la mejora del estado nutricional, se recomienda revisar el libro Seguridad Alimentaria Nutricional en Poblaciones Vulnerables de la Región Central del Perú (Castro y Chirinos, 2017).

En un reciente estudio publicado por Egamberdiev et al. (2023) sobre la capacidad de resiliencia de los hogares y seguridad alimentaria: evidencia de Kirguistán, como indicadores de seguridad alimentaria utilizaron tres variables, el índice de diversidad dietética de los hogares, los gastos semanales en alimentos y la adecuación del consumo de frutas y verduras. La diversidad dietética de los hogares es utilizada con frecuencia en el análisis de la seguridad alimentaria (Hoddinott y Yohannes, 2002) por su capacidad para evaluar la adecuación nutricional durante un período de referencia (Smith y Subandoro, 2007). La diversidad dietética de los hogares fue medida por el Índice de Simpson, desarrollado inicialmente para evaluar la biodiversidad, y recientemente aplicado en la evaluación de la diversidad nutricional (Krivonos y Kuhn, 2019). La medida del gasto en alimentos es el gasto semanal en alimentos gastado en alimentos por el hogar (Moltedo et al., 2014). Para analizar los aspectos nutricionales de la seguridad alimentaria recomiendan considerar la ingesta de frutas y verduras, que proporcionan una visión general sobre los elementos protectores (vitaminas y minerales) para el suministro de nutrientes y densidad de calorías (Moltedo et al., 2014). Dado que la ingesta diaria de frutas y verduras en los países en desarrollo está relativamente por debajo del nivel recomendado (Rekhy y McConchie, 2014), utilizaron la adecuación del consumo de frutas y verduras en el hogar, que debe ser de un mínimo de 400 g / cápita / día (INDDEX, 2018).

1.2 DESNUTRICIÓN CRÓNICA DE NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN EL PERÚ

La desnutrición se relaciona con los fenómenos sociales y culturales que caracterizan a una nación, a una colectividad y a una familia. El estado de nutrición está determinado por factores ambientales, genéticos, neuroendocrinos y por el momento biológico en el que se encuentra un individuo y se presenta con diversos grados de intensidad y variadas manifestaciones clínicas de acuerdo con factores ecológicos. La desnutrición crónica afecta el desarrollo cerebral, y en los niños desnutridos crónicos de 5 años el problema es prácticamente irreversible; asimismo disminuye significativamente la productividad y las capacidades de generación de ingreso en los

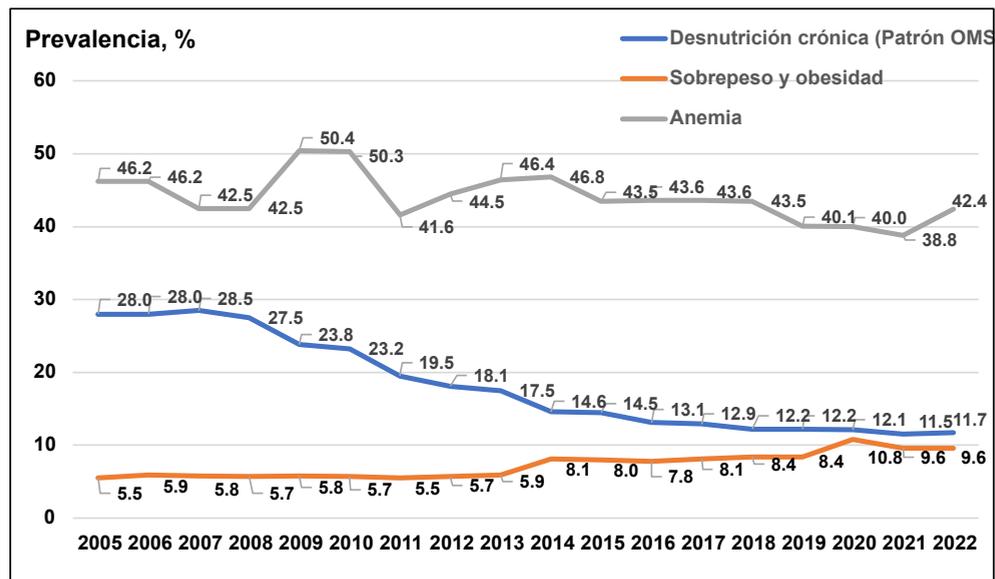
integrantes de las familias en edad de trabajar; además la desnutrición se vincula con altas tasas de diarrea y de enfermedades infecciosas, lo cual origina pérdida de productividad y mayores gastos de tiempo y dinero en atención médica (Castro y Chirinos, 2017; Castro et al., 2020).

La desnutrición crónica continúa siendo un problema en nuestro país; situación que ha sido superada en Chile (<1,0%). Otros países la han reducido sustancialmente, como Brasil (6%), mientras que como ya se indicó, en el nuestro, el promedio es 11.7 (INEI, 2022), porcentaje que en las zonas rurales de la sierra fácilmente se duplica (Castro et al., 2015; Castro-Bedriñana et al., 2020, 2021).

El Instituto Nacional de Salud (INS, 2013), reporta prevalencias de desnutrición crónica (16%) y sobrepeso-obesidad (5,9%) en niños atendidos en los servicios de salud para el 2013, señalando que la desnutrición crónica está en franca disminución, mientras que el sobrepeso-obesidad se mantiene (Figura 6).

Figura 6

Prevalencia de desnutrición y sobrepeso-obesidad en niños menores de 5 años, atendidos en los establecimientos de salud



Sistema de Información del Estado Nutricional – SIEN 2006-2013. INS. CENAN. www.ins.gob.pe. INEI (2022). Perú: Indicadores de resultados de los Programas Presupuestales

La Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES-2021) reporta 11.5% de desnutrición crónica en niños menores de cinco años. En el área urbana 6,8% y en área rural 24,4%. Los departamentos con los más altos porcentajes de desnutrición crónica infantil fueron Huancavelica (27,1%), Loreto (23,6%) y Cajamarca (20,9%). Respecto a la anemia, el 38,8% de la población de 6 a 35 meses de edad tiene anemia, siendo 48.7% en el área rural y 35.3% en el área urbana. Los departamentos con mayor porcentaje de anemia fueron Puno (70,4%), Ucayali (60,8%) y Madre de Dios (58,4%). El 64% de la población menor de seis meses de edad recibió lactancia materna. La Provincia Constitucional del Callao (45,7%) y los departamentos de Tumbes (45,8%) e Ica (46,3%) presentaron los más bajos porcentajes de lactancia materna. El 18,8% de las mujeres de 15 a 49 años padecieron de anemia. Según área de residencia, la anemia afectó más a las mujeres del área rural (20,0%) y a las residentes de los departamentos de Puno (28,6%), Loreto (27,4%) y Pasco (27,3%).

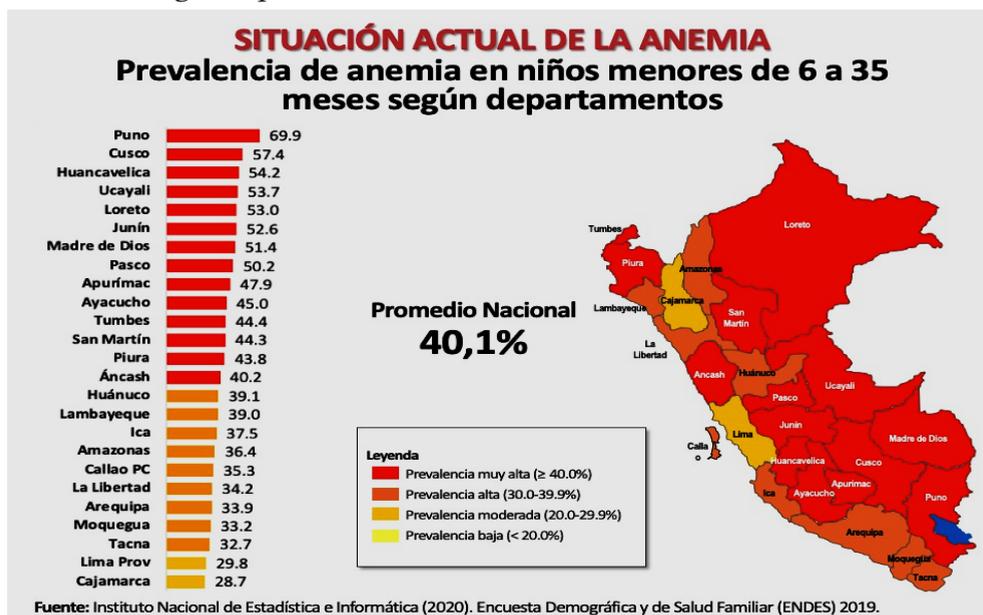
El ENDES (2021), también reporta que el 25,8% de la población de 15 a más años tiene obesidad, 7.5% más que en el año 2016 (18,3%), siendo el promedio en el área urbana de 28.4%. Por su parte, el documento “Perú: Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales-2022” se reveló que el 11.7% de menores de 05 años sufrieron de desnutrición crónica; cifra que se incrementa en las áreas rurales del país hasta llegar al 23.9% y 7.1% en la urbana. Dentro de las regiones con los índices más altos se encuentran: Huancavelica (29.9%), Loreto (21.8%), Amazonas (21.7%), Ucayali (19.7%), Cajamarca (19.6%) y Ayacucho (19.2%); siendo Tacna el departamento con el menor porcentaje de desnutrición crónica (2.8%) (INEI, 2022).

Otro problema que enfrenta la niñez es el sobrepeso y la obesidad, que el 2019 afectó al 8% de niños menores de 5 años, siendo los menores de 12 meses el grupo con la cifra más alta (12.4%) (INEI, 2022).

Estos no son los únicos problemas de malnutrición, la anemia infantil tiene también cifras alarmantes y que por varios años se mantiene alrededor del 40% (Figuras 6 y 7).

Figura 7

Situación actual de la anemia. Prevalencia de anemia en niños menores de 6-36 meses según departamentos



Aproximadamente hay 700 mil niños menores de 3 años anémicos de 1.6 millones a nivel nacional. El Plan Nacional de lucha contra la anemia 2017-2021 no ha tenido los resultados esperados, la meta establecida al 2021 era reducir la anemia de 43 a 19% y estamos en 42%.

La anemia infantil es uno de los grandes problemas de deficiencia nutricional en el mundo y está asociada con la alta morbilidad infantil y materna (Ayoya et al., 2013; Saraiva et al., 2014; Rahman et al., 2016) y con el impacto negativo en el desarrollo emocional, cognitivo y motor de los niños menores de 36 meses (INEI, 2017). El 90% de la anemia en el mundo se debe a la deficiencia de hierro (Goswami y Das, 2015). La anemia ferropénica es la etapa final de la deficiencia de hierro y si ocurre durante el período crítico (menores de dos años) sin una intervención temprana, puede causar daños irreversibles, evitando que el niño alcance un adecuado desarrollo neurológico (González, 2009; Lozoff et al., 2007; Carter et al., 2010). Este problema de salud pública está asociado al bajo

peso al nacer y mayor susceptibilidad a las infecciones, siendo la población más vulnerable los niños menores de 5 años, debido a su crecimiento acelerado y mayor requerimiento de hierro (Goswami y Das, 2015).

Diversos estudios demuestran que las mayores prevalencias de anemia se identifican en zonas andinas del Perú (Hernández-Vásquez et al., 2017); así, en el caso de mujeres gestantes se reporta 30,7% de anemia gestacional en la sierra rural, lo cual es debido a que estas familias campesinas cultivan y consumen alimentos pobres en hierro, reportándose baja ingesta de verduras verdes y productos animales como las vísceras y sangre, siendo sus dietas compuestas generalmente por papa, maíz y cebada; por las condiciones de altura no disponen de hortalizas y otros alimentos protectores, y no satisfacen sus necesidades de hierro para una adecuada síntesis de hemoglobina (Chirinos, 2016; Castro y Chirinos, 2015; Chirinos y Castro, 2018; Castro et al., 2018). En la zona rural, de vocación agraria, además de los factores asociados a la anemia señalados anteriormente, como la pobreza, bajo nivel educativo materno, falta de acceso a la atención de salud, inadecuada condición sanitaria, se tienen otros factores ligados a la disponibilidad y consumo de alimentos, como el nivel de producción agroalimentaria familiar y local, donde la familia que dispone de cultivos y crianzas los puede utilizar directamente en alimentación diaria (Chirinos, 2016; Castro y Chirinos, 2015). El uso adecuado de los alimentos está influenciado por las condiciones sanitarias y ambientales, por el nivel altitudinal, por las estaciones del año, como las épocas de post siembra y post cosecha y por el periodo de almacenamiento de lo producido (Chirinos, 2016).

En un reciente estudio sobre la Prevalencia de anemia infantil y su asociación con factores socioeconómicos y productivos en una comunidad altoandina del Perú, se determinó una prevalencia de anemia infantil de 86%, distribuidos en 34,9% de anemia leve, 46,5% de anemia moderada y 4,7% de anemia severa. Las prevalencias de enfermedades diarreicas y respiratorias agudas fueron 16,7 y 25%. Se observó una alta prevalencia de anemia infan-

til, asociada inversamente con la educación materna, hogares adecuadamente constituidos, propietarios de la vivienda, mayor frecuencia de consumo de pescado, habas y crianza de animales domésticos (Castro y Chirinos, 2019).

1.3 LINEAMIENTOS, OBJETIVOS Y ACCIONES PARA MEJORAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL

A continuación, se muestran algunos lineamientos, objetivos y acciones prioritarias para contribuir con la mejora de los componentes de la seguridad alimentaria nutricional de la población peruana, recomendados por Castro y Chirinos (2017).

1.3.1 Disponibilidad

Lineamiento: Garantizar una provisión suficiente y oportuna de alimentos sanos, nutritivos y asequibles para la población.

Objetivo Estratégico: Mejorar la producción y disponibilidad de alimentos. Acciones prioritarias:

- Promover la producción competitiva de alimentos regionales con alto valor nutricional aumentando así la disponibilidad total de energía de este origen.
- Fomentar el acceso y la mejor utilización de los recursos productivos para el desarrollo de la producción alimentaria.
- Fortalecer los procesos de investigación e intercambio y recuperación de experiencias para la seguridad alimentaria nacional y regional.
- Identificar, promover y consolidar sistemas de financiamiento y microfinanzas sostenibles destinados al proceso de producción y comercialización.
- Fortalecer los sistemas locales y regionales de distribución y comercialización de alimentos para la seguridad alimentaria.
- Promover el manejo sostenible de los recursos naturales en la producción de alimentos.

1.3.2 Acceso

Lineamiento: Propender por condiciones de inclusión social y económica de los más pobres y garantizar el derecho a la alimentación de todos los ciudadanos en situación de vulnerabilidad, especialmente niños, ancianos y madres gestantes y lactantes. Las intervenciones gubernamentales buscarán fomentar el empleo, diversificar las fuentes de ingresos, y fortalecer el acceso a activos productivos, entre otros.

Objetivo Estratégico: Mejorar la capacidad económica y la calidad de vida de las familias urbanas y rurales en situación de inseguridad alimentaria. Acciones prioritarias:

- Generar oportunidades económicas para la población urbana y rural en inseguridad alimentaria.
- Facilitar a los grupos vulnerables el acceso sostenible a los mercados de bienes y servicios, potenciando la sinergia rural y urbana a través de corredores económicos.
- Mejorar el acceso de los grupos vulnerables a los activos productivos y servicios sociales básicos de calidad en ámbitos urbanos y rurales.
- Desarrollar sistemas de protección integral hacia los grupos vulnerables que incluyan el derecho a la alimentación.
- Garantizar asistencia alimentaria y nutricional directa para grupos altamente vulnerables de la sociedad y en situación de emergencia.

1.3.3 Uso

Lineamiento: Garantizar las condiciones básicas de salud de las personas, el saneamiento básico de las viviendas y centros urbanos, y la preparación y el consumo adecuado de alimentos que permitan aprovechar su potencial nutricional, para alcanzar una mayor Seguridad Alimentaria. Dentro de este componente, la educación nutricional, la inocuidad de los alimentos, y la revalorización de los patrones de consumo local con alto valor nutricional se constituyen en acciones prioritarias.

Objetivo Estratégico: Mejorar las condiciones y prácticas nutricionales de la población y la inocuidad de los alimentos. Acciones prioritarias:

- Incorporar en los programas educativos, formales y no formales, contenidos orientados a mejorar las prácticas y patrones de alimentación, nutrición, salud e higiene.
- Promover y revalorar patrones de consumo de alimentos locales con alto valor nutricional.
- Asegurar el acceso del saneamiento básico y servicios de salud y educación de la población.
- Actualizar los instrumentos de programación y orientación alimentaria y nutricional (recomendaciones nutricionales, tablas de composición de alimentos guías alimentarias, etc.).

1.3.4 Estabilidad

Lineamiento: Propender por un suministro de alimentos continuo en el tiempo, para lo cual, es necesario identificar aquellos grupos vulnerables a emergencias naturales, económicas y sociales, mediante la implementación de sistemas de alerta temprana, y de información y comunicación eficientes.

Objetivo Estratégico: Disminuir la vulnerabilidad de los países de la región frente a los riesgos de la globalización y de las emergencias naturales, económicas y sociales. Acciones prioritarias:

- Desarrollar políticas e instrumentos que permitan monitorear y amortiguar los efectos sobre la seguridad alimentaria resultantes de las emergencias naturales, económicas y sociales.
- Desarrollar Sistemas de Información de inseguridad y vulnerabilidad alimentaria en la subregión.
- Desarrollar una estrategia de prevención de desastres.

1.3.5 Institucionalidad

Lineamiento: Lograr que las intervenciones de política tengan la eficiencia y el impacto deseado mediante adecuados ajustes institucionales, que

garanticen la adopción de una visión integral y multisectorial de los programas y proyectos que se formulen y ejecuten, así como las disciplinas necesarias para su eficaz monitoreo, seguimiento y evaluación de impacto, en concordancia con las estrategias nacionales de descentralización y participación ciudadana.

Objetivo Estratégico: Mejorar la eficiencia de la intervención multisectorial en seguridad alimentaria. Acciones prioritarias:

- Fortalecer los mecanismos de focalización y acción coordinada y complementaria de intervenciones multisectoriales.
- Fortalecer los sistemas de planificación, monitoreo, seguimiento y evaluación de impacto de las intervenciones en seguridad alimentaria y nutricional, propiciando la unificación de criterios de medición y la estandarización de indicadores.
- Ampliar y optimizar los sistemas de información relevantes para la seguridad alimentaria y nutricional dirigida a los usuarios.
- Fortalecer la participación de la sociedad civil en el diseño, ejecución, evaluación y vigilancia de las políticas de seguridad alimentaria y nutricional.
- Aprovechar los procesos de negociación comercial internacionales, que inciden en la seguridad alimentaria y nutricional, para lograr un mayor acceso a mercados y tratamiento diferenciado como países andinos.
- Promover un Foro regional en seguridad alimentaria para fortalecer las capacidades nacionales en el tema.
- Posicionar en las agendas locales, nacionales y de la Región Andina la temática de seguridad alimentaria y nutricional.

CAPÍTULO II

DESARROLLO HISTÓRICO Y ROL DE LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

2.1 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA NUTRICION

La nutrición animal se inició como un arte, cuyos fundamentos fueron la mezcla del instinto animal, costumbres, experiencias, folklore, conjeturas y secretos propios del criador. Se comía solo porque existía hambre y, por muchos siglos, la gente trataba de solucionar algunas preguntas como: ¿qué comer, cuánto y por qué? (Castro y Chirinos, 2017).

La nutrición se desarrolla gracias al apoyo de otras ciencias. La biología, física, química, bioquímica, fisiología, genética, bacteriología y otras, aportaron leyes y principios que permitieron que la nutrición evolucione y se constituya en una ciencia, la misma que actualmente ha dado origen a otras ramas científicas como la nutriómica, nutraceutica. Este desarrollo no solo se debe al aporte de los científicos e investigadores, sino a la intervención sostenida de los criadores y productores, quienes detectan qué tipo de alimentos son los mejores para sus animales (Castro y Chirinos, 2017).

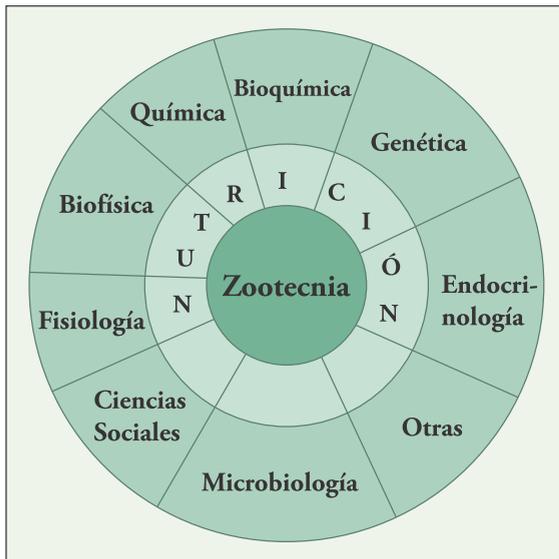
Las ciencias de la nutrición están descubriendo las que se han denominado ciencias “ómicas” e impulsados por los recientes descubrimientos del proyecto Genoma Humano y los desarrollos tecnológicos asociados, el genotipado, la transcriptómica, la proteómica y la metabolómica aho-

ra están disponibles para utilizarlos en la investigación en nutrición. Esta nueva era de la nutrición molecular (interacciones genes-nutrientes) puede crecer en diversas direcciones. Por un lado, el estudio de la influencia de los nutrientes en la expresión de genes (nutrigenómica), y del otro, conocer la influencia de las variaciones genéticas en la respuesta del organismo a los nutrientes (nutrigenética) (Gómez, 2007).

En la Figura 8 se muestra la interrelación de las distintas ciencias básicas y aplicadas con la nutrición, todas teniendo como meta la economía de la Zootecnia y el bienestar del hombre. La química, la física y la biología posibilitaron la formación y desarrollo de la bioquímica, biofísica, microbiología, las cuales a su vez dieron lugar a la formación de la nutrición. Obviamente sin las matemáticas no se hubiera podido desarrollar ninguna de las ciencias indicadas puesto que es la herramienta fundamental en el proceso de la investigación científica, dando lugar a la estadística, métodos estadísticos, informática. A su vez la nutrición tiene sustancial relación con la economía y las ciencias sociales. Todas en su conjunto funcionan interrelacionadamente a fin de mejorar la calidad de vida (Castro y Chirinos, 2017).

Figura 8

Interrelación de la nutrición con otras ciencias



Quinientos años antes de Cristo se indicaba que cuatro eran los elementos que constituían la esencia de la vida: tierra, aire, fuego y agua (Empedocles).

Desde aquellos años el hombre, mediante pruebas de ensayo y error descubría que alimentos eran mejores que otros y los incorporaba en su alimentación diaria y en la de sus animales, identificando las propiedades de cada uno de ellos.

No obstante, recién a partir de 1950 se reconoce a la nutrición como una verdadera ciencia y se llega a los descubrimientos más saltantes reconociendo no solo a las proteínas, grasas y azúcares como los nutrientes esenciales, sino a las vitaminas y minerales; y lo que es más, descubrir y estudiar a los diferentes aminoácidos que forman parte de la estructura proteica. En 1932 se cristalizó la vitamina “C” a partir del jugo de limón y en 1932, Rose clasificó los aminoácidos esenciales y los no esenciales. Se enfatizó el uso de aditivos nutricionales, se determinaron los requerimientos nutricionales de las diferentes especies domésticas, se desarrollaron técnicas de análisis de paredes celulares identificándose las porciones altamente digeribles (contenido celular), poco digeribles (celulosa, hemicelulosa) y las no digeribles (lignina) para los animales. Se inicia la práctica del reciclaje y reúso biológico, aprovechando los excrementos y residuos agroindustriales en la alimentación animal (Castro y Chirinos, 2017).

El desarrollo de los conocimientos ha sido enorme durante las últimas 7 décadas y su aplicación masiva a través del uso de raciones balanceadas principalmente han contribuido a mejorar la eficiencia de la producción animal. Paralelamente se ha dado énfasis a establecer estrategias que permitan reducir la producción de gases de efecto invernadero, el bienestar animal, la producción libre de patógenos y la reducción del uso de antibióticos y una utilización prudente de antimicrobianos en la producción animal en bien de la salud pública (Castro y Chirinos, 2017).

Sin embargo, todo lo pasado, como lo dijera Ensminger y Olentine (1983), es solamente el prólogo. El capítulo final del siglo pasado ya ha sido escrito y ahora estamos viviendo los primeros 23 años del siglo XXI, el cual por los espectaculares avances de la biotecnología permitirán avances inesperados en el mundo de la nutrición humana y animal.

Los equipos y métodos de análisis cada vez más sofisticados están permitiendo identificar como esenciales a micronutrientes que antes no eran considerados como tales; ahora se tienen equipos que detectan contenidos en partes por trillón, lo que antes era imposible (Castro y Chirinos, 2017).

Adicionalmente, la mayor incidencia de enfermedades crónicas de la tercera edad (diabetes, hipertensión arterial, entre otras) hace que las exigencias alimenticias mundiales sean sustancialmente modificadas, exigiéndose la producción de alimentos orgánicos, de elevado valor nutritivo, inocuos y seguros; es decir, se exige una producción de alimentos de origen pecuario bajos en colesterol, ricos en ácidos grasos Omega 3, en antioxidantes, etc.; que no supongan ningún riesgo para la salud. Asimismo, los consumidores también muestran interés por el trato que reciben los animales de los cuales proceden los productos que adquieren. Se cuestiona el funcionamiento de las granjas de producción intensiva, donde los animales son sometidos a un estrés innecesario para conseguir una mayor producción; también se ha acentuado la preocupación sobre la contaminación ambiental que esto supone. La producción de carne, leche y huevo enfrenta ahora a un nuevo reto, ya que se prevé un crecimiento de su consumo en todo el mundo, paralelo a una mejora del bienestar de los animales antes y durante su sacrificio, durante su transporte y distribución (Castro y Chirinos, 2017).

El estrés es el principal causante de los efectos negativos de la carne, los cuales, en función de la intensidad y la duración del estrés aumentan. Un estrés corto y agudo supone un aumento de la concentración de catecolaminas, unas hormonas liberadas en la sangre en momentos de estrés físico o emocional (principalmente la dopamina y la adrenalina); también se origina una estimulación del glicólisis y de la producción de ácido láctico antes del desangrado. Este aumento de catecolaminas provoca un descenso del pH muscular durante la primera hora post mórtem. Esta rápida bajada del pH, cuando la temperatura de la canal aún es elevada (38°C), causa desnaturalización de las proteínas musculares y una elevada retención del agua, resultando una carne mucho más pálida, blanda y exudativa, denominada PSE (*“pale, soft and exudative”*). Si, por el contrario, el estrés al que está sometido el animal se prolonga durante varias horas, con una intensidad constante, la cantidad de glicógeno es

muy elevada, con lo que el pH no desciende en el post mórtem y como consecuencia la carne es de aspecto oscuro, seco y duro. Este defecto se conoce como DFD (*“dry, firm and dark”*). En estas condiciones es más fácil el crecimiento de bacterias, más aún, si no se conserva de forma adecuada (Cuellar, 2021; Alvarado, 2015; Gimferrer, 2010).

Los diferentes avances científicos en el campo de la nutrición y alimentación animal, aunado a los avances en genética, manejo sanitario, reproductivo, han permitido que la eficiencia alimenticia se acerque cada vez más al valor ideal, que sería 1; es decir, por cada kilogramo de alimento consumido obtener un kilogramo de producto. En el Cuadro 1, se muestra un ejemplo ilustrativo, en lo que se refiere a la evolución de parámetros productivos de pollos de engorde (Nilipour, 2012).

Cuadro 1

Evolución de parámetros productivos de pollos de engorde (1925-2015)

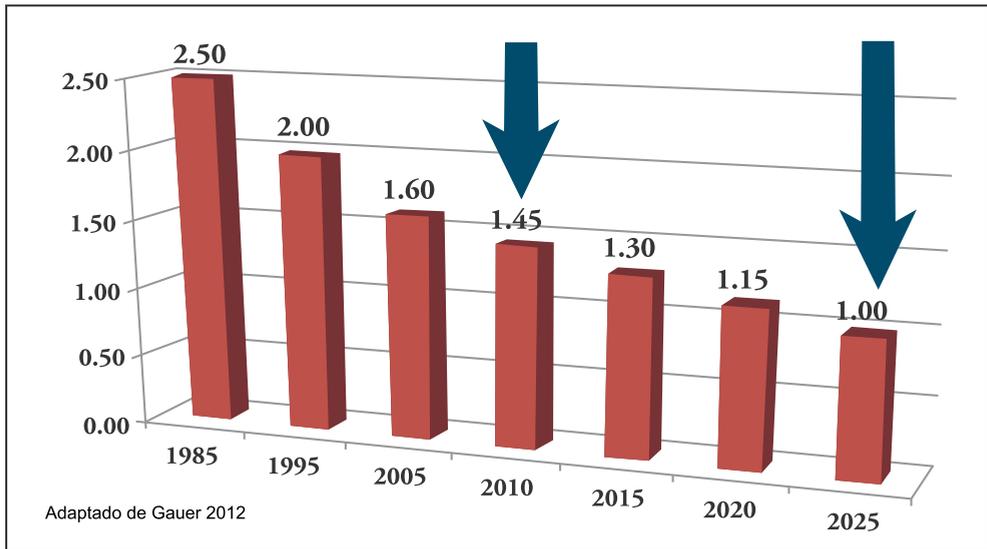
<i>Año</i>	<i>Peso lb.</i>	<i>Peso gr.</i>	<i>Edad</i>	<i>F.C.</i>	<i>gr./día</i>	<i>% Mort.</i>	<i>%Sobrevivencia</i>	<i>Indice</i>
1925	2.28	1035.1	112	4.7	9.24	18	82	16.12
1935	2.6	1180.4	98	4.4	12.04	14	86	23.54
1945	3.1	1407.4	84	4.0	16.75	10	90	37.70
1955	3.3	1498.2	70	3.0	21.40	7	93	66.35
1965	3.5	1589.0	63	2.4	25.22	6	94	98.79
1975	3.7	1679.8	56	2.1	30.00	5	95	135.70
1985	4.2	1906.8	49	2.0	38.91	5	95	184.84
1995	4.6	2088.4	45	1.9	46.41	5	95	232.04
2005	5.4	2451.6	44	1.8	55.72	4	96	297.16
2010	5.6	2542.4	42	1.7	60.53	3.5	96.5	343.61
2015	5.8	2633.2	40	1.65	65.83	3	97	387.00

Fuente: Nilipour, 2012.

Con los constantes avances en genética y la nutrición, posiblemente para el 2025 estaremos en capacidad de alcanzar conversiones alimenticias aparentes de 1 (Figura 9).

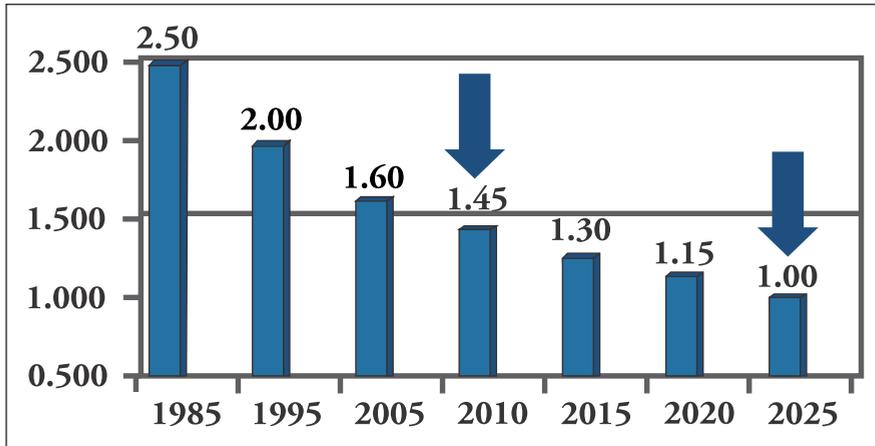
Figura 9

Evolución de la conversión alimenticia en pollos de engorde



Fuente: Donohue (2012).

En el contexto global, esto significa que se podría utilizar 30% menos de grano para producir 100 mil millones de toneladas de carne de pollo, o producir un 45% más de carne con la misma cantidad de alimento, haciendo que los productos avícolas sean aún más económicos, lo cual garantizaría su disponibilidad para los 8 millones de habitantes del 2025 (Rigolin, 2013). Las operaciones avícolas han sido cada vez más eficientes, pues los pollos alcanzan un peso de mercado de 2 kg en 36 días, con un rendimiento del 85% y un índice de conversión alimenticia (CA) de 1.65. Entonces, lograr una CA de 1:1 para el 2025 puede ser una realidad (Figura 10).

Figura 10*Evolución en la tasa de conversión alimenticia de pollos broiler (1985 al 2025)*

Fuente: Rigolin (2013)

El índice de CA de 1:1 se generó por primera vez en el 2005 (Foulds, 2005), sin embargo, la industria aún está batallando por lograr ese objetivo. Durante el Simposio Anual de Alltech de 2013, los expertos destacaron cinco obstáculos que impiden alcanzar este potencial genético en aves de corral:

1. Integridad intestinal (Pérdida potencial de CA 0.10)
2. Alimentación, calidad del agua y bioseguridad (Pérdida potencial de CA 0,2)
3. Saber lo que está alimentando (Pérdida potencial de CA 0.10)
4. Control eficaz de la coccidiosis (Potencial mejora de CA 0,06)
5. Alimentación temprana/in-ovo y genes programados (pérdida potencial de CA 0.04)

1. Integridad intestinal

La salud intestinal desempeña un papel vital en la producción avícola. Sólo un intestino sano puede absorber la mayor cantidad de nutrientes para aprovechar al máximo la dieta. Hay tres componentes importantes: el medio ambiente ecológico, el balance de nutrientes y la estabilidad microbiana simbiótica. Una salud intestinal deficiente puede aumentar el contenido de humedad de las excretas y por ende tener un impacto negativo en las condi-

ciones de la cama, lo que aumenta la cantidad de amoníaco en el galpón y desencadena mayores problemas respiratorios. También se sabe que la cama húmeda aumenta la pododermatitis, las quemaduras del corvejón, reduce la calidad de la carne procesada y aumenta el número de decomisos. También se pueden exacerbar ciertas condiciones, como el síndrome de enanismo y otras patologías (Rigolin, 2013, 2014; Castro y Chirinos, 2017).

2. Alimento, calidad del agua y bioseguridad

La mala calidad del alimento balanceado siempre tendrá un impacto negativo sobre la salud intestinal y sobre la eficiencia global del tubo digestivo. La calidad del alimento se ve afectada por múltiples factores: la forma en que se han cultivado y procesado los granos y las proteínas y la forma en la cual se fabrica el balanceado, como la peletización. Hay más de 500 tipos de micotoxinas que inducen signos de toxicidad en las aves y actualmente se calcula que está contaminado el 25% de los cultivos producidos a nivel mundial. Algunos tipos de micotoxinas pueden debilitar la barrera intestinal y aumentan el riesgo de que microbios invasivos como *Salmonella enteritidis*, puedan atravesar la pared con mayor facilidad y llegar al torrente sanguíneo. El calor y sequía extremos durante el cultivo son los precursores del *Aspergillus*, el hongo responsable de las aflatoxinas. Si además el maíz sufre daños o es sometido a estrés por insectos o granizo, aumenta la probabilidad de que aparezcan las aflatoxinas (Rigolin, 2013, 2014; Castro y Chirinos, 2017).

La cloración y acidificación del agua son esenciales, dado que el 70% del peso final del ave es agua. Las fases críticas para acidificar el agua son la fase de empolle o más adelante durante la producción, cuando es especialmente elevado el riesgo de enteritis necrotizante (Rigolin, 2014; Castro y Chirinos, 2017).

3. Composición real de los alimentos

La tecnología cercana al infrarrojo ofrece la capacidad de determinar correctamente el valor real de alimentación de los ingredientes en la alimentación. La nutrición precisa en tiempo real saber lo que contiene la materia prima. Los insumos alimenticios deben limpiarse, asegurando que tanto los granos rotos como el polvo hayan sido removidos (Rigolin, 2014; Castro y Chirinos, 2017).

4. Control eficaz de la coccidiosis

El control de la coccidiosis es una preocupación clave en las granjas de aves. Cualquier programa debe señalar la estrategia a utilizar, si es química, antibiótica o vacuna. El desarrollo de la enteritis necrótica es una preocupación secundaria, y el programa de gestión de la microflora intestinal es una práctica positiva (Rigolin, 2014; Castro y Chirinos, 2017).

5. Alimentación temprana/in-ovo y genes programados

Los estudios han indicado que es posible imprimir los genes de un ave a una edad muy temprana y convertirlo posteriormente en un animal más eficiente. Una forma de hacerlo es a través de la alimentación ovo. La administración de nutrientes altamente digeribles en el amnios de embriones puede traer una mejora en la calidad del pollo, un aumento de las reservas de glucógeno, el desarrollo avanzado de los intestinos, la salud del esqueleto, el crecimiento muscular, el aumento de peso corporal, conversión alimentaria mejorada y una función inmune mejorada. Usando información nutrigenómica, casi el 30% de los genes expresaron actividad diferente en el tiempo mediante la alimentación in ovo (Foulds, 2005; Castro y Chirinos, 2017).

Reportes recientes demuestran que la limitación de la ingesta de nutrientes después de la eclosión es otra forma de imprimir genes a una edad muy temprana. Los rasgos de producción, tales como tolerancia al estrés inmunológico ambiental u oxidativo y la utilización de energía y minerales, pueden imprimirse mediante el acondicionamiento adaptativo de la expresión génica. Durante las primeras 24 horas después de la eclosión, el intestino delgado, el hígado y el páncreas se desarrollan a un ritmo más rápido que el peso corporal. El polluelo necesita ser alimentado tan pronto como sea posible para proporcionar sustrato para el desarrollo gastrointestinal, el aumento de peso y el desarrollo del sistema inmunológico. Ingredientes de alta calidad, oligosacáridos basados en manano, ingredientes ricos en nucleótidos, adsorbentes de micotoxinas y minerales orgánicamente complejos pueden generar cambios significativos en la CA (Rigolin, 2014).

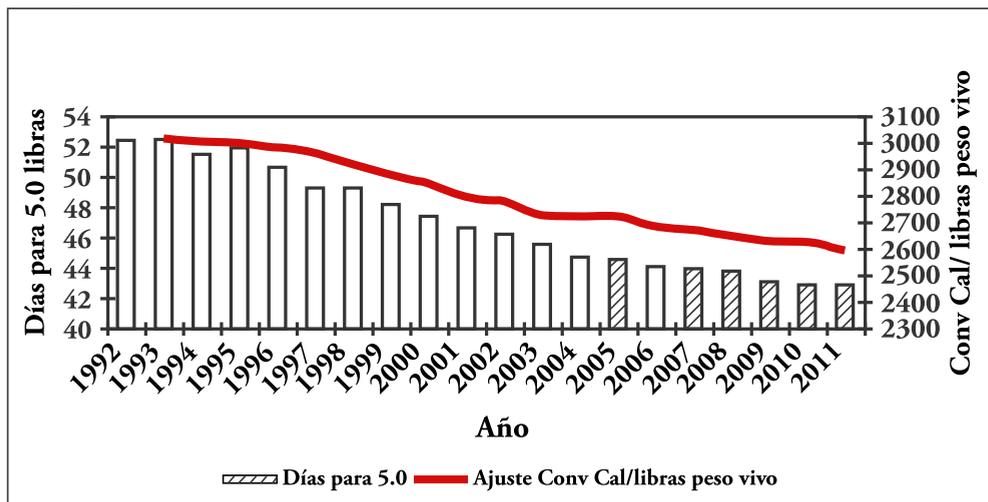
¿Qué se espera en adelante?

Respecto a tendencias productivas de la última década, podemos tomar como ejemplo que el 2011, en USA, la industria avícola produjo 22.5 mil millones de kilogramos de pollo vivo con un índice de conversión de alimentos promedio de 1.94. En 1992 tardaba 52 días para que un pollo de engorde alcance las 2.2 kg. Para el 2012 tardaron 42 días para que la misma ave crezca al mismo tamaño, una mejora de los últimos 20 años. La tasa de crecimiento más rápida contribuye con ganancias constantes en la conversión de calorías. Así, en 1992 requerían más de 3,000 kilocalorías para producir una libra de peso vivo, ahora toma menos de 2,600 kilocalorías para producir una libra de peso vivo, registrándose una reducción de 14% (Figura 11) (Donohue, 2012; Castro y Chirinos, 2017).

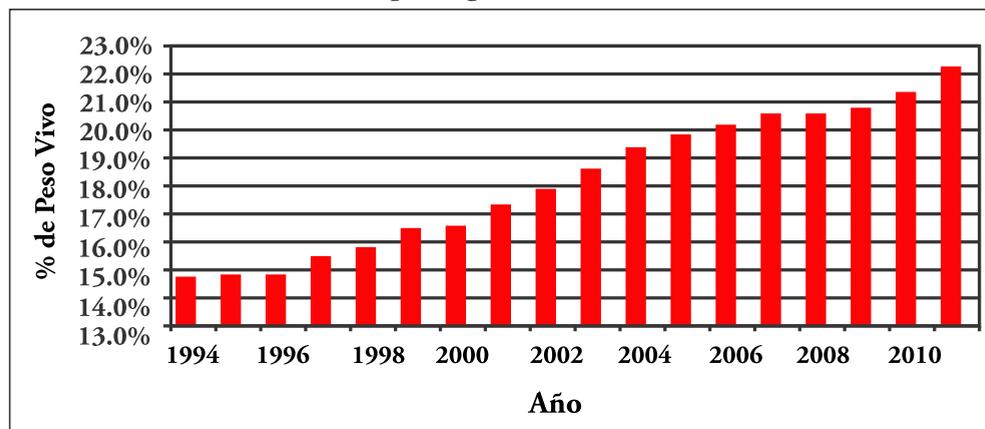
Como la industria giró más hacia las aves que producen más y tienen un mayor rendimiento de carne de pechuga con aves más pesadas, encontramos que el porcentaje promedio de pechuga deshuesada como porcentaje del peso vivo se ha incrementado de 14.7% en 1994 a 22.25% en 2011, un incremento de 51% (Figura 12) (Donohue, 2012).

Figura 11

Días y conversión de calorías, desde 1992 al 2011



Fuente: Donohue (2012).

Figura 12*Tendencia del rendimiento de pechuga desde 1994 al 2010 (%)*

Fuente: Donohue (2012)

Lógicamente este enorme progreso no se debe exclusivamente a una mejor nutrición, pues también a través de la genética se han logrado animales capaces de crecer aceleradamente. Asimismo, un mejor manejo y control sanitario han permitido una menor mortalidad y una mejor utilización de los alimentos.

2.2 IMPORTANCIA DE LA NUTRICION EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Las ciencias relativas al estudio de los animales se pueden clasificar en dos grandes grupos: las que se refieren al estudio productivo de los animales, como la producción animal, la ingeniería zootecnia, la producción pecuaria, sistemas de producción, y aquellas que observan a los animales enfermos, como la medicina veterinaria, sanidad animal, patología animal (Castro y Chirinos, 2017).

En cualquier sistema de producción animal, los animales se deben mantener sanos utilizando métodos preventivos y por ende erradicar la presencia de animales enfermos. Ya no es permitido tratamientos prolongados, debiéndose sacrificar a los animales enfermos, antes de curarlos, salvo excepciones muy particulares, como en el caso de reproductores, donadores

de semen, los cuales por su alto valor económico y genético merecerán un tratamiento no muy prolongado. Sin duda alguna, esto no significa disminuir la importancia de la sanidad animal, sino dar importancia a la medicina preventiva y las políticas sanitarias adoptadas por el sector; razón por la cual se deben enfatizar los planes que consideren las Buenas Prácticas de Manejo (BPM), Buenas Prácticas de Higiene (BPH), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Buenas Prácticas de beneficio, procesamiento, etc., mediante la implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad, bienestar animal, prevención de la salud (Castro y Chirinos, 2017).

Ahora bien, de las ramificaciones de la Zootecnia: nutrición, reproducción y genética; la primera es la de mayor importancia, no solo desde el punto de vista fisiológico sino económico, puesto que el rubro alimentación representa entre el 50 al 80% del costo de producción, dependiendo de la especie y finalidad productiva; de manera que las mejoras económicas que se logren en esta área tendrán el mayor impacto en la eficiencia general de la explotación. En tal sentido la **nutrición** debe ser la base para las demás áreas de la Zootecnia. No olvidemos que la reproducción, la producción (leche, carne, lana, etc.) y la resistencia a infecciones y otras enfermedades, son funciones nutricionales; de manera que, poniendo en óptimas condiciones todos los factores que intervienen en la producción animal, en el éxito del negocio pecuario, la nutrición participa con 40%, la genética con 25% y el manejo en general con 35%; por lo tanto, para maximizar las utilidades de una explotación pecuaria es primordial poner mayor atención al programa de alimentación, el cual depende del nivel de conocimiento que se tenga en nutrición animal para su aplicación práctica en la alimentación animal (Castro y Chirinos, 2017).

Esta importancia se demuestra en un simple experimento realizado en la Universidad Autónoma de México, en el año 1980 (Shimada, 2017), donde se comparó el comportamiento productivo de cerdos, cuyo techo genético era el mismo, alimentados con dietas formuladas en base a los conocimientos de 1930 y 2005 (Cuadro 2).

Cuadro 2

Comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas en base a concentrados nutricionales de 1930 y 1980

PARAMETROS	1930	2005	Diferencia porcentual frente a 1930
Peso inicial, Kg	20	20	--
Peso final, Kg	110	110	--
Días de engorde	173	116	- 33
Incremento de peso, g/día	518	776	+ 50
Consumo de alimento, Kg	387	309	- 20
Conversión alimenticia	4,3	3.4	- 21
Grasa dorsal, cm	4,0	2.5	- 38

Fuente: Shimada, 2017.

Los cerdos alimentados con la fórmula del 1995 requirieron 33% menos días de engorde, logrando ganancias de peso diarias superiores en 50%, con un consumo de alimento disminuido en 20%, lo cual resultó en una conversión alimenticia 21% mejor y una canal de mejor calidad, juzgada por una reducción del 38% del espesor de la grasa dorsal. Aunque se arguya que en este trabajo influyeron los progresos en genética, manejo y sanidad; los resultados observados se lograron con solo cambiar la formulación de alimentos, siendo el manejo, en general, igual para los lotes evaluados (Shimada, 2017).

Similarmente, se puede indicar que en la década de los 50, los pollos parrilleros salían al mercado con algo más de 1,5 kg, en 80 días y con una C.A. de 3,17; para el año 1965 se requerían de 58 días para obtener pollos de 1,7 kg con una C.A. de 2,05 y en 1995, para obtener pollos de 1,8 kg se emplearon solamente 42 días, con una C.A. de 1,9. Algunos investigadores, para el año 2000 esperaban que se logren pollos parrilleros de 1,8 kg de peso en solamente 35 días y con una C.A. de 1,65; sin embargo, esta meta se alejó considerablemente, puesto que para 1998 se sacaron pollos a los 40 días con 1,8 kg de peso y con C.A. cercana a 1,85 (Nilipour, 2012).

En el Cuadro 3 se muestra resultados de tendencia similar a la antes señalada, observándose que para el 2015 se tuvieron pollos de 2.6 kg a los 40 días con una CA de 1.65, Esta tendencia de resultados permite esperar que la CA sea cada vez más eficiente, así como lograr un mayor porcentaje de sobrevivencia (Nilipour, 2012).

Cuadro 3

Comportamiento productivo de pollos de carne desde 1925 al 2015

Año	Peso, g	Edad, días	CA	Incremento de peso, g/día	% de mortalidad	% de sobrevivencia
1925	1031,1	112	4,70	9,24	18,0	82,0
1935	1180,4	98	4,40	12,04	14,0	86,0
1945	1407,4	84	4,00	16,75	10,0	90,0
1955	1498,2	70	3,00	21,40	7,0	93,0
1965	1589,0	63	2,40	25,22	6,0	94,0
1975	1679,8	56	2,10	30,00	5,0	95,0
1985	1906,8	49	2,00	38,91	5,0	95,0
1995	2088,4	45	1,90	46,41	5,0	95,0
2005	2451,6	44	1,80	55,72	4,0	96,0
2010	2542,4	42	1,70	60,53	3,5	96,5
2015	2633,2	40	1,65	65,83	3,0	97,0

Fuente: Nilipour, 2012

Otro ejemplo que reafirma esta importancia es que, 60 años atrás, las mejores vacas lecheras promediaban 1 200 - 1 500 Kg. (4 a 5 Kg/día en 365 días) de leche por año, actualmente muchos hatos están arriba de 9000 (29Kg/día) y se reporta que algunas vacas, en condiciones eficientes, han producido más de 23 500 Kg. de leche por año, lo cual equivale a una producción diaria de más de 75 Kg de leche por día. Este ejemplo nos da una idea del potencial productivo de estos animales y que, no solamente ejecutando un programa de alimentación eficiente, se logrará estos resultados, sino considerando un enfoque sistémico en todos los componentes del sistema de producción (Castro y Chirinos, 2017).

Para este siglo, los avances en nutrición de aves y cerdos estarán enfocados principalmente a emplear insumos alimenticios baratos, preferentemente que no sean consumidos directamente por el hombre a fin de disminuir la competencia entre el humano y los animales por determinados alimentos. En cuanto a rumiantes se refiere se tendrán resultados concluyentes sobre manipulación de la fermentación en el rumen, rutas bioquímicas, etc. Con respecto a otras especies animales, se incrementarán las investigaciones en nutrición y alimentación de especies silvestres, peces, crustáceos, mascotas, entre otras (Castro y Chirinos, 2017).

Este enfoque se sustenta en la notoria escasez mundial de alimentos. Los perjuicios y la vehemencia de algunos atribuyen el hambre del mundo a la alimentación de los animales y abogan por la sustitución del consumo de granos y productos de origen animal que actualmente se emplea en las explotaciones pecuarias. Obviamente existe la necesidad de utilizar al máximo los forrajes, los residuos de cosecha, rastrojos, subproductos agroindustriales y alimentos reciclados, con un mínimo de granos a efecto de reducir la competencia por el consumo de los granos comestibles por el hombre (Castro y Chirinos, 2017).

Otros aspectos para considerar en las investigaciones nutricionales de las siguientes décadas deben permitir el control de la polución ambiental y sus consecuencias sobre la salud humana y de otras formas de vida, prestando particular atención a la polución que causa el estiércol, los insecticidas, los promotores de crecimiento, entre otros. Asimismo, se debe trabajar para afinar la composición de los alimentos y necesidades nutricionales, a fin de formular raciones que eleven los beneficios netos de la producción animal, considerando requerimientos nutricionales más reales para cada sistema de producción animal (Castro y Chirinos, 2017).

2.3 ROL DE LA NUTRICION EN LA PRODUCCION ANIMAL

La importancia de la Nutrición en la producción animal la podemos resumir en cuatro aspectos (Castro y Chirinos, 2017):

2.3.1 ROL FISIOLÓGICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

Considerando al aporte nutricional como una forma de satisfacer el equilibrio fisiológico del animal en base a su ciclo de vida, agrupándolas en: mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción del animal (Castro y Chirinos, 2017).

Para el mantenimiento los alimentos deben aportar los nutrientes que permitan mantener las funciones fisiológicas elementales de los animales, es decir, suplir las proteínas necesarias para reemplazar las pérdidas obligatorias de nitrógeno, la energía necesaria para mantener el metabolismo basal y los minerales y vitaminas para reemplazar a aquellos que fueron catabolizados.

Estas necesidades no consideran el crecimiento, producción o reproducción (gestación); un ejemplo de esta condición es una vaca adulta, que no está en gestando ni produciendo leche.

En animales en producción, las necesidades productivas se superponen a las de mantenimiento y se logra con mayores niveles de alimentación. En tal sentido las necesidades nutricionales serán mayores a mayor nivel productivo y tipo de producto; si es carne, leche y huevos, estarán incrementadas principalmente las necesidades de proteínas (aminoácidos), minerales y vitaminas. Si lo que se hace es un engorde de finalización se contemplará el uso de dietas con un tenor energético incrementado, porque de lo que se trata es de incorporar grasa al animal.

La nutrición durante el crecimiento depende del objetivo final del sistema productivo, si es camal o reproducción; por ejemplo, los pollos parrilleros necesitan un nivel de alimentación alto para su desarrollo rápido en el mínimo de tiempo, lo cual se modifica en el caso de aves de postura (que requiere de períodos restringidos de alimentación para permitir un adecuado desarrollo del tracto reproductivo, incrementar la longevidad y la salud). En el caso de animales de trabajo los requerimientos de energía son mayores. En animales en lactación se incrementan las necesidades de energía, proteína, calcio, fósforo, vitaminas, agua, entre otros.

2.3.2 ROL ECONÓMICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

La producción animal, como actividad económica busca producir con el mínimo costo las utilidades más altas. La economía nutricional se puede comparar con el cálculo ingenieril de una viga, que puede hacerse poniendo un exceso de cemento y fierro o con un exagerado margen de seguridad o contrariamente poner menos materiales de los que se requiere y tener infraestructuras de alto riesgo; el buen ingeniero calculará en forma óptima, con un adecuado margen de seguridad. Lo mismo ocurre en la aplicación práctica de la nutrición ya que se pueden formular raciones con márgenes excesivos de seguridad, incrementando no solo el costo de la ración sino el costo de producción y causando problemas de exceso en la salud, o elaborar dietas deficientes en algún nutriente esencial que ocasiona deficiente producción y problemas de salud. En tal sentido se debe formular raciones en base a los requerimientos nutricionales de cada especie y fase del ciclo de vida, para lo cual se dispone actualmente de programas computarizados de formulación de raciones. Por otro lado, se debe tener en consideración que en general la formulación de raciones al mínimo costo es beneficiosa para los comercializadores de alimento, pero no para los productores, quienes muchas veces requieren de alimentos que tengan niveles nutricionales superiores a los requerimientos mínimos que las recomendaciones señalan en sus tablas de requerimientos (Castro y Chirinos, 2017).

No obstante, este concepto económico y comercial, la formulación de raciones balanceadas y el diseño de programas de alimentación requieren de conocimientos muy precisos sobre los requerimientos nutricionales, composición química de los insumos alimenticios y los niveles de inclusión en la dieta. Se debe considerar conceptos de disponibilidad y balance de aminoácidos, antagonismos e interrelaciones entre nutrientes, factores anti nutricionales, etc. ya que los alimentos comerciales, muchas veces, sólo toman en cuenta valores brutos (Castro y Chirinos, 2017).

La alimentación representa más o menos las siguientes proporciones del costo de producción:

- Terminado de bovinos 70%
- Producción de leche 55%
- Engorde de corderos en corral 50%
- Producción de cerdos 65 a 70%
- Aves de corral 65 a 75%, estando la producción de huevos hacia el lado inferior de esta escala, y la producción de pollos parrilleros y pavos hacia el lado superior.

En esta era de granos escasos y caros, los costos de alimentación seguirán aumentando y se deben redoblar los esfuerzos para mejorar el rendimiento de los alimentos. Todo productor debe proveer a sus animales una ración que sea satisfactoria y económica, una ración que permita obtener la producción máxima de un producto de calidad por unidad de alimento consumido, recomendándole tener asesoría de un especialista en nutrición animal y no dejarse sorprender por otras personas que no tengan la formación y competencias en producción y nutrición animal (Castro y Chirinos, 2017).

2.3.3 ROL SANITARIO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

Todo ser vivo, en fin de cuentas representa lo que come, y decimos “somos lo que comemos”. La nutrición es uno de los pilares de la salud y no solo influye directamente a través de un óptimo crecimiento, lactación, postura o reproducción, sino a través de una mayor o menor susceptibilidad a las enfermedades, según el nivel nutricional, con el consiguiente efecto negativo en la productividad del negocio pecuario. Siempre debemos tener en mente que la salud de un animal es una función directa de su estatus nutricional (Castro y Chirinos, 2017).

Una nutrición deficiente hace al animal más susceptible a adquirir diversas enfermedades. Una dieta pobre en proteínas reduce el nivel de gamma globulinas (anticuerpos). Igualmente se conoce el efecto de las de-

ficiencias de muchas vitaminas y minerales, haciendo más susceptibles a los animales a las enfermedades infecciosas. Igualmente se debe considerar los compuestos antinutricionales de algunos insumos alimenticios, como el gopisol (pasta de algodón), taninos (sorgo) antitripsicos (soya), etc. los que deprimen la performance productiva de los monogástricos. Asimismo, se debe considerar la importancia de algunos minerales y vitaminas que mejoran la tasa de síntesis de anticuerpos (Castro y Chirinos, 2017).

Hay ciencias derivadas de la nutrición que actualmente están revolucionando el conocimiento y su aplicación tecnológica. Una de ellas, la Nutrigenética, estudia las variaciones genéticas entre individuos y su respuesta ante los nutrimentos o ciertos componentes de la dieta. Tiene como objetivo formular dietas concretas para genotipos específicos (Simopoulos, 2010). Esta ciencia podrá identificar poblaciones o líneas genéticas que sean menos eficientes en la ingesta de ciertos alimentos, o en rutas metabólicas, de forma que se podrá sugerir recomendaciones de nutrición para un perfil genético con características particulares (Pérez *et al.*, 2005).

Por otro lado, la Nutrigenómica estudia las relaciones moleculares entre los estímulos nutricionales y la respuesta de los genes (Kaput y Rodríguez, 2004). Evalúa la influencia de los componentes de la dieta sobre la expresión genética, qué genes son inducidos y cuáles son reprimidos. Esta disciplina permitirá un mayor entendimiento de cómo los componentes de la dieta actúan como señales químicas que influyen en las rutas metabólicas, así como en el control de la homeostasis (Xacur-García *et al.*, 2008). Asimismo, se podrá determinar la respuesta genética no solo al tipo de nutrimento o componentes de la dieta sino también a la cantidad que se consume, se podrá determinar qué componentes pueden tener efectos benéficos o dañinos para la salud (Towle *et al.*, 1995).

La nutrigenómica se apoya en las ciencias “ómicas”, entre ellas la transcriptómica, la proteómica y la metabolómica, que, junto con la genómica, el genotipado y la bioinformática constituyen la disciplina llamada genómica funcional (Ghormade y Khare, 2011; Camacho *et al.*, 2014).

El desarrollo de la Nutrigenómica en el área pecuaria representa una nueva oportunidad para la industria agroalimentaria, debido a que permitirá identificar y utilizar nuevos compuestos bioactivos presentes en los alimentos y realizar nuevas formulaciones. Se podrá mejorar la salud animal, evitar enfermedades o mejorar el comportamiento productivo de los animales tomando en cuenta su constitución genética y los factores ambientales que interactúan con el genoma. Asimismo, se podrán elaborar alimentos para poblaciones o grupos de riesgo, genéticamente susceptibles a enfermedades relacionadas con la nutrición (Castro y Chirinos, 2017).

La nutrigenómica permitirá tener sistemas productivos más eficientes al comprender la interacción gen-nutriente y sus efectos sobre la eficiencia productiva y la salud de los animales. (Figura 11).

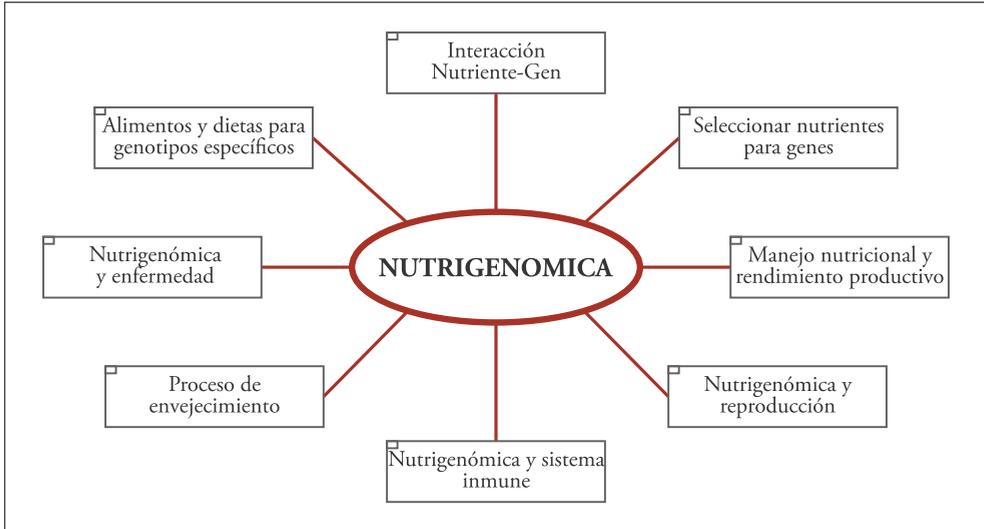
La utilización de nuevos ingredientes o compuestos bioactivos será de utilidad en la regulación de la expresión de genes relacionados con indicadores de productividad o genes que influyan en la reproducción animal (Dawson, 2006; Zdunczyk et al., 2009). Se tendrá un impacto positivo en la industria de la leche, al modular genéticamente la síntesis de proteínas o metabolitos que podrán permitir tener un mejor producto, o productos con características específicas para el consumo humano.

El empleo de dietas específicas podrá mejorar la calidad de la carne de líneas de animales genéticamente susceptibles a alteraciones metabólicas bajo situaciones de estrés. Tendrá un impacto favorable en la industria de la carne al producir animales con una mejor calidad tanto de la canal como de la carne, y mediante estudios de transcriptomas se entenderá mejor el papel de los genes de interés económico sobre las diferentes rutas metabólicas (Castro y Chirinos, 2017).

Una adecuada nutrición podría encender y apagar factores de riesgo genéticos para ciertas enfermedades que se presenten en las diferentes etapas de vida de los animales. La modulación del sistema inmune intestinal a través del empleo de alimentos o proteínas funcionales podrá disminuir el estado de estrés en los animales, se podrá mantener un estatus inmunológico adecuado que le permita al animal tener un intestino saludable (Figura 13).

Figura 13

Aplicación de la Nutrigenómica en la alimentación y producción animal.



Fuente: Ghormade et al., 2011.

En los últimos años, las investigaciones en nutrición han cambiado. La nutrigenómica se ha convertido en un campo multidisciplinario de la ciencia nutricional que compromete investigaciones que tienen como objetivo, explicar cómo la dieta puede influir en la salud y en la producción. Los compuestos bioactivos de los alimentos pueden interactuar con los genes que regulan factores de transcripción, expresión de proteínas y producción de metabolitos. El estudio de estas complejas interacciones requiere el desarrollo de métodos avanzados de análisis junto con la bioinformática. Asimismo, para llevar a cabo estos estudios, se requiere de nuevos enfoques, como las ciencias ómicas (Camacho *et al.*, 2014).

2.3.4 ROL SOCIOLOGICO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL

Un primer aspecto del rol social de la nutrición está ligado a la explosión demográfica y a las limitaciones existentes en la disponibilidad de alimentos para satisfacerla. Adicionalmente se registra una evidente competencia entre el animal y el hombre por el consumo de alimentos producidos direc-

tamente por la agricultura, especialmente en el caso de las aves y los porcinos, alimentados con dietas a base de maíz y soya, los que pueden ser directamente utilizados en la alimentación humana (Castro y Chirinos, 2017).

Es importante considerar que, de la energía que se desprende del sol, solamente un 2% llega en realidad a las plantas verdes, y solamente la mitad de ésta (1%) es transformada por la fotosíntesis en reservas de energía en los compuestos orgánicos. Además, solamente el 5% de esta energía capturada por las plantas es fijada en una forma conveniente como alimento para el hombre (Castro y Chirinos, 2017).

Se ha estimado que para producir una caloría animal se utilizan 7 calorías vegetales. Con este concepto, muchos nutriólogos, agrónomos y sociólogos consideran que, en el futuro, la producción animal va a ser restringida con el propósito de que la agricultura proporcione en forma directa alimentos para el hombre sin tener que pasar por la transformación animal. Esta posición tiene consistencia puesto que los animales realmente se constituyen en ineficientes convertidores del alimento (Cuadro 4).

Cuadro 4

Eficiencia de conversión de productos de origen animal en alimentos para el hombre

PRODUCTO	PORCENTAJE (Energía)	RECUPERADO (Proteína)
Leche de vaca	15 - 20	15 - 36
Huevos (gallinas)	10 - 18	10 - 30
Carne de cerdo	14 - 20	14 - 10
Carne de pollo	6 - 11	17 - 23
Carne de vacuno	3 - 8	4 - 15
Promedio	12	20

El rango en la eficiencia de conversión de los alimentos depende de las condiciones genéticas, nutricionales y manejo en general. No obstante esta ineficiente conversión de alimentos, no es lógico pensar que la competencia del hombre con los animales por algunos productos

alimenticios traiga como consecuencia la desaparición de la industria animal, sino por el contrario obliga a buscar nuevas fuentes alimenticias como residuos agroindustriales (bagazos, pulpas, etc.), esquilmos agrícolas (pajas y rastrojos), desechos pecuarios (estiércol, desechos de mataderos, etc.); exige intensificar los estudios en el tratamiento físico químico y microbiológico de sustancias abundantes pero poco o nada digestibles (celulosa: 50% de la MS vegetal), cultivo de algas residuales, entre otras propuestas innovadoras. Debemos reconocer la bondad de los rumiantes en convertir la energía de sustancias vegetales no comestibles por el hombre, como los pastos, forrajes, pajas, tallos, estiércol, etc. en alimentos de alto valor nutricional para el ser humano (Castro y Chirinos, 2017).

En la Figura 14 se muestra la eficiencia alimentaria de diferentes especies pecuarias, siendo la más eficiente el ganado lechero, seguido de los peces, pollos parrilleros, gallinas de postura, cerdos, pavos y corderos, siendo el ganado de carne el más ineficiente. En las Figuras 15 y 16 se muestran la eficiencia de la conversión energética y proteica, respectivamente (Castro y Chirinos, 2017).

Figura 14

Kilogramos de alimento requeridos para producir un kilogramo de producto

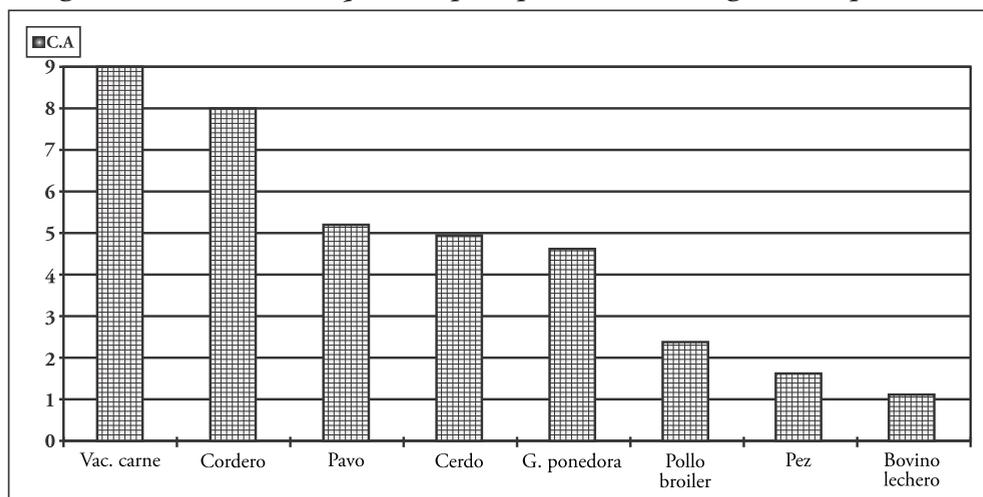
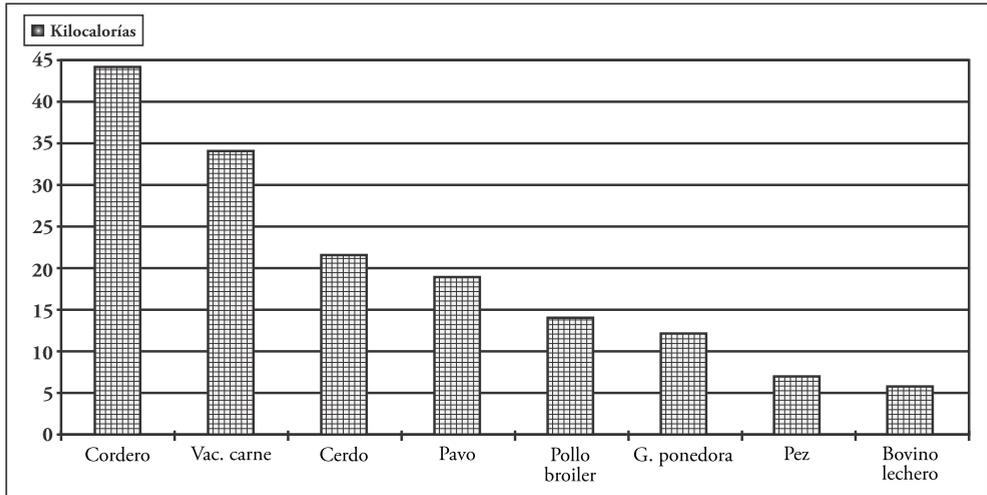


Figura 15

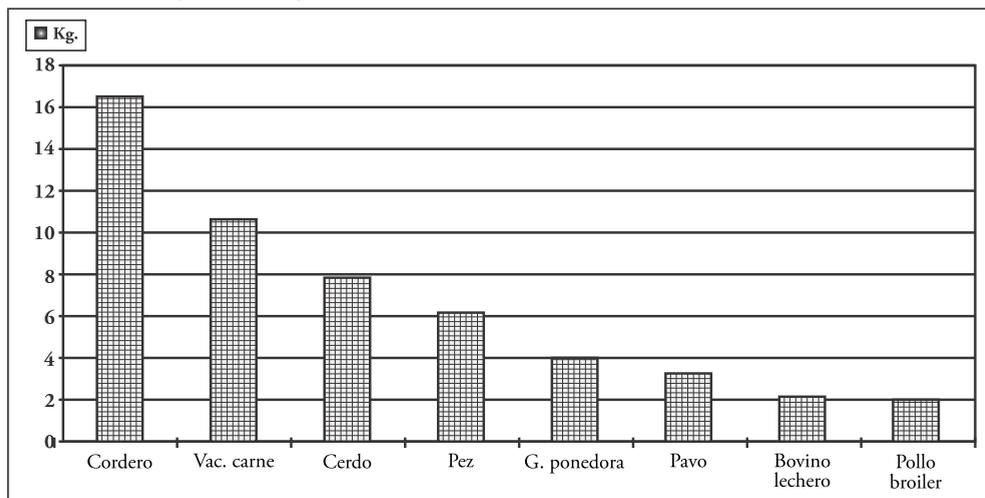
Eficiencia de la conversión energética (kilocalorías de alimento requeridas para producir una kilocaloría de producto)



En el caso de conversión alimenticia, observamos que se requieren 9 kg de alimento para producir un kg de vacuno en pie, mientras que sólo se necesita 1,1 kg de alimento para obtener un kg de leche. Con respecto a la eficiencia de conversión energética observamos que se necesitan 44,1 Kcal de energía alimenticia para producir 1 Kcal de cordero, mientras que sólo 5,8 Kcal de energía alimenticia producen una Kcal de leche. Con relación a la eficiencia de conversión proteica, observamos que para producir un kg de proteína ovina se necesitan 16,5 kg de alimento proteico, mientras que con sólo 1,9 kg de alimento proteico se obtendrá un kg de proteína de pollo parrillero (Castro y Chirinos, 2017).

Figura 16

Eficiencia de conversión proteica (kilogramos de proteína requeridos para producir un kilogramo de producto)



Estas ilustraciones nos conllevan a estimar que para producir carne y otros productos animales suficientes para alimentar a un hombre durante un año se necesitan alrededor de 1000 kg de concentrado (en su mayor parte granos) que deben ser suministrados a los animales, mientras que 200 kg de granos (maíz, trigo, arroz, soya, etc.) que un hombre consumiera directamente lo mantendría durante el mismo período. De tal modo, una cantidad determinada de grano consumido directamente alimentará a un número de personas 5 veces mayor en relación con la misma cantidad de alimento suministrado a los animales y consumida luego en forma directa por el ser humano en forma de productos pecuarios. No obstante, esta aparente ineficiente conversión de los animales, debemos considerar que los productos pecuarios suministran todos los aminoácidos esenciales (incluyendo lisina y metionina que son deficientes en las fuentes vegetales), además de minerales y vitaminas, unidos a su agradable sabor y digestibilidad (Castro y Chirinos, 2017).

Los comentarios realizados líneas arriba, con respecto al uso de granos en la alimentación animal, se centralizan principalmente en dos especies pecuarias, las aves y los porcinos, puesto que los rumiantes están capacita-

dos para utilizar eficientemente grandes cantidades de forraje (verde, seco o fermentado) rico en celulosa, incluyendo residuos de cosechas, pajas, henos de baja calidad, coronta de maíz, cáscara de semilla de algodón, harinas de semillas de oleaginosas, pulpa de remolacha, pulpa de cítricos, melaza, subproductos de molinería y otros desechos agroindustriales. Estos productos no son digeridos por el ser humano, pero los rumiantes digieren de un 30 a un 80% de la celulosa; estimándose que estos animales convierten, por año, más de 9 millones de toneladas de subproductos en alimentos para el hombre (Castro y Chirinos, 2017).

Existe otra consideración sociológica que muchas veces es descuidada por el productor y pareciera que a veces embebido en la producción animal ha perdido la conciencia de que la meta fundamental de toda carrera es el hombre; se refiere a que la sociedad actual busca mejorar su calidad de vida y uno de los componentes clave es consumir alimentos saludables, aquellos que carecen de algún compuesto o no lo contiene en grandes cantidades, que puedan generar alguna enfermedad degenerativa cuando su consumo se repite; por lo tanto la producción animal debe brindar este tipo de productos (Castro y Chirinos, 2017).

Un ejemplo es el exagerar el engorde de ganado, lo cual deriva en un producto elevado en grasa, constituyéndose en una carne cara y nutricionalmente peligrosa por el exceso de ácidos grasos saturados. El reglamento tecnológico de carnes, dado mediante Decreto Supremo N° 22-95-AG, Concordancias: D.S. N° 024-2004-AG, aprueba el nuevo reglamento que norma el beneficio de ganado, el proceso de industrialización y comercialización de las carnes y menudencias de los animales de abasto, así como las apropiadas condiciones técnico-sanitarias de los establecimientos y de otros medios empleados para tal fin, en provecho del consumidor. En la figura 17 se muestra una clasificación de carnes en dos grupos (Castro y Chirinos, 2017).

Figura 17
Clasificación de carnes



El tipo de alimentación de los animales tiene influencia sobre la salud de la población que la consume, tal como los discutidos casos de uso de estimulantes de crecimiento, principalmente de tipo hormonal. Varios productos ya han sido prohibidos por dejar residuos que pasan a la leche y carne, mientras que otros continúan siendo materia de discusión, como el aparentemente inofensivo uso de antibióticos como estimulantes del crecimiento. Los microorganismos pueden adquirir gradualmente resistencia a los antibióticos y como consecuencia se pone en peligro la salud del hombre y de los mismos animales. El controlar la presencia de residuos, resultantes del uso de medicamentos y pesticidas veterinarios o de accidentes en los que estén implicados contaminantes ambientales, es actualmente uno de los aspectos importantes a considerar para asegurar la inocuidad de los alimentos como son huevos, carne, leche y sus derivados (Castro y Chirinos, 2017).

La meta final de la nutrición, alimentación y producción animal es el bienestar del hombre, a través del abastecimiento de productos animales, principalmente en la forma de alimentos altamente apetecibles y nutritivos.

vos, y en el mejoramiento de la calidad de vida. El aspecto económico no es sino un instrumento para lograr este objetivo y no debe resultar en la meta fundamental. La producción animal debe considerarse como una función al servicio de la sociedad; por lo que se insta a los estudiantes a profundizar sus conocimientos en temas de seguridad alimentaria nutricional, soberanía alimentaria, desarrollo sostenido (Castro y Chirinos, 2017).

CAPÍTULO III

RIESGO POTENCIAL E ÍNDICE DE RIESGO POR LA INGESTA DE METALES PESADOS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

3.1 IMPORTANCIA NUTRICIONAL DE LOS MINERALES

Los minerales denominados esenciales son importantes todo organismo vivo, mantenerlo sano y cumplir sus múltiples funciones fisiológicas, como la reproducción, lactancia, etc. Se encuentran en los huesos, tejidos blandos y todo tipo de fluido; también son importantes como cofactores enzimáticos y en las hormonas (Kim y Choi, 2013).

Los minerales también cumplen una variedad de funciones para el óptimo funcionamiento del sistema inmunológico y la regulación de la inflamación. Esto implica mecanismos de defensa contra patógenos además del equilibrio a largo plazo de la regulación pro y antiinflamatoria. Una dieta equilibrada proporciona minerales para ayudar a reforzar el sistema inmunológico, entre ellos se debe prestar atención al magnesio, zinc, cobre, hierro y selenio. Una deficiencia en cualquiera de estos minerales podría reducir temporalmente la competencia inmunológica o incluso alterar la regulación de la inflamación sistémica a largo plazo; sin embargo, su consumo excesivo como suplementos puede ser negativo para el sistema inmunológico (Weyh et al., 2022).

Desde el punto de vista nutricional, los minerales se clasifican en dos grupos, los macrominerales y los oligoelementos o micro minerales; los primeros son requeridos por el organismo en mayores cantidades que los segundos. Entre los macrominerales se encuentra el calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre. Entre los oligoelementos se tiene al hierro, manganeso, cobre, yodo, cinc, cobalto, flúor y selenio (Weyh et al., 2022).

El calcio y el fósforo son los principales minerales que forman los huesos y dan soporte al cuerpo. El cloro está en el ácido clorhídrico del estómago. El sodio, el potasio y el cloro están presentes como sales en los líquidos corporales, donde tienen la función fisiológica de mantener la presión osmótica. El yodo se encuentra en la tiroxina que produce la glándula tiroides, su mayor parte se encuentra en la glándula tiroides (Weyh et al., 2022).

La mayor parte del hierro es componente de la hemoglobina y está en los glóbulos rojos; el resto se encuentra en la mioglobina, compuesto que se halla por lo general en los músculos, y como ferritina que es el hierro almacenado, de modo especial en hígado, bazo y médula ósea. Hay pequeñas cantidades adicionales ligadas a la proteína en el plasma sanguíneo y en las enzimas respiratorias. La carencia de hierro es una causa muy común de la anemia ferropénica, especialmente en niños y mujeres en edad reproductiva (Weyh et al., 2022).

El flúor se encuentra principalmente en los dientes y el esqueleto. En los dientes ayudan a protegerlos de las caries, el cual se convierte en parte del esmalte dental. Algunos estudios sugieren que el flúor puede también ayudar a fortalecer el hueso, especialmente en los últimos años de la vida, y que puede, por lo tanto, inhibir el desarrollo de la osteoporosis (Latham, 2002).

El zinc es esencial para la salud humana. Se encuentra en muchas enzimas importantes y actúa en la síntesis proteica. La mayoría del zinc se encuentra en el esqueleto; también se encuentra en la piel y el cabello, y algunos órganos como la próstata (Latham, 2002). Es regulador o coenzima de más de 300 enzimas (Schubert et al., 2015). También es un componente de los factores de transcripción y participa en la síntesis de ADN y ARN,

así como de proteínas; actúa como antioxidante e influye en la estabilidad de las membranas biológicas y en la disposición de complejos multiproteicos, como el receptor de células T, y regula la formación de hormonas y sus receptores (Chasapis et al., 2012; Prazad, 2008; Roohani et al., 2013).

Entre otros oligoelementos se encuentra el cobalto, que es parte esencial de la vitamina B12 (cianocobalamina). El cobre, cuya carencia ocasiona anemia en niños prematuros, en personas con mal nutrición proteico-energética grave y en quienes se mantienen con nutrición parenteral. Las fallas congénitas de absorción de cobre se observan en la enfermedad de Menke. El magnesio es esencial para la estructura ósea y en otros tejidos humanos. El selenio es importante para el funcionamiento de algunas enzimas y su carencia y exceso están documentadas en el ganado. En algunas regiones del mundo, como en China, hay deficiencia endémica de selenio y esta deficiencia está relacionada con la enfermedad de Keshan, que afecta los músculos cardíacos. La carencia de selenio también se ha asociado con ciertos tipos de cáncer (Latham, 2002).

La mayoría de las personas obtienen los minerales que necesitan al comer una amplia variedad de alimentos. En algunos casos, su médico puede recomendarle un suplemento mineral. Personas con algunos problemas de salud o que están tomando algunas medicinas pueden necesitar consumir menos de un mineral. Por ejemplo, personas con enfermedad renal crónica tienen que limitar su consumo de potasio.

3.2 CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS POR METALES PESADOS

Existen metales pesados que son esenciales para los seres vivos como el caso del hierro, cobalto, manganeso, zinc, etc., y nuestro organismo los necesita en pequeñas cantidades para garantizar su funcionamiento. También existen metales pesados en los alimentos y que aún en pequeñas cantidades son altamente tóxicas para el organismo y causar complicaciones desde una enfermedad o hasta producir la muerte, lo cual es una preocupación para la seguridad alimentaria nutricional.

La contaminación de los alimentos por elementos químicos, potencialmente tóxicos, se transmiten a las personas que los consumen y son un serio problema de salud pública en el mundo (Khaneghah et al. 2020; Sharma and Nagpal 2020; Yang et al. 2020; Ashot et al., 2020; Chirinos y Castro, 2020). Las actividades antropogénicas, principalmente las minero-metalúrgicas son la principal fuente de emisión de metales pesados al ambiente (Anyanwu et al., 2018), los cuales han provocado cambios en la composición natural de los suelos y la vegetación (Minkina et al., 2018) y se transfieren a la cadena alimentaria, llegando a los alimentos afectando a la salud humana (Rai et al., 2019; Zhou et al., 2019; Su et al., 2021).

Los tóxicos más peligrosos con efectos negativos directos y sinérgicos sobre el ser humano son los metales pesados (Sharifi et al., 2016), cuya densidad es $> 4 \text{ g/cm}^3$ o su masa atómica relativa es > 40 . Dentro de este grupo, los más peligrosos son el cadmio (Cd), el plomo (Pb) (Ibrahim, et al., 2019), el arsénico (As), metaloide muy peligroso debido a sus múltiples formas de exposición (Hameed et al., 2019) y el mercurio (Hg); estos se encuentran comúnmente en pescados, crustáceos, moluscos, cereales, hortalizas, frutas, productos enlatados y productos lácteos; por eso deben controlarse minuciosamente para reducir al máximo la ingesta y que no ocasionen perjuicios en la salud humana. Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos estos tres elementos se encuentran entre los elementos más tóxicos (ATSDR, 2017) y está bien documentado que la exposición a ellos puede tener una amplia gama de efectos adversos para la salud, incluidos trastornos específicos (Ibrahim, et al., 2019; Hameed et al., 2019).

Por sus efectos acumulativos y potencia carcinogénico, el Pb y Cd son los dos metales pesados más tóxicos para el ser humano y la salud del ganado (JECFA, 2011; Suturović et al., 2014; Patra et al., 2008; IARC, 2006, 2017), con fuertes efectos negativos en diversos tejidos, órganos y sistemas (Dabeka y McKenzie, 1988; Lante et al., 2006; Korfali et al., 2013). La ingesta sistemática de leche contaminada con Pb y Cd provoca una serie de

daños a la salud (Dorne et al., 2011; Perween, 2015; Engwa et al., 2019), especialmente en niños porque su sistema corporal está en desarrollo y consumen mayor cantidad de alimento por kilogramo de peso (Zayas y Cabrera 2007). El Cd es una amenaza potencial para el medio ambiente porque se biomagnifica en la cadena alimentaria, y está clasificado como carcinógeno humano (Bhattacharya, 2020, 2021); su toxicidad ocasiona trastornos multisistémicos, complicaciones hematológicas, neurológicas, musculoesqueléticas, renales, hepáticas, cardiovasculares, pulmonares y reproductivas (Bhattacharya, 2021).

El Pb que se acumula en el suelo y en las plantas se origina principalmente en partículas finas emitidas por la industria minero-metalúrgica, gases de escape de motores de combustión interna y tiene efecto tóxico en plantas, animales y humanos, incluso a bajas concentraciones. La toxicidad de Pb se asocia con problemas hematológicos, neurotóxicos, nefrotóxicos y disminución de la capacidad de aprendizaje, incluso a bajas concentraciones (EFSA, 2010; JECFA, 2011; EFSA, 2012; Rehman et al., 2018). Este metal se acumula principalmente en los huesos y dientes, permaneciendo hasta 3 décadas y su liberación es más fácil durante el embarazo y lactancia, afectando el desarrollo fetal, siendo también especialmente nocivo para el desarrollo neuro cerebral de los niños de corta edad. Se distribuye por todo el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos (Castro et al., 2012; Castro et al., 2013). No existe ningún nivel por debajo del cual se pueda afirmar que la exposición al plomo no tiene efectos nocivos. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) utilizan un valor de referencia de plomo en sangre de 3,5 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dL}$) para identificar a los niños con niveles de plomo en sangre más altos que los niveles de la mayoría de los niños (CDC, 2022).

El Cd es uno de los elementos más tóxicos para para los microorganismos del suelo, las plantas, los animales y los seres humano, una vez absorbido, se retiene y acumula en el cuerpo teniendo una vida media de 25-30 años, y juega un rol decisivo en la presentación de varios tipos de cáncer y

enfermedades crónicas, daña los pulmones y causa la dolorosa enfermedad de Itai-Itai (Ghenchi et al., 2020), su exposición a largo plazo a través del aire, el agua, el suelo y los alimentos provoca cáncer y toxicidad en los sistemas esquelético, urinario, reproductivo, cardiovascular, respiratorio, nervioso central y periférico y puede causar la muerte (Rani et al., 2014; Rahimzadeh et al., 2017; Tinkov et al., 2019; Ghenchi et al., 2020). El Cd generalmente procede de emisiones metalúrgicas y también por el uso de fungicidas, fertilizantes fosforados y aguas residuales con las que se riegan los cultivos (Zhou et al., 2019; Castro-González et al., 2019; Ha et al., 2019). El fertilizante calcio amonio nitrato contiene Pb hasta 24.6 mg/kg y los fertilizantes con NPK lo contienen hasta en 12 mg/kg (Wilcke y Döhler, 1995). El superfosfato triple, a base de roca fosfórica, contiene Cd hasta en 53.2 mg/kg (Bonomelli et al., 2003). La concentración de Cd en el suelo dependiendo del nivel de fertilidad y contaminación del suelo.

El As es otro elemento muy tóxico conocido desde la antigüedad y considerado cancerígeno (USEPA, 1991; González-Montaña et al., 2019; Ha et al., 2019). Afecta a sistemas y órganos, como el cutáneo, respiratorio, cardiovascular, inmunitario, genitourinario, reproductor, digestivo, nervioso, eritropoyético, endocrino, hepático y renal. Por ser el metaloide más abundante en la naturaleza está siempre presente en las aguas subterráneas de todo el mundo, siendo la principal fuente de exposición al arsénico (Mishra et al., 2022). Las principales fuentes de contaminación humana y exposición laboral al As son la quema de carbón y la fundición industrial de metales, principalmente la de cobre. En la corteza terrestre, los minerales están mezclados en forma natural y el cobre se extrae junto a otros elementos, algunos de alto valor, como el oro o la plata, y otros que son tóxicos y dañinos como el As, el cual está presente a lo largo de toda la cadena productiva, siendo las etapas de fundición y refinación las fuentes más importantes de emisiones de arsénico a través de los gases que se abaten en las plantas de ácido y los polvos residuales de la fundición; también la industria de los semiconductores libera As (Mukhopadhyay et

al., 2002). Alrededor del 99% del As absorbido a través de la mucosa intestinal se internaliza en los eritrocitos e interactúa con la fracción globina de la hemoglobina y posteriormente se distribuye a varias partes del cuerpo. Esta toxina modula cientos de enzimas implicadas en la producción de energía y la síntesis y reparación del ADN. Se acumula en el hígado, los riñones, el corazón, los pulmones, el sistema muscular y nervioso, el tracto gastrointestinal y el bazo. Su ingesta continuada y crónica puede provocar hiperqueratosis, hiperpigmentación, hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, toxicidad cardiovascular, toxicidad reproductiva, anemia y disbiosis intestinal (Mishra et al., 2022). Diversos estudios en el mundo demuestran que una alta concentración de exposición al arsénico está estrechamente relacionada con el cáncer de pulmón (Ren et al., 2021). Además, el As también contamina diversas fuentes de alimentos, multiplicando la exposición neta a este metaloide (Roychoudhury et al., 2020).

El mercurio (Hg) en los alimentos provoca una variedad de efectos tóxicos. Altos niveles de exposición al Hg inorgánico afectan al sistema nervioso, digestivo, renal, hepático y causan daños en la piel y la vista. Niveles bajos de exposición al metilmercurio se asocian con una variedad de déficits del desarrollo neurológico a largo plazo en niños y pueden afectar la salud cardiovascular en adultos (Sunderland y Tumpney, 2013). El Hg y metilmercurio se encuentran en pescados y mariscos, se acumulan en sus tejidos, sobre todo en la grasa. Las especies con mayor acumulación de grasa como el pescado azul y de gran tamaño como el emperador o el atún, serán los que tengan más concentración de mercurio o metilmercurio, lo cual representa una amenaza potencial para la salud pública (Bastos et al., 2015; Raihan et al., 2020). En Madre de Dios-Perú, una región amazónica con mercurio natural y alta actividad de la minería de oro artesanal y en pequeña escala, existe una grave exposición de la población ribereñas que consume diversas especies de pescado y constituye un importante problema de salud ambiental y pública que requiere inmediata atención (Feingold et al., 2020).

El estaño (Sn) también está presente sobre todo en los alimentos y bebidas enlatados, aunque estos envases llevan, en la actualidad, una laca protectora para evitar el paso del estaño a los alimentos. Su ingestión en dosis altas puede producir dolores de estómago, anemia, y alteraciones en el hígado y los riñones. Es mucho más tóxico inhalado, aunque esta vía de entrada en el organismo no es debida a los alimentos (ATSDR, 2016).

Además del Pb, Cd, As, Hg, otros metales tóxicos que vienen siendo estudiados en cuanto al riesgo potencial para la salud son el níquel, cobre, cromo, zinc (Bakary et al., 2015; Castro-González et al., 2018; Boudebouz et al., 2023).

3.3 CONTAMINACIÓN DE LECHE POR METALES PESADOS

En el mundo, la leche es un componente importante de la dieta diaria de infantes, niños y personas adultas (Giri et al., 2011; Abdelfatah et al., 2019); proporciona a los recién nacidos los nutrientes esenciales y energía para su crecimiento y desarrollo adecuados; su consumo, en mayoría de mamíferos termina al final del periodo de lactancia, pero en los humanos se la consume hasta la vejez, no solo por su aporte de nutrientes sino de otros compuestos bioactivos (Givens 2020). La leche es rica en aminoácidos esenciales de elevada digestibilidad y biodisponibilidad; tiene acciones en la prevención de afecciones crónicas (Pereira, 2014), vitaminas liposolubles y minerales esenciales, importante para niños por su relación con el crecimiento lineal y salud ósea (USDHHS, 2005; Greer et al., 2006; Herwig et al., 2011; Fernández et al., 2015; Heller-Roussant y Flores-Quijano, 2016). Para su consumo se debe garantizar su inocuidad y seguridad, es decir, entre otros contaminantes, debe estar libre de metales pesados (Codex Alimentarius, 2011). La vigilancia de los metales en la leche permite salvaguardar este producto de alto valor nutritivo de posibles contaminaciones (Herwig et al., 2011; Lane et al., 2015; Zwierzchowski y Ametaj, 2018); sin embargo, en la mayoría de los países en desarrollo esta cuestión ha recibido poca atención, como en el caso del Perú.

Se ha sugerido que un consumo elevado de leche se asocia con efectos protectores contra enfermedades coronarias, accidentes cerebrovasculares, diabetes, hipertensión, buena salud ósea, buen sistema inmunitario y prevención de caries dental, deshidratación, problemas respiratorios, obesidad y osteoporosis y disminución de los riesgos de cáncer colorrectal y de vejiga (Givens 2020); sin embargo, la presencia de metales pesados en la composición de la leche puede contrarrestar sus beneficios nutricionales y bioactivos afectando la salud humana, especialmente la de los niños, incluso en cantidades mínimas (Khan et al., 2008; Muhammad et al., 2017), por lo que los valores referencia para Pb en la sangre de niños y mujeres gestantes fue gradualmente reducido por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades, siendo para los años 1960, 1971, 1975, 1985, 1990, 1991 y 2012 de 60, 40, 30, 25, 15, 10 y 5 ug/dL (Castro et al., 2012; CDC, 2020).

Los riesgos potenciales consumo de leche con metales para la salud deben ser evaluados (Domingo, 2021) y utilizar esta información para establecer monitoreos y normativa para asegurar que los alimentos para consumo humano no supongan riesgos para la salud.

Las concentraciones de metales pesados en la leche son altamente variables con respecto al país de origen, sistema de producción y cercanía a zonas de elevada industrialización. La leche cruda originaria de Europa y América del Norte se caracteriza por concentraciones de macro y microminerales inferiores a los niveles mínimos de riesgo en comparación con otros países, que tienen algunos minerales por encima de los niveles mínimos de riesgo, como en Brasil, Croacia, Egipto, México, Nigeria, Palestina, Rumania, Serbia y Turquía (Zwierzchowski y Ametaj, 2018).

El contenido de Pb y Cd en la leche y los productos lácteos suele ser muy bajo, excepto cuando los animales han consumido piensos contaminados (Pavlovic et al. 2004). En el mundo, las evidencias demuestran que la concentración de Pb y Cd en la leche de vaca es más baja en los países desarrollados y más alta en los países en desarrollo, con valores muy altos en algunas zonas de la India, donde Pb y Cd de la leche superan los 60000

y 12000 ug/kg (Boudebbouz, 2021) y Pakistan con más de 15000 ug/kg Pb (Ijaz Javed et al., 2009) y 1900 ug /kg Cd (Mohammed et al. 2013), estimándose que la salud de cerca de 32 millones de personas está en riesgo por la industria minero-metalúrgica, química, vertederos, curtiduría y baterías de Pb en países de ingresos bajos y medios (Pure Earth, 2016).

En el Perú, la población ubicada en los andes centrales del Perú está expuesta por más de 100 años a las emisiones provenientes de la actividad minero-metalúrgica, cuyos vapores y polvos viajan en el aire y se depositan en el agua y suelos; también el alto tráfico en sus carreteras y el mal uso de los fertilizantes y agroquímicos a base de roca fosfórica en la agricultura liberan metales pesados (Chirinos-Peinado et al., 2021), contexto que también se observa en muchos países en desarrollo; por lo que, los productos obtenidos en estos suelos deben ser monitoreados en su contenido de metales pesados a través de la evaluación del riesgo potencial por su consumo, mediante la ingesta alimentaria específica de cada metal y compararla con los niveles toxicológicamente aceptables, más aún, si se sabe que se han reportado diferencias notables en el consumo de alimentos y en el nivel de contaminación entre las distintas regiones y países (Domingo, 2021).

En las cuencas lecheras aledañas a industrias minero-metalúrgicas se reporta altos contenidos de metales pesados en la leche cruda (Swarup et al., 2005; Patra et al., 2008; Singh et al., 2011; Tunegová et al., 2016; Norouzirad et al., 2018; Chirinos-Peinado y Castro-Bedriñana, 2020), y se debe estimar su posible riesgo potencial para los consumidores (Pavlovic et al., 2004; Swarup et al., 2005).

En nuestro país no se tienen normativas sobre las concentraciones máximas de metales pesados para productos lácteos y se utilizan límites máximos permisibles (LMP) de la Unión Europea de Pb de 20 µg/kg de leche cruda, leche tratada con calor y leche para la fabricación de productos lácteos (European-Union, 2006, 2015) y de 10 µg/kg para Cd (European-Union, 2014; Pernia et al., 2015).

La leche producida en los andes centrales del Perú, cerca de actividades metalúrgicas, tiene 29 veces más de Pb y 2 veces más de Cd que los LMP, habiendo muy pocos estudios sobre su ingesta y riesgo dietético en los diferentes grupos etarios de la población (Chirinos-Peinado y Castro-Bedriñana, 2020).

La exposición dietética a metales pesados resulta de la evaluación de su contenido en los alimentos y de las pautas de consumo de una población específica (Ashot et al., 2020; Boudebbouz et al., 2021). Este tipo de estudios realizados en diversos países constituyen una herramienta fundamental para la evaluación de la exposición y permite identificar el riesgo de la ingesta de metales pesados (Gimou et al., 2014; Jitaru et al., 2019; Ashot et al., 2020).

En Perú, la ingesta generalizada de leche y sus derivados muestra un consumo creciente en los últimos años y la leche producida en zonas contaminadas jugaría un papel importante en la exposición dietética al Pb y Cd, sobre todo en los niños de 6 a 10 años, pues el 62% la consume diariamente y el 30% lo hace 4 veces por semana (Singh et al., 2015; Aparco et al., 2016).

Perú produce aproximadamente 1.8 millones de toneladas de leche fresca por año y el departamento de Junín, ubicado en la sierra central del país, produce aproximadamente 48 mil toneladas (MINAGRI, 2017). El consumo nacional promedio per cápita de leche es 87 kg/año (MINAGRI, 2019) y por ser un alimento de gran importancia en la alimentación del niño (Burgos y Carrasco, 2004) es utilizado masivamente en el Programa Vaso de Leche que brinda apoyo alimentario a familias con niños de 0 y 13 años de edad y a madres gestantes, y en el programa “Qali Warma” (Niño vigoroso) destinado a pre-escolares y escolares de nivel básico a nivel de todo el país, cuya meta de atención para el 2020 fue 4 millones de usuarios de 64,541 colegios públicos (MINDES, 2019).

Aun cuando la leche proporciona una contribución esencial en la dieta promedio peruana, y en especial para los niños, hay escasa investigación sobre la exposición dietaria al Pb, Cd y As asociada su consumo. El Centro de Investigación en Seguridad Alimentaria Nutricional de la Universidad

Nacional del Centro del Perú ha realizado los primeros estudios que evalúa el posible riesgo dietético para la salud por la exposición de Pb, Cd y As por el consumo de leche producida en zonas ganaderas altoandinas cercanas a la actividad minero-metalúrgica de los andes centrales del Perú en la población peruana de 2 a 85 años, y genera evidencias para ser consideradas en posteriores evaluaciones de la exposición de una dieta total en base a la canasta básica del país y para ser considerada en el establecimiento de una normativa nacional respecto a niveles máximos de metales pesados en los alimentos.

El Valle del Mantaro, ubicado en los Andes centrales del Perú, también está expuesto a la contaminación no solo por las emisiones del complejo metalúrgico de La Oroya, cuyos vapores y polvos viajan en el aire por muchos kilómetros, sino también por el tráfico, las industrias cementeras y por el mal uso de los productos fosforados en la agricultura y contaminan el agua y el suelo (Chirinos-Peinado et al., 2021), un contexto observado en muchos países en desarrollo. Por lo tanto, los productos obtenidos de suelos contaminados deben analizarse para determinar el contenido de metales pesados y otras sustancias altamente tóxicas, así como el riesgo de su consumo para los seres humanos.

En una zona ubicada aproximadamente a 22 km del Complejo Metalúrgico de La Oroya, mediante espectrometría de absorción atómica de llama se cuantificó la concentración de Pb y Cd en leche bovina y se estimó la exposición y los coeficientes de riesgo en personas de 2 a 85 años en escenarios de ingesta mínima, media y máxima diaria de leche utilizando el método determinístico. El riesgo dietético de cada metal fue evaluado considerando información de la ingesta semanal (WI) aproximada de leche por edad y sexo. Los valores estimados de WI de Pb y Cd fueron comparados con la ingesta semanal tolerable (TWI) establecido por el JECFA (2011) y la EFSA (2012). Los contenidos promedio de Pb y Cd en la leche fueron 577 y 18 ug/kg, valores que superan ampliamente los LMP. En los menores de 15 años, con ingesta media de leche, la ingesta semanal (WI) de Pb estuvo por encima de las ingestas tolerables (TWI); mientras que para el Cd los

valores estuvieron por debajo de las TWI. El coeficiente de riesgo dietario a la exposición (DCR) de Pb en niños menores de 8 años fue > 3 debido al mayor consumo de leche en relación con el peso corporal; para niños de 9 a 19 años estuvo entre 1.7 a 2.9, siendo < 1 para mayores de 20 años. Los DRC para Cd fueron < 1 en todas las edades, a excepción de niños de 2 años en el escenario de alta ingesta de leche (DRC > 1). La interpretación del nivel de riesgo se basa en que un DRC > 1 significa que la exposición estimada para un individuo excede los límites de seguridad propuestos para el contaminante de interés (TWI), por lo que existe un alto riesgo de manifestar los efectos adversos descritos para cada contaminante. Estos hallazgos evidencian un riesgo potencial por la exposición a Pb por consumo de leche producida en zonas contaminadas y se recomienda una evaluación completa de riesgo en la dieta total de la región (Castro-Bedriñana et al., 2021).

En otro estudio realizado en un establo de Huancayo, colindante a un mini concentradora de minerales y a un ex botadero de residuos sólidos, aunado al uso inadecuado de fertilizantes organofosforados en la agricultura, se evaluó la bioacumulación de Pb, Cd y As en la leche y el posible riesgo potencial para la salud humana, se informa que los contenidos promedio de Pb, Cd y As en el suelo fueron 652, 7 y 6.3 mg/kg, en los pastos 23, 0.25 y 0.06 mg/kg y en la leche 0.062, 0.014 y 0.030 mg/kg, correspondientemente. El Pb y Cd en la leche superaron los LMP. En todas las edades y niveles las WI para As estuvieron por encima de su correspondiente TWI, y para el Pb y Cd las WI fueron menores que las TWI. El riesgo objetivo (TQH) para el As fue > 1 , mientras que para el Pb y Cd fueron < 1 . Si el THQ es > 1 , es evidente un riesgo alto y si < 1 no hay riesgo. El HI, que es la suma de los TQH de los tres elementos fue > 1 para los niños menores de 7, 9 y 11 años en los escenarios de ingesta baja, media y alta, respectivamente. No hay riesgo para la salud humana si HI < 1 . Esta información es importante para formular estrategias de prevención a efectos adversos en la salud y para formular normativa y políticas para el de monitoreo y control de metales pesados en leche (Chirinos-Peinado et al., 2023).

3.4 IMPLICACIONES DE LA PRESENCIA DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO EN LA LECHE PARA LA POBLACIÓN PERUANA Y LA SALUD MENTAL

Los resultados de los estudios señalados contribuyen al conocimiento actual sobre la exposición y riesgo dietético por el consumo de leche contaminada con Pb, Cd y As en la región central andina, un tema escasamente investigado en esta parte del planeta donde la actividad minero-metalúrgica por más de 100 años emite metales pesados que llegan a las comunidades altoandinas que se dedican principalmente a la crianza de ganado vacuno, ovino y alpacas expuestos a pastos contaminados por metales pesados que se transfieren a la leche y otros productos (Patra et al., 2008; Singh et al., 2010; Perween, 2015; Enb et al., 2009; Ayar et al., 2009; Pernia et al., 2015; Quispe et al., 2019) que luego son trasladados a mercados locales y de la capital (Fuentes, 2014; Salazar, 2016) exponiendo a la población que la consume, principalmente niños y adolescentes, a un riesgo alto de manifestar efectos adversos descritos por la intoxicación de estos metales (Swarup et al., 2005; Patra et al., 2008; Singh et al., 2011; Tunegová et al., 2016), siendo un problema que debe ser resuelto de manera integral y generar normativas específicas de control.

Actualmente, los suelos y pastizales de los andes centrales del Perú tienen altas concentraciones de metales pesados en relación con otras regiones del país y de todo el mundo. Existe un patrón de concentraciones elevadas en los pastizales en relación con la actividad minero-metalúrgica que se desarrolla en las cabeceras de cuenca, cuyas emisiones podrían conducir a resultados económicos y sociales no deseados. Nuestros resultados y la información científica revisada sugieren una posible tendencia entre una mayor intensidad de la actividad mineral con la bioacumulación de metales pesados. Adicionalmente, la aplicación de fertilizantes fosforados también contribuye con la acumulación de metales pesados en los suelos, pasto y leche producida en la sierra central del Perú, ingresando a la cadena alimentaria y aumentando el riesgo a la salud por su consumo. Estos estudios resaltan la presencia de elevadas concentraciones de metales pesados

en el suelo, pastos y leche con la colindancia a miniplantas procesadoras de minerales, existiendo un riesgo de bioacumulación y un riesgo potencial para la salud humana si se evalúan más metales y metaloides pesados, pues las emisiones conducen a la introducción de un coctel de contaminantes a la cadena alimentaria. Una directriz peruana para los niveles de Pb, Cd y As en la leche entera de bovino podría tener en cuenta la variabilidad regional que en Perú no se tiene.

Respecto a la salud mental, el Pb, Cd y As afectan el desarrollo y función del cerebro, causando deterioro cognitivo y trastornos depresivos (Skogheim et al., 2021; Zaw et al., 2019). La ansiedad, la depresión y ataques de pánico pueden estar relacionadas con la exposición a metales pesados (Jaga y Dharmani, 2007; Ayuso-Álvarez et al., 2019; Berk et al., 2014; Theorell et al., 2015; Jurczak et al., 2018). Aun cuando no hay estudios que evalúen el riesgo de estos metales para problemas psicológicos, algunos reportan que los metales afectan la neurotransmisión (He et al., 2021).

Estudios realizados en niños que viven cerca al proyecto minero Las Bambas en Apurímac-Perú relacionan el desarrollo psicomotor con la exposición al Pb, Cd y As; y el IQ con la prueba Stanford-Binet en niños de 3-12 años reporta casos de retardo mental leve (2%) y retardo mental fronterizo (3%). En mayores de 12 años, se reporta 34% de ansiedad y 18% de depresión (Astete et al., 2010). En el Callao-Perú, en niños no intoxicados por Pb (<10 mg/dL) e intoxicados (>10 mg/dL) reportan un menor IQ en los intoxicados (Vega et al., 2005). Como se observa, el Pb es un contaminante ambiental que puede afectar el desarrollo del cerebro y el comportamiento neurológico en la vida, pero solo representa una pequeña fracción de la exposición neurotóxica total. La exposición simultánea de Pb junto con otros contaminantes neurotóxicos como el Cd y el As durante el embarazo y la lactancia puede afectar el neurodesarrollo en los primeros años de vida, y conducir a trastornos del espectro autista y trastornos por déficit de atención e hiperactividad (Skogheim et al., 2021). La exposición al Pb, Cd y As se ha relacionado con trastornos de ansiedad y depresión;

siendo necesario monitorear los niveles de metales pesados y metaloides consumidos en los alimentos. Algunos estudios han encontrado una relación lineal significativa entre los niveles de metales pesados en sangre y los neurotransmisores, así como con los trastornos de comportamiento y de atención en niños preescolares. Por lo tanto, es necesario implementar políticas de salud pública para proteger al feto y al niño pequeño de la exposición a estos contaminantes, y los resultados de este estudio señalan evidencias que ponen en riesgo a la población infantil que consume una leche contaminada con Pb, Cd y As.

REFERENCIAS

- Abdelfatah E, Mansour M, Ahmed N, El-Ganzory H. 2019. Heavy metal residues and health risk assessment in raw milk and dairy products with a trail for removal of copper residues. *Benha Veterinary Medical Journal*, 36(1):51-64. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2019.79648>
- Alvarado C. 2015. Carne de aves pálida, suave y exudativa (PSE) – Parte 2: Color pálido. *Carnetec*. <https://n9.cl/8lbq5>
- Anyanwu, B.O., Ezejiofor, A.N., Igweze, Z.N., Orisakwe, O.E. 2018. Heavy metal mixture exposure and effects in developing nations: an update. *Toxics* 6 (4), 65. <https://doi.org/10.3390/toxics6040065>
- Aparco J, Bauista-Olortegui W, Astete-Robilliard, Pillaca J. 2016. Evaluación del estado nutricional, patrones de consumo alimentario y de actividad física en escolares del cercado de Lima. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 33(4):633-639. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2016.334.2545>
- Ashot, D. P., Sergey, A. H., Radik, M. B., Arthur, S. S., Mantovani, A. 2020. Risk assessment of dietary exposure to potentially toxic trace elements in emerging countries: A pilot study on intake via flour-based products in Yerevan, Armenia. *Food and Chemical Toxicology*, 146, 111768. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111768>
- Astete, J., Gastañaga, M.C., Fiestas, V., Oblitas, T., Sabastizagal, I., Lucero, M., Abadía, J.M., Muñoz, M.E., Valverde, A., Suarez, M. Communicable diseases, mental health and exposure to environmental pollutants in population living near Las Bambas mining project before exploitation phase, Peru 2006. *Rev. peru. med. exp. salud publica* 2010, 27(4), 512-19. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v27n4/a04v27n4.pdf>

- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ATSDR's Substance Priority List. 2017. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/SPL>
- ATSDR. 2016. ToxFAQs™ - Estaño y compuestos de estaño (Tin and Tin Compounds). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts55.html
- Ayar., a., Sert, D., Akin, N. 2009- The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. *Environ Monit Assess* (2009) 152:1–12. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0291-9>
- Ayoya MA, Ngnie-Teta I, Séraphin MN, Mamadoulaibou A, BOLDON E, SAINT-FLEUR JE, et al. Prevalence and risk factors of anemia among children 6-59 months old in Haiti. *Hindawi Publishing Corporation Anemia*, 2013, 502968. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/502968>
- Ayuso-Álvarez, A., Simón, L., Nuñez, O., Rodríguez-Blázquez, C., Martín-Méndez, I., Bel-Lán, A., et al. Association between Heavy Metals and Metalloids in Topsoil and Mental Health in the Adult Population of Spain. *Environ. Res.* 2019, 179,108784. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108784>
- Bakary, I., Yao, K.M., Etchian, O.A., Soro, M.B., Trokourey, A., Bokra, Y. 2015. Zinc, copper, cadmium, and lead concentrations in water, sediment, and *Anadara senilis* in a tropical estuary. *Environ. Monit. Assess.* 187 (762):1–12. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4976-6>
- Bastos W.R., Dórea J.G., Bernardi J.V.E., Lauthartte L.C., Mussy M.H., Hauser M., Dória C.R.C., Malm O. Mercury in muscle and brain of catfish from the Madeira river, Amazon, Brazil. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2015;118:90–97. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.015>
- Berk, M., Williams, L. J., Andrezza, A. C., Pasco, J. A., Dodd, S., Jacka, F. N., et al. Heavy Metal and the Blues: Secondary Analysis of Persistent Organic Pollutants (POP), Heavy Metals and Depressive Symptoms in the NHANES National Epidemiological Survey. *BMJ Open* 2014, 4 (7), e005142. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005142>
- Bhattacharya S (2020) The role of probiotics in the amelioration of cadmium toxicity. *Biol Trace Elem Res* 197:440–444.

- Bhattacharya, S. Protective Role of the Essential Trace Elements in the Obviation of Cadmium Toxicity: Glimpses of Mechanisms. *Biological Trace Element Research* 2021, 200(5):2239-2246. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02827-7>
- Bonomelli, C., Bonilla, C., Valenzuela, A. Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 2003, 38(10),1179-1186. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001000007>
- Boudebbouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A. et al. Determination of Heavy Metal Levels and Health Risk Assessment of Raw Cow Milk in Guelma Region, Algeria. *Biol Trace Elem Res.* 2023, 201(4), 1704–1716. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03308-1>
- Boudebbouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I., Gueroui, Y. 2021. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 751(2021),141830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830>
- Burgos G, Carrasco M. 2004. Características de la alimentación e ingesta de nutrientes de los niños entre 6 a 24 meses de una comunidad urbano marginal de Lima (Caso Nievería). Urban Harvest Working Paper Series. Paper No.2. https://books.google.com.pe/books?id=vp_n4M93-SwC&pg=PR4&lp-g=PR4&dq=tabla+de+consumo+de+leche+promedio+por+edad&source=bl&ots=MokqHyl78D&sig=ACfU3U2LvkJnhRi-RhdaLXnk-4goig608Pg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjJiaG725PpAhXyEbk-GHeJ4AwoQ6AEwEnoECAoQAQ
- Camacho RM, Solano MDL, Pérez-Gil RF, Solorio S, García EA, Martínez R, Villar G. 2014. Nutrigenómica y Nutrigenética: Una Realidad en la Nutrición y Salud Animal. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/nutrigenomica-nutrigenetica-una-realidad-t5527/800-p0.htm>. México
- Carter RC, Jacobson JL, Burden MJ, Armony-Sivan R, Dodge NC, Angelilli ML, Lozoff B, Jacobson SW. Iron deficiency anemia and cognitive function in infancy. *Pediatrics* 2010;126(2):427–34. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2009-2097>

- Castro J y D. Chirinos. 2019. Prevalencia de anemia infantil y su asociación con factores socioeconómicos y productivos en una comunidad altoandina del Perú. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 2019; 25(3). https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2019_3_01._J_Castro_Prevalencia_anemia_ninos_pequenos.pdf
- Castro J, Chirinos D, Zenteno F. Situación agroalimentaria y estado nutricional infantil en comunidades de la provincia de Concepción, Junín-Perú. Libro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Nutrición, CLN-SALN. 12-14, noviembre 2018: 628. Disponible en: <https://www.slaninternacional.org/congreso2018/avisos/libro-resumenes-congreso.php>
- Castro J, Chirinos D. 2014. Z-Score Anthropometric Indicators Derived from NCHS-1977, CDC-2000 and WHO-2006 in Children Under 5 Years in Central Area of Peru. *Universal Journal of Public Health* 2(2): 73-81, 2014.
- Castro J, Chirinos D. 2015. Impact of a comprehensive intervention on food security in poor families of central highlands of Peru. *Food and Public Health*. 2015, 5(6): 213-9. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.fph.20150506.02>
- Castro, BJ., Chirinos, PD., Tejada de Riveros D. Plomo en la sangre del cordón umbilical y su impacto sobre el peso. Longitud, hemoglobina y APGAR en zonas con diferente grado de contaminación. *Rev. Toxicol.* 2012, 29:100-106.
- Castro, J. y D. Chirinos. 2017. *Nutrición Animal*. UNCP. Huancayo. Perú. Tercera edición. ISBN 978-612-00-2611-3. 265pp.
- Castro, J., López de Romaña, D., Bedregal, P., López de Romaña, G., Chirinos, D. Lead and cadmium in maternal blood and placenta in pregnant women from a mining-smelting zone of Peru and transfer of these metals to their newborns. *J. Toxicol. Environ. Health Sci.* 2013, 5(8), 156-165. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2013.0276>
- Castro-Bedriñana J, Chirinos-Peinado D, De La Cruz-Calderón Gina. 2021. Predictive model of stunting in the Central Andean region of Peru based on socioeconomic and agri-food determinants. *Public Health in Practice*, 2(2021),100112. <https://doi.org/10.1016/j.puhip.2021.100112>

- Castro-Bedriñana J, Chirinos-Peinado D, Ríos Ríos E. 2020. Socioeconomic and Productive Disparity in Child Stunting in the Central Andes of Peru, Taking as a Model the Community of Tunanmarca, Jauja. *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.* 5(3),135-141. <https://doi.org/10.25046/aj050318>
- Castro-Bedriñana J, Chirinos-Peinado D, Ríos-Ríos E, Machuca-Campuzano M, Gómez-Ventura E. 2021. Dietary risk of milk contaminated with lead and cadmium in areas near mining-metallurgical industries in the Central Andes of Peru. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 220, 112382. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112382>
- Castro-Gonzalez, N.P, Calderon-Sanchez, F, 2018. Heavy metals in cow's milk and cheese produced in areas irrigated with waste water in Puebla, Mexico. 11, 33–36. <https://doi.org/10.1080 / 19393210.2017.1397060>
- Castro–González, N.P; Calderón–Sánchez, F; Pérez–Sato, M.; Soní–Guillermo, E.; Reyes–Cervantes, E. Health risk due to chronic heavy metal consumption via cow's milk produced in Puebla, Mexico, in irrigated wastewater areas. *Food Addit. Contam. Part B* 2019, 12, 38–44. <https://doi.org/10.1080 /19393210.2018.1520742>
- CDC. Centers for Disease Control and Prevention. 2020. Childhood Lead Poisoning Prevention. <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/blood-lead-levels.htm#:~:text=CDC%20now%20uses%20a%20blood,for%20lead%20in%20their%20blood>
- CDC. Childhood Lead Poisoning Prevention. Centers for Disease Control and Prevention. 2022. <https://www.cdc.gov/nceh/lead/news/cdc-updates-blood-lead-reference-value.html>
- Chasapis C.T., Loutsidou A.C., Spiliopoulou C.A., Stefanidou M.E. Zinc and human health: An update. *Arch. Toxicol.* 2012;86:521–534. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>
- Chirinos D, Castro J. 2013. Comparison of NCHS-1977, CDC-2000 and WHO-2006 Nutritional Classification in 32 to month-old Children in the Central Highlands of Peru (1992-2007). *Universal Journal of Public Health* 1(3):143-149, 2013.

- Chirinos D, Castro J. Situación agroalimentaria y desnutrición crónica en comunidades de la provincia de Jauja, Junín, Perú. Libro de Resúmenes del XVIII Congreso Latinoamericano de Nutrición, CLN-SALN. 12- 14 nov. 2018: 581-2. Disponible en: <https://www.slaninternacional.org/congreso2018/avisos/libro-resumenes-congreso.php>
- Chirinos D. 2016. Seguridad alimentaria nutricional en poblaciones vulnerables de la región central del Perú. Gráfica JOSIMPRESORES S.A.C. Huancayo, Perú. 270 pp.
- Chirinos-Peinado D, Castro-Bedriñana J, Ríos-Ríos E, Castro-Chirinos G, Quispe-Poma Y. 2023. Lead, cadmium and arsenic in raw milk produced in the vicinity of a mini mineral concentrator in the central Andes and health risk. *Biol. Trace Elem. Res.* <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03838-2>
- Chirinos-Peinado D, Castro-Bedriñana J. 2020. Lead and cadmium blood levels and transfer to milk in cattle reared in a mining area. *Heliyon* 6 (2020) e03579. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03579>
- Chirinos-Peinado, D., Castro-Bedriñana, J., García-Olarte, E., Quispe-Ramos, R., Gordillo-Espinal, E. Transfer of lead from soil to pasture grass and milk near a metallurgical complex in the Peruvian Andes. *Transl. Anim. Sci.* 2021.5:1-9. <https://doi.org/10.1093/tas/txab003>
- Chirinos-Peinado, D.M., Castro-Bedriñana, J.I., 2020. Lead and cadmium blood levels and transfer to milk in cattle reared in a mining area. *Heliyon* 6, e03579. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03579>
- Codex Alimentarius Commission. Report of the 50th Session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants; Codex Alimentarius Commission: Hague, The Netherlands, 2011.
- Cuellar JA. 2021. Efecto del estrés en la calidad de la carne de cerdo. *Veterinaria Digital*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/efecto-del-estres-en-la-calidad-de-la-carne-de-cerdo>
- Dabeka, R. W.; McKenzie, A. D. 1988. Lead and cadmium levels in commercial infant foods and dietary intake by infants 0-1-year-old. *Food Addit. Contam.* 5, 333-342. <https://doi.org/10.1080/02652038809373712>

- Dawson, K. A. 2006. Nutrigenomics: Feeding the genes for improved fertility. *Anim. Reprod. Sci.*96:312-222.
- Domingo, J.L. Concentrations of toxic elements (As, Cd, Hg and Pb) in cow milk: A review of the recent scientific literature. *International Journal of Dairy Technology* 2021, 74(2), 277–285. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12764>
- Donohue M. 2012. Evolución de la conversión alimenticia en pollos de engorde. *Agri Stats. XXII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura en Panamá*. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2220/20-aaos-de-mejoramiento-avacola-pollo-de-engorde>
- Dorne, J.L., Kass, G.E., Bordajandi, L.R., Amzal, B., Bertelsen, U., Castoldi, A.F., Heppner, C., Eskola, M., Fabiansson, S., Ferrari, P., Scaravelli, E. 2011. Human risk assessment of heavy metals: principles and applications. *Met Ions Life Sci* 8 (4), 27–60, 2011. PMID: 21473375
- EFSA. 2010. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal* 8(4):1570 (151 pp.). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- EFSA. 2012. European Food Safety Authority; Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA J.* 10 (1):2551 (37 pp.). Available from. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2551>
- Egamberdiev, B., Bobojonov, I., Kuhn, L. et al. 2023. Household resilience capacity and food security: evidence from Kyrgyzstan. *Food Sec.* <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01369-1>
- Enb A, Donia M, Abd-Rabo N, Abou-Arab A, El Senaity M. 2009. Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Global Veterinaria*, vol. 3, 2009, p. 268–275. [http://www.idosi.org/gv/gv3\(3\)09/13.pdf](http://www.idosi.org/gv/gv3(3)09/13.pdf)
- ENDES. 2021. Encuesta Nacional de Demografía y Salud. INEI. Lima. Perú.
- Engwa, G.A., Ferdinand, P.U., Nwalo, F.N., Unachukwu, M.N., 2019. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: *Poisoning in the Modern World New Tricks for an Old Dog?*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>

- Ensminger, M. E., C. G. Olentine. 1983. *Alimentos y Nutrición de los Animales*. Librería EL Ateneo Editorial. Buenos Aires. Argentina.
- European-Union, 2006. Commission Regulation (EC) 881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* (20.12.2006) (pp. L 364/5-L 364/24). Available from. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=EN>
- European-Union, 2014. Commission Regulation (EU) 488/2014 of 12 May 2014 amending Regulation (EC) N° 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* (13.5.2014):L 138/75–138/79 Available from. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0488&from=en>
- European-Union, 2015. Commission Regulation (EU) 2015/1005 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) N° 1881/2006 as regards maximum levels of lead in certain foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* (26.6.2015):L 161/9–161/13 Available from. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1005&from=EN>
- FAO. 2011. Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. <https://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
- FAO. 2023. Producción Animal. <https://www.fao.org/animal-production/es>
- Feingold BJ, Berky A, Hsu-Kim H, Rojas Jurado E, Pan WK. Population-based dietary exposure to mercury through fish consumption in the Southern Peruvian Amazon. *Environ Res.* 2020 Apr;183:108720. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108720>.
- Fernández E, Martínez J, Martínez V, Moreno J, Collado L, Hernández M, Morán F. 2015. Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutr Hosp.* 31(1):92-101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Foulds J. 2005. The future of poultry nutrition: 1:1 feed conversion by 2025? The Theoretical Opportunity to Achieve 1:1 FCR. Disponible en: <http://www.wattagnet.com/articles/16607-the-future-of-poultry-nutrition-1-1-feed-conversions-by-2025>

- FSIN. 2023. Global Report on Food Crises (GRFC) 2023. Food Security Information Network. <https://www.fsinplatform.org/global-report-food-crises-2023>
- Fuentes, E. 2014. Exploring alternatives for milk quality improvement and more efficient dairy production in a smallholder farming context – Case study: Mantaro Valley (Peru). Thesis to obtain the Joint International Doctoral Degree from Montpellier Supagro (France) and University College Cork (Ireland). MontpellierFrancia.
- Ghenchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. 2020. The effects of cadmium toxicity. *Int. J. Environ. Res Public Health* 2020, 17, 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
- Ghormade, V., Khare, R. P. S. 2011. Baghel nutrigenomics and its applications in animal science. *Veterinary Research Forum*. 2:147-155.
- Gimferrer N. 2010. El bienestar animal mejora la calidad cárnica. <https://n9.cl/8chah>
- Gimou, M.M., Pouillot, R., Charrondiere, U.R., Noël, L., Gu´erin, Th, Leblanc, J.Ch, 2014. Dietary exposure and health risk assessment for 14 toxic and essential trace elements in Yaound´e: the Cameroonian total diet study. *Food Addit. Contam.* 31 (6), 1064–1080. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.909953>
- Giri, S., Singh, G., Jha, V., Tripathi, R., 2011. Risk assessment due to ingestion of natural radionuclides and heavy metals in the milk samples: a case study from a proposed uranium mining area, Jharkhand. *Environ. Monit. Assess.* 175, 157–166. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1502-8>
- Givens, D.I. Milk symposium review: The importance of milk and dairy foods in the diets of infants, adolescents, pregnant women, adults, and the elderly. *Journal of Dairy Science* 2020, 103 9681–9699. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18296>
- Gómez AE. 2007. Nutrigenómica y nutrigenética. La relación entre la alimentación, la salud y la genómica. *OFFAR*, 26(4), 78-85. <https://www.elsevier.es/revista-offarm-4-articulo-nutrigenomica-nutrigenetica-13101543>

- González P. 2009. Anemia y déficit de hierro en niños y adolescentes. *Rev Anemia*. 2009; 2(2):13-20. Disponible en: <http://www.revistaanemia.org/presentacion-pdf-revista-anemia.php?fi leid=r0202&fi lepdf=gr0pdf2>.
- González-Montaña, J.-R., Senís, E., Alonso, A.-J., Alonso, M.-E., Alonso, M.-P., Domínguez, J.-C. 2019. Some toxic metals (Al, As, Mo, Hg) from cow's milk raised in a possibly contaminated area by different sources. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 28909–28918. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06036-7>
- Goswami S, Das KK. Socio-economic and demographic determinants of childhood anemia. *J Pediatr (Rio J)*. 2015; 91(5): 471-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.09.009>
- Greer FR, Krebs NF, MD Committee on Nutrition. 2006. Optimizing bone health and calcium intakes of infants, children, and adolescents. *Pediatrics* 117:578–585. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2822>
- Gross R., Schoeneberger H., Pfeifer H. and Preuss H.J. 2000. The Four Dimensions of Food and Nutrition Security: Definitions and Concepts. FAO, Rome. *Journal of Food Security*. 2019, Vol. 7 No. 5, 159-169. <https://doi.org/10.12691/jfs-7-5-2>
- Ha. T.T., Tu V.V., Tam K.B., Ha, T.H. Accumulation of Arsenic and Heavy Metals in Native and Cultivated Plant Species in a Lead Recycling Area in Vietnam. *Minerals* 2019, 9, 132. <https://doi.org/10.3390/min9020132>.
- Hameed A, Akhtar S, Amjad A, Naeem I, Tariq M. Comparative Assessment of Arsenic Contamination in Raw Milk, Infant Formulas and Breast Milk. *Dairy and Vet Sci J*. 2019, 13(1): JDVS.MS.ID.555851. <https://doi.org/10.19080/JDVS.2019.13.555851>
- He, B., Wang, Y., Li, S., Zhao, Y., Ma, X., Wang, W., Li, X., Zhang, Y. A cross-sectional survey of preschool children: Exploring heavy metal exposure, neurotransmitters, and neurobehavioural relationships and mediation effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2021, 220, 112391. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112391>
- Heller-Rouassant S, Flores-Quijano M. 2016. Niño pequeño, preescolar y escolar. *Gac Med Mex*. 2016;152 Suppl 1:22-8.

- Hernández-Vásquez A, Azañedo D, Antiporta DA, Cortés S. Análisis espacial de la anemia gestacional en el Perú. 2015. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2017; 34(1): 43- 51. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.341.2707>
- Herwig, N., Stephan, K., Panne, U., Pritzkow, W., Vogl, J. 2011. Multi-element screening in milk and feed by SF-ICP-MS. *Food Chemistry*, 124(3), 1223-1230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.050>
- Hoddinott J., Yohannes, Y. (2002). Dietary Diversity as a Household Food Security Indicator. Retrieved March 11, 2019, from <https://www.fantaproject.org/research/dietary-diversity-household-food-security>
- IARC, 2006. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Inorganic and Organic Lead Compounds. 87. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon, France (529 pp.). Available from. <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol87/mono87.pdf>
- IARC, 2017. WHO/IARC (World Health Organization/International Agency for Research on Cancer). List of classifications, agents classified by the IARC monographs, publication on line. http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php
- Ibrahim MIA, Mohamed LA, Mahmoud MG, Shaban KS, Fahmy MA, Ebeid MH. Potential ecological hazards assessment and prediction of sediment heavy metals pollution along the Gulf of Suez, Egypt. *J. Aquat. Res.* 2019, 45(4): 329-335. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.12.003>
- IFPRI. 2023. Global food policy report 2023: Rethinking food crisis responses. International Food Policy Research Institute. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/136619>
- Ijaz, J. Ibadllah J, Faqir M, Zia-Ur R, Bilal A, Zargham K, Javed I. 2009. Heavy metal residues in the milk of cattle and goats during winter season. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 82, 2009, p. 616–620. <https://doi.org/10.1007/s00128-009-9675-y>
- INDDX. (2018). Data4Diets: Building Blocks for Diet-related Food Security Analysis. Tufts University. Retrieved October 1, 2020, from <https://inddx.nutrition.tufts.edu/data4diets>

- INEI. 2017. Encuesta Nacional de Hogares-ENAHO. INEI, Lima. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursAnemiainfantilenunacomunidadaltoandinadelPerúRevEspNutrComunitaria2019;25\(3\)ivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1525/index.html](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursAnemiainfantilenunacomunidadaltoandinadelPerúRevEspNutrComunitaria2019;25(3)ivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1525/index.html). Consulta enero 2019.
- INEI. 2022. Perú: Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, 2022. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2022/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_2022.pdf
- INS. 2013. Sistema de Información del Estado Nutricional - SIEN 2006-2013. INS. CENAN. www.ins.gob.pe
- Ivette A. 2021. Seguridad Alimentaria. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/seguridad-alimentaria.html>
- Jaga, K., Dharmani, C. The Interrelation between Organophosphate Toxicity and the Epidemiology of Depression and Suicide. *Rev. Environ. Health* 2007, (1), 57–73. <https://doi.org/10.1515/reveh.2007.22.1.57>
- JECFA. 2011. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. 73 Report, 2010, Geneva, Switzerland; WHO technical report series, n°. 960, (237 pp.). Available from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44515/WHO_TRS_960_eng.pdf
- Jitaru, P., Ingenbleek, L., Marchond, N., Laurent, C., Adegboye, A., Hossou, S.E., Kone, A. Z., Oyedele, A.D., Kisito, C.S.K., Demb'el'e, Y.K., Eyangoh, S. 2019. Occurrence of 30 trace elements in foods from a multi-centre sub-saharan africa total diet study: focus on Al, as, Cd, Hg, and Pb. *Environ. Int.* 133, 105197. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105197>.
- Jurczak, A., Brodowska, A., Szkup, M., Prokopowicz, A., Karakiewicz, B., Łój, B., et al. Influence of Pb and Cd Levels in Whole Blood of Postmenopausal Women on the Incidence of Anxiety and Depressive Symptoms. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2018, 25, 219–223. <https://doi.org/10.26444/aaem/85929>.
- Kaput J., Rodríguez L. 2004. Nutritional genomics: the next frontier in the post-genomic era. *Physiol. Genomics* 16:166-177.

- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., Zhu, Y. G. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*. 2008, 152(3), 686-692. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.056>.
- Khaneghah, A.M., Fakhri, Y., Nematollahi, A., Pirhadi, M., 2020. Potentially toxic elements (PTEs) in cereal-based foods: a systematic review and meta-analysis. *Trends Food Sci. Technol.* 96, 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.007>
- Kim M.-H., Choi M.-K. Seven dietary minerals (Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, and Mn) and their relationship with blood pressure and blood lipids in healthy adults with self-selected diet. *Biol. Trace Elem. Res.* 2013;153:69–75. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9656-1>.
- Korfali, S. I.; Hawi, T.; Mroueh, M. 2013. Evaluation of heavy metals content in dietary supplements in Lebanon. *Chem. Cent. J.* 2013, 7, 10-25. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-10>
- Krivosos, E., Kuhn, L. (2019). Trade and dietary diversity in Eastern Europe and Central Asia. *Food Policy*, 88, 101767. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.101767>.
- Lane, E.A., Canty, M.J., More, S.J. 2015. Cadmium exposure and consequence for the health and productivity of farmed ruminants. *Res. Vet. Sci.* 101:132–139. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.004>.
- Lante, A., Lomolino, G., Cagnin, M., Spettoli, P., 2006. Content and characterization of minerals in milk and in Crescenza and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP-OES. *Food Control* 17, 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.010>.
- Latham M. 2002. *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Colección FAO: Alimentación y nutrición N°29. Capítulo X: Minerales. ISBN 92-5-303818-7.
- Lozoff B, Corapci F, Burden M, Kaciroti N, Angulo-Barroso R, Sazawal S, et al. Preschoolaged children with iron deficiency anemia show altered affect and behaviour. *J Nutr.* 2007; 137(3): 683-9. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.683>.

- MINAGRI. 2017. Ganadería lechera en el Perú: Análisis de su Estructura, Dinámica y Propuestas de Desarrollo. Dirección General de Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2018?download=13414:ganaderia-lechera-en-el-peru-2017>
- MINAGRI. 2019. Dirección General de Ganadería. MINAGRI promueve la cadena de producción y mayor consumo de queso peruano. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/26977-minagri-promueve-la-cadena-de-produccion-y-mayor-consumo-de-queso-peruano>
- MINDES. 2019. Programa Qali Warma. Nuestros usuarios. Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. <https://www.qaliwarma.gob.pe/quienes-son-nuestros-usuarios/>
- Minkina, T.M., Mandzhieva, S.S., Burachevskaya, M.V., Bauer, T.V., Sushkova, S.N. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil. *Methods X*, 2018, 5: 217-226. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.02.007>
- Mishra, A., Oliinyk, P., Lysiuk, R., Lenchyk, L., Singh, S., Rathod, S., Antonyak, H., Darmohray, R., Dub, N., Antoniv, O., Tsal, O., Upyr, T. Flavonoids and stilbenoids as a promising arsenal for the management of chronic arsenic toxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2022, 95(2022), 103970. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103970>
- Mohammed AGA, Abubakar Musa KE, WaleedAboshora WZ. Evaluation of some physicochemical parameters of three commercial milk products. *Pak J Food Sci.* 2013;23(2):62–5.
- Molledo, A., Troubat, N., Lokshin, M., Sajaia, Z. (2014). Analyzing food security using household survey data: Streamlined analysis with ADePT software. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0133-4>
- Muhammad, A., Akhtar, S., Goodwill, J., Sun, J. 2017. Heavy metals in milk: global prevalence and health risk assessment. *Toxin Reviews*, 38(2019), 1-12. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1399276>
- Mukhopadhyay, R., B. Rosen, L. Phung, and S. Silver2002. Microbial arsenic: from geocycles to genes and enzymes. *FEMS Microbiol. Rev.* 2002, 26: 311-325. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00617.x>

- Nilipour A. 2012. Pollo Moderno ¿Como obtener el máximo rendimiento? Desafíos, oportunidades y metas. Aseguramiento de Calidad e Investigación. Panamá. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/pollo-moderno-como-obtener-t29435.htm>
- Norouzirad, R., González-Montaña, J.-R., Martínez-Pastor, F., Hosseini, H., Shahrouzian, A., Khabazkhoob, M., Malayeri F., Moallem H., Paknejad M., Foroughi-nia B., Fooladi A. 2018. Lead and cadmium levels in raw bovine milk and dietary risk assessment in areas near petroleum extraction industries. *Science of The Total Environment*, 635, 308-314. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.138>
- OMS. 2006. Patrones de crecimiento infantil de la OMS: Longitud/estatura para la edad, peso para la edad, peso para la longitud, peso para la estatura e índice de masa corporal para la edad - Métodos y desarrollo. pdf. Organización Mundial de la Salud. Departamento de Nutrición para la Salud y Desarrollo.
- OMS. 2023. Crecimiento Infantil. https://www.who.int/es/health-topics/child-growth#tab=tab_1
- Patra, R.C., Swarup, D., Kumar, P., Nandi, D., Naresh, R., Ali, S.L. Milk trace elements in lactating cows environmentally exposed to higher level of lead and cadmium around different industrial units. *Science of the Total Environment* 2008, 404 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.010>
- Pavlovic, I., Sikiric, M., Havranek, J.L., Plavljanic, N., Brajenovic, N. Lead and cadmium levels in raw cow's milk from an industrialized Croatian region determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Czech Journal of Animal Science* 2004, 49 164-168. <https://doi.org/10.17221/4295-CJAS>
- Pereira, P. 2014. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619-627. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>
- Pérez CE., Meléndez MG, Zúñiga RA. 2005. Genómica nutricional: perspectivas para el futuro. *Rev. Endocrinol. Nutr.*13:190-6.
- Pernia, B., Mero M., Bravo K, Ramírez N, López D, Muñoz J, Egas F. 2015. Detección de Cd y Pb en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Rev. Scient. Cien. Nat. Ambien.* 8(2):81-86. ISSN: 1390-8413.

- Perween R, M Mumtaz, Q Haque and T Mehmood. 2011. Nutritional values in aspects of essential and Non-essential elements in variety of milk samples by AAS and FES. *Analytical and inorganic, J. Chem. Soc. Pak.*, 33: 313-316. ISSN 0253-5106. <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=42085726>
- Perween R. 2015. Review-Factors involving in fluctuation of trace metals concentrations in bovine milk. *Pak J Pharm Sci.*28(3):1033-8. PMID: 26004711.
- Prasad A.S. Zinc in human health: Effect of zinc on immune cells. *Mol. Med.* 2008;14:353–357. <https://doi.org/10.2119/2008-00033>
- Pure Earth. 2016. World’s worst pollution problems. The toxic Beneath Our Feet. Pure Earth and Green Cross Switzerland. <http://www.worstpolluted.org/docs/WorldsWorst2016Spreads.pdf>
- Quispe, R., Belizario, G., Chui, H., Huaquisto, S., Calatayud, A., Yabar, P. 2019. Concentration of heavy metals: chrome, cadmium and lead in surface sediments in the river Coata, Peru. *Bolivian Journal of Chemistry.* 36(2), 83-90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia A. A. 2017. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian J Intern Med* 2017; 8 (3): 135-145. <https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Rahman MM, Abe SK, Rahman MS, Kanda M, Narita S, Bilano V, et al. Maternal anemia and risk of adverse birth and health outcomes in low- and middle-income countries: systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2016; 103(2): 495- 504. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.107896>
- Rai, P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F., Kim, K.H. 2019. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms, and management. *Environ. Int.* 125, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Raihan SM, Moniruzzaman M, Park Y, Lee S, Bai SC. Evaluation of Dietary Organic and Inorganic Mercury Threshold Levels on Induced Mercury Toxicity in a Marine Fish Model. *Animals (Basel).* 2020 Feb 29;10(3):405. <https://doi.org/10.3390/ani10030405>

- Rani A, Kumar A, Lal A, Pant M. 2014. Cellular mechanisms of cadmium-induced toxicity: a review. *Int J EnvironSanarth Res* 2014; 24: 378-99. <https://doi.org/10.1080/09603123.2013.835032>
- Rehman, I. ur, Ishaq, M., Ali, L., Khan, S., Ahmad, I., Din, I.U., Ullah, H., 2018. Enrichment, spatial distribution of potential ecological and human health risk assessment via toxic metals in soil and surface water ingestion in the vicinity of Sewakht mines, district Chitral, Northern Pakistan. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 154, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.033>
- Rekhy, R., Mcconchie, R. (2014). Promoting consumption of fruit and vegetables for better health. Have campaigns delivered on the goals? *Appetite*, 79, 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.04.012>
- Ren, C., Zhou, Y., Liu, W. et al. Paradoxical effects of arsenic in the lungs. *Environ Health Prev Med.* 2021, 26, 80. <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00998-2>
- Rigolin P. 2013. The future of poultry nutrition: 1:1 feed conversions by 2025?. Alltech Global Champion of Allzyme SSF, Alltech, Inc., Lexington, Kentucky, USA. Disponible en: <http://www.wattagnet.com/articles/16607-the-future-of-poultry-nutrition-1-1-feed-conversions-by-2025>
- Rigolin P. 2014. ¿Conversión alimenticia 1:1 para 2025?: un vistazo al futuro de la avicultura. *Industria Avícola*. <https://www.industriaavicola.net/nutricion-y-fabricacion-de-alimentos-balanceados/conversion-alimenticia-11-para-2025-un-vistazo-al-futuro-de-la-avicultura>
- Roohani N., Hurrell R., Kelishadi R., Schulin R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J. Res. Med. Sci.* 2013;18:144-157. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3724376/>
- Roychoudhury, A., Krishnamoorthi, S., Paul, R. Arsenic Toxicity and Molecular Mechanism of Arsenic Tolerance in Different Members of Brassicaceae In book: *Brassica Improvement*. 2020. https://dpi.org/10.1007/978-3-030-34694-2_9.

- Salazar K. C. 2016. Percepción, vulnerabilidad socioeconómica y adaptación al cambio climático del ganadero lechero del Valle del Mantaro, Junín. Tesis Maestría en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2748/L01-S343-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saraiva BC, Soares MC, dos Santos LC, Pereira SC, Horta PM. Iron deficiency and anemia are associated with low retinol levels in children aged 1 to 5 years. *J Pediatr (Rio J)*. 2014; 90: 593-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2014.03.003>
- Schubert C., Guttek K., Reinhold A., Grüngreif K., Reinhold D. The influence of the trace element zinc on the immune system. *LaboratoriumsMedizin*. 2015;39. <https://doi.org/10.1515/labmed-2015-0060>
- Sharifi, S., Sohrabvandi, S., Mofid, V., Javanmardi, F., Khanniri, E., Mortazavian, A.M. The assessment of lead concentration in raw milk collected from some major dairy farms in Iran and evaluation of associated health risk. *J Environ Health Sci Eng*. 2022, 20(1):181-186. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00765-z>
- Sharma, A., Nagpal, A.K. 2020. Contamination of vegetables with heavy metals across the globe: hampering food security goal. *J. Food Sci. Technol*. 57 (2), 391-403. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04053-5>
- Shimada MA. 2017. *Nutrición Animal*. SIDALC. ISBN: 978-607-17-3121-0. Ed. Trillas. México. 392pp.
- Simopoulos AP. 2010. Nutrigenetics/nutrigenomics. *Annu. Rev. Public. Health*.31:53–68.
- Singh, A., Sharma, R.K., Agrawal, M., Marshall, F.M. 2010. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food Chem. Toxicol*. 48:611–619. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.041>.
- Singh, G.M., Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Lim, S., Andrews, K.G., Engell, R.E., Ezzati, M., Mozaffarian, D. 2015. Global, regional, and national consumption of sugar-sweetened beverages, fruit juices, and milk: a systematic assessment of beverage intake in 187 countries. *PLoS One* 10(8): e0124845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124845>

- Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R. 2011. Heavy metals and living systems: an overview. *Indian J. Pharm.* 43:246–253. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.81505>
- Skogheim, T.S., Vegard F.K., Weyde, Engel M.S., Aase, H., Surén, P., Øie G.M., Biele G., Reichborn-Kjennerud, T., Caspersen, H.I., Hornig, M., Haug, S.L., Villanger D.G. Metal and essential element concentrations during pregnancy and associations with autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder in children. *Environment International* 2021, 152, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106468>
- Smith, L. C., Subandoro, A. (2007). Measuring food security using household expenditure surveys (Vol. 3). International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.2499/0896297675>
- Su, C.; Gao, Y.; Qu, X.; Zhou, X.; Yang, X.; Huang, S.; Han, L.; Zheng, N.; Wang, J. The Occurrence, Pathways, and Risk Assessment of Heavy Metals in Raw Milk from Industrial Areas in China. *Toxics* 2021, 9, 320. <https://doi.org/10.3390/toxics9120320>
- Sunderland, EM, Tumpney M. 16 - Mercury in foods, Editor(s): Martin Rose, Alwyn Fernandes, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Persistent Organic Pollutants and Toxic Metals in Foods, Woodhead Publishing. 2013; 392-413. ISBN 9780857092458. <https://doi.org/10.1533/9780857098917.2.392>
- Suturović, Z.; Kravić, S.; Milanović, S.; Đurović, A.; Brezo, T. 2014. Determination of heavy metals in milk and fermented milk products by potentiometric stripping analysis with constant inverse current in the analytical step. *Food Chem.* 2014, 155, 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.03>
- Swarup, D., Patra, R.C., Naresh, R., Kumar, P., Shekhar, P., 2005. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfer of lead into milk. *Sci. Total Environ.* 347:106–110. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.055>
- The World Bank, 2023. Food Security Update. World Bank Response to Rising Food Insecurity. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/food-security-update>

- Theorell, T., Hammarström, A., Aronsson, G., Träskman Bendz, L., Grape, T., Hogstedt, C., et al. (2015). A Systematic Review Including Meta-Analysis of Work Environment and Depressive Symptoms. *BMC Public Health* 15 (1), 738. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1954-4>
- Tinkov, A.A.; Filippini, T.; Ajsuvakovae, O.P.; Skalnaya, M.G.; Aasethf, J.; Bjørklundh, G.; Gatiatulina, E.R.; Popova, E.V.; Nemereshina, O.N.; Huangk, P.T.; et al. 2018. Cadmium and atherosclerosis: A review of toxicological mechanisms and a meta-analysis of epidemiologic studies. *Environ. Res.* 162, 240–260. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.008>
- Towle, H. C. 1995. Metabolic regulation of gene transcription in mammals. *J. Biol. Chem.* 270:23235-23238.
- Tunegová, M., Toman, R., Tančin, V. 2016. Heavy metals environmental contaminants and their occurrence in different types of milk. *Slovak J. Anim. Sci.* 49(3),122–131. ISSN 1337-9984.
- United Nations. 2023. The sustainable Development Goals Report 2020. — SDG Indicators (un.org)
- USDHHS. 2005. Dietary guidelines for Americans. United States Department of Health and Human Services, United States Department of Agriculture. USDHHS/USDA. <https://health.gov/our-work/food-nutrition/previous-dietary-guidelines/2015>
- USEPA. Arsenic (inorganic). United States Environmental Protection Agency. Washington, DC. 1991. <https://www.epa.gov>.
- Valiente S, Olivares S. 1988. Alimentación, Nutrición y Agricultura. Un enfoque multidisciplinario para América Latina. Texto General. INTA. Chile.
- Vega, J., De Coll, J., Lermo, J., Escobar, J., Díaz, M., Castro, J. Niveles intelectuales y ansiedad en niños con intoxicación plúmbica crónica. Colegio “María Reiche” Callao-Perú, 2002. *An. Fac. med.* 2005, 66(2), 142-147. <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v66n2/a08v66n2.pdf>
- Weingärtner, L. 2004. International Training Course. Food and Nutrition Security Assessment Instruments and Intervention Strategies. The Concept of Food and Nutrition Security. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusam-

- menarbeit (German Agency for Technical Cooperation) GTZ. <http://www.oda-alc.org/documentos/1341934899.pdf>
- Weyh C, Krüger K, Peeling P, Castell L. The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*. 2022 Feb 2;14(3):644. <https://doi.org/10.3390/nu14030644>
- Wilcke, W., Döhler, H. *Schwermetalle in der Landwirtschaft (Farming and heavy metals)*; Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft s.V. (KTBL) (Editor), Darmstadt/Germany.
- Xacur-García, F., J. Castillo-Quan, V. Hernández Escalante, H., Laviada-Molina. 2008. Genómica nutricional: una aproximación de la interacción genoma-ambiente. *Rev. Méd. Chil.* 136: 1460-67.
- Yang, X., Zhao, Z., Tan, Y., Chen, B., Zhou, C., Wu, A. 2020. Risk profiling of exposures to multiclass contaminants through cereals and cereal-based products consumption: a case study for the inhabitants in Shanghai, China. *Food Contr.* 109. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106964>
- Zaw, Y.H., Taneepanichskul, N. Blood heavy metals and brain-derived neurotrophic factor in the first trimester of pregnancy among migrant workers. 2019, *PLOS ONE*, 14(6), e0218409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218409>
- Zayas Mujica R. y Cabrera Cárdenas U. 2007. Los tóxicos ambientales y su impacto en la salud de los niños. *Rev. Cubana Pediatr.* 79,1-4. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312007000200006&lng=es&tlng=es
- Zdunczyk, Z., Pareek, CH.S. 2009. Application of nutrigenomics tools in animal feeding and nutritional research. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18: 3–16.
- Zhou, X., Zheng, N., Su, C., Wang, J. and Soyeurt, H. Relationships between Pb, As, Cr, and Cd in individual cows' milk and milk composition and heavy metal contents in water, silage, and soil. *Environ. Pollut.* 2019, 255(2): 113322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113322>
- Zwierzchowski G, Ametaj BN. 2018. Minerals and Heavy Metals in the Whole Raw Milk of Dairy Cows from Different Management Systems and Countries of Origin: A Meta-Analytical Study. *J Agric Food Chem.* 5;66(26):6877-6888. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00904>

Libro electrónico disponible en
<http://fondoeditorial.unah.edu.pe/index.php/fonedi/catalog>
Publicado en el Perú / Published in Peru.





FONDO
EDITORIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

JORGE CASTRO BEDRIÑANA & DORIS CHIRINOS PEINADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HUANTA

ISBN: 978-612-49667-8-1



9 786124 966781