

ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

REVISTA FARMACÉUTICA

Rev. Farm. 168 — N° 1 — 2026



BUENOS AIRES – ARGENTINA

ISSN 0034-9496

REVISTA FARMACÉUTICA

ISSN 0034-9496

Editada por la
Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica
Personería Jurídica Resol. N° 1762-30/8/1968

CONSEJO DIRECTIVO 2026-2028

Presidente

Acad. Virginia Martino

Vice-Presidente

Acad. Norma Sterin de Speziale

Secretario General

Acad. Pablo Quiroga

Prosecretario

Acad. Rolando Rossi

Tesorero

Acad. Carlos A. Fossati

Protesorero

Acad. Santiago D. Palma

Vocales Titulares

Acad. Gabriel Gutkind

Acad. María Cristina Añon

Vocales Suplentes

Acad. Marcelo C. Nacucchio

Acad. Juan Pablo Rossi

Revisores de Cuentas

Acad. María Luz Martínez

Acad. Nilda E. Fink

Acad. Ángela R. Solano

Volumen 168 N° 1 Año 2026

Fundada en 1858

**COMITÉ DE PUBLICACIÓN
EDITORIAL BOARD**

Coordinador

Acad. Marcelo L. Wagner

Co-coordinador

Acad. Alberto Gurni

Acad. Juan Pablo F.C. Rossi

Miembros

Acad. Gabriel Gutkind

Acad. Silvia Hajos

Acad. Marcelo C. Nacucchio

Acad. Maria Luz Pita Martín de Portela

Acad. Rolando Rossi

Editada por la Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica
Junín 956 P.P. C1113AAD, Buenos Aires, Argentina

Correo electrónico: acad@ffyb.uba.ar

Página web: <http://www.anfyb.com.ar>

La presente edición se terminó de imprimir en Julio de 2026

Las ideas que se exponen en la Revista son de exclusiva responsabilidad de los autores
y no reflejan necesariamente la opinión de la **Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica**.

ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

ACADEMICOS TITULARES

Acad. Daniel Allemandi	Acad. Gabriel O. Gutkind	Acad. María Luz Pita Martín de Portela
Acad. María Cristina Añón	Acad. Silvia Hajos	Acad. Marco Pizzolato
Acad. Claudio Bernal	Acad. Ricardo Kratje	Acad. Pablo Quiroga
Acad. José María Delfino	Acad. Manuel Limeres	Acad. Victor Romanowski
Acad. Alberto Díaz	Acad. Rubén H. Manzo	Acad. Juan Pablo F.C. Rossi
Acad. Jorge Errecalde	Acad. María Luz Martínez	Acad. Rolando Rossi
Acad. Nilda Fink	Acad. Virginia Martino	Acad. Laura E. Schreier
Acad. Carlos A. Fossati	Acad. Nélide Mondelo	Acad. Ángela R. Solano
Acad. Andrea Gamarnik	Acad. Rafael Mora	Acad. Norma Sterin de Speziale
Acad. Jorge Geffner	Acad. Marcelo C. Nacucchio	Acad. Dora Tombari
Acad. Alberto Gurni	Acad. José Oyhamburu	Acad. Marcelo Luis Wagner
	Acad. Santiago D. Palma	

ACADEMICOS EMÉRITOS

Acad. Sem M. Albonico	Acad. Clyde N. Carducci	Acad. Modesto C. Rubio
Acad. Arnaldo L. Bandoni	Acad. Ricardo A. Caro	Acad. Marta M. Salseduc
Acad. Carlos M. Baratti	Acad. Gabriel Mato	Acad. Francisco J. E. Stefano
Acad. Nestor O. Caffini	Acad. Edgardo Poskus	

ACADEMICOS HONORARIOS

Acad. Juan Carlos Bagó	Acad. Benito del Castillo García	Acad. Juana María Pasquini
Acad. Ramón A. de Torres	Acad. Mirtha Flawiá	

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Acad. Carlos Bregni	Acad. Silvia Gold	Acad. Clelia M. Riera
Acad. Raquel Lía Chan	Acad. Elsa M. Nadalin	Acad. Daniel O. Sordelli
Acad. Oscar H. Fay	Acad. Ana Maria Pechen D'Angelo	Acad. Alejandro Vila
Acad. Raul C. Fazio	Acad. Gabriela del Valle Perdigón	Acad. María Guillermina Volonté

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES EN EL EXTERIOR

Alemania

Acad. Pablo Steinberg

Chile

Acad. Aquiles Arancibia Orrego

Acad. Rosa I. Morán Gana

Colombia

Acad. Fleming Martínez Rodríguez

Cuba

Acad. Ricardo Galvis

Ecuador

Acad. Julio E. Aráoz

Acad. Eduardo Goetchel

España

Acad. María Jose Alonso Fernández

Acad. Ángel Montero Carcaboso

Acad. Antonio M. Rabasco Álvarez

Acad. Alberto Ramos Cormenzana

Acad. Bartolomé Ribas Ozonas

Acad. Miguel Ylla Catalá Genis

Acad. Francisco Zaragoza García

Estados Unidos

Acad. Jorge R. Barrio

Acad. Jorge D. Brioini

Acad. Silvia N. Calderón

Acad. Silvio Gutkind

Acad. Fernando Muzzio

Francia

Acad. Jean Marc Aïache

Acad. Paul Fleury

Acad. Carlos Soto

Acad. Natalio Vita

Italia

Acad. Stefano Govoni

Panamá

Acad. Ceferino Sánchez

Uruguay

Acad. Pietro Fagiolino

Acad. Raquel Lombardo de Bertolaza

Acad. Patrick Moyna

Acad. Anibal A. Olmos Ferreira

Acad. Oscar Polla Bermúdez

Acad. Joaquín E. Royer Meicoso

SUMARIO

Recomendaciones nutricionales y rol de nutrientes en la promoción de un envejecimiento saludable	9
Nutritional Recommendations and the Role of Nutrients in the Promotion of Healthy Aging Claudio A. Bernal, María L. Pita Martin de Portela	
Evolución curricular de la Carrera de Bioquímica en Argentina (1975-2030): análisis longitudinal de transformaciones en carreras acreditadas	33
Curricular evolution of the biochemistry degree in Argentina (1975-2030): longitudinal analysis of transformations in accredited programs Micaela Avellaneda, Pamela De Francesco, Agustina Chávez Pilon, Nilda Fink	
El Compromiso ineludible: contribuciones de las Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas a la Agenda 2030 en la Argentina	45
The Unwaivering Commitment: Contributions of Pharmaceutical and Biochemical Sciences to the 2030 Agenda in Argentina Jean-Paul Rossi, Pablo Quiroga, Horacio Rodríguez, Nélica Mondelo	
Medicamentos hemoderivados - Importancia estratégica del plasma humano	53
Andrea C. Zucchi, Silvina del Valle Druetta	

RECOMENDACIONES NUTRICIONALES Y ROL DE NUTRIENTES EN LA PROMOCIÓN DE UN ENVEJECIMIENTO SALUDABLE

Claudio A. Bernal^{1,2,3}, María L. Pita Martin de Portela^{1*}

¹ Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica, República Argentina.

² Cátedra de Bromatología y Nutrición, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, República Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Santa Fe, República Argentina.

* Autor a quién dirigir la correspondencia: mportela@retina.ar

RESUMEN

El aumento de la expectativa de vida ha incrementado a nivel mundial la proporción de personas de edad avanzada. Desde el punto de vista biológico y nutricional, el envejecimiento se caracteriza por un estado prevalentemente catabólico, asociado a balances negativos de energía y de diversos macro y micronutrientes. Este escenario puede agravarse por la disminución de la ingesta alimentaria, el mayor consumo de medicamentos, el sedentarismo y la presencia de enfermedades asociadas a la edad, factores que conducen a pérdida del apetito, alteraciones de la absorción y del metabolismo y al deterioro progresivo de múltiples funciones fisiológicas. En conjunto, estos desequilibrios nutricionales representan un desafío relevante y refuerzan la necesidad de establecer recomendaciones nutricionales adaptadas a este grupo etario, orientadas a promover un envejecimiento saludable y una atención personalizada. El presente manuscrito, tiene como objetivo resumir el rol de los nutrientes necesarios en la promoción del envejecimiento saludable, así como los principales consensos y discrepancias disponibles respecto a las recomendaciones nutricionales, sin excluir aspectos fundamentales de la "Nutrición Personalizada" para esta etapa de la vida. Es importante considerar que los nutrientes no solo cumplen funciones estructurales o energéticas, sino que ejercen efectos pleiotrópicos fundamentales para la homeostasis. En el adulto mayor es fundamental lograr el equilibrio energético con una ingesta que equipare el gasto energético total (GET) promedio diario. La alta incidencia de baja ingesta energética incrementa el riesgo de deficiencias y desequilibrios nutricionales en el adulto mayor afectando potencialmente las funciones claves de los nutrientes. Es importante considerar que las proteínas y aminoácidos esenciales, además de sostener la masa muscular, modulan vías de señalización del anabolismo, la respuesta inflamatoria y el sistema inmune. Ciertos lípidos poseen acciones antiinflamatorias, antioxidantes, inmunomoduladoras y reguladoras de la expresión génica, previniendo enfermedades crónicas. Los hidratos de carbono y la fibra dietaria influyen en la composición y funcionalidad de la microbiota intestinal, con efectos sistémicos sobre el metabolismo energético, la inflamación crónica de bajo grado y el estado cognitivo. Las vitaminas y minerales presentan múltiples funciones como cofactores enzimáticos, moduladores epigenéticos, reguladores del estrés oxidativo y participan en la inmunidad. La realización de la revisión de las ingestas dietarias recomendadas de energía y de los nutrientes individuales se basó en los criterios seguidos por diferentes organismos oficiales, en los avances científicos específicos que sustentan las mismas, y en los consensos Internacionales, incluidos los de: FAO (Food and Agriculture Organization), WHO (World Health Organization), EFSA (European Food Safety Authority), NAS (National Academy of Sciences), USDA (United States Department of Agriculture), entre otros. Asimismo, se incluyen cifras de riesgo de efectos adversos de algunos nutrientes y la existencia de incertidumbres y limitaciones científicas. Las ingestas dietarias recomendadas (IDR) se ajustaron en función de diferentes factores que condicionan la utilización de nutrientes. Por ejemplo, en el caso de las proteínas, las IDR para adultos mayores consideran la digestibilidad, biodisponibilidad y su valor biológico, como asimismo un exceso de cobertura para prevenir la sarcopenia. Asimismo, se tuvieron en cuenta numerosos estudios e informes de instituciones que recomiendan no sólo incrementar la ingesta de proteínas de alto valor biológico, sino que también de nutrientes promotores del anabolismo proteico, como aminoácidos ramificados, u otros compuestos bioactivos. Las recomendaciones de lípidos e hidratos de carbono se expresaron en relación a la ingesta de energía como rangos aceptables de distribución del macronutriente. En cuanto a vitaminas y minerales se resumen los conceptos teóricos de las IDR publicados por organismos oficiales. Las evidencias analizadas indican que el estado metabólico, junto con múltiples factores que afectan la ingesta alimentaria y el aprovechamiento de nutrientes críticos, refuerzan la importancia de una adecuada cobertura nutricional como eje central del envejecimiento saludable del adulto mayor. Se destaca, con particular atención, la relevancia de asegurar la ingesta adecuada de energía y nutrientes críticos de este grupo etario. Entre

Palabras clave: Recomendaciones nutricionales, adulto mayor, requerimiento energético, nutrición personalizada

Key words: Nutritional recommendations, older adults, energy requirements, personalized nutrition

ellos, las proteínas, fundamentales para la prevención de la sarcopenia; el hierro para la prevención de anemias; el calcio, junto con la Vitamina D, fundamentales para la salud ósea y prevención de osteoporosis. Asimismo, se resalta el rol de otros nutrientes involucrados en la función inmunitaria, el metabolismo energético y en el riesgo de enfermedades crónicas. Finalmente, se acentúa la importancia de la nutrición personalizada como estrategia fundamental para abordar la heterogeneidad fisiológica y clínica de adultos mayores, permitiendo optimizar las recomendaciones dietarias según las necesidades específicas de cada subgrupo poblacional.

SUMMARY

NUTRITIONAL RECOMMENDATIONS AND THE ROLE OF NUTRIENTS IN THE PROMOTION OF HEALTHY AGING

The increase in life expectancy is leading to a growing proportion of older adults worldwide, a population group that requires personalized monitoring of health status, including nutrition. From a biological and nutritional perspective, aging is characterized by a predominantly catabolic state, accompanied by negative energy balance and deficiencies in both macro- and micronutrients. This frame is further exacerbated by reduced food intake, increased medication use, low physical activity, and the presence of age-related diseases, factors that contribute to loss of appetite, impaired nutrient absorption and metabolism, and the progressive deterioration of multiple physiological functions. Overall, these nutritional imbalances represent a significant challenge and highlight the need for nutritional recommendations tailored to this age group to promote healthy aging and personalized care. This manuscript aims to summarize the main agreements and discrepancies in current nutritional recommendations, while addressing essential considerations of “Personalized Nutrition” for this stage of life, as well as the role of key nutrients in promoting healthy aging. Importantly, nutrients not only fulfill structural or energy-providing roles but also exert pleiotropic effects that are fundamental for maintaining homeostasis in older adults. In healthy adults, achieving energy balance requires an energy intake that matches the average daily total energy expenditure. The main components used to estimate total energy expenditure, basal metabolic rate and the level of habitual physical activity, decline progressively with advancing age. The resulting reduction in energy intake increases the risk of nutritional deficiencies and imbalances in older adults, potentially impairing the key functions of nutrients. Proteins and essential amino acids, in addition to preserving muscle mass, modulate anabolic signaling pathways, inflammatory responses, and immune function. Certain lipids exhibit antiinflammatory, antioxidant, immunomodulatory, and gene-regulatory actions, thereby helping prevent non-communicable chronic diseases. Carbohydrates and dietary fiber influence the composition and functionality of the gut microbiota, with systemic effects on energy metabolism, low-grade chronic inflammation, and cognitive status. Vitamins and minerals play multiple key roles as enzymatic cofactors, epigenetic modulators, regulators of oxidative stress, and contributors to immunity. To establish energy, macro- and micronutrient recommendations, international consensus documents have been primarily considered, including those from the FAO (Food and Agriculture Organization), WHO (World Health Organization), EFSA (European Food Safety Authority), NAS (National Academy of Sciences), and USDA (United States Department of Agriculture), among others. In addition, estimates of the risk of adverse effects for certain nutrients, as well as existing uncertainties and scientific limitations, are included. RDAs are adjusted according to various factors that influence nutrient utilization. In the case of proteins, the RDAs for older adults depend on digestibility, bioavailability, and biological value, which are comparable to those of younger adults (WHO/FAO/UNU, 2007). However, to prevent sarcopenia, numerous studies and institutions recommend not only increasing the intake of high-biological value proteins, but also consuming nutrients that promote protein anabolism, such as branched-chain amino acids and other bioactive compounds. Lipid and carbohydrate recommendations are expressed relative to energy intake as acceptable macronutrient distribution ranges. For vitamins and minerals, theoretical concepts underlying RDAs from official institutions are summarized. The analyzed evidence indicates that metabolic status, together with multiple factors influencing food intake and the bioavailability of critical nutrients, underscores the importance of adequate nutrient coverage as a cornerstone of healthy aging in older adults. Emphasis is placed on ensuring adequate intake of energy and key nutrients within this age group. Among these, proteins are essential for the prevention of sarcopenia, Fe is crucial for the prevention of anemia, and Ca, in combination with vitamin D, is fundamental for maintaining bone health and reducing the risk of osteoporosis. Likewise, the role of other nutrients involved in immune function, energy metabolism, and the risk of chronic diseases is highlighted. Finally, personalized nutrition emerges as a fundamental strategy for addressing the physiological and clinical heterogeneity of older adults, enabling dietary recommendations to be tailored and optimized according to the specific needs of different population subgroups.

Diccionario:

- Ingestas Recomendadas de Nutrientes (IRN) o Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) son las cantidades promedio diarias "per capita" de nutrientes esenciales que, basadas en experiencias científicas, se aconsejan consumir para cubrir las necesidades fisiológicas de la mayor parte de la población sana de un determinado grupo étnico. Las cifras, para un mismo nutriente, pueden variar según los criterios utilizados por los Organismos que las elaboran, y los avances científicos (DRI, 2000).
- Según consensos Internacionales, tales como del NRC (*National Research Council, USA*), del IOM (Institute of Medicine), de la NAS (*National Academy of Sciences of USA*) y del Instituto de Salud de Canadá, se establecieron cuatro definiciones cuyas siglas, en inglés, son: RDA, EAR, AI y UL.
- Ingesta Dietaria Recomendada (IDR o RDA -*Recommended Dietary Allowance*-): Ingesta diaria de un nutriente que es suficiente para cubrir el requerimiento de la mayoría (97,5%) de las personas sanas de un determinado grupo étnico.
- Ingesta Promedio estimada (IPE o EAR -*Estimated Average Requirement*-): Ingesta de un nutriente que satisface los requerimientos de la mitad (50 %) de los individuos sanos de una determinada población.
- Ingesta Adecuada (IA o AI -*Adequate Intake*-): se basa en ingestas de nutrientes observadas o determinadas experimentalmente, para un grupo o grupos de personas aparentemente sanas. Ha sido utilizada cuando no se ha determinado la IDR.
- Ingesta máxima tolerable (IMT o UL -*Tolerable upper intake level*-): Ingesta diaria más elevada que probablemente no implica riesgos o efectos adversos sobre la salud en casi todos los individuos de una determinada población. La ingesta superior a la IMT incrementa el riesgo de efectos adversos.

INTRODUCCIÓN

El "envejecimiento de la población", según la OMS, es un proceso continuo, multifacético e irreversible de cambios bio-psicosociales a lo largo del curso de la vida. Dicho proceso se refiere a un cambio en la estructura poblacional por edades, donde crecen los grupos de edad madura y longeva, mientras que decrecen los grupos más jóvenes asociados a una menor natalidad. Estos indicadores no sólo son parte de un cambio porcentual, sino que también incrementan la cantidad de personas mayores en forma global. Informes de la OMS (WHO, 2025) indican que, en 2030, el 17 % de la población tendrá 60 años o más, y en 2050 este indicador poblacional se habrá duplicado.

El grupo que se enmarca en el adulto mayor es muy heterogéneo. La OMS ha propuesto etapas en el envejecimiento considerando un período de capacidad relativamente alta y estable, otro de capacidad disminuida y, finalmente, uno con pérdida significativa de la capacidad. Asimismo, se ha propuesto dividir este grupo poblacional en: individuos sanos, pacientes agudos en clínica y ancianos "frágiles". Por consiguiente, resulta complejo describir recomendaciones de nutrientes extensivas para todo este grupo etario, dado que factores genéticos, epigenéticos, y otros, asociados a enfermedades preexistentes, condicionan una generalización.

Como consecuencia de los cambios fisiológicos del envejecimiento, entre otros, disminuyen las capacidades sensoriales, se presenta una reducción del apetito asociado a alteraciones en el sistema nervioso central, decrece la ingesta de alimentos, se acentúa la relación catabolismo/anabolismo, se manifiestan trastornos en la masticación y absorción, ocurren interacciones con medicamentos, hay menor actividad física y mayores discapacidades. Estas variables incrementan el riesgo de malnutrición, por lo que la evaluación del estado nutricional y del riesgo de malnutrición, aunque en ciertas circunstancias puede ser compleja, representa un pilar fundamental en este grupo etario. Para ello se desarrollaron diferentes métodos de valoración nutricional como "Malnutrition Universal Tool", "National Screening Initiative", entre otras. Pero uno de los instrumentos más consolidados para adultos mayores es el "Mini Nutritional Assessment" (MNA) (Salvà Casanovas, 2012). Este instrumento es relativamente simple y práctico para valorar el estado nutricional en la práctica clínica y en investigación, tanto de adultos mayores ambulatorios como institucionalizados.

Evaluaciones nutricionales han reportado que la prevalencia de desnutrición global en los adultos mayores es del 18,6 %, con la mayor prevalencia en África (35,7 %), seguida de América (20,3 %) (Salari *et al.*, 2025). En la Argentina no hay suficientes estudios randomizados publicados en revistas indexadas sobre valoración nutricional en adultos mayores. Un estudio disponible en el repositorio de la Universidad Nacional del Litoral, con un tamaño muestral reducido, indica una prevalencia de desnutrición clínica del 2 % en adultos mayores ambulatorios. En cambio, en un estudio multicéntrico, prospectivo, observacional realizado en adultos mayores hospitalizados en la Argentina ha reportado una prevalencia de desnutrición moderada de 37 % y severa del 11 % (Deforel *et al.*, 2025).

La adopción de hábitos dietarios saludables es un aspecto esencial no sólo para soslayar la reducción de capacidades funcionales, sino también para el mantenimiento de la salud a lo largo de la vida y reducir el riesgo de enfermedades y deterioros relacionados con el envejecimiento como declinación cognitiva, demencia, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, sarcopenia, osteoporosis, degeneración macular, pérdida auditiva, retinopatía diabética, y obesidad (Bojang & Manchana, 2023).

En el siglo pasado, los requerimientos de algunos nutrientes eran determinados empleando como “gold standard” estudios bioquímicos y de balance de nutrientes. Sin embargo, la adaptación homeostática y otros factores pueden limitar la utilidad de este enfoque extendido a todo este grupo poblacional. Actualmente, la Nutrición de Precisión brinda herramientas fundamentales para determinar las ingestas recomendadas personalizadas, y así garantizar la salud individual del adulto mayor y propender a un envejecimiento saludable.

El consumo de alimentos variados es fundamental para aportar los nutrientes necesarios en calidad y cantidad adecuadas y lograr un estado nutricional compatible con buena salud. Las dietas equilibradas deben incluir alimentos de distintos orígenes que eviten deficiencias marginales o severas, y compuestos bioactivos para los cuales no existen cifras de recomendaciones de ingesta. Las deficiencias nutricionales de la tercera edad pueden ser múltiples. Existen estudios que han evidenciado la prevalencia de deficiencia energética, de proteínas, calcio, micronutrientes (hierro, zinc) y algunas vitaminas (A, D, E, B6, B12, ácido fólico). Como consecuencia de las alteraciones fisiológicas existen desequilibrios nutricionales que pueden o no presentar manifestaciones clínicas y, a su vez, pueden ser agravadas por la administración farmacológica.

La vulnerabilidad de este grupo poblacional debida a los cambios paulatinos del envejecimiento genera la necesidad de recomendaciones nutricionales específicas para el adulto mayor, particularmente en nutrientes críticos. En consecuencia, este manuscrito pretende brindar una discusión de los consensos y discrepancias que actualmente se disponen sobre las recomendaciones nutricionales y el rol de nutrientes para promover un envejecimiento saludable y reducir el riesgo de enfermedades características del adulto mayor sin excluir aspectos fundamentales de la Nutrición Personalizada para este grupo etario.

INGESTAS RECOMENDADAS DE ENERGÍA

El equilibrio energético en el adulto sano es logrado cuando la ingesta de energía dietaria equipara el gasto energético metabólico total (GET), que es la suma del metabolismo basal (MB), el efecto térmico de los alimentos y el gasto producido por la actividad física. En la práctica clínica, el GET promedio en 24 horas se lo estima normalmente como múltiplo del MB, mediante factores que dependen de la intensidad de la actividad física habitual (PAL -physical activity level-), $GET = MB \times PAL$. En el adulto mayor, los datos de metabolismo energético son escasos, y no se tiene evidencia de los factores que influyen el requerimiento energético en poblaciones con variaciones de índice de masa corporal (IMC), obesidad y sarcopenia. Además, se necesitan evidencias claras sobre el efecto de enfermedades crónicas, factores de riesgo, efecto de medicamentos y cirugías sobre el GET (NAS, 2023) en este grupo poblacional.

El metabolismo basal (MB), uno de los componentes importantes del gasto energético total (45-70 %), es hasta 10 % mayor en los varones que en las mujeres y depende de factores como composición corporal, edad, estado físico, género y genética, con diferencias del 60-80 % entre individuos. Es algo mayor en individuos de estatura más alta, a igual peso, género y edad y disminuye de 2 a 3 % por cada década durante el envejecimiento y más acentuado en el hombre que en la mujer (Roberts & Dallal, 2005). Los datos promedio del MB, para rangos de edad entre 55 y 79 años, disminuyen a medida que aumenta la edad y se asocian a la reducción de la masa metabólicamente activa libre de grasa.

Existen numerosas ecuaciones para la estimación del MB, las cuales se basan en el peso corporal, de las cuales la más divulgada ha sido la de Harris-Benedict, aunque actualmente se emplea para el MB la propuesta por el Comité de Expertos de FAO/OMS/UNU (WHO/FAO/UNU, 2004) (Tabla 1).

El MB se modifica conforme transcurren los años, desde el adulto joven al adulto mayor. Asimismo, el aumento de la edad suele asociarse con sobrepeso y obesidad, factores que incrementan tanto el MB, como el GET. Si bien, en sujetos con sobrepeso y obesidad, el MB relativo al peso corporal disminuye debido a la mayor relación entre la ganancia de masa grasa/ masa libre de grasa metabólicamente activa, es necesaria mayor energía para soportar el peso extra y las actividades requeridas.

Tabla 1. Ecuaciones para predecir el MB en función del peso corporal para mayores a 60 años

Varones		Mujeres	
kcal/d	MJ/d *	kcal/d	MJ/d *
$11,711 \times P + 587,7$	$0,049 \times P + 2,459$	$9,082 \times P + 658,5$	$0,038 \times P + 2,755$

* (WHO/FAO/UNU, 2004). P: peso (kg).

El efecto térmico de los alimentos, el cual depende principalmente del equilibrio dietario, es aproximadamente 10 % del gasto energético diario si se consume una dieta mixta.

Finalmente, el nivel de actividad física, que es el componente más variable del gasto energético, disminuye en el adulto mayor con la edad (Donini *et al.*, 2012) y puede incrementar en infecciones y respuesta al stress. La actividad física es fundamental en los adultos mayores para mantener el equilibrio energético como, asimismo, el peso corporal, la masa muscular, la fuerza, el apetito y las actividades sociales. Los rangos de PAL según FAO y la Academia Nacional de Ciencias de los USA (NAS, 2023; WHO/FAO/UNU, 2004), figuran en la Tabla 2 y tienen diferencias importantes porque consideran pesos promedio diferentes.

Actualmente, cada vez más adultos mayores comienzan esta etapa de la vida con exceso de peso corporal. El logro de un peso saludable siguiendo un patrón alimentario saludable y adoptando un estilo de vida activo puede contribuir a un envejecimiento saludable. En el caso de personas de edad muy avanzada, los bajos niveles de actividad física han generado subestimaciones de los requerimientos energéticos para evitar obesidad (Roberts & Rosenberg, 2006), lo cual pone en riesgo la cobertura de los requerimientos de ciertos nutrientes críticos (Otsuka, 2022). Además, la baja eficiencia energética del adulto mayor, comparado con el adulto joven, sugiere que el cálculo del GET usando el PAL puede ser inapropiado (Johansson *et al.*, 2009).

El retraso en el proceso de envejecimiento está inequívocamente ligado a modificaciones epigenéticas, en las que la nutrición es un factor clave. Ha sido demostrado en muchos estudios que la restricción calórica, definida como una ingesta nutricional reducida de calorías sin malnutrición, ejerce un rol clave en el manteniendo de los sistemas biológicos, incrementando la expectativa de vida. Los efectos de la restricción calórica sobre la longevidad han sido estudiados mediante las vías de señalización molecular que intervienen y, hay evidencias que, la óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS) juega un rol fundamental en este proceso (Nisoli *et al.*, 2005).

INGESTAS RECOMENDADAS DE PROTEÍNAS

El requerimiento proteico se define como “el menor nivel de ingesta que equilibra las pérdidas de nitrógeno en personas que mantienen el balance energético a un nivel de actividad física moderada”. Las proteínas son los constituyentes nitrogenados más abundantes en animales y vegetales, y las ingestas dietarias recomendadas (IDR) de proteínas para mayores de 50 años, establecidas mediante los métodos factorial y de balance nitrogenado, se mantuvieron en los valores de los grupos de adultos de 19 a 50 años, siendo 0,83 g/kg (WHO/FAO/UNU, 2007). Estos valores deben ajustarse por la digestibilidad proteica y el valor biológico, que depende de la composición en aminoácidos esenciales (AAE) de la proteína a consumir en relación con las exigencias en AAE del individuo. Las proteínas de muy baja calidad pueden requerir una alta ingesta de alimento y presentar desequilibrio en la relación de ciertos AAE, que produce alteraciones metabólicas y del apetito.

Como consecuencia de la conjunción de cambios en factores reguladores del equilibrio proteico, entre otros, ingesta deficiente de energía asociada a baja calidad proteica, disminución de la actividad física, alteraciones en la masticación y digestión de los alimentos, es altamente prevalente en los adultos mayores la desnutrición calórico-proteica crónica (caquexia) con disminución de la masa muscular (sarcopenia). Este cuadro se puede agravar por la menor respuesta al estímulo anabólico de bajas ingestas de aminoácidos que tienen los adultos mayores (Baum *et al.*, 2016). No obstante, ha sido observado que la ingesta de una cantidad mayor de proteínas o de AAE que lo recomendado mejora la masa y función muscular, previene la sarcopenia (Morais *et al.*, 2006), y el desarrollo de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) (Wolfe, 2012), como asimismo, ayuda al mantenimiento del balance energético y del peso corporal (Wilson *et al.*, 2002).

En la Tabla 3 se enumeran algunas de las recomendaciones y propuestas más difundidas de ingesta proteica para adultos mayores.

Tabla 2. Rangos del factor de intensidad de actividad física

Categoría de actividad	FAO 2004	NAS 2023
Sedentaria o liviana	1,45 - 1,60	1,00 -1,53
Activa o moderadamente activa	1,75 - 1,90	1,69 - 1,85
Vigorosa o vigorosamente activa	2,05 - 2,20	1,85 - 2,5

Tabla 3. Recomendaciones y propuestas de ingesta proteica para adultos mayores

Fuente	IDR (g/kg/d)
Comité Expertos FAO (WHO/FAO/UNU, 2007)	0,83
Unión Europea (EFSA, 2012)	0,83
NAS (Trumbo <i>et al.</i> , 2002)	0,8
Canadá: (Cruz-Jentoft <i>et al.</i> , 2010)	
• Mantenimiento y recuperación de función muscular	1,0-1,2
• Desnutrición o riesgo de desnutrición	1,2-1,5
Europa: (Bauer <i>et al.</i> , 2013)	
• Adultos mayores activos, que hacen ejercicio	1,0-1,2
• Adultos mayores con enfermedades agudas o crónicas	1,2-1,5
• PROT-AGE	0,75-1,2
Noruega (Pedersen & Cederholm, 2014)	1,2-1,5 (15 - 20 % energía)
Francia (AFSSA, 2007)	
• Para adultos mayores de 75 años	1,0
UK (Committee on Medical Aspects of Food Policy, 1991)	
• Hombre > 50 años	53,5 *
• Mujer > 50 años	46,5 *

IDR: Ingesta Dietaria Recomendada (IDR o RDA -*Recommended Dietary Allowance*-).

PROT-AGE: (Grupo de Estudio PROT-AGE) Grupo de Estudio Internacional para revisar las necesidades de proteínas en la dieta durante el envejecimiento.

La sarcopenia en el adulto mayor se caracteriza por disminución del número y tamaño de las fibras musculares de contracción rápida, relacionadas con la resistencia muscular, disminuyendo la fuerza y la tolerancia al ejercicio, provocando debilidad y menor capacidad para realizar las actividades básicas diarias. Esta pérdida o disminución de la función muscular con frecuencia incrementa la morbi-mortalidad ya sea directa o indirectamente a través del desarrollo de enfermedades crónicas secundarias, tales como enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad. Así ambas problemáticas, la sarcopenia y la obesidad, sinérgicamente potencian el desarrollo temprano de discapacidades, agravan la vulnerabilidad e inconvenientes en la salud del adulto mayor (Goisser *et al.*, 2015). En general, para evitar la desnutrición cuando la ingesta energética es menor a 120 kJ/kg/d (28 kcal/kg/d), se recomienda que la ingesta de proteínas sea al menos 1,2 g/kg/d (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010). El efecto estimulante de altos niveles de proteínas sobre la síntesis proteica muscular está asociado a los AAE (Houston *et al.*, 2008) y especialmente a la leucina, la cual debe superar un umbral mínimo para ejercer su función. Los aminoácidos absorbidos también estimulan el anabolismo muscular mediante acciones directas e indirectas (Luiking *et al.*, 2014). Los mecanismos de acción parecieran estar focalizados en la capacidad para activar la vía proteína quinasa mTORC1 (Complejo sensible a Rapamicina) (Anthony *et al.*, 2000) e inhibir la degradación de proteínas por el sistema ubiquitina-proteasoma (UPS) (Nakashima *et al.*, 2005).

Si bien no existe información sobre necesidades específicas de los AAE en este grupo etario, son reconocidos los efectos benéficos de un incremento en el consumo de proteínas y es importante garantizar un “rango de seguridad” en la ingesta proteica. El estudio MESA acerca de la influencia de la ingesta proteica y sus fuentes sobre la hipertensión en un grupo multiétnico de adultos de USA concluye que el mayor consumo de variedad de proteínas mínimamente procesadas disminuye el riesgo de hipertensión (Tark *et al.*, 2025). Sin embargo, los beneficios de incrementar en el adulto mayor la ingesta de proteínas justifican estudios y estrategias más específicas centradas en la ingesta proteica de precisión considerando cómo el tipo, fuente, composición de AAE y cantidad de proteína ingerida permiten mitigar los efectos metabólicos y cardiovasculares indeseables, conservando al mismo tiempo los niveles necesarios para mantener la masa muscular magra y la función cognitiva.

En relación al mantenimiento de la masa muscular, las personas de edad avanzada que realizan programas de entrenamiento de resistencia prolongada han mostrado un aumento de su masa muscular, de la fuerza y del rendimiento físico, sin diferencias entre los adultos mayores de 65 a 75 años y los de 85 años o más (Marzuca-Nassr *et al.*, 2024).

Además de los aminoácidos ramificados en personas mayores que realizan programas de ejercicio físico, los suplementos para mejorar el metabolismo proteico y, por consiguiente, el balance nitrogenado, pueden cumplir un rol central en la prevención o mitigación de la sarcopenia. Específicamente, compuestos aminados como la

creatina, β -Hidroximetil β -Metilbutirato (HMB) y Ornitina α -Cetoglutarato (OKG) estimulan la biosíntesis proteica (Marzetti *et al.*, 2016). Ha sido demostrado (Wilson *et al.*, 2008) que la ingesta diaria de 2-3 g de HMB, metabolito de la Leucina, inhibe el catabolismo proteico en adultos vía regulación negativa de la vía ubiquitina-proteasoma, y estimula la síntesis mediante la activación de mTOR. La OKG, precursor de los aminoácidos: glutamato, glutamina, arginina y prolina, como asimismo de otros compuestos bioactivos incluyendo poliaminas, citrulina, α -cetoisocaproato y óxido nítrico, regula la síntesis proteica muscular, a través de estimulación de la secreción de insulina y de la hormona de crecimiento cuando se ingiere en niveles de 10 g de OKG diarios. Finalmente, la suplementación con creatina, incrementa su contenido intramuscular mejorando la masa y fuerza muscular en adultos mayores que realizan ejercicio de resistencia muscular. La creatina además de participar en el metabolismo energético muscular junto a la Creatina-fosfato, estimula el anabolismo muscular la secreción de hormonas anabólicas y reduce la generación de especies reactivas al oxígeno (Calvani *et al.*, 2013).

INGESTAS RECOMENDADAS DE LÍPIDOS

Las grasas dietarias son una importante fuente de energía y de ácidos grasos esenciales (AGE). Los AGE y la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI): ácido linoleico (AL) y ácido ω -linoléico (ALA), así como la relación entre sus metabolitos de cadena larga (AGPI-CL), Ácido Araquidónico (AA), Ácido Eicosapentaenoico (EPA) y Ácido Docosahexaenoico (DHA) van a condicionar no sólo la actividad cerebral, sino también otras como la función cardiovascular, procesos inflamatorios e inmunológicos y posible desarrollo de tumores (Gurr *et al.*, 2002).

Dado la insuficiente disponibilidad de evidencias para identificar el requerimiento de lípidos basados en los métodos empleados para otros nutrientes, las recomendaciones de grasas dietarias totales para adultos y adultos mayores no son expresadas como ingesta recomendada o ingesta estimada. Por ello, las recomendaciones están principalmente basadas en rangos aceptables de distribución de macronutrientes (AMDR) y estos límites están determinados por los mínimos requerimientos para cumplir sus roles biológicos y regulatorios, como asimismo por los máximos valores para no sobrepasar umbrales que puedan asociarse al riesgo de enfermedades crónicas.

En la Tabla 4 se muestran las principales recomendaciones actuales, las cuales se centran en los niveles de ingesta energética para grasas totales, grasas saturadas y grasas trans en referencia a la ingesta energética total. En reuniones conjuntas de expertos (FAO/WHO, 1994; WHO/FAO, 2003) se había originalmente aconsejado para adultos un consumo de lípidos entre 15 a 30 % de la ingesta energética total. Recomendaciones actuales de los organismos oficiales de Estados Unidos y Canadá coinciden con los criterios de los organismos internacionales (EFSA, 2010b; FAO, 2010a) aconsejando un consumo de grasas entre el 20 % y el 35 % de la energía. Al mismo tiempo la OMS limita (recomendación condicional) la ingesta de grasa total a menos del 30 % del total de la energía para reducir el riesgo de sobrepeso (WHO, 2023). La ingesta de ácidos grasos saturados (AGS) no debe superar 10 % de la ingesta de energía y preferentemente por debajo del 7 % en personas con riesgo de enfermedades crónicas (Sacks *et al.*, 2017, 2020). Esta restricción sobre la ingesta de grasas saturadas se asocia a la relación, actualmente discutida, con el incremento de los niveles circulantes de colesterol total y de la fracción LDL-colesterol, los cuales incrementan el riesgo de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas no transmisibles. El debate sobre los ácidos grasos saturados en este grupo etario se presenta ante las evidencias que los ácidos grasos saturados de cadena corta (AGCC) y media (AGCM) han sido inversamente asociados a dislipemias y diabetes (Currenti *et al.*, 2022), como asimismo los AGCC han demostrado tener efectos benéficos sobre capacidades cognitivas, propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias y aumento de la longevidad (Cai *et al.*, 2022). Dada la fuerte asociación positiva entre el consumo de ácidos grasos trans (AGT) de origen industrial y enfermedad coronaria, mortalidad y discapacidad debida a enfermedades crónicas, los AGT de origen industrial deben mantenerse lo más bajo posible, idealmente no más de 1 % de la energía dietaria (WHO, 2020). Las diferentes acciones globales a nivel de políticas públicas e industrias han conducido a una significativa reducción de estos AGT, lo que lleva a que en los próximos años no se puedan emplear grasas parcialmente hidrogenadas para el consumo humano reemplazándolas por grasas y aceites saludables.

En referencia a los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) no se dispone de valores recomendados específicos (EFSA, 2010b), pero actualmente se sugiere que los aceites ricos en AGMI sean la base para el reemplazo de las grasas saturadas (Kim *et al.*, 2023). En la actualidad tampoco hay valores de referencia específicos en las recomendaciones de AGPI para adultos mayores. Con el propósito de reducir el riesgo de la declinación de las funciones asociadas a la edad y prevenir enfermedades cardiovasculares, a través de la reducción de los niveles de Colesterol total y LDL, se recomienda que los AGPI aporten entre 6 y 11% del total de energía, constituyendo los ácidos grasos n-6 entre 2,5 y 9 %, y de los ácidos grasos n-3, ALA 0,5-2,0 % de energía y EPA + DHA mínimo de 250 mg/d (EFSA, 2010b; FAO, 2009; Siscovick *et al.*, 2017). Asimismo, algunas recomendaciones para los AGPI se dan como ingestas adecuadas (AI), expresadas en g/d. Las necesidades fisioló-

Tabla 4. Recomendaciones sobre lípidos dietarios

Lípidos	Recomendación	% energía total	Referencia
Grasas totales	Ingesta moderada Adecuada a necesidades individuales	20–35 %	EFSA, 2010b; FAO, 2010b
Saturadas (AGS)	Limitar Reemplazar por grasas insaturadas	< 10 % (ideal < 7 %)	EFSA, 2010b; Sacks <i>et al.</i> , 2017; WHO, 2023b
Grasas trans	Evitar completamente o mantener al mínimo	< 1 %	Mozaffarian <i>et al.</i> , 2006; WHO, 2023b
Monoinsaturadas (AGMI)	Recomendadas como sustituto saludable de los AGS	No hay límite fijo	EFSA, 2010b; Siscovick <i>et al.</i> , 2017
Poliinsaturadas (AGPI)	Sustituir AGS por AGMI Esenciales para salud cardiovascular	6 - 11 %	EFSA, 2010b; FAO, 2010b
• AGPI n-6	Necesarios Mantener equilibrio con AGPI n-3	2,5 - 9 %	EFSA, 2010b; FAO, 2010b
• AGPI n-3	Promueven salud cardiovascular y cerebral	ALA: 0,5 - 2 % EPA+DHA: ≥ 250 mg/d	FAO, 2010b; Siscovick <i>et al.</i> , 2017
Colesterol dietario	Sin límite numérico fijo Reducir en dietas con riesgo cardiovascular	–	Grundy <i>et al.</i> , 2019; Snetselaar <i>et al.</i> , 2021

AGS: Ácidos Grasos Saturados; **AGMI:** Ácidos Grasos Monoinsaturados; **AGPI:** Ácidos Grasos Poliinsaturados; **ALA:** Ácido -Linolénico; **EPA:** Ácido Eicosapentaenoico; **DHA:** Ácido Docosahexaenoico.

gicas de AGE y sus derivados de cadena larga se ven modificadas, no sólo por factores genéticos, sino también epigenéticos asociados al envejecimiento. Así, la actividad enzimática de la delta-6-desaturasa se encuentra disminuida en la vejez y por lo tanto el organismo tiene limitada la capacidad de sintetizar AA, EPA y DHA a partir de los AGE (Simopoulos, 2008). Este efecto se acentúa porque el proceso de envejecimiento incrementa la metilación de ciertos genes, como el ELOVL2 que codifica una proteína transmembrana implicada en la síntesis de AGPI n-3 y n-6 (Garagnani *et al.*, 2012; Leonard *et al.*, 2002). Estos factores deben ser tenidos en cuenta al considerar las recomendaciones nutricionales de lípidos.

En relación al colesterol se aconseja una restricción de su ingesta de colesterol por debajo de 300 mg/d (Reiner *et al.*, 2011). Actualmente ya no se establece dicho límite numérico, sino que se recomienda reducir su ingesta en contextos de riesgo cardiovascular elevado como parte de un patrón saludable bajo en grasas saturadas (Grundy *et al.*, 2019; Snetselaar *et al.*, 2021).

INGESTAS RECOMENDADAS DE CARBOHIDRATOS

La ingesta de hidratos de carbono se basa principalmente en los valores de referencia para el mantenimiento del balance de energía, y en los niveles aceptables de grasas y proteínas dietarias. Las recomendaciones de IOM (Trumbo *et al.*, 2002) y otras (Li, 2016) proponen cubrir entre el 45-65 % del aporte energético de los requerimientos del adulto mayor, debiendo utilizar preferentemente hidratos de carbono complejos y disminuir al máximo el consumo de azúcares simples a menos de 10 % de la energía total, con una recomendación condicional a menos de 5 % de la energía dietaria para obtener mayores beneficios para la salud. Similares recomendaciones son proporcionadas por Organismos Europeos (EFSA, 2017; Sandstrom *et al.*, 2012), las cuales están en el rango de 45-60 % de la energía dietaria, y con ligeras diferencias, en Reino Unido el Comité Asesor Científico en Nutrición (SACN, 2015) estableció una ingesta de al menos el 50 % de la energía dietaria y menos de 5 % como carbohidratos simples.

El riesgo de restringir la ingesta de hidratos de carbono está sustentado en potenciales alteraciones en el metabolismo hídrico y mineral por sus propiedades de la regulación de éstos. Su ausencia en la dieta, o ingesta por debajo de las recomendaciones, produce un balance negativo de sodio similar al que produce el ayuno, que se acompaña con pérdida de agua y excreción aumentada en potasio, que se manifiestan en fatiga. Otra consecuencia de bajas ingestas de hidratos de carbonos se asocia a la propiedad anticetogénica de los carbohidratos dietarios. El consumo de bajos niveles de carbohidratos, como se recomienda en dietas cetogénicas para controlar la obesidad y ciertas patologías, reducen la producción de glicerofosfato y, en consecuencia, los ácidos grasos en el hígado en lugar de esterificarse a triacilglicéridos generan cuerpos cetónicos (acetacetato y β -hidroxibutirato) conduciendo a cetonemia y cetonuria (O'Neill & Raggi, 2020). Por su parte, cantidades excesivas de carbohidratos, reducen las posibilidades de adecuar las ingestas de proteínas y lípidos.

FIBRA DIETARIA

Las fibras dietarias, si bien conceptualmente no son esenciales, cumplen numerosos roles muy importantes para la prevención de enfermedades, como asimismo para mejorar la salud integral. La OMS (WHO, 2023b) recomienda para adultos mayores a 60 años una ingesta diaria de fibras de 30 g para hombres y 21 g para mujeres. La NNR (Sandstrom *et al.*, 2012) propone valores equivalentes para hombres y 25 g para mujeres. En cambio, otros organismos no discriminan las recomendaciones por género y proponen 25 g y 30 g (EFSA, 2010a; SACN, 2015) respectivamente, para la población adulta mayor.

Muchos de los trastornos digestivos como el estreñimiento y disfunción intestinal, muy frecuentes en este grupo etario, agravados por el uso de medicamentos y mala alimentación, pueden ser mitigados o atenuados por el consumo de fibras dietarias. Asimismo, alteraciones observadas en enfermedades crónicas pueden mejorarse con ingestas adecuadas de fibras (Shivakoti *et al.*, 2022). Las evidencias de asociaciones inversas entre ingesta de fibra y estas alteraciones, principalmente aquellas asociadas al riesgo de enfermedades crónicas, como enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2 y cáncer colorrectal han sido importante para sustentar el incremento del consumo de fibras en el adulto mayor. Se ha demostrado que un aumento de 7 g/d en la ingesta de fibra reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular en un 9 %, mientras que un consumo de 10 g/d de fibra disminuye el riesgo de accidente cerebrovascular en un 16 % y el riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en un 6 % (Fekete *et al.*, 2023). Estos beneficios podrían estar asociados a la reducción de la obesidad, al mejoramiento de la homeostasis de la glucosa y del metabolismo de lípidos, como asimismo a la modulación de la composición de la microbiota intestinal, particularmente en el contexto de la disbiosis asociada al envejecimiento (Mayengbam *et al.*, 2019; Solah *et al.*, 2017). En este contexto, intervenciones dietarias basadas en recomendaciones de consumo de ciertos tipos de fibra dietaria podrían ser implementados específicamente para determinadas enfermedades crónicas y agudas desde una perspectiva de nutrición de precisión.

La relación de fibras solubles e insolubles afecta las funciones biológicas en distinta manera en diferentes tramos del tracto digestivo. Por lo cual la relación recomendada de fibras solubles/insolubles dependen del efecto deseado. En adultos mayores se ha observado que las fibras insolubles podrían actuar sinérgicamente con las solubles para promover el tránsito intestinal y aliviar el estreñimiento, y el efecto fue máximo cuando la relación fue de 1:1. En este sentido, las fibras solubles, que poseen mayor cantidad de grupos activos y mayor capacidad de retención de agua que las insolubles, incrementan significativamente la viscosidad del quimo en la fase oral y gástrica. A nivel gástrico e intestinal, medida por el incremento de la motilidad, el efecto máximo se observa en una relación 1:1. La ingesta de fibras con una relación insolubles/solubles (2:1) promueven el incremento de la diversidad de la microbiota intestinal y la producción de ácidos grasos de cadena corta.

El envejecimiento ejerce un impacto significativo en la microbiota intestinal, contribuyendo a una mayor susceptibilidad a enfermedades y discapacidades relacionadas a la edad, tales como la disminución de funciones fisiológicas, la alteración de la percepción sensorial y cambios en la motilidad y la permeabilidad gastrointestinal (Norman & Hass, 2021). No obstante, el deterioro en la microbiota intestinal por el envejecimiento, puede ser contrarrestado por la ingesta de fibra dietaria a través de la modulación del microbioma intestinal. En particular, tanto las fibras solubles como insolubles, mediante diferentes mecanismos, promueven el crecimiento o la actividad de bacterias intestinales beneficiosas, lo que puede contribuir a un envejecimiento saludable. En este sentido, se ha observado que la fibra favorece el desarrollo de la microbiota yeyunal, incluyendo especies pertenecientes a los filos Bacillota y Actinomycetota (anteriormente denominados Firmicutes y Actinobacteria, respectivamente), lo cual se ha sido asociado con mejoras en la función de la barrera intestinal y con efectos antiinflamatorios (Makki *et al.*, 2018; Wolters *et al.*, 2019). Asimismo, el consumo de fibra estimula la producción colónica de metabolitos bioactivos (lactato, AGCC) que podrían cumplir funciones protectoras durante el envejecimiento debido a sus propiedades antiinflamatorias y a su capacidad para aumentar la producción de moco intestinal (Makki *et al.*, 2018).

INGESTAS RECOMENDADAS DE MINERALES

Una de las clasificaciones de los nutrientes minerales esenciales se basa en la cantidad presente en el organismo o la que es necesaria consumir para cubrir las necesidades (Hernández *et al.*, 2015). Las recomendaciones de macronutrientes minerales, o elementos mayores (sodio, potasio, calcio, fósforo, magnesio y cloruro), se han determinado en base a métodos clásicos de Química Analítica, estudiando sus necesidades fisiopatológicas. Mientras que la de los micronutrientes minerales, oligoelementos o elementos menores han sido posible evaluarlas mediante uso de instrumental de alta sensibilidad estudiando sus funciones biológicas y problemas nutricionales relacionados con

Tabla 5. Recomendaciones dietarias de sodio, potasio y cloruro (NAS, 2019)^a

Edad	Sodio (mg/d) ^b		Cloruro (mg/d) ^b		Potasio (mg/d) ^c	
	IDR [*] / IA [#]	UL [‡]	IDR / IA	UL	IDR / IA	UL
51-70 años	1300	2300	2000	3600	4700	ND
> 70 años	1200	2300	1800	3600	4700	ND

a No se han incluido pérdidas prolongadas por sudor y esas cifras no se aplican a adultos mayores con alta actividad física.

b No hay evidencia que mayores ingestas sean beneficiosas.

c Las ingestas deseables de potasio pueden ser superiores.

^{*} Ingesta Dietaria Recomendada (IDR).

[#] Ingesta Adecuada (IA).

[‡] Ingesta máxima tolerable (IMT o UL - *Tolerable upper intake level*-).

deficiencias o excesos. Existen evidencias e investigaciones, desde las últimas décadas del siglo XX, acerca de la esencialidad de otros minerales, denominados ultratraza por la dificultad de su cuantificación.

Las ingestas recomendadas de minerales se han basado en métodos factorial y de balance, complementados en algunos casos con indicadores bioquímicos en plasma/suero, orina, eritrocitos, tegumentos, entre otros, o en métodos específicos. En todos los casos es importante tener en cuenta la biodisponibilidad (proporción del nutriente ingerido que puede ser absorbido y utilizado por el organismo) del mineral (Doets *et al.*, 2008; EFSA, 2017; USDA, 2020).

Sodio y potasio

El sodio interviene en el equilibrio ácido-base e hidroelectrolítico, como en la transmisión del impulso nervioso. Los alimentos naturales contienen baja cantidad de sodio y el organismo se adapta a muy bajas ingestas reduciendo las pérdidas por orina y sudor. El adulto mayor suele aumentar las pérdidas de sodio por orina, normalmente asociado a un inadecuado control de la hormona antidiurética (ADH). Por lo tanto, la deficiencia de sodio puede deberse a pérdidas excesivas por sudoración, problemas gastro-intestinales (diarreas), patologías renales o insuficiencia cardíaca. Las pérdidas obligatorias de sodio por orina, piel y heces en adultos sanos con actividad física moderada se estimaron en 500 mg/d, equivalente al consumo de 1250 mg de sal de mesa. Sin embargo, las ingestas habituales suelen superar esa cifra, debido al agregado de sal a las comidas y al consumo de alimentos industrializados. Los excesos de ingesta de sodio pueden relacionarse con elevada incidencia de cáncer gástrico, hipertensión arterial, accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardiovasculares y aumento de la calciuria, con deterioro del estado nutricional con respecto al calcio.

La recomendación de ingesta de sodio, basada en la eliminación urinaria en 24 hs y su relación con el incremento de la presión arterial en función de la edad en poblaciones de más de 30 países, se estimó hace décadas, a través del conocido "Intersalt Study", que no debería superar 2,4 g/d de sodio, equivalente a 6 g de sal (Stamler, 1997). Posteriormente, utilizando como indicadores: balance de sodio, concentración de sodio en plasma o suero, actividad de renina en plasma y elevación de la presión arterial, se estableció una ingesta adecuada (IA), para individuos físicamente activos, no adaptados a altas temperaturas en niveles inferiores (Tabla 5) (NAS, 2019). Asimismo, en la Unión Europea (Turck *et al.*, 2019) el panel sobre nutrición, nuevos alimentos y alimentos alergénicos consideró que 2,0 g de sodio/d es una ingesta segura y adecuada para la población general de adultos, incluyendo adultos mayores.

La recomendación de ingesta de potasio para adultos se estableció como IA, en base a ingestas de potasio de alimentos (frutas y verduras, precursores del bicarbonato), que reducen los efectos adversos de la ingesta de sal sobre la hipertensión y el riesgo de formación de cálculos renales (NAS, 2019). La deficiencia de potasio se asocia a malnutrición proteico-calórica, acidosis, vómitos y diarreas. En estos casos la depleción de potasio causa hipotonía, hiporreflexia, alteración de la conducción del impulso nervioso y puede conducir a muerte por paro cardíaco. Las cifras de IDR (ó IA según corresponda) y límites superiores (UL) de ingesta de potasio, como también de sodio y cloruro figuran en la Tabla 5.

Calcio, magnesio y fósforo

El organismo humano adulto contiene entre 850 y 1500 g de calcio (Ca), del cual el 99 % se localiza en el tejido óseo, como fosfato complejo (hidroxiapatita), con una relación calcio/fósforo 2:1. El 1 % del calcio está en fluidos y tejidos, en concentraciones que se mantienen constantes a expensas de un equilibrio dinámico con el Ca del hueso (Beto, 2015). No obstante, el Ca sérico no es un buen marcador de su estado nutricional.

Tabla 6. Ingesta Dietaria Recomendada de calcio, fósforo y magnesio

Edad (años)	Calcio (mg/d)*	Fósforo (mg/d)*	Magnesio (mg/d)#
Mujeres > 50	1200	700	320
Varones: 50-70	1000	700	420
Varones > 70	1200	700	420

* (NAS, 2011)

(USDA, 2015)

El contenido de Ca corporal tiene su máxima expresión a los 25 años y se mantiene con pocos cambios hasta que, a partir de los 50 años, comienza a declinar, con una mayor pendiente en la mujer que en el hombre. El pico de máxima densidad mineral ósea condiciona la pérdida posterior, con el consiguiente deterioro de su resistencia y aumento del riesgo de fracturas (osteoporosis). También está determinado por factores genéticos, hormonales, nutricionales y por la actividad física.

Las necesidades fisiológicas de Ca priorizan el mantenimiento del calcio plasmático dentro de límites fisiológicos estrechos, mediante un proceso continuo de formación y resorción ósea, regulado por el sistema endocrino, en el que intervienen la vitamina D, la parathormona (PTH) y la calcitonina. El calcio no es un mineral abundante en la mayoría de los alimentos habituales, son la leche y algunos de sus derivados (yogur, quesos) los principales aportadores. La biodisponibilidad del calcio es favorecida por algunas proteínas, ácido cítrico, lactosa, compuestos presentes en la leche y en productos lácteos, que forman complejos solubles en el intestino delgado (Fleet, 2022; Heaney *et al.*, 1990). Mientras que, otros factores disminuyen la absorción por formación de complejos insolubles: oxalatos, fitatos, ácidos grasos, fluoruros, fosfatos, componentes de la fibra y cationes bivalentes que interacción por un mecanismo competitivo (Heaney *et al.*, 1990).

La adaptación del organismo a amplios rangos de ingestas de Ca ha dado lugar a recomendaciones de ingesta de Ca sumamente variables de acuerdo con la metodología y a los criterios utilizados. Los indicadores seleccionados, teniendo en cuenta la salud ósea fueron: balance de Ca, contenido mineral óseo (DMO) y riesgo de fracturas. La IDR para el Ca se muestra en la Tabla 6, es la misma para mujeres y hombres de 51 a 70 años y mayores de 70 años, considerando la absorción de Ca en una dieta mixta, entre 30-40 % (NAS, 2011). Los límites superiores se muestran en la Tabla 7, los cuales pueden sólo ser superados con suplementos o administración farmacológica.

La regulación del fósforo se halla íntimamente ligado al del Ca y contribuye a mantener la capacidad buffer en fluidos y en tejidos blandos, como fosfatos orgánicos o inorgánicos. Está presente en el ATP, en fosfolípidos de membrana, material genético (DNA y RNA), compuestos fosforilados intermediarios del metabolismo de nutrientes orgánicos y regula funciones enzimáticas, etc. Debido a su amplia presencia y distribución en alimentos no es probable encontrar deficiencia de fósforo en el humano. Sin embargo, puede existir deficiencia en individuos que reciben antiácidos (hidróxido de aluminio) por períodos prolongados, produciendo debilidad, anorexia y dolores óseos. El riñón es el principal órgano regulador del metabolismo del fósforo y la excreción urinaria constituye el indicador más utilizado para evaluar el estado nutricional. Se aconseja que la ingesta de fósforo se ajuste a una relación calcio/fósforo igual o superior a 1, aunque si la ingesta de Ca es adecuada un ligero exceso de fósforo no produce consecuencias adversas.

El cuerpo humano adulto contiene entre 20 y 30 g de magnesio (Mg), localizado en el esqueleto alrededor del 60 % y el 40 % restante en los tejidos blandos. Es esencial para la actividad de más de 300 reacciones enzimáticas, relacionadas con el metabolismo energético y proteico. Los principales alimentos aportadores de Mg son las semillas, nueces, cereales integrales y vegetales verdes, en los que forma parte de la clorofila. Las dietas a base de cereales refinados pueden ser marginales en el aporte de Mg y causar deficiencias no detectadas clínicamente. En el adulto mayor, el

Tabla 7. Criterios y valores máximos para minerales relacionados con tejido óseo

Criterios para establecer los límites superiores de ingesta		UL
Calcio*	Hipercalcemia. Nefrolitiasis. Insuficiencia renal. Disminución de la absorción de otros nutrientes minerales.	2,5 (g/d)
Fósforo*	Hiperfosfatemia. Calcificaciones ectópicas. Disminución de la absorción de calcio, hierro, cobre y zinc.	4 (g/d)
Magnesio#	Efectos gastrointestinales: náuseas y diarrea. En casos de insuficiencia renal: daño neurológico y cardíaco.	350 (mg/d)

UL: Ingesta máxima tolerable (IMT o UL -Tolerable upper intake level-)

* (NAS, 2011)

(USDA, 2015)

Tabla 8. Ingesta Dietaria Recomendada de hierro según biodisponibilidad

Biodisponibilidad	(WHO & FAO, 2001)			NAS, 2001 (USA y Canadá)
	5 %	10 %	15 %	18 %
Varones > 18 años	27,4 mg/d	13,7 mg/d	9,1 mg/d	8 mg/d
Mujeres > 50 años	22,6 mg/d	11,3 mg/d	7,5 mg/d	8 mg/d

alcoholismo crónico, desequilibrio electrolítico, enfermedad renal, síndrome de malabsorción, diabetes, enfermedad paratiroidea y cáncer pueden ser causales de deficiencia de Mg. Los niveles plasmáticos de Mg descienden cuando la deficiencia es severa y afecta a los sistemas neuromuscular, cardiovascular y renal, con ansiedad, hiperexcitabilidad neuromuscular, espasmos tónicos y clónicos, convulsiones y muerte. La evaluación bioquímica del estado nutricional del Mg se basa en la determinación de la actividad de la transcetolasa en eritrocitos (habiendo descartado previamente la deficiencia de tiamina) (Nielsen, 2016). Las ingestas recomendadas se han basado en estudios de balance con dietas mixtas de absorción promedio de 30-40 % (USDA, 2015) (Tabla 6).

Hierro

La ingesta adecuada de Fe juega un rol central en el envejecimiento saludable y la longevidad (Zeidan *et al.*, 2024). La biodisponibilidad del hierro (Fe) dietario condiciona la cantidad a ser absorbida para cubrir las necesidades. El Fe hemínico, presente en las carnes, es el que presenta mayor biodisponibilidad. La absorción del Fe no hemínico es favorecida por ligandos que forman complejos solubles al pH del tracto gastrointestinal, como es el caso de algunos aminoácidos, ácidos orgánicos de cadena corta y vitamina C, que es el potenciador más efectivo. Asimismo, su absorción puede estar inhibida por la presencia de fosfatos, fitatos, polifenoles, fibras, ácidos grasos, algunas proteínas e interacciones con otros minerales. En consecuencia, las IDR se han establecido (WHO & FAO, 2001) en base a la biodisponibilidad de tres dietas "tipo": 1) baja (5 %): dietas a base de cereales (maíz, trigo integral, sorgo, entre otros), legumbres, raíces o tubérculos, con cantidad despreciable de carnes, pescados y vitamina C. Predominan en grupos de bajo nivel socio-económico de países en vías de desarrollo; 2) intermedia (10 %): dietas a base de cereales, raíces o tubérculos, con consumo bajo de carnes, pescados y vitamina C; 3) alta (15 %): dietas habituales con cantidades variables de carnes, pescados y vitamina C, que pueden pasar a ser de biodisponibilidad intermedia por aumento del consumo de inhibidores de la absorción (café, té, entre otros). La biodisponibilidad del Fe de la dieta de USA y Canadá tiene un valor promedio de 18 %, en función de lo cual se basaron las cifras de IDR (Tabla 8) para esos países y dietas (NAS, 2001).

Zinc

El zinc (Zn) cumple numerosas funciones, y está principalmente relacionado con la síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos. En los adultos mayores es importante para la cicatrización de heridas, visión nocturna, sensibilidad gustativa y respuesta inmunitaria. Las Ingestas Recomendadas varían según la biodisponibilidad del Zn de la dieta. Recomendaciones Internacionales (NAS, 2001) establecieron las IDR en función de la biodisponibilidad del Zn en 3 tipos de dieta, según el contenido de fitato, el aporte de Ca y el consumo de proteína animal (Tabla 9). El complejo fitato-calcio-zinc es extremadamente insoluble al pH de la parte superior del intestino delgado, donde se absorbe la mayor proporción del zinc.

Tabla 9. Ingesta Dietaria Recomendada de zinc según su biodisponibilidad

Dieta	Disponibilidad		
Proteína animal	Alta	Moderada	Baja
Ingesta de Calcio	< 1 g/d	1 g/d	> 1 g/d
Relación fitato/zinc	< 5	5 – 15	> 15
Biodisponibilidad (promedio)	50 %	30 %	15 %
IDR adulto (NAS, 2001)	4,2 – 4,6	7,0 – 7,8	14,0 – 15,5

IDR: Ingesta Dietaria Recomendada

La deficiencia de Zn presenta prevalencia en algunas poblaciones latinoamericanas que consumen dietas con bajo consumo de proteína animal, una relación molar fitato/Zn >15/1 (Ceballos-Rasgado *et al.*, 2023), elevado aporte de Ca derivado de la nixtamalización del maíz (Castillo *et al.*, 2009), y pan no fermentado que contiene mayor cantidad de fitato que el pan fermentado (Adams *et al.*, 2002). Sin embargo, las IDR, para los mayores de 50 años, con dietas occidentales y de USA, consideran 11 mg/d, teniendo en cuenta una biodisponibilidad de Zn de 27 %.

OTROS MICRONUTRIENTES MINERALES

En la Tabla 10 se presentan los principales micronutrientes minerales de los cuales se dispone de información sobre la IDR ó IA (según corresponda).

Iodo

La prevalencia de la deficiencia de iodo (I) en Argentina condujo a establecer en el año 1967 la obligatoriedad (Ley 17259) de enriquecer la sal de mesa con este mineral. En particular, el adulto mayor es susceptible al déficit de iodo por los cambios en sus hábitos alimentarios, reducción en la absorción de nutrientes y potenciales interacciones con medicamentos. Esto puede conducir a una deficiencia en la síntesis de hormonas tiroideas, hipotiroidismo clínico o subclínico, afectando numerosas funciones fisiológicas y principalmente neurodegenerativas. Las consecuencias más acuciantes se relacionan con deficiencias cognitivas, demencia y posiblemente enfermedad de Parkinson. Debido a las derivaciones de su déficit, se recomiendan en el adulto mayor 150 µg/d de iodo (FDA, 2016; NAS, 2001), similar al resto de los adultos (Tabla 10). Por otra parte, el exceso de iodo, por excesivo consumo de sal, estableció un límite superior de ingesta (UL) de 1100 µg/d (NAS, 2001).

Cobre

Se requiere para la síntesis del grupo Hemo, tejido conjuntivo, tejido óseo, como asimismo para la función nerviosa y sistema inmune. Su deficiencia en el adulto mayor es muy poco frecuente, pudiendo ser principalmente ocasionado por dietas restrictivas, malabsorción o interacción con medicamentos. Esta deficiencia puede conducir a anemia microcítica hipocrómica, neutropenia y leucopenia; asimismo pueden observarse alteraciones neurológicas conducentes a dificultades en el equilibrio y coordinación, ataxia sensorial, fatiga y debilidad. Se acepta que las necesidades (IDR: 900 µg/d) se cubren si hay adecuación energética (NAS, 2001). Pueden existir deficiencias marginales crónicas, relacionadas con la prevalencia de enfermedades degenerativas en grupos que consumen alimentos refinados.

Selenio

Su distribución en la biosfera no es constante. Argentina no posee datos que puedan corroborar la deficiencia o exceso en los alimentos y, por consiguiente, es complejo realizar recomendaciones de ingesta de selenio (Se). No obstante, por sus roles fisiológicos en adultos mayores a 51 años, incluyendo adultos mayores, la ingesta recomendada de Se es de 55 µg/d (NAS, 2000). Ha sido comprobado que el selenio reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer, como también mejora la función inmunitaria. La función antioxidante es la más conocida, por lo cual se lo promociona en suplementos dietarios, pero su exceso es perjudicial. Los niveles de selenio circulantes tienden a disminuir con la edad, haciendo más susceptible al adulto mayor a deficiencias de este nutriente. Si bien su deficiencia severa no es muy común, déficits marginales son frecuentes en este grupo etario por alteraciones en la ingesta de alimentos e interacciones con medicamentos o competencia de nutrientes. La deficiencia se asocia a

Tabla 10. Recomendaciones de ingesta de iodo, selenio, cobre, manganeso, fluoruro y cromo

Edad	Iodo ^{*a} (µg/d)	Selenio ^{#b} (µg/d)	Cobre ^{*a} (µg/d)	Manganeso ^{#b} (mg/d)	Fluor ^{#b} (mg/d)	Cromo ^{#b} (µg/d)
> 50 (años)	150	55	900	1,8	3	20

* (NAS, 2001)

(NAS, 2000)

a: Ingesta Dietaria Recomendada (IDR)

b: Ingesta Adecuada (IA)

Tabla 11. Niveles máximos de ingesta tolerados para micronutrientes minerales

EDAD	Hierro* (mg)	Zinc* (mg)	Selenio# (µg)	Iodo* (µg)	Manganeso* (mg)	Cobre* (mg)	Cromo* (µg/d)	Fluor‡ (mg/d)
19-70 años	45	40	400	1100	11	10	ND	10
> 70 años	45	40	400	1100	11	10	ND	10

* (NAS, 2001)

(NAS, 2000)

‡ (NAS, 1997)

reducción de la fuerza muscular, disminución de capacidades cognitivas asociadas al aumento del estrés oxidativo y posiblemente a un mayor riesgo de mortalidad. La determinación de glutatión peroxidasa (GSHPx) en eritrocitos o sangre entera constituye el indicador más específico de evaluación nutricional.

Ingestas máximas tolerables de minerales esenciales

El consumo de alimentos tradicionales no suele implicar riesgo de efectos adversos, salvo adición de nutrientes a alimentos fortificados o consumo de suplementos. Por ello, las cifras máximas de ingesta, para la mayoría de los minerales, son aplicables a las formas farmacológicas y no incluyen la cantidad consumida con los alimentos y el agua. En la Tabla 11 se detallan las cifras establecidas para los límites máximos de ingesta.

Los criterios establecidos para determinar los límites superiores de ingesta de micronutrientes minerales que generan efectos adversos son:

- **Fe.** Constipación, náuseas, vómitos, diarrea. Reducción de la absorción del Zn. Daño cardiovascular, de SNC, riñón, hígado y eritropoyesis. Hemocromatosis. Aumento de la incidencia de cáncer y posible cirrosis hepática.
- **Zn.** Supresión de la respuesta inmune. Disminución de las HDL. Deterioro del estado nutricional con respecto al Cu y al Fe.
- **Cu.** Efectos gastrointestinales. Daño hepático. Deterioro del estado nutricional con respecto al Zn y al Fe.
- **Cr.** Daño hepático y renal crónico. Carcinogénesis. Necrosis muscular con liberación de mioglobina, Creatina-P kinasa y otras proteínas (Rabdomiólisis).
- **Se.** Selenosis crónica (caída del pelo y alteraciones de las uñas). Efectos gastrointestinales. Dermatitis. Olor gárglico del aliento. Irritabilidad y fatiga.
- **I.** Hipotiroidismo con TSH elevada. Tiroiditis. Bocio. Hipertiroidismo. Tirotoxicosis. Reacciones de hipersensibilidad. Neoplasias de tiroides. Dermatitis. Elevada prevalencia de caries.
- **F.** Aumento de la porosidad del esmalte dentario, dolores articulares (fluorosis) y osteoclerosis.

INGESTAS RECOMENDADAS DE VITAMINAS

Las vitaminas son micronutrientes esenciales de naturaleza orgánica y cumplen un rol fundamental en la salud del adulto mayor. Según la solubilidad de estas, se las clasifica en liposolubles e hidrosolubles. En general, los requerimientos de ambos tipos de vitaminas en este grupo etario son semejantes a las del adulto. Su deficiencia causa enfermedades con sintomatología clínica característica que pueden conducir a daño irreversible y a la muerte. La evaluación bioquímico-nutricional ha permitido corroborar la etiología nutricional de algunas enfermedades endémicas por déficit, erradicarlas en algunos países y diagnosticar deficiencias marginales. Además, ha hecho posible la revisión y actualización de las IDR, incluyendo cifras para los cuales se ha documentado la hipervitaminosis y toxicidad. Los indicadores bioquímicos se basan en determinación de: 1) vitamina en sangre entera, plasma, eritrocitos, leucocitos, orina (al azar, basal, de 24 hs, c/sobrecarga); 2) metabolitos con o sin sobrecarga de sustrato; 3) enzimas asociadas a su metabolismo o función; 4) actividades o funciones específicas.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Las vitaminas liposolubles son aportadas por alimentos grasos y se absorben juntamente con éstos. Por su liposolubilidad pueden depositarse en el organismo, eliminando por orina pequeña cantidad de metabolitos, a veces no identificados químicamente. En consecuencia, la ingestión de cantidades excesivas, especialmente las vitaminas A y D puede implicar un cierto riesgo de efectos adversos y toxicidad.

Vitamina A

La vitamina A es el retinol y es llamada antixerofáltmica o antiinfecciosa. Las principales funciones de la vitamina A se relacionan con la visión y protección de los epitelios. Otras funciones se vinculan con la defensa ante procesos infecciosos, y contra la lipoperoxidación asociada al proceso de envejecimiento, demencia y desarrollo de cáncer, asimismo participa en la síntesis proteica y expresión génica.

Las IDR (Tabla 12) se han establecido en virtud de los niveles de retinol en plasma e hígado que garantizan el cumplimiento óptimo de las funciones de dicha vitamina. La vitamina A se encuentra en pescados, hígado y vísceras, productos lácteos y huevos. Además, los carotenoides, presentes en frutas y verduras, según su estructura química, pueden originar retinol en el intestino delgado por acción enzimática, con eficiencia variable. Las cantidades promedio diarias recomendadas de vitamina A preformada y como precursores para adultos mayores son de 900 y 700 µg de equivalentes de retinol para hombres y mujeres, respectivamente. Las estimaciones de ingesta de vitamina A, de amplio uso en el ámbito de la salud pública, utilizan dos formas de expresión de la actividad vitamínica, los equivalentes de retinol y otra como equivalentes de actividad de retinol (RAE) sugerido por el comité científico de evaluación de Ingestas Dietarias de Referencia (NAS, 2001), pero esta última podría estar subestimando la contribución de los carotenoides provitamínicos de la dieta (Burri *et al.*, 2011).

La deficiencia de 11 cis-retinol, que participa en la transmisión del estímulo luminoso, produce en el adulto mayor xerofalmia en conjuntiva y córnea y disminución de la sensibilidad de la retina a la luz de baja intensidad. El exceso de vitamina A puede manifestar anorexia, alopecia, jaqueca, visión borrosa, teratogénesis y daño hepático. Niveles bajos de vitamina A pueden observarse en síndromes de malabsorción causados por diferentes causas, entre ellas, ciertos medicamentos, alcoholismo o en enfermedades gastrointestinales, hepáticas y renales.

Vitamina D

La vitamina D, ó antirraquítica, proviene del 7-dehidro-colesterol (provitamina D3), presente en la capa de Malpighi de la epidermis que, por acción de luz ultravioleta, origina colecalciferol (pro-vitamina D3), considerada una pro-hormona de naturaleza esteroide, cuya concentración en plasma guarda relación con la ingesta y la fotoconversión. Dentro de los alimentos fuente, la vitamina D se encuentra presente en la leche enriquecida con esta vitamina y en pequeñas cantidades, en los alimentos de origen animal como huevos, grasa láctea e hígado.

La vitamina D es esencial para el mantenimiento de los niveles plasmáticos de calcio y fósforo, y el metabolismo óseo. El adulto mayor es un grupo vulnerable al déficit de vitamina D, por ello se propone como objetivo mantener niveles séricos de 25(OH) vitamina D mayores a 50 nmol/L (Giustina *et al.*, 2023) y las ingestas recomendadas se incrementan de 600 a 800 UI/d (15 a 20 µg/d) en adultos de más de 70 años (Tabla 12) (NAS, 2011; Smith & Gallagher, 2017). En ausencia de exposición a la luz solar se debe considerar la equivalencia: 1 UI = 25 ng vitamina D; 1 µg de colecalciferol = 40 UI de vitamina D. Las causas de deficiencia pueden asociarse a diferentes factores como baja exposición a la luz solar, disminución de la absorción o de la hidroxilación de la Vitamina. También constituyen un grupo de riesgo los adultos mayores con gastrectomías, con malabsorción, alteraciones hepáticas y los que consumen medicamentos antiepilépticos, rifampicina e isoniacida. Existe una correlación directa entre el nivel plasmático de vitamina D y la fuerza de los músculos de las extremidades en las personas de edad avanzada, con lo que el déficit de vitamina D aumenta el riesgo de sufrir caídas. Además de la debilidad muscular, la deficiencia de vitamina D en el adulto causa osteoporosis y altera la inmunidad (Aspray & Hill, 2019). En contraste, la ingestión excesiva de preparados farmacéuticos con vitamina D produce hipercalcemia con calcificaciones de tejidos blandos y nefrocalcinosis. La administración de alimentos fortificados puede involucrar un riesgo potencial.

Vitamina E

Incluye los tocoferoles y tocotrienoles que poseen la actividad biológica del d-α-tocoferol que, libre o esterificado, es la forma más abundante en la mayoría de los alimentos de origen animal. Los vegetales contienen cantidades variables de los 4 isómeros de los tocoferoles y tocotrienoles. Para adultos y adultos mayores la IDR de vitamina E es de 15 mg α-tocoferol/d (Tabla 13) (NAS, 2000). Sin embargo, el envejecimiento es asociado con disfunciones celulares y fisiológicas las cuales pueden ser moduladas por la vitamina E, lo cual permite proponer que los requerimientos de vitamina E deberían ser mayores en este grupo etario (Meydani *et al.*, 2018). Sus funciones están principalmente relacionadas a su poder antioxidante, llegando en alta dosis a enlentecer procesos asociados al desarrollo del Alzheimer y a la capacidad de estimular el sistema inmune. Su deficiencia en el adulto mayor es rara y se puede

Tabla 12. Ingesta Dietaria Recomendada de vitaminas liposolubles

	EDAD	A (µg)	D [#] (µg)	E ^{&} (mg)	K [*] (µg)
VARONES	51-70	900	15	15	120
	> 71	900	20	15	120
MUJERES	51-70	700	15	15	90
	> 71	700	20	15	90

(NAS, 2011)

& (NAS, 2000)

* (NAS, 2001)

deber a problemas ligados a la malabsorción de grasas (Traber, 2014). Los signos clínicos se presentan como trastornos neurológicos e inmunológicos, que pueden llevar al desarrollo de cataratas, Alzheimer y Parkinson. Debido a sus funciones antioxidantes y a su importancia en la prevención de enfermedades degenerativas, la evaluación del estado nutricional es de gran importancia. El exceso de vitamina E puede incrementar la susceptibilidad a hemorragias.

Vitamina K

En adultos mayores las IDR para la vitamina K permanecen en el orden de los adultos jóvenes (Tabla 12). Las recomendaciones (NAS, 2001) son mayores en el hombre (120 µg/d) que en la mujer (90 µg/d). Las funciones de la vitamina K están principalmente relacionadas a la síntesis de proteínas hepáticas, asociadas a factores de coagulación. Así, su deficiencia se asocia a riesgos de hemorragias. El déficit de vitamina K es raro, pero en el adulto mayor diarreas severas y alteraciones de la absorción intestinal agravadas por medicamentos como antibióticos y sulfamidas afectan los niveles de vitamina K. Asimismo, el consumo prolongado de anticoagulantes dicumarínicos y patologías hepáticas reducen los niveles circulantes de dicha vitamina.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Las vitaminas hidrosolubles no se depositan en el organismo y el exceso ingerido es eliminado por orina, excepto el ácido fólico y la vitamina B12, que se pueden almacenar en el hígado en cantidades importantes. Sin embargo, pese al concepto generalizado de que las vitaminas hidrosolubles son inocuas, se han comprobado efectos adversos de algunas de ellas, lo que ha llevado a establecer niveles máximos de ingestas.

Las vitaminas hidrosolubles participan, en general, como coenzimas en los procesos ligados al metabolismo de los nutrientes orgánicos: hidratos de carbono, lípidos y proteínas.

Las IDR de las vitaminas B1, B2 y niacina (B3) se deben expresar en relación a la ingesta energética debido a su función esencial como cofactores enzimáticos asociados al metabolismo energético. Por lo tanto en regímenes hipocalóricos se aconseja una ingesta mínima para evitar la deficiencia. Las principales funciones y las consecuencias del déficit de las vitaminas B1, B2, y B3 se resumen en:

- **Vitamina B1, tiamina o aneurina.** Cofactor de co-decarboxilasa, transcetolasa, interviene en la transmisión nerviosa. Su deficiencia crónica severa, causa una enfermedad denominada beri-beri que se caracteriza por alteraciones en el sistema nervioso central y profunda debilidad muscular.
- **Vitamina B2, riboflavina, lactoflavina u ovoflavina.** Actúa como dehidrogenasa y cofactor de diversas oxidasas. Su deficiencia produce lesiones inflamatorias localizadas en los epitelios y mucosas de la boca, ojos y genitales (síndrome oro-óculo-genital).
- **Vitamina B3, niacina, nicotinamida, factor PP.** Aceptor y dador de H. Su deficiencia produce pelagra o enfermedad de las 3D -Diarrea, Dermatitis y Demencia-. Las principales fuentes dietarias de niacina son el hígado, carnes magras, pescado, lácteos, huevos y verduras verdes. El organismo humano también puede sintetizar niacina a partir de triptofano. Es importante considerar que un (1) Equivalente de Niacina (EN) equivale a 1 mg de niacina ó a 60 mg de triptofano. En ciertos cereales, como el maíz, la niacina no está biológicamente disponible por estar asociada a un péptido formando niacinógeno que requiere un tratamiento alcalino para su liberación y así poder ser absorbida. Ejemplo de ello lo constituye el tratamiento del maíz con agua de cal (nixtamalización), según se practica en América Central y México para la preparación de las "tortillas".

Tabla 13. Ingesta Dietaria Recomendadas de vitaminas hidrosolubles

EDAD (años)	B1* (mg/d)	B2* (mg/d)	B6* (mg/d)	Niacina* (mg EN/d)	Ácido fólico* (µg/d)	B12* (µg/d)	C# (mg/d)
Hombres > 51	1,2	1,3	1,7	16	400	2,4	90
Mujeres > 51	1,1	1,1	1,5	14	400	2,4	75

EN: Equivalente de Niacina

* (WHO & FAO, 2001)

(NAS, 2000)

Vitamina B6, piridoxina ó adermana

Actúa como coenzima en reacciones enzimáticas, muchas de las cuales están relacionadas con el metabolismo de aminoácidos. Su deficiencia puede producir dermatitis, convulsiones y anemia microcítica.

Vitamina C o ácido ascórbico

Interviene en la síntesis de colágeno, como asimismo en reacciones redox y complejante de metales, cumpliendo así un importante rol antioxidante. En el adulto mayor es importante en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. También, incrementa la biodisponibilidad del hierro no hemínico. Su deficiencia produce escorbuto. Las ingestas recomendadas de vitamina C (Tabla 13) han generado controversias dado que la cantidad existente en el organismo varía en función de su utilización en condiciones de estrés y presencia de infecciones. La IDR de vitamina C para adultos hombres y mujeres se ha establecido en 90 y 75 mg/d, respectivamente por el comité científico de evaluación de ingestas de referencias dietarias (NAS, 2000). Han sido basadas en función de proporcionar protección antioxidante, y mantener óptimas concentraciones plasmáticas con mínima excreción urinaria de ascorbato. No obstante, ingestas habituales de 200 mg/d son consideradas "sin riesgo" y permiten mantener concentraciones tisulares adecuadas para prevenir estrés oxidativo y reducir infecciones. Consumos por encima de los límites superiores (Tabla 14) pueden conducir a la eliminación de metabolitos (entre ellos el ácido oxálico) que incrementa el riesgo de cálculos renales.

Ácido fólico, folacina, factor antianémico o pteroil-glutámico

También conocida como **vitamina B9**. El nombre de "folatos" incluye las formas naturales reducidas del ácido fólico (dihidrofólico, DHF, o tetra-hidrofólico, THF) con un número variable de moléculas de ácido glutámico (1 a 9). Sólo el monoglutamato atraviesa el epitelio intestinal y los folatos de los alimentos deben sufrir una hidrólisis para ser absorbidos. Por dicho motivo, la biodisponibilidad del folato de los alimentos es inferior a las formas sintéticas agregadas en alimentos fortificados o presentes en los suplementos.

El ácido fólico cumple un rol importante en el adulto mayor por su acción benéfica sobre funciones cognitivas, prevención de depresión y trastornos neuropsiquiátricos. El déficit de ácido fólico y de vitamina B12 merecen una atención especial. La deficiencia de folato, es ciertamente frecuente en los adultos mayores con problemas gastrointestinales y trastornos en la absorción, fundamentalmente por el consumo de medicamentos como ácido acetil salicílico y anticonvulsivos. Por su papel en la síntesis del ADN, afecta los tejidos con mayor velocidad de multiplicación celular, produciéndose anemia megaloblástica. Por ello, la presencia de anemia megaloblástica y los niveles séricos de folatos, como así también los niveles de homocisteína, se utilizan como indicadores de estado nutricional del ácido fólico. Asimismo, ingestas excesivas de Ácido Fólico disminuye la absorción de Zn y exacerba el déficit de vitamina B12. Con objeto de prevenir esa deficiencia es obligatorio en algunos países la fortificación de alimentos. Específicamente, en Argentina la Ley Nº 25.630, Decreto 597/2003 (Boletín Oficial, 14/8/03), establece la obligatoriedad de fortificar la harina de trigo destinada a consumo humano con 2,2 mg de ácido fólico/100 g de harina.

Se deben considerar que un Equivalente de Folato de la Dieta (EFD) (1µg de folato) es 0,6 µg de ácido fólico de alimentos fortificados o suplementos tomados con la comida, o 0,5 µg de suplementos consumidos con el estómago vacío.

Vitamina B12

Las funciones de la vitamina B12 se hallan relacionadas con el metabolismo y utilización del ácido fólico, como aceptor y dador de unidades de un carbono y transferencia de metilos. Los efectos de su deficiencia sobre el sistema

Tabla 14. Niveles máximos de ingesta de algunas vitaminas hidrosolubles

EDAD (años)	A* (μ/d)	D* (μg/d)	Niacina* (mg/d)	B6* (mg/d)	Ácido fólico* (μg/d)	C# mg/d
19 – 70	3000	50	35	100	1000	2000
> 70	3000	50	35	100	1000	2000

* (WHO & FAO, 2001)

(NAS, 2000)

eritropoyético y sobre los tejidos de rápido crecimiento son idénticos a los producidos por deficiencia de ácido fólico. Además, es esencial para la isomerización del metil-malónico y su deficiencia produce desmielinización de los nervios periféricos, médula espinal y cerebro, con manifestaciones neurológicas (parestesia, debilidad generalizada, ataxia simétrica, espasticidad, paraplejía, apatía, somnolencia, irritabilidad, pérdida de memoria, demencia y psicosis), que se confunden con otras causas.

La vitamina B12 sólo se encuentra en productos de origen animal, como las carnes, hígado, levadura, huevos y productos lácteos. La deficiencia de vitamina B12 es frecuente en individuos de tercera edad debido a la presencia de gastritis atrófica que disminuye la producción de ácido clorhídrico, de factor intrínseco y de las enzimas digestivas necesarias para liberarla de los alimentos proteicos lo que reduce su absorción (Woodford *et al.*, 2021). También es habitual en los adultos mayores que consumen frecuentemente protectores gástricos como omeprazol. La incidencia de déficit es mayor en la mujer que en el hombre. Por la alta incidencia de déficit, es frecuente la recomendación para los adultos mayores de 50 años el consumo de alimentos fortificados o suplementos.

En la tabla 13 se presentan las IDR de las vitaminas hidrosolubles de adultos (incluyendo adultos mayores).

HIPERVITAMINOSIS Y TOXICIDAD

La intoxicación aguda o crónica en general, y en el adulto mayor en particular, no es probable que se presente con una dieta normal, pero podría aparecer intoxicación crónica por el consumo continuo de productos alimenticios enriquecidos en forma no racional o de suplementos dietarios, lo cual ha llevado a establecer Límites Máximos de Ingesta para las vitaminas cuyas cifras se señalan en la Tabla 14.

CONCLUSIONES

El envejecimiento saludable debe sustentarse en una adecuada cobertura de las necesidades energéticas y nutricionales en un contexto de profundos cambios fisiológicos, metabólicos y conductuales propios de la edad. La disminución del gasto energético, la menor ingesta, las enfermedades crónicas y el uso de medicamentos aumentan el riesgo de desequilibrios nutricionales en el adulto mayor, lo que hace indispensable una evaluación precisa de los requerimientos de energía, macro y micronutrientes. No obstante, los problemas nutricionales más relevantes en el adulto mayor, como la desnutrición calórico-proteica, sarcopenia, fragilidad, anemia, deterioro cognitivo, osteoporosis y deshidratación deben entenderse como manifestaciones interrelacionadas de una disfunción sistémica, lo cual refuerzan la importancia de una adecuada cobertura nutricional integral como eje central del envejecimiento saludable del adulto mayor en base a las siguientes premisas:

- Equilibrar el gasto energético y la densidad nutricional de la dieta como estrategia para prevenir el riesgo de malnutrición por déficits, excesos o desequilibrios de nutrientes, así como una adecuada hidratación.
- Asegurar una apropiada ingesta de proteínas, superando la ingesta habitual del adulto y priorizando proteínas de elevada digestibilidad y alto valor biológico para contrarrestar los efectos catabólicos del envejecimiento.
- Garantizar un adecuado estado de Vitamina D con relaciones adecuadas de calcio y fósforo para evitar debilidad muscular, prevenir la osteopenia y osteoporosis, causante de frecuentes caídas y fracturas.
- Promover ingestas adecuadas de Vitamina B12 para reducir riesgos de deterioro cognitivo y alteraciones neurológicas, al mismo tiempo de reducir el riesgo de anemia cuando se combinan con ingestas adecuadas y de elevada biodisponibilidad de folato, hierro y zinc.
- Adecuar la ingesta de vitaminas antioxidantes (A, E y C), como de los niveles de zinc y selenio para fortalecer las defensas inmunitarias y reducir riesgo de infecciones.

- Mantener un patrón dietario rico y equilibrado de fibras solubles e insolubles que favorezcan la diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal, al mismo tiempo de mejorar el tránsito intestinal, la regulación metabólica e inmunidad.

Si bien los consensos internacionales ofrecen pautas generales de los nutrientes críticos mencionados y otros fundamentales para un envejecimiento saludable, persisten discrepancias metodológicas y limitaciones en la evidencia disponible lo que subraya la necesidad de recomendaciones más precisas y adaptadas a subgrupos poblacionales. Por consiguiente, una alimentación equilibrada, enmarcada en estrategias de nutrición personalizada y acompañada de hábitos de vida saludables, constituye una herramienta clave para preservar la capacidad funcional, reducir la vulnerabilidad fisiológica y promover un envejecimiento saludable.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en el presente trabajo.

Financiamiento

El trabajo no contó con financiamiento específico de ningún organismo académico-científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams C.L., Hambidge M., Raboy V., Dorsch J.A., Sian L., Westcott J.L., Krebs N.F. (2002). Zinc absorption from a low-phytic acid maize. *American Journal of Clinical Nutrition* 76(3): 556-559. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.3.556>
- Afssa. (2007). *Apport en protéines: consommation, qualité, besoins et recommandations*. 461 pages.
- Anthony J.C., Yoshizawa F., Anthony T.G., Vary T.C., Jefferson L.S., Kimball S.R. (2000). Leucine stimulates translation initiation skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *Journal of Nutrition* 130(10): 2413-2419. <https://doi.org/10.1093/jn/130.10.2413>
- Aspray T.J., Hill T.R. (2019). *Osteoporosis and the Ageing Skeleton* (pp. 453–476). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2_16
- Bauer J., Biolo G., Cederholm T., Cesari M., Cruz-Jentoft A. J., Morley J.E., Phillips S., Sieber C., Stehle P., Teta D., Visvanathan R., Volpi E., Boirie Y. (2013). Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: A position paper from the prot-age study group. *Journal of the American Medical Directors Association* 14(8): 542–559. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.021>
- Baum J.I., Kim I.Y., Wolfe R.R. (2016). Protein consumption and the elderly: What is the optimal level of intake? *Nutrients* 8(6): 1–9. <https://doi.org/10.3390/nu8060359>
- Beto J.A. (2015). The Role of Calcium in Human Aging. *Clinical Nutrition Research* 4(1): 1. <https://doi.org/10.7762/cnr.2015.4.1.1>
- Bojang K.P., Manchana V. (2023). Nutrition and Healthy Aging: A Review. *Current Nutrition Reports* 12(3): 369–375. <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00473-0>
- Burri B. J., Chang J. S. T., Neidlinger T. R. (2011). β -cryptoxanthin- and α -carotene-rich foods have greater apparent bioavailability than β -carotene-rich foods in Western diets. *British Journal of Nutrition* 105(2): 212–219. <https://doi.org/10.1017/S0007114510003260>
- Cai D., Zhao Z., Zhao L., Dong Y., Wang L., Zhao S., Li Q. (2022). Centenarians from a Chinese Longevous Region : A Window.
- Calvani R., Miccheli A., Landi F., Bossola M., Cesari M., Leeuwenburgh C., Sieber C.C., Bernabei R., Marzetti E. (2013). Current Nutritional Recommendations and Novel Dietary Strategies To Manage Sarcopenia. *Journal of Frailty & Aging* 2(1): 1–16. <https://doi.org/10.14283/jfa.2013.7>
- Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J. (2009). Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(4): 425-432.
- Ceballos-Rasgado M., Lowe N.M., Moran V.H., Clegg A., Mallard S., Harris C., Montez J., Xipsiti M. (2023). Toward revising dietary zinc recommendations for children aged 0 to 3 years: a systematic review and meta-analysis of zinc absorption, excretion, and requirements for growth. *Nutrition Reviews* 81(8): 967–987. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac098>
- Committee on Medical Aspects of Food Policy. (1991). Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy. *Reports on Health and Social Subjects* 41: 1-210. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1961974>

- Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J. M., Boirie Y., Cederholm T., Landi F., Martin F.C., Michel J.P., Rolland Y., Schneider S.M., Topinková E., Vandewoude M., Zamboni M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 39(4): 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
- Currenti W., Godos J., Alanazi A.M., Grosso G., Cincione R.I., Vignera S. La Buscemi S., Galvano, F. (2022). Italian Adults: 1-14.
- Deforel M.L., Salinas S., Zwenger Y., Barritta R., Khoury M., Perman M. (2025). Hospital malnutrition in Argentina: prevalence and nutritional risk prediction in hospitalized adults according to 6 nutritional screening tools (AANEP-2 Study). *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.05065>
- Doets E.L., De Wit L.S., Dhonukshe-Rutten R.A.M., Cavelaars A.E.J.M., Raats M.M., Timotijevic L., Brzozowska A., Wijnhoven T.M.A., Pavlovic M., Totland T.H., Andersen L.F., Ruprich J., Pijls L.T.J., Ashwell M., Lambert J.P., Van't Veer P., De Groot, L.C.P.G.M. (2008). Current micronutrient recommendations in Europe: Towards understanding their differences and similarities. *European Journal of Nutrition* 47(SUPPL. 1): 17–40. <https://doi.org/10.1007/s00394-008-1003-5>
- Donini L.M., Savina C., Gennaro E., De Felice M.R., Rosano A., Pandolfo M.M., Del Balzo V., Cannella C., Ritz P., Chumlea W. C. (2012). A systematic review of the literature concerning the relationship between obesity and mortality in the elderly. *Journal of Nutrition, Health and Aging* 16(1): 89-98. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0073-x>
- EFSA. (2010a). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 8(3): 1–77. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1462>
- EFSA. (2010b). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* 8(3): 1-107. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1461>
- EFSA. (2012). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal* 10(2): 1-66. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2557>
- EFSA. (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications* 14(12). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- FAO/WHO. (1994). Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. *FAO Food and Nutrition Paper* 57, i–xix: 1-147. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7641870>
- FAO. (2009). Fats and fatty acids in human nutrition. Proceedings of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. November 10-14, 2008. Geneva, Switzerland. In *Annals of nutrition & metabolism* (Vol. 55, Numbers 1–3). <https://doi.org/10.1159/000228993>
- FAO. (2010a). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. *FAO Food and Nutrition Paper* 91: 1-166. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21812367>
- FAO. (2010b). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. *FAO Food and Nutrition Paper* 91: 1-166.
- FDA. (2016). Food Labeling: Revision of the Nutrition and Supplement Facts Labels. *Federal Register* 81(103): 33742–33999. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-05-27/pdf/2016-11867.pdf>
- Fekete M., Szarvas Z., Fazekas-Pongor V., Feher A., Csipo T., Forrai J., Dosa N., Peterfi A., Lehoczki A., Tarantini S., Varga J. T. (2023). Nutrition Strategies Promoting Healthy Aging: From Improvement of Cardiovascular and Brain Health to Prevention of Age-Associated Diseases. *Nutrients* 15(1): 1-28. <https://doi.org/10.3390/nu15010047>
- Fleet J.C. (2022). Vitamin D-Mediated Regulation of Intestinal Calcium Absorption. *Nutrients* 14(16). <https://doi.org/10.3390/nu14163351>
- Garagnani P., Bacalini M. G., Pirazzini C., Gori D., Giuliani C., Mari D., Di Blasio A. M., Gentilini, D., Vitale G., Collino S., Rezzi S., Castellani G., Capri M., Salvioli S., Franceschi C. (2012). Methylation of ELOVL2 gene as a new epigenetic marker of age. *Aging Cell* 11(6): 1132-1134. <https://doi.org/10.1111/accel.12005>
- Giustina A., Bouillon R., Dawson-Hughes B., Ebeling P. R., Lazaretti-Castro M., Lips P., Marocci C., Bilezikian J. P. (2023). Vitamin D in the older population: a consensus statement. *Endocrine* 79(1): 31-44. <https://doi.org/10.1007/s12020-022-03208-3>
- Goisser S., Kemmler W., Porzel S., Volkert D., Sieber C.C., Bollheimer L. C., Freiburger E. (2015). Sarcopenic obesity and complex interventions with nutrition and exercise in community-dwelling older persons – A narrative review. *Clinical Interventions in Aging* 10: 1267-1282. <https://doi.org/10.2147/CIA.S82454>
- Grundy S.M., Stone N.J., Bailey A.L., Beam C., Birtcher K.K., Blumenthal R.S., Braun L.T., De Ferranti S., Faiella-Tommasino J., Forman D.E., Goldberg R., Heidenreich P.A., Hlatky M.A., Jones D.W., Lloyd-Jones D., Lopez-Pajares N., Ndumele C.E., Orringer C.E., Peralta C.A., et al. (2019). 2018 AHA/ACC/AACVPR/AAPA/ABC/ACPM/ADA/AGS/APhA/ASPC/NLA/PCNA Guideline on the Management of Blood Cholesterol. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 139(25). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000625>
- Gurr M.I., Harwood J.L., Frayn K.N. (2002). *Lipid Biochemistry*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470774366>
- Heaney R.P., Recker R.R., Weaver C.M. (1990). Absorbability of calcium sources: The limited role of solubility. *Calcified Tissue International* 46(5): 300-304. <https://doi.org/10.1007/BF02563819>

- Hernández J. R., José Bonete M., Martínez-Espinosa R. M. (2015). Propuesta de una nueva clasificación de los oligoelementos para su aplicación en nutrición, oligoterapia, y otras estrategias terapéuticas. *Nutricion Hospitalaria* 31(3): 1020-1033. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.3.8325>
- Houston D.K., Nicklas B.J., Ding J., Harris T.B., Tyllavsky F.A., Newman A.B., Jung S.L., Sahyoun N.R., Visser M., Kritchevsky S.B. (2008). Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: The Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) study. *American Journal of Clinical Nutrition* 87(1): 150-155. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.1.150>
- Johansson L., Sidenvall B., Malmberg B., Christensson L. (2009). Who will become malnourished? A prospective study of factors associated with malnutrition in older persons living at home. *Journal of Nutrition, Health and Aging* 13(10): 855–861. <https://doi.org/10.1007/s12603-009-0242-3>
- Kim K.H., Kim Y., Seo K.W. (2023). Efficacy of monounsaturated fatty acids in reducing risk of the cardiovascular diseases, cancer, inflammation, and insulin resistance: a narrative review. *Annals of Clinical Nutrition and Metabolism* 15(1): 2-7. <https://doi.org/10.15747/ACNM.2023.15.1.2>
- Leonard A.E., Kelder B., Bobik E.G., Chuang L., Lewis C.J., Kopchick J.J., Mukerji P., Huang Y. (2002). Identification and expression of mammalian long-chain PUFA elongation enzymes. *Lipids* 37(8): 733-740. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-0955-6>
- Li I. (2016). Nutrition for Seniors. *Delaware Journal of Public Health* 2(1): 24–26. <https://doi.org/10.32481/djph.2016.06.012>
- Luiking Y.C., Deutz N.E.P., Memelink R.G., Verlaan S., Wolfe R.R. (2014). Postprandial muscle protein synthesis is higher after a high whey protein, leucine-enriched supplement than after a dairy-like product in healthy older people: A randomized controlled trial. *Nutrition Journal* 13(1): 1-14. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-9>
- Makki K., Deehan E.C., Walter J., Bäckhed F. (2018). The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host and Microbe* 23(6): 705-715. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
- Marzetti E., Calvani R., Tosato M., Landi F. (2016). *The Aging Muscle and Sarcopenia: Interaction with Diet and Nutrition*, in "Molecular Basis of Nutrition and Aging: A Volume in the Molecular Nutrition Series" (M. Malavolta y E. Mocchegiani, ed.) Academic Press, pp. 355-361 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801816-3.00026-1>
- Marzuca-Nassr G.N., Alegría-Molina A., San Martín-Calisto Y., Artigas-Arias M., Huard N., Sapunar J., Salazar L.A., Verdijk L. B., van Loon L.J.C. (2024). Muscle Mass and Strength Gains Following Resistance Exercise Training in Older Adults 65-75 Years and Older Adults Above 85 Years. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 34(1): 11–19. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2023-0087>
- Mayengbam S., Lambert J.E., Parnell J.A., Tunnicliffe J.M., Nicolucci A.C., Han J., Sturzenegger T., Shearer J., Mickiewicz B., Vogel H.J., Madsen K.L., Reimer R.A. (2019). Impact of dietary fiber supplementation on modulating microbiota–host–metabolic axes in obesity. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 64: 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.11.003>
- Meydani S.N., Lewis E.D., Wu D. (2018). Perspective: Should Vitamin E Recommendations for Older Adults Be Increased? *Advances in Nutrition* 9(5): 533–543. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy035>
- Morais J.A., Chevalier S., Gougeon R. (2006). Protein turnover and requirements in the healthy and frail elderly. *The Journal of Nutrition, Health & Aging* 10(4): 272–283. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16886097>
- Mozaffarian D., Katan M.B., Ascherio A., Stampfer M.J., Willett W.C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *Obstetrical and Gynecological Survey* 61(8): 525-526. <https://doi.org/10.1097/01.ogx.0000228706.09374.e7>
- Nakashima K., Ishida A., Yamazaki M., Abe H. (2005). Leucine suppresses myofibrillar proteolysis by down-regulating ubiquitin–proteasome pathway in chick skeletal muscles. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 336(2): 660-666. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.08.138>
- NAS. (1997). Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/5776>
- NAS. (2000). Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids: a report of the Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary Reference In. National Academies Press. <https://www.nap.edu/catalog/9810.html>
- NAS. (2001). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc: a report of the Panel on Micronutrients ... [et al.], Standing Committee on the Scientific Eva. Dietary Reference Intake.
- NAS. (2011). Institute of Medicine. In N. A. P. IOM (Ed.), Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. <https://doi.org/10.1016/j.crma.2018.11.003>
- NAS. (2019). Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium. In Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium. <https://doi.org/10.17226/25353>
- NAS. (2023). Dietary Reference Intakes for Energy. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26818>
- Nielsen F. H. (2016). Guidance for the determination of status indicators and dietary requirements for magnesium. *Magnesium Research*, 29(4): 154–160. <https://doi.org/10.1684/mrh.2016.0416>

- Nisoli E., Tonello C., Cardile A., Cozzi V., Bracale R., Tedesco L., Falcone S., Valerio A., Cantoni O., Clementi E., Moncada S., Carruba M. O. (2005). Calorie Restriction Promotes Mitochondrial Biogenesis by Inducing the Expression of eNOS. *Science* 310(5746): 314-317. <https://doi.org/10.1126/science.1117728>
- Norman K; Hass U. P. M. (2021). Malnutrition in Older Adults-Recent Advances and Remaining Challenges. *Nutrients* 13: 2764-2783. <https://doi.org/10.3390/nu13082764>
- O'Neill B., Raggi P. (2020). The ketogenic diet: Pros and cons. *Atherosclerosis* 292: 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.11.021>
- Otsuka R. (2022). Nutrition for Older Adults. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 68: S61–S63. <https://doi.org/10.3177/jnsv.68.S61>
- Pedersen A. N., Cederholm, T. (2014). Elderly Populations : a Systematic Literature Review. *Food Nutr Res*, 58.
- Reiner Ž., Catapano A. L., De Backer G., Graham I., Taskinen M. R., Wiklund O., Agewall S., Alegria E., Chapman M. J., Durrington P., Erdine, S., Halcox J., Hobbs R., Kjekshus J., Filardi P. P., Riccardi G., Storey R. F., Wood, D. (2011). ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias. *European Heart Journal* 32(14): 1769-1818. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr158>
- Roberts S. B., Dallal G. E. (2005). Energy requirements and aging. *Public Health Nutrition* 8(7a): 1028-1036. <https://doi.org/10.1079/phn2005794>
- Roberts S. B., Rosenberg I. (2006). Nutrition and aging: Changes in the regulation of energy metabolism with aging. *Physiological Reviews* 86(2): 651-667. <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2005>
- Scientific Advisory Committee on Nutrition Sacks F. M., Lichtenstein A. H., Wu J. H. Y., Appel L. J., Creager M. A., Kris-Etherton P. M., Miller M., Rimm E. B., Rudel L. L., Robinson J. G., Stone N. J., Van Horn L. V. (2017). Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation* 136(3): e1–e23. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510>
- Sacks F. M., Lichtenstein A. H., Wu J. H. Y., Appel L. J., Creager M. A., Kris-Etherton P. M., Miller M., Rimm E. B., Rudel L. L., Robinson J.G., Stone N.J., Van Horn L.V., World Health Organisation. (2020). UN Decade of Healthy Ageing: Plan of Action. *Circulation* 136(3): 1-26. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510>
- SACN. (2015). *Carbohydrates and Health Report*, The Stationery Office, Norwich.
- Salari N., Darvishi N., Bartina Y., Keshavarzi F., Hosseini-Far M., Mohammadi M. (2025). Global prevalence of malnutrition in older adults: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Public Health in Practice* 9:100583. <https://doi.org/10.1016/j.puhip.2025.100583>
- Salvà Casanovas A. (2012). El Mini Nutritional Assessment: Veinte años de desarrollo ayudando a la valoración nutricional. *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia* 47(6): 245-246. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2012.10.001>
- Sandstrom B., Lyhne N., Pedersen J.I., Aro A., Thorsdottir I., Becker, W. (2012). Nordic nutrition: Recommendations 2012. *Scandinavian Journal of Nutrition/Naringsforskning* 40(4): 1–629. https://altomkost.dk/fileadmin/user_upload/altomkost.dk/Slet_ikke_filliste/Raad_og_anbefalinger/Nordic_Nutrition_Recommendations_2012.pdf
- Shivakoti R., Biggs M.L., Djoussé L., Durda P.J., Kizer J.R., Psaty B., Reiner A.P., Tracy R.P., Siscovick D., Mukamal K.J. (2022). Intake and Sources of Dietary Fiber, Inflammation, and Cardiovascular Disease in Older US Adults. *JAMA Network Open* 5(3): 1-12. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.5012>
- Simopoulos A.P. (2008). The omega-6/omega-3 fatty acid ratio, genetic variation, and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 17(SUPPL. 1): 131-134.
- Siscovick D.S., Barringer T.A., Fretts A. ., Wu J. H. Y., Lichtenstein A.H., Costello R.B., Kris-Etherton P.M., Jacobson T.A., Engler M.B., Alger H.M., Appel L.J., Mozaffarian D. (2017). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid (Fish Oil) Supplementation and the Prevention of Clinical Cardiovascular Disease: A Science Advisory from the American Heart Association. *Circulation* 135(15): e867–e884. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000482>
- Smith L.M., Gallagher J.C. (2017). Dietary Vitamin D Intake for the Elderly Population. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America* 46(4): 871-884. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2017.07.003>
- Snetselaar L.G., De Jesus J.M., Desilva D.M., Stoodly E.E. (2021). Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025: Understanding the Scientific Process, Guidelines, and Key Recommendations. *Nutrition Today* 56(6): 287-295. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000512>
- Solah V.A., Kerr D.A., Hunt W.J., Johnson S.K., Boushey C.J., Delp E.J., Meng X., Gahler R.J., James A.P., Mukhtar A.S., Fenton H.K., Wood S. (2017). Effect of fibre supplementation on body weight and composition, frequency of eating and dietary choice in overweight individuals. *Nutrients* 9(2): 1-14. <https://doi.org/10.3390/nu9020149>
- Stamler J. (1997). The INTERSALT study: Background, methods, findings, and implications. *American Journal of Clinical Nutrition* 65(2 SUPPL.): 626S-642S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.2.626S>
- Tark J.Y., Li R., Yu B., Wood A.C., Padhye N.S., de Oliveira Otto M.C. (2025). Dietary Intake of Protein by Food Source and Incident Hypertension Among Diverse US Adults: The MESA Study. *Journal of the American Heart Association* 14(10): 1-12. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.037813>

- Traber M.G. (2014). Vitamin E inadequacy in humans: Causes and consequences. *Advances in Nutrition* 5(5): 503-514. <https://doi.org/10.3945/an.114.006254>
- Trumbo P., Schlicker S., Yates A., Poos M. (2002). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. *Academy of Nutrition and Dietetics* 102(11): 1621-1630. [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9)
- Trumbo P., Schlicker S., Yates A.A., Poos, M. (2002). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. *Journal of the American Dietetic Association* 102(11): 1621–1630. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(02)90346-9)
- Turck D., Castenmiller J., de Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Kearney J., Knutsen H.K., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Aggett P., Fairweather-Tait S., Martin A., Przyrembel H., et al. (2019). Dietary reference values for sodium. *EFSA Journal* 17(9). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5778>
- USDA. (2015). 2015-2020 Dietary Guidelines for Americans. *U.S. Department of Health and Human Services*. <https://doi.org/10.1097/nt.0b013e31826c50af>
- USDA. (2020). *USDA 2020-2025 Dietary Guidelines*. <https://www.dietaryguidelines.gov/resources/2020-2025-dietary-guidelines-online-materials>
- WHO/FAO/UNU. (2004). Human energy requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *FAO Food and Nutrition Technical Report* (1).
- WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organization Technical Report Series* (935): 1–265.
- WHO/FAO. (2001). Human vitamin and mineral requirements. *Human Vitamin and Mineral Requirements*: 249–269.
- WHO/FAO. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *World Health Organization - Technical Report Series* (916). <https://doi.org/10.1093/ajcn/60.4.644a>
- WHO. (2020). Healthy diet. *WHO*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- WHO. (2023). Total fat intake for the prevention of unhealthy weight gain in adults and children. *WHO Guide*. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/fe09e661-09a6-4f53-ae8a-420cbd0c6a6e/content>
- WHO (2023). Carbohydrate intake for adults and children: WHO guideline. *World Health Organization*. <https://iris.who.int/handle/10665/370420>.
- WHO. (2025). Ageing and health. *WHO*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Wilson G.J., Wilson J.M., Manninen A.H. (2008). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutrition and Metabolism* 5(1): 1-17. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-5-1>
- Wilson Purushothaman R., Morley, J. (2002). Effect of liquid dietary supplements on energy intake in the elderly. *American Journal of Clinical Nutrition* 75(5): 944-947. <https://doi.org/10.1093/ajcn/75.5.944>
- Wolfe R.R. (2012). The role of dietary protein in optimizing muscle mass, function and health outcomes in older individuals. *British Journal of Nutrition* 108(SUPPL. 2): 88-93. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002590>
- Wolters M., Ahrens J., Román-Pérez M., Watkins C., Sanz Y., Benítez-Páez A., Stanton C., Günther K. (2019). Dietary fat, the gut microbiota, and metabolic health – A systematic review conducted within the MyNewGut project. *Clinical Nutrition* 38(6): 2504-2520. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.12.024>
- Woodford A.M., Chaudhry R., Conte G. A., Gupta V., Anne M. (2021). Chronic Atrophic Gastritis Presenting as Hemolytic Anemia due to Severe Vitamin B12 Deficiency. *Case Reports in Hematology* 2021: 1-5. <https://doi.org/10.1155/2021/9571072>
- Zeidan R.S., Martenson M., Tamargo J.A., McLaren C., Ezzati A., Lin Y., Yang J.J., Yoon H.S., McElroy T., Collins J. , Leeuwenburgh C., Mankowski R.T., Anton S. (2024). Iron homeostasis in older adults: balancing nutritional requirements and health risks. *Journal of Nutrition, Health and Aging* 28(5): 100212. <https://doi.org/10.1016/j.jnha.2024.100212>

EVOLUCIÓN CURRICULAR DE LA CARRERA DE BIOQUÍMICA EN ARGENTINA (1975-2030): ANÁLISIS LONGITUDINAL DE TRANSFORMACIONES EN CARRERAS ACREDITADAS

Micaela Avellaneda¹, Pamela De Francesco¹, Agustina Chávez Pilon¹, Nilda Fink^{2*}

¹ Integrante del Programa de Estímulos para el Avance de las Ciencias del Laboratorio Clínico (PROES). Fundación Bioquímica Argentina (FBA). Servicio de Apoyo Científico-Técnico al Profesional (SACT). Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires (FABA). Buenos Aires, Argentina.

² Directora del Programa de Estímulos para el Avance de las Ciencias del Laboratorio Clínico (PROES). Fundación Bioquímica Argentina (FBA). Servicio de Apoyo Científico-Técnico al Profesional (SACT). Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires (FABA). Buenos Aires, Argentina.

* Autor a quién dirigir la correspondencia: nfink@fbpba.org.ar

RESUMEN

La carrera de Bioquímica ha experimentado, en las últimas cinco décadas, una transformación progresiva desde un modelo centrado en la química analítica clásica hacia un perfil clínico y molecular, orientado a la toma de decisiones en salud. En la Argentina, esta evolución se desarrolla en un marco regulatorio común, dado que las carreras se encuentran comprendidas en el artículo 43 de la Ley de Educación Superior y sujetas a acreditación obligatoria por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU). Como antecedente estructurante, la Resolución 565/2004 del Ministerio de Educación estableció contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima, criterios de formación práctica y actividades profesionales reservadas al título de Bioquímico. Este estudio analiza de manera longitudinal la evolución curricular de la carrera de Bioquímica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (FFyB-UBA) desde 1975 hasta los planes vigentes y proyectados hacia 2030, adoptando este trayecto como caso de estudio para identificar tendencias en carreras acreditadas por CONEAU. Mediante un análisis documental comparativo, se estimó el peso relativo de los principales ejes curriculares y se evaluó la incorporación de biología molecular, gestión, calidad, regulación, competencias digitales e inteligencia artificial (IA). Los resultados evidencian una disminución sostenida del peso, mayoritariamente, de las ciencias básicas, una expansión del componente clínico-interpretativo y una incorporación aún incipiente de la alfabetización digital y de la IA. La discusión destaca el rol emergente del bioquímico como garante de calidad, intérprete crítico de datos y corresponsable del uso ético de tecnologías. Finalmente, se proponen lineamientos orientadores para futuras reformas curriculares hacia 2030, articulando estándares de calidad, autonomía institucional y transformación tecnológica del laboratorio clínico.

SUMMARY

CURRICULAR EVOLUTION OF THE BIOCHEMISTRY DEGREE IN ARGENTINA (1975-2030): LONGITUDINAL ANALYSIS OF TRANSFORMATIONS IN ACCREDITED PROGRAMS

Over the past five decades, the Biochemistry degree program has undergone a progressive transformation from a model centered on classical analytical chemistry toward a clinical and molecular profile, oriented toward decision-making in healthcare. In Argentina, this evolution takes place within a common regulatory framework, since these degree programs are encompassed under Article 43 of the Higher Education Law and are subject to mandatory accreditation by the National Commission for University Evaluation and Accreditation (CONEAU). As a structuring precedent, Resolution 565/2004 of the Ministry of Education established basic curricular contents, minimum workload requirements, criteria for practical training, and professional activities reserved for the Biochemist degree. This study longitudinally analyzes the curricular evolution of the Biochemistry program at the Faculty of Pharmacy and Biochemistry of the University of Buenos Aires (FFyB-UBA) from 1975 to the current curricula and those projected toward 2030, adopting this trajectory as a case study to identify trends in CONEAU-accredited degree programs. Through a comparative documentary analysis, the relative weight of the main curricular axes was estimated, and the incorporation of molecular biology, management, quality, regulation, digital competencies, and artificial intelligence (AI) was assessed. The results evidence a sustained decrease in the weight, for the most part, of the basic sciences, an expansion of the clinical-interpretative component, and a still incipient incorporation of digital literacy and AI. The discussion highlights the emerging role of the biochemist as a guarantor of quality, a critical interpreter of data, and a co-responsible actor in the ethical use of technologies. Finally, guiding principles are proposed for future curricular reforms toward 2030, articulating quality standards, institutional autonomy, and the technological transformation of the clinical laboratory.

Palabras clave: carrera de Bioquímica; perfil de egreso; evolución curricular

Key words: Biochemistry degree; graduate profile; curriculum evolution

INTRODUCCIÓN

La carrera de Bioquímica en la Universidad de Buenos Aires (UBA) fue la primera creada en el país y tiene sus inicios en un proyecto de Doctorado en Bioquímica y Farmacia presentado en 1919 por el Prof. Dr. Juan Antonio Sánchez, químico y farmacéutico, quien se desempeñaba como profesor titular de Química Analítica en el Doctorado en Farmacia, creado apenas tres años antes en esa casa de estudios. Hasta entonces, la creciente demanda de profundización en los estudios vinculados con la práctica del laboratorio clínico encontraba respuesta en tres ofertas académicas: en primer lugar, el Doctorado en Química creado en 1896 y dictado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UBA; en segundo lugar, el Doctorado en Química y Farmacia dictado en la Universidad Nacional de La Plata y creado en 1905; y en tercer lugar, el Doctorado en Farmacia mencionado anteriormente, creado en 1916. En ese contexto, el proyecto presentado por Juan A. Sánchez, aprobado el 4 de diciembre de 1919, estableció a la Bioquímica en el grado doctoral como un perfeccionamiento de la formación en Farmacia y marcó el inicio del proceso de profesionalización de la disciplina en el país (Añon *et al.*, 2022; Busala, 2024).

Durante gran parte del siglo XX, la carrera de Bioquímica en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (FFyB-UBA) se estructuró sobre un paradigma fuertemente analítico, centrado en la formación en química, técnicas instrumentales y control de procesos de laboratorio. En este modelo, el bioquímico era concebido principalmente como productor de resultados confiables, con una participación indirecta en la toma de decisiones clínicas y un rol limitado en la interpretación diagnóstica integrada (Ferraro *et al.*, 2016; Horvath *et al.*, 2015; Plebani, 2015).

En las últimas décadas, profundas transformaciones tecnológicas, regulatorias y organizacionales han redefinido el rol del laboratorio clínico. La expansión de la biología molecular y la biotecnología, la consolidación de sistemas de gestión de la calidad, la digitalización de los sistemas de información en salud y, más recientemente, la irrupción de la inteligencia artificial (IA), han desplazado progresivamente el foco desde el procedimiento técnico aislado hacia la interpretación clínica integrada, la gestión del riesgo y la generación de valor en salud (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 2024; World Health Organization, 2021; Plebani, 2006; Chiu *et al.*, 2015; Greub *et al.*, 2016).

Este cambio no se limita a un conjunto reducido de instituciones, sino que se inscribe en un marco regulatorio nacional que condiciona y orienta la formación de grado en Bioquímica en la Argentina. Las carreras de Bioquímica se encuentran comprendidas dentro del artículo 43 de la Ley de Educación Superior, lo que implica procesos periódicos de acreditación obligatoria ante la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU). Dichos procesos establecen estándares comunes en términos de contenidos mínimos, cargas horarias, prácticas profesionales supervisadas, formación ética y aseguramiento de la calidad, configurando un piso normativo compartido a nivel federal incluidos en la Resolución RS-2021-42728504-APN-ME de CONEAU. (Ley 24.521, 1995; Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, 2021). Esta normativa, al igual que las modificaciones anteriores, encuentra sustento en la Resolución 565/2004 del Ministerio de Educación, Ciencia y Técnica que establece los contenidos curriculares básicos, reconoce la equivalencia de los títulos de Licenciado en Bioquímica existentes y determina las actividades profesionales reservadas al título de Bioquímico (Resolución 565, 2004).

En este contexto, el análisis de la evolución curricular de la carrera de Bioquímica de la FFyB-UBA se propone como un ejemplo de caso de estudio. Dado el valor histórico de la UBA como institución formadora y su alineación con los criterios de acreditación vigentes, se plantea que las transformaciones observadas en sus planes de estudio anticipan, con variaciones locales, tendencias estructurales estimables para el conjunto de las carreras de Bioquímica acreditadas por CONEAU en el país. La convergencia regulatoria, sumada a presiones tecnológicas y sanitarias comunes, permite sostener la hipótesis de una evolución curricular comparable a nivel federal, particularmente en lo referido a la integración clínica, el aseguramiento de la calidad, la digitalización y la incorporación progresiva de competencias vinculadas a la IA, así como al fortalecimiento de habilidades interpersonales transversales necesarias para la interpretación crítica, la comunicación efectiva, el trabajo interdisciplinario y la toma de decisiones éticamente informadas en entornos clínicos complejos (European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019; Epner, 2013; Porter, 2010; Plebani, 2024; Topol, 2019).

Desde esta perspectiva, el presente estudio trasciende el interés institucional específico y aporta un marco analítico para comprender la evolución y los desafíos de la formación bioquímica en la Argentina en su conjunto. El objetivo fue analizar la evolución curricular de la carrera de Bioquímica de la FFyB-UBA desde 1975 hasta la actualidad, identificar transformaciones estructurales relevantes y proyectar escenarios formativos hacia 2030, con especial énfasis en la integración clínica, la calidad, la gestión, la digitalización y la IA, considerando su potencial extrapolación al sistema universitario nacional regulado por CONEAU.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio documental, longitudinal y comparativo, basado en el análisis de los planes de estudio oficiales de la carrera de Bioquímica de la FFyB-UBA. El corpus documental incluyó reformas curriculares, programas analíticos de asignaturas, resoluciones institucionales y documentos de acreditación correspondientes al período comprendido entre 1975 y los planes vigentes al año 2025. La documentación no disponible en la página de la mencionada institución nos fue generosamente facilitada a los fines de este estudio. A partir de este material, se desarrolló un ejercicio de proyección analítica con horizonte 2030, orientado a explorar escenarios formativos plausibles; dicha proyección corresponde a una extrapolación prospectiva basada en tendencias históricas, marcos regulatorios y estándares internacionales. El análisis se organizó en cuatro períodos históricos:

- 1975-1986 (modelo analítico clásico)
- 1986-2008 (modernización estructural)
- 2008-2023 (analítica avanzada)
- 2025-2030 (planes vigentes y proyecciones institucionales)

Clasificación curricular

Cada asignatura de los planes de estudio fue clasificada en uno de cuatro ejes analíticos:

1. Ciencias básicas (química, física, biología, bioquímica general).
2. Clínica y diagnóstico (bioquímica clínica, microbiología clínica, inmunología, fisiopatología).
3. Calidad, gestión y regulación (control de calidad, trazabilidad, normativa sanitaria, gestión).
4. Competencias digitales y transversales (bioestadística aplicada, informática en salud, IA, ética, seguridad del paciente).

La categorización se realizó mediante lectura independiente de los programas y triangulación temática para asegurar consistencia.

Estimación del peso curricular

Dada la heterogeneidad entre planes y períodos, el peso relativo de cada eje se estimó combinando:

- conteo de asignaturas,
- análisis de cargas horarias cuando estuvieron disponibles,
- revisión de objetivos y contenidos mínimos,
- ubicación curricular (ciclo básico vs ciclo profesional).

Los resultados se expresaron como porcentajes aproximados con finalidad comparativa y de análisis de tendencias.

Triangulación, análisis asistido por IA y proyección prospectiva

Con el objetivo de explorar escenarios formativos plausibles hacia 2030, se incorporó un análisis prospectivo asistido por IA generativa.

El modelo de IA utilizado fue instruido para realizar un análisis de tipo conceptual-relacional a partir de la información previamente sistematizada y validada. Específicamente, se solicitó al modelo:

- identificar tendencias emergentes a partir de la evolución histórica de los ejes curriculares,
- agrupar conceptos y competencias en *clusters* temáticos (por ejemplo, clínica integrada, calidad, digitalización, IA, ética),
- explorar relaciones conceptuales entre áreas formativas,
- relacionar núcleos temáticos y competencias con inserción laboral dada la relevancia para la profesión,
- y generar escenarios prospectivos coherentes con estándares internacionales y literatura reciente en laboratorio clínico.

Tabla 1. Principales hitos y proyecciones curriculares en la carrera de Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (1975-2030)

Período	Características dominantes	Hitos y proyecciones curriculares relevantes
1975-1986	Modelo analítico clásico	Predominio de química y ciencias básicas; enfoque técnico-instrumental; escasa integración clínica
1986-2008	Modernización estructural	Reorganización curricular; consolidación del ciclo básico y profesional
2008-2023	Analítica avanzada	Incorporación de biología molecular, genética, inmunología; ampliación de prácticas pre-profesionales
2025-2030	Integración clínica y de calidad	Mayor peso de bioquímica clínica; fortalecimiento de calidad, trazabilidad y regulación; alfabetización digital incipiente

La interacción con el modelo se realizó mediante prompts estructurados, controlados y reproducibles, basados exclusivamente en datos, categorías analíticas y marcos conceptuales previamente definidos. No se incorporaron fuentes externas no verificadas ni datos inéditos, y todas las salidas generadas por la IA fueron sometidas a revisión crítica, interpretación y validación.

Este procedimiento permitió enriquecer la proyección hacia 2030 mediante una síntesis asistida de patrones, conexiones y tendencias, sin sustituir el análisis experto humano. El uso de IA se consideró una herramienta complementaria de apoyo metodológico, en línea con recomendaciones actuales sobre el uso responsable, transparente y ético de tecnologías de IA en investigación académica.

RESULTADOS

Evolución estructural de la carrera de Bioquímica de la FFyB-UBA (1975-2030)

El análisis longitudinal de los planes de estudio oficiales, como ya fue mencionado, evidenció una transformación progresiva y sostenida desde un currículo predominantemente analítico hacia un perfil clínico-integrado, con creciente énfasis en la interpretación diagnóstica, la calidad y la toma de decisiones en salud.

En los planes correspondientes al período inicial (1975-1986), las ciencias básicas, química general, química orgánica, física, matemáticas y bioquímica general, concentraban aproximadamente 65-70 % de la carga formativa total. En esta etapa, los contenidos clínicos y de gestión eran escasos y se encontraban mayormente concentrados en asignaturas terminales, con una vinculación indirecta con la práctica asistencial.

A partir de la reforma de 2008, y su modificación posterior en 2016, se observó una expansión significativa de áreas vinculadas a biología molecular, genética, inmunología, microbiología clínica, fisiopatología, bromatología, medio ambiente y toxicología acompañada por la incorporación sistemática de prácticas preprofesionales supervisadas. Desde el punto de vista estructural, este período marca el inicio de una redistribución del peso curricular hacia contenidos clínico-diagnósticos y de otras áreas, sin desarticular la base científica tradicional.

En los planes más recientes (2008-2023), el componente clínico y diagnóstico alcanza aproximadamente 35-40 % del currículo, reflejando un cambio de enfoque desde la ejecución técnica hacia la interpretación de resultados, su validación y su impacto asistencial. Este desplazamiento se manifiesta tanto en la cantidad de asignaturas como en su ubicación curricular, con mayor presencia en ciclos intermedios y avanzados de la carrera.

Desde una perspectiva conceptual, esta evolución sugiere un pasaje del bioquímico como productor de datos analíticos al bioquímico como intérprete clínico de información diagnóstica compleja, con responsabilidad directa en la calidad y la seguridad del proceso asistencial (Figuras 1 y 2) (Tabla 1).

En este marco, la transformación curricular no se reduce a una redistribución de contenidos, sino que implica una verdadera evolución. En primer lugar, las orientaciones mediante asignaturas optativas constituyen un componente positivo para la construcción de perfiles bioquímicos diferenciados, al permitir trayectorias acordes a intereses y proyecciones profesionales, ampliando y diversificando la inserción laboral en escenarios de desempeño heterogéneos. En segundo lugar, dado que la oferta optativa se define anualmente, estas asignaturas operan también como un mecanismo ágil de innovación curricular, que permite incorporar y testear tempranamente temáticas emergentes, por ejemplo, IA en salud, y evaluar su impacto formativo como insumo para una eventual incorporación futura como materia obligatoria. En tercer lugar, la inclusión de talleres de iniciación al rol profesional y científico aporta un soporte pedagógico específico para el cambio de paradigma, al articular desde etapas tempranas saberes básicos,

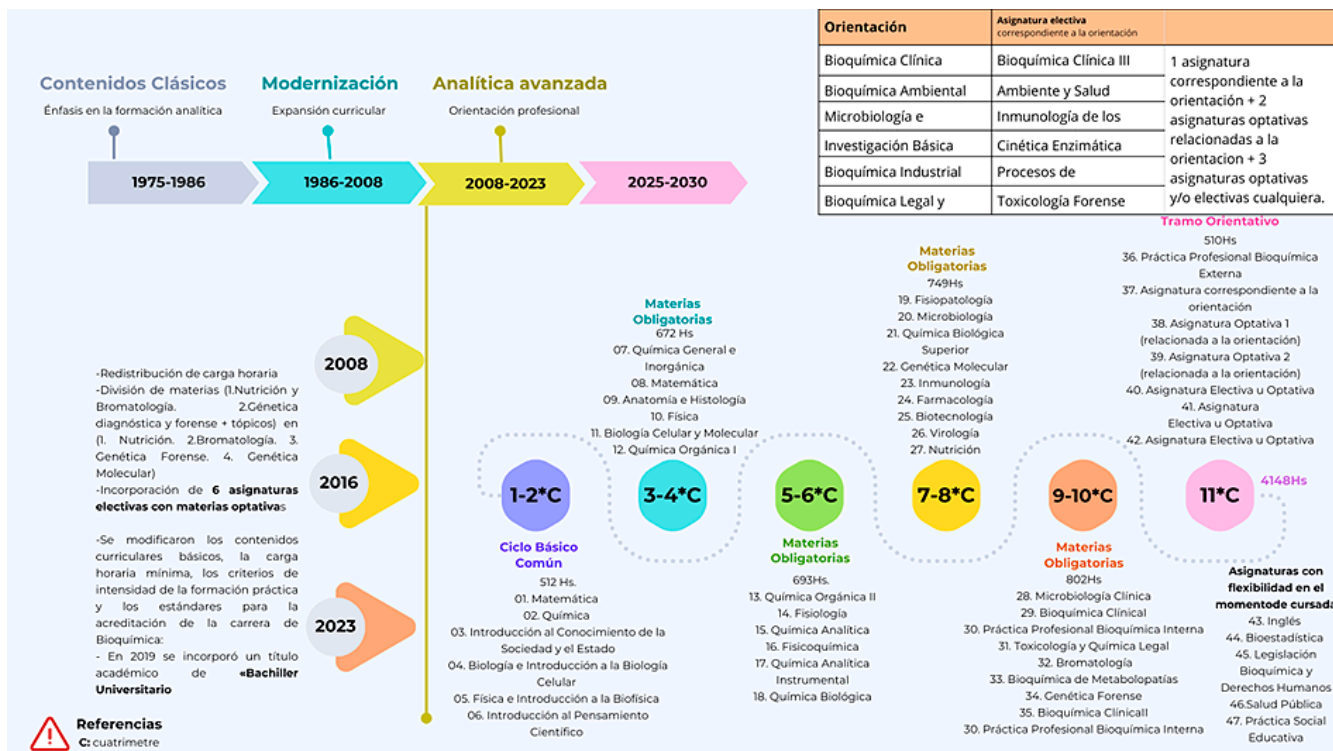


Figura 1: Evolución curricular de la carrera de Bioquímica 1975-2023.

práctica clínica e investigación, fortaleciendo la identidad del bioquímico como intérprete crítico, corresponsable del proceso asistencial y en la investigación básica y aplicada en temáticas afines. Finalmente, la existencia de asignaturas con elección del momento de cursada introduce flexibilidad académica, facilitando la continuidad y el avance en la carrera según los tiempos, decisiones y necesidades de cada estudiante.

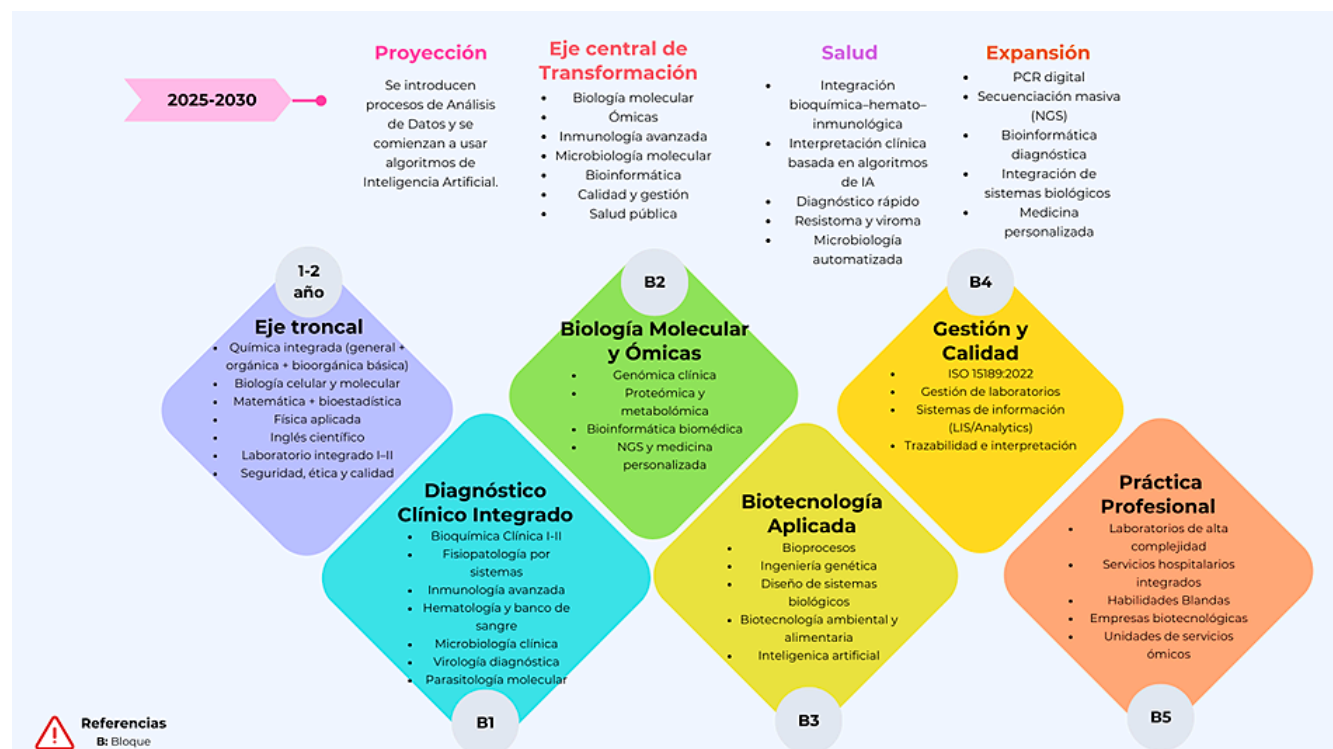


Figura 2. Proyección de la carrera de Bioquímica 2030.

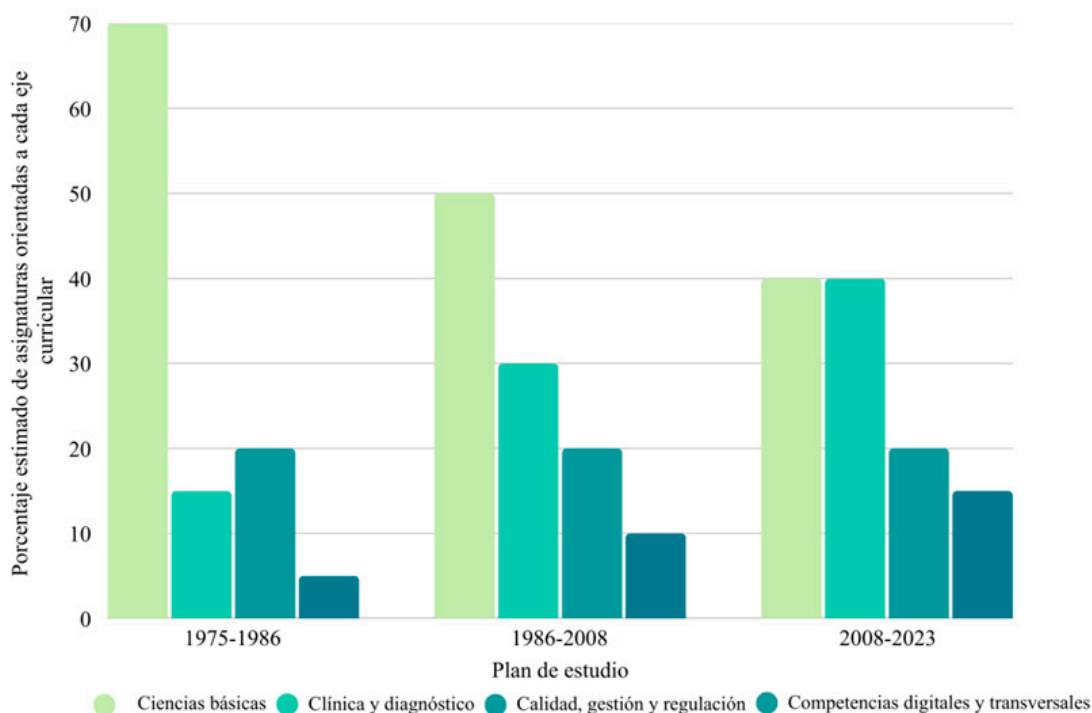


Figura 3. Distribución porcentual estimada de los ejes curriculares de la carrera de Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires según período analizado (1975-2023)

Los hitos curriculares se identificaron mediante análisis documental de planes oficiales, programas de asignaturas y resoluciones institucionales. La periodización refleja cambios estructurales en la orientación formativa de la carrera y permite contextualizar la redistribución de los ejes curriculares observada en el análisis cuantitativo.

Redistribución cuantitativa de los ejes curriculares

La estimación del peso relativo de los ejes curriculares permitió comparar la estructura formativa a lo largo del período analizado (Figura 3).

Estas estimaciones se basaron en la combinación de conteo de asignaturas por eje, análisis de cargas horarias cuando estuvieron disponibles y revisión de objetivos y contenidos mínimos declarados en los programas oficiales. Si bien los valores deben interpretarse como aproximaciones comparativas, los cambios observados muestran una tendencia estructural consistente hacia la integración clínica, la gestión y la calidad, manteniendo una base científica sólida.

Incorporación de inteligencia artificial y alfabetización digital

La revisión detallada de los planes de estudio no identificó a la IA como una competencia curricular explícita, formal y evaluable en ninguno de los períodos analizados, sin tener en cuenta la oferta de optativas puesto que son opciones variables.

No obstante, el análisis permitió cómo identificar distintos niveles basados en la incorporación de contenidos relacionados con la alfabetización digital y el análisis de datos. (Figura 4).

La clasificación por niveles se utilizó como herramienta analítica para evaluar la incorporación de la IA en la carrera. Si bien se detectan contenidos que aportan bases instrumentales y aplicaciones indirectas, no se identificó la IA como competencia curricular en los planes de estudio de Bioquímica de la FFyB-UBA.

Integración de habilidades interpersonales en contextos disciplinares

El análisis de los planes de estudio evidenció que las habilidades interpersonales y transversales, comunicación clínica, razonamiento profesional, trabajo interdisciplinario y ética, no se presentan mayoritariamente como asignaturas independientes, sino integradas dentro de contextos disciplinares específicos. Estas competencias se encuentran principalmente incorporadas en: bioquímica clínica y microbiología clínica, inmunología y fisiopatología y las prácticas profesionales supervisadas.

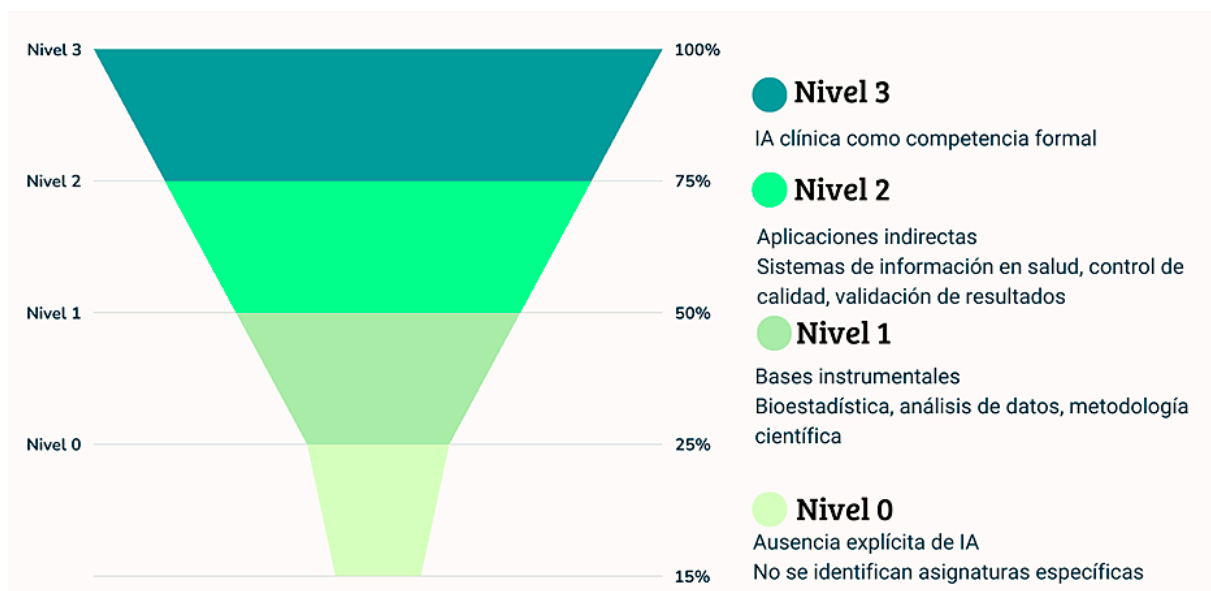


Figura 4. Nivel de incorporación de inteligencia artificial y competencias digitales en los planes de estudio de la carrera de Bioquímica.

La ausencia de materias aisladas de habilidades interpersonales, combinada con su integración sistemática en espacios clínicos y prácticos, sugiere una estrategia curricular implícita orientada a la contextualización de dichas competencias en escenarios reales de atención, favoreciendo su vínculo con la seguridad del paciente y la toma de decisiones basada en la ética y la evidencia (Tabla 2).

Núcleos temáticos del plan de estudio e inserción laboral

La salida laboral de los profesionales en Bioquímica se encuentra íntimamente vinculada con los contenidos del plan de estudios. Los estudiantes tienen, en algunos casos, la posibilidad de alinear su trayecto formativo en base a las posibilidades laborales reales, asegurando la incorporación de conocimientos y competencias pertinentes. La Tabla 3 sintetiza el perfil profesional del graduado a partir de los núcleos temáticos del plan, articulando competencias específicas con ámbitos concretos de desempeño.

Las ciencias básicas fisicoquímicas brindan el sustento conceptual para la industria química, la docencia y el desarrollo analítico. El núcleo biomédico y fisiopatológico orienta la formación hacia el laboratorio clínico, la salud pública y áreas como la nutrición, mientras que la capacitación en instrumental moderno y gestión de calidad fortalece la práctica tanto en laboratorios clínicos como industriales. A su vez, la biología molecular y la genética amplían el campo hacia el diagnóstico genómico, la biotecnología y la investigación básica y aplicada. Complementariamente, la microbiología, inmunología y virología sostienen competencias para el diagnóstico de infecciones y la vigilancia epidemiológica, y la farmacología y toxicología habilitan funciones en monitoreo terapéutico, peritaje y organismos regulatorios.

La bromatología y el ambiente proyectan salidas en la industria alimentaria y laboratorios ambientales, mientras que la formación en ética y legislación profesional refuerza responsabilidades normativas, dirección técnica y participación en políticas sanitarias.

Un eje estratégico adicional es la investigación básica y aplicada, donde el bioquímico puede integrarse en universidades, hospitales, centros científicos (como el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET) o empresas biotecnológicas. Su formación lo posiciona como actor clave tanto en la producción de

Tabla 2. Integración de habilidades interpersonales transversales y longitudinales en la carrera de Bioquímica

Competencia	Modalidad de incorporación	Ámbitos curriculares predominantes
Comunicación clínica	Integrada	Bioquímica clínica, microbiología clínica
Ética profesional	Integrada	Prácticas profesionales, normativa sanitaria
Trabajo interdisciplinario	Integrada	Prácticas preprofesionales, áreas clínicas
Razonamiento profesional	Integrada	Diagnóstico clínico, validación de resultados

Tabla 3. Inserción laboral asociada a las competencias adquiridas en los distintos núcleos temáticos

Núcleo temático	Competencias principales	Salidas laborales asociadas
Ciencias básicas fisicoquímicas	Dominio de fundamentos químicos, físicos y matemáticos aplicados	Industria química, docencia, desarrollo de métodos.
Núcleo biomédico y fisiopatológico	Comprensión de estructura y función del organismo humano	Laboratorio clínico, salud pública, nutrición.
Análítica e instrumental	Manejo de técnicas analíticas e instrumentación moderna	Laboratorios clínicos e industriales, gestión de calidad
Biología molecular y genética	Bases moleculares de enfermedad, diagnóstico genético	Laboratorios de genómica clínica, biotecnología. Investigación básica y aplicada.
Microbiología, inmunología y virología	Diagnóstico de infecciones, inmunodiagnóstico	Laboratorios bacteriológicos, vigilancia epidemiológica. Investigación básica y aplicada.
Farmacología y toxicología	Monitoreo terapéutico, análisis toxicológico y pericial	Toxicología clínica, laboratorios forenses, organismos reguladores y de contralor. Investigación básica y aplicada.
Biotecnología e industria	Procesos productivos y tecnologías biomédicas	Industria biotecnológica, startups, producción de kits, organismos reguladores y de contralor. Investigación básica y aplicada.
Bromatología y ambiente	Control de alimentos, contaminantes y salud ambiental	Industria alimentaria, laboratorios ambientales, organismos reguladores y de contralor. Investigación básica y aplicada.
Ética, legislación y rol profesional	Responsabilidad sanitaria, marco normativo y social	Dirección técnica, auditoría, políticas de salud, organismos reguladores y de contralor. Investigación básica y aplicada.

conocimiento de frontera como en su transferencia hacia innovaciones diagnósticas, terapéuticas y tecnológicas, incorporando herramientas emergentes como la bioinformática y la IA.

DISCUSIÓN

El análisis longitudinal de los planes de estudio de Bioquímica de la FFyB-UBA (1975-2030) evidencia una transformación curricular sostenida que no puede interpretarse como una sucesión de reformas aisladas, sino como un cambio de paradigma en la formación del bioquímico. La trayectoria observada refleja el desplazamiento desde un modelo centrado en la química analítica clásica y el dominio técnico-instrumental hacia un perfil clínico-integrado, molecular y progresivamente digital, orientado a la toma de decisiones en salud, la gestión del riesgo y el aseguramiento de la calidad (Ferraro *et al.*, 2016; Plebani, 2015; Porter, 2010; Plebani, 2024; Epner, 2013).

Desde la perspectiva curricular, los hallazgos cuantitativos y cualitativos muestran una reconfiguración progresiva del equilibrio entre ejes formativos. El período inicial (1975-1986) se caracteriza por un claro predominio de las ciencias básicas, coherente con un laboratorio concebido fundamentalmente como espacio de producción confiable de resultados analíticos (Horvath *et al.*, 2015; Plebani, 2015). En etapas posteriores, particularmente desde la reforma de 2008, se observa una expansión del componente clínico-diagnóstico y biomédico, con mayor presencia de inmunología, microbiología clínica, genética y biología molecular, junto con un fortalecimiento de las prácticas preprofesionales supervisadas (Greub *et al.*, 2016; Chiu *et al.*, 2015). Este viraje no implica una desvalorización de los fundamentos analíticos, sino su integración en un marco interpretativo más complejo, donde el desempeño profesional depende crecientemente de la capacidad de validar, contextualizar e interpretar resultados en escenarios clínicos reales (Ferraro *et al.*, 2016).

En términos del rol profesional, la tendencia central identificada es el pasaje del bioquímico como ejecutor técnico a intérprete clínico y garante de calidad, con responsabilidad ampliada sobre la trazabilidad, la confiabilidad de la información diagnóstica y su impacto asistencial (Panteghini, 2009; Porter, 2010; Plebani, 2024). Esta lectura resulta consistente con la lógica del artículo 43, que regula aquellas profesiones cuyo ejercicio puede comprometer el interés público, exigiendo competencias que exceden el procedimiento técnico e incorporan la seguridad del paciente, la calidad del proceso total y la interacción efectiva con equipos de salud (Ley 24.521, 1995; World Health Organization, 2021). En este sentido, las actividades profesionales reservadas al título de Bioquímico constituyen un marco explicativo del énfasis curricular creciente en componentes interpretativos y de gestión (Resolución 565, 2004).

Un hallazgo relevante es la expansión progresiva del eje de calidad, gestión y regulación, que puede interpretarse como respuesta a la creciente complejidad tecnológica del laboratorio, la necesidad de estandarización de

procesos y la consolidación de modelos de salud orientados al valor (Ferraro *et al.*, 2016; ISO, 2022; Porter, 2010). En este contexto, los contenidos vinculados al aseguramiento de la calidad dejan de ser complementarios y se constituyen en una condición necesaria para el ejercicio de competencias reservadas, como la dirección técnica y la auditoría de laboratorios (ISO, 2022; Sciacovelli *et al.*, 2017).

En contraste, el análisis revela una incorporación aún fragmentaria de competencias digitales avanzadas e IA, que no se presentan como competencias explícitas, formales y evaluables en los planes de estudio analizados (Cabitza *et al.*, 2017; Collins *et al.*, 2021; Topol, 2019). Esta brecha no debe interpretarse únicamente como demora institucional, sino como reflejo de la ausencia de exigencias regulatorias específicas en este campo. No obstante, la creciente integración de sistemas algorítmicos en el laboratorio clínico plantea la necesidad de formar profesionales capaces de comprender, validar y supervisar críticamente estas tecnologías, atendiendo a sus riesgos, sesgos y dimensiones éticas (European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2023; Shortliffe & Sepúlveda, 2018; Albahra *et al.*, 2023).

De manera complementaria, la integración transversal de habilidades interpersonales dentro de contextos disciplinares específicos constituye un rasgo relevante del diseño curricular observado. Competencias como la comunicación clínica, el trabajo interdisciplinario, el liderazgo profesional y el razonamiento ético aparecen integradas en espacios clínicos y prácticas supervisadas, lo que favorece su contextualización en escenarios reales de atención y su articulación con la seguridad del paciente y la toma de decisiones basada en valor (Porter, 2010; World Health Organization, 2021; Epner, 2013).

Finalmente, la articulación entre la formación de grado y el desarrollo profesional continuo aporta una dimensión interpretativa adicional. El reconocimiento del Ministerio de Salud de las especialidades bioquímicas a nivel nacional (Resolución 1.341, 2013) evidencia un campo profesional crecientemente diferenciado y complejo, que demanda una base formativa sólida y flexible para habilitar trayectorias de especialización coherentes con las necesidades sanitarias del país. Desde esta perspectiva, la evolución curricular observada en la FFyB-UBA puede interpretarse como una adaptación progresiva orientada a sostener un egreso habilitante articulable con ese mapa de especialización.

En conjunto, los resultados indican que la evolución curricular analizada responde a un doble movimiento: por un lado, la convergencia regulatoria nacional en estándares, acreditación y actividades reservadas; y por otro, la transformación tecnológica y organizacional del laboratorio clínico hacia modelos basados en valor (Ferraro *et al.*, 2016; International Organization for Standardization, 2022; Porter, 2010). En este cruce se redefine el perfil del bioquímico como un profesional orientado a la integración clínica, la calidad, la interpretación crítica de datos y la responsabilidad ética. En perspectiva 2030, el desafío central no parece residir únicamente en la incorporación de nuevas tecnologías, sino en consolidar una formación que permita supervisar críticamente sistemas complejos, incluida la IA, y ejercer un rol activo, comunicacional y éticamente informado dentro del equipo de salud (Topol, 2019; World Health Organization, 2021).

CONCLUSIONES

La evolución curricular analizada evidencia un proceso de transformación sostenido que acompaña la redefinición del rol del laboratorio clínico dentro de los sistemas de salud contemporáneos. Esta trayectoria se caracteriza por una orientación creciente hacia la toma de decisiones clínicas, el aseguramiento de la calidad y la seguridad del paciente, en consonancia con los cambios observados a nivel internacional y los modelos de salud basados en valor (Ferraro *et al.*, 2016; Porter, 2010; Plebani, 2024; World Health Organization, 2021).

Por otra parte, la transformación curricular planteada representa una evolución formativa integral, al incorporar asignaturas optativas como herramienta para diversificar perfiles profesionales y facilitar la innovación temprana mediante la inclusión de temáticas emergentes. Asimismo, los talleres de iniciación al rol científico articulan saberes básicos, práctica clínica e investigación, fortaleciendo la identidad del bioquímico como actor crítico en la producción de conocimiento. De este modo, el currículo favorece la integración entre investigación básica y aplicada, orientada tanto a la comprensión de procesos biomoleculares como al desarrollo de soluciones diagnósticas sanitarias, medioambientales y de seguridad alimentaria, entre otras, sustentables.

Si bien el análisis se sitúa en una institución específica, su valor se extiende al ámbito federal al estar inserto en un marco normativo común a todas las carreras acreditadas en la Argentina. La consolidación de la regulación como eje formativo y la expansión del componente clínico-interpretativo configuran tendencias que se reproducen a nivel nacional dadas las exigencias derivadas del artículo 43 de la Ley de Educación Superior y los procesos de acreditación periódica (Ley 24.521, 1995; Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, 2021; Resolución 565, 2004).

No obstante, el estudio identifica como desafío transversal la incorporación aún incompleta de competencias digitales avanzadas, particularmente aquellas vinculadas con la IA. En un escenario de creciente automatización y uso de sistemas de apoyo a la decisión en el laboratorio clínico, resulta prioritario avanzar hacia una integración curricular explícita y evaluable de estas herramientas, con énfasis en la validación clínica, la gobernanza tecnológica, la identificación de sesgos y la ética profesional (Cabitza *et al.*, 2017; Collins *et al.*, 2021; Shortliffe & Sepúlveda, 2018; Topol, 2019; Albahra *et al.*, 2023). Asimismo, el fortalecimiento de habilidades interpersonales emerge como un componente indispensable de la formación. La capacidad de interpretar críticamente la información, comunicarse de manera efectiva con otros profesionales de la salud y ejercer un liderazgo ético en entornos complejos resulta hoy tan relevante como el dominio de las nuevas tecnologías (Porter, 2010; Plebani, 2024; WHO, 2021).

En conjunto, estos hallazgos aportan un marco conceptual para orientar futuras reformas curriculares alineadas con los desafíos actuales del laboratorio clínico y los principios de la salud basados en valor.

Aprobación ética: Este estudio no involucró seres humanos ni animales, por lo que no requirió aprobación ética, conforme a la Declaración de Helsinki de 1964 y sus posteriores modificaciones.

Consentimiento informado: No aplica.

Conflicto de intereses: Ninguno declarado.

Financiación: No recibió financiamiento de agencias públicas o privadas.

Uso de IA: Este manuscrito fue elaborado con asistencia de ChatGPT versión 5.2 (OpenAI, 2025), utilizado como herramienta de apoyo para la revisión de estilo y la sistematización y exploración analítica de información curricular, en un marco metodológico exploratorio y no decisorio. Las autoras definieron las categorías analíticas, controlaron los *prompts* utilizados, verificaron la coherencia y exactitud del contenido y asumieron en todo momento la responsabilidad intelectual por el análisis, la interpretación de los resultados y las conclusiones del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albahra S., Gorbett T., Robertson S., D'Aleo G., Kumar S.V.S., Ockunzzi S., *et al.* (2023). Artificial intelligence and machine learning overview in pathology & laboratory medicine: A general review of data preprocessing and basic supervised concepts. *Semin Diagn Pathol.* 40(2):71-87. DOI: [10.1053/j.semmp.2023.02.002](https://doi.org/10.1053/j.semmp.2023.02.002)
- Añón M.C., Fink N.E., Fossati C.A., Gutkind G.O., Nacucchio M.C., Oyhamburu J., *et al.* (2022). *La Bioquímica y la Farmacia: análisis, diagnóstico y perspectivas de la educación universitaria en estos campos*, en "Problemática de la educación en la Argentina: una mirada multidisciplinaria" (Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas, ed.). Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, pp. 235-250.
- Busala A. (2024). El hito inicial de una venerable profesión: la bioquímica. *En Foco*. Disponible en: (<https://enfoco.ffyb.uba.ar/el-hito-inicial-de-una-venerable-profesion-la-bioquimica/>). Consultada el 15 de enero de 2026.
- Cabitza F., Rasoini R., Gensini G.F. (2017). Unintended consequences of machine learning in medicine. *JAMA.* 318(6):517-518. DOI: [10.1001/jama.2017.7797](https://doi.org/10.1001/jama.2017.7797)
- Chiu RWK, Lo YMD, Wittwer CT. (2015). Molecular Diagnostics: A Revolution in Progress. *Clin Chem.* 61(1):1-3. DOI: [10.1373/clinchem.2014.233361](https://doi.org/10.1373/clinchem.2014.233361)
- Collins G.S., Moons K.G.M., Dhiman P., Riley R.D., Beam A.L., Van Calster B., *et al.* (2021). TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. *BMJ.* 385:e078378. DOI: [10.1136/bmj-2023-078378](https://doi.org/10.1136/bmj-2023-078378)
- Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria. (2021). *Estándares de acreditación para títulos de Bioquímica - Licenciatura en Bioquímica, RS-2021-42728504-APN-ME*. Disponible en: (<https://www.coneau.gob.ar/coneau/acreditacion-de-carreras/carreras-de-grado/convocatorias/proyectos/farmacia-y-bioquimica/>). Consultada el 15 de enero de 2026.
- Epnor P.L., Gans J.E., Graber M.L. (2013). When diagnostic testing leads to harm: a new outcomes-based approach for laboratory medicine. *BMJ quality & safety.* 22 Suppl 2(Suppl 2), ii6-ii10. DOI: [10.1136/bmjqs-2012-001621](https://doi.org/10.1136/bmjqs-2012-001621)
- European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. (2019) *Ethics guidelines for trustworthy AI*. Disponible en: (<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>). Consultada el 23 de enero de 2026.

- Ferraro S, Braga F, Panteghini M. (2016). Laboratory medicine in the new healthcare environment. *Clin Chem Lab Med*. 54(4):523-33. DOI: [10.1515/cclm-2015-0803](https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0803)
- Greub G, Sahli R, Brouillet R, Jaton K. (2016). Ten years of R&D and full automation in molecular diagnosis. *Future microbiol*. 11(3): 403-425. DOI: [10.2217/fmb.15.152](https://doi.org/10.2217/fmb.15.152)
- Horvath A.R., Bossuyt P.M., Sandberg S., St John A., Monaghan P.J., Verhagen-Kamerbeek W.D., et al. (2015). Setting analytical performance specifications based on outcome studies: Is it possible? *Clin Chem Lab Med*. 52(9):1299-1304. DOI: [10.1515/cclm-2015-0214](https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0214)
- International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. (2024). *IFCC Strategic Plan 2024-2026*. Disponible en: (<https://ifcc.org/executive-board-and-council/strategic-plan/>). Consultada el 23 de enero de 2026.
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO 15189:2022 Medical laboratories — Requirements for quality and competence*. International Organization for Standardization. Disponible en: (<https://www.iso.org/standard/76677.html>). Consultada el 15 de enero de 2026.
- Ley 24.521 de 1995. *Ley de Educación Superior*. 10 de agosto de 1995. Boletín Oficial de la República Argentina N° 28204. Disponible en: (<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/25394/texact.htm>). Consultada el 15 de enero de 2026.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Artificial intelligence in healthcare*. Paris: OECD. Disponible en: (https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/artificial-intelligence-healthcare_en). Consultada el 23 de enero de 2026.
- Plebani M. (2006). Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? *Clin Chem Lab Med*. 44(6): 750-759. DOI: [10.1515/CCLM.2006.123](https://doi.org/10.1515/CCLM.2006.123)
- Panteghini M. (2009). Traceability as a unique tool to improve standardization in laboratory medicine. *Clin Biochem*. 42(4-5): 236-240. DOI: [10.1016/j.clinbiochem.2008.09.098](https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2008.09.098)
- Plebani M. (2015). Clinical laboratories: production industry or medical services? *Clin Chem Lab Med*. 53(7): 995-1004. DOI: [10.1515/cclm-2014-1007](https://doi.org/10.1515/cclm-2014-1007)
- Plebani M. (2024). Advancing value-based laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med*. DOI: [10.1515/cclm-2024-0823](https://doi.org/10.1515/cclm-2024-0823)
- Porter M.E. (2010). What is value in health care? *N Engl J Med*. 363(26):2477-2481. DOI: [10.1056/NEJMp1011024](https://doi.org/10.1056/NEJMp1011024)
- Resolución 565 de 2004 [Ministerio de Educación]. *Educación Superior: Títulos de Licenciados en Bioquímica*. 10 de junio de 2004. Boletín Oficial de la República Argentina N° 30424. Disponible en: (<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-565-2004-95801/actualizacion>). Consultada el 15 de enero de 2026.
- Resolución 1.341 de 2013 [Ministerio de Salud]. *Listado de especialidades bioquímicas - aprobación*. 27 de agosto de 2013. Boletín Oficial de la República Argentina N° 32713. Disponible en: (<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1341-2013-219173>). Consultada el 26 de enero de 2026.
- Sciacovelli L., Lippi G., Sumarac Z., West J., Garcia Del Pino Castro I., Furtado Vieira K., et al. (2017). Quality indicators in laboratory medicine: the status of the progress of IFCC working group “Laboratory Errors and Patient Safety” project. *Clin Chem Lab Med*. 55(3):348-357. DOI: [10.1515/cclm-2016-0929](https://doi.org/10.1515/cclm-2016-0929)
- Shortliffe E.H., Sepúlveda M.J. (2018). Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA*. 320(21):2199-2200. DOI: [10.1001/jama.2018.17163](https://doi.org/10.1001/jama.2018.17163)
- Topol E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 25(1):44-56. DOI: [10.1038/s41591-018-0300-7](https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7)
- World Health Organization. (2021). *Global patient safety action plan 2021-2030: towards eliminating avoidable harm in health care*. Disponible en: (<https://www.who.int/teams/integrated-health-services/patient-safety/policy/global-patient-safety-action-plan>). Consultada el 23 de enero de 2026.

EL COMPROMISO INELUDIBLE: Contribuciones de las Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas a la Agenda 2030 en la Argentina

Jean-Paul Rossi^{1*}, Pablo Quiroga¹, Horacio Rodríguez², Nélica Mondelo¹

¹ Académicos titulares de la Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica.

² Director del Instituto de Salud y Ambiente del Litoral (ISAL).

* Autor a quién dirigir la correspondencia: vonckers@gmail.com

RESUMEN

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó por unanimidad la Agenda 2030, un plan de acción global con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas. La Argentina, como estado miembro, suscribió este compromiso, aunque en los últimos años se observa una tensión entre sus aspiraciones internacionales —como el ingreso a la OCDE— y las políticas locales respecto a la agenda de sostenibilidad. En este contexto de fragmentación política, las ciencias farmacéuticas y bioquímicas argentinas han emergido como agentes proactivos y estratégicos para el desarrollo sostenible. Este artículo de revisión narra, en un estilo de relato académico, las innumerables contribuciones de estos profesionales a la construcción de un futuro más equitativo, saludable y sostenible. Se abordan los aportes al ODS 1 (Fin de la Pobreza) mediante el diagnóstico de enfermedades desatendidas; al ODS 2 (Hambre Cero) a través de innovaciones biotecnológicas como el trigo HB4®, el estudio del microbioma del suelo, los cultivos perennes y las harinas funcionales; al ODS 3 (Salud y Bienestar) con el desarrollo de vacunas y pruebas de diagnóstico propios, la ampliación del rol farmacéutico en Atención Primaria y los sistemas de bioseguridad; al ODS 4 (Educación de Calidad) mediante la formación continua integrada con inteligencia artificial, genómica y ética; al ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) con la gestión responsable de efluentes en la industria farmacéutica; a los ODS 13, 14 y 15 (Acción Climática y Ecosistemas) mediante tecnologías de monitoreo y biorremediación; y al ODS 17 (Alianzas) a través del enfoque “Una Salud” y las colaboraciones público-privadas. El trabajo concluye que la Argentina posee el capital humano y la capacidad científica necesarios para avanzar hacia los ODS, y que el desafío prioritario es articular estos recursos en una estrategia nacional coherente.

SUMMARY

THE UNWAIVERING COMMITMENT: Contributions of Pharmaceutical and Biochemical Sciences to the 2030 Agenda in Argentina

On September 25, 2015, the United Nations General Assembly unanimously approved the 2030 Agenda, a global action plan with 17 Sustainable Development Goals (SDGs) and 169 targets. Argentina, as a member state, subscribed to this commitment, although in recent years there has been tension between its international aspirations —such as joining the OECD— and local policies regarding the sustainability agenda. In this context of political fragmentation, Argentine pharmaceutical and biochemical sciences have emerged as proactive and strategic agents for sustainable development. This review article narrates, in an academic storytelling style, the numerous contributions of these professionals to building a more equitable, healthy, and sustainable future. It addresses contributions to SDG 1 (No Poverty) through the diagnosis of neglected diseases; to SDG 2 (Zero Hunger) through biotechnological innovations such as HB4® wheat, soil microbiome study, perennial crops, and functional flours; to SDG 3 (Good Health and Well-being) through the development of local vaccines and diagnostics, the expansion of the pharmaceutical role in Primary Health Care, and biosafety systems; to SDG 4 (Quality Education) through continuous training integrated with artificial intelligence, genomics, and ethics; to SDG 6 (Clean Water and Sanitation) through responsible effluent management in the pharmaceutical industry; to SDGs 13, 14, and 15 (Climate Action and Ecosystems) through monitoring technologies and bioremediation; and to SDG 17 (Partnerships) through the “One Health” approach and public-private collaborations. The paper concludes that Argentina possesses the human capital and scientific capacity necessary to advance towards the SDGs, and that the priority challenge is to articulate these resources into a coherent national strategy.

Palabras clave: objetivos de desarrollo sostenible, ciencias farmacéuticas, bioquímica

Key words: sustainable development goals, pharmaceutical sciences, biochemistry

Introducción: Un Faro en Tiempos de Incertidumbre

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó por unanimidad la Agenda 2030, un plan de acción maestro que, con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, trazó una hoja de ruta ambiciosa para garantizar la prosperidad humana, la paz universal y la salud del planeta (United Nations, 2025). La Argentina, como estado miembro, suscribió este compromiso global. Sin embargo, el camino hacia su implementación ha sido heterogéneo, marcado por avances iniciales en el desarrollo de sistemas de seguimiento y una creciente tensión política en los últimos años. La paradoja es evidente: mientras el gobierno nacional declaró de interés prioritario el ingreso a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) mediante el Decreto 591/2024, en el mismo período manifestó explícitamente que la Agenda 2030 “no es una prioridad” (Decreto 591/2024, 2024). Esta inconsistencia, señalada incluso por más de cuarenta científicos argentinos en una publicación de la revista *Biological Conservation*, genera un vacío que la sociedad civil, y en particular sus sectores más especializados, han salido a ocupar (Nori *et al.*, 2024).

En este contexto de fragmentación política, las ciencias farmacéuticas y bioquímicas argentinas han emergido no solo como un pilar del sistema de salud, sino como un agente proactivo y estratégico para el desarrollo sostenible. Lejos de esperar directrices, sus profesionales, respaldados por academias, universidades, instituciones de ciencia y tecnología como el CONICET, y el sector privado, han tejido una red de iniciativas que demuestran que el progreso hacia los ODS es posible desde múltiples frentes. Este artículo se propone narrar, como un relato de logros y desafíos, las innumerables contribuciones de estos investigadores y expertos a la construcción de un futuro más equitativo, saludable y sostenible para la Argentina.

Rompiendo el Ciclo de la Pobreza a través de la Salud y la Alimentación

El vínculo entre la pobreza y la mala salud es un círculo vicioso: la enfermedad empobrece y la pobreza enferma. Romper este ciclo es el objetivo primordial del ODS 1 (Fin de la Pobreza), y los bioquímicos y farmacéuticos contribuyen desde su labor más básica: el diagnóstico y el acceso a terapias. Un estudio reciente liderado por docentes y estudiantes de bioquímica de la Universidad Nacional del Litoral reveló una prevalencia de parasitosis intestinal en el 54 % de los niños de la ciudad de Santa Fe (Gutiérrez *et al.*, 2025). Investigaciones similares en comunidades originarias de Salta, llevadas a cabo por equipos que incluyeron a la Fundación Mundo Sano, elevaron esa cifra al 80 % (Scavuzzo *et al.*, 2024). Estas enfermedades desatendidas, ligadas a la falta de agua potable y saneamiento, perpetúan la desnutrición y afectan el desarrollo cognitivo. Aquí, el diagnóstico bioquímico temprano no es solo una cuestión clínica, sino una herramienta de equidad social. Organizaciones como la Fundación Mundo Sano, con su lucha incansable contra los geohelminthos, ejemplifican cómo la ciencia aplicada puede interrumpir la transmisión intergeneracional de la pobreza (Fundación Mundo Sano, 2020; World Health Organization, 2014). Esta labor se alinea estratégicamente con el ODS 2 (Hambre Cero), área donde la bioquímica argentina destaca a nivel global.

Un exponente de la investigación traslacional -del laboratorio al campo- es la tecnología HB4[®], un gen de resistencia a la sequía desarrollado por el equipo de la académica Raquel Chan (UNL y CONICET). A la fecha de emisión de este documento, *Bioceres*, el primer unicornio biotecnológico de la región y responsable del desarrollo de las semillas portadoras de ese gen, enfrenta una frágil situación financiera que empaña las virtudes de un avance tecnológico local. Diseñado para enfrentar la sequía, esta innovación está actualmente discutida y mientras algunas voces sugieren cuestiones de afectación de intereses de poderosos sectores agroexportadores, otras esgrimen razones regulatorias y comerciales tales como el potencial impacto ambiental debido a su tolerancia al uso (y abuso) de ciertos herbicidas agrotóxicos y menores rendimientos.

Paralelamente, científicos como el bioquímico Luis Wall nos recuerdan que la salud empieza por el suelo. Su enfoque en el microbioma edáfico propone una agricultura ecológica basada en la rotación de cultivos y la vida microbiana, reduciendo la dependencia de agroquímicos (Bichos de Campo, 2025). En la misma línea, la investigadora Renata Reinheimer ha desarrollado una tecnología que convierte cultivos anuales en perennes, protegiendo el suelo con raíces profundas y disminuyendo la labranza (Universidad Nacional del Litoral, s.f.). Finalmente, para abordar la malnutrición materno-infantil, la Académica María Cristina Añón lidera un proyecto que, a través de harinas funcionales elaboradas con cereales y legumbres, busca ofrecer alimentos nutritivos y accesibles para las poblaciones más vulnerables, demostrando que la ciencia de vanguardia puede tener un impacto social directo y tangible (Investiga-CyT UNLP, 2021).

Salud y Bienestar: La Expansión del Rol Profesional en la Era de las Amenazas Sanitarias

El ODS 3 (Salud y Bienestar) es el corazón de la práctica farmacéutica y bioquímica. En la Argentina, este campo ha trascendido los límites tradicionales para convertirse en un actor central en la respuesta a emergencias y en la construcción de un sistema de salud más resiliente. La pandemia de COVID-19 fue una prueba de fuego superada con creces: profesionales de universidades, el CONICET y la ANMAT desplegaron una capacidad de respuesta inédita, desde el desarrollo de diagnósticos moleculares en la UNSAM (Noticias UNSAM, 2020) hasta la creación de la primera vacuna argentina contra el SARS-CoV-2, ARVAC, fruto de una colaboración público-privada ejemplar entre el CONICET, la UNSAM y el laboratorio Cassará (Coria *et al.*, 2024). Esta capacidad de innovación se replicó ante el brote de dengue en 2024 con la aprobación del primer test nacional de antígeno NS1 (Fundación Leloir, 2024).

Pero el rol se expande más allá de la investigación. La Resolución 2949/2021 del Ministerio de Salud, que incorpora formalmente al farmacéutico comunitario en los equipos de Atención Primaria de Salud, es un hito que reconoce su valor en la orientación al paciente, la promoción de hábitos saludables y el seguimiento farmacoterapéutico (Ministerio de Justicia y Seguridad de la Nación, 2021). Esta presencia territorial es vital para enfrentar desafíos como la caída de las coberturas de vacunación infantil, que durante la pandemia se redujeron alarmantemente (Haeuser *et al.*, 2025; UNICEF Argentina y Sociedad Argentina de Pediatría, 2023), o para activar alertas tempranas ante nuevas amenazas, como la Alerta 1/2024 sobre fentanilo (Ministerio de Justicia y Seguridad de la Nación, 2024) y la muy reciente incorporación de nitazenos y análogos del fentanilo en el Listado de estupefacientes. La seguridad y la bioseguridad también son competencias clave, con programas como BIOSEGA de la Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires (Federación Bioquímica Argentina, 2025), que lidera la protección contra riesgos biológicos y químicos, y los aportes de especialistas como la Mgtr. María Constanza Munitis en la gestión de residuos de establecimientos de salud (Munitis & Micucci, 2000), demostrando que la salud humana es indisoluble de la salud ambiental. La accesibilidad a tecnologías sanitarias se ve reforzada por iniciativas como el Programa de Transferencia de Tecnología de mRNA de la OPS, que permitirá la producción local de vacunas en laboratorios argentinos (PAHO, 2025), y la producción de biosimilares por parte de la industria biotecnológica nacional (CILFA, 2025a).

Educación de Calidad y Formación Continua: Forjando a los Profesionales del Futuro

La educación es la base sobre la que se construye todo desarrollo sostenible (ODS 4). Conscientes de la profunda transformación que la inteligencia artificial (IA) y la genómica de precisión están provocando en sus disciplinas, la Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica, en alianza con entidades como el Centro de Capacitación Sinergia (Laboratorios Roemmers), ha asumido un liderazgo en la formación continua (Rossi & Mondelo, 2025, en prensa). El objetivo ya no es solo transmitir conocimientos, sino desarrollar agentes de cambio capaces de abordar problemas complejos. En encuentros que reúnen a universidades nacionales, se debate cómo la IA puede acelerar el desarrollo de fármacos y optimizar la farmacovigilancia, mientras que la genómica permite personalizar tratamientos. Sin embargo, el énfasis está puesto en que el éxito de estas tecnologías depende de habilidades humanas irremplazables: el pensamiento crítico, la comunicación interdisciplinaria y, sobre todo, la ética en el manejo de datos sensibles. Se trata de formar profesionales que no solo sepan operar la tecnología, sino que entiendan su impacto social y ambiental. Iniciativas como el "Programa de Sostenibilidad en Acción" de la Universidad Nacional de La Plata refuerzan esta visión, fomentando una cultura de responsabilidad ambiental desde las aulas (UNLP Institucional, s.f.). La Ley 27621 de Educación Ambiental Integral proporciona, además, un marco normativo para profundizar estos esfuerzos (Ley 27621, 2021).

Gestión Ambiental: Del Agua Limpia a la Acción Climática

La contribución de las ciencias farmacéuticas y bioquímicas se extiende poderosamente a la gestión de los recursos naturales. En el marco del ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), los profesionales despliegan su experticia en el monitoreo de la calidad del agua y el tratamiento de efluentes (IIIA CONICET, 2024; Litter, 2025). La industria farmacéutica nacional ha dado pasos gigantescos en esta dirección. Laboratorios como Adium han reducido su consumo de agua en más de un 40 % por unidad producida (Adium, 2023); ELEA ha implementado plantas de tratamiento que logran una remoción del 95% de la carga orgánica (ELEA, 2024); y Bagó ha ahorrado millones de litros de agua, reutilizándola en sus procesos (Laboratorios Bagó Argentina, 2023). Empresas como Haleon, por su parte, buscan certificaciones internacionales como la *Water Stewardship*, demostrando un compromiso con la



El 25 de septiembre de 2015 la Asamblea General de Naciones Unidas aprobó, por *unanimidad*, la **Agenda 2030**.

- ❖ **17** Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
- ❖ **169** metas concretas a desarrollar con horizonte 2030

Figura 1. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, aprobados por unanimidad por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 (United Nations, 2025).

gestión sustentable del recurso hídrico que va más allá de la norma (*The Alliance for Water Stewardship Standard*, 2025). Este cuidado del agua es, además, un acto de salud pública, ya que el acceso a agua segura es un derecho humano fundamental y una barrera contra enfermedades transmitidas por vectores hídricos, que causan millones de muertes anuales a nivel global (Aquabook, 2024; Noticias ONU, 2022; World Health Organization, 2014).

Este compromiso ambiental se refleja también en la energía (ODS 7) y la producción responsable (ODS 12). La industria está migrando hacia fuentes renovables, como lo demuestra Merck Argentina con su nuevo parque de paneles solares, optimizando sus procesos para reducir la huella de carbono (ODS 13) (Schneider Electric, 2021). En paralelo, la investigación bioquímica explora nuevas fronteras para la protección de los ecosistemas. Frente a la amenaza que representan los microplásticos (Salinas *et al.*, 2023), los antibióticos y los filtros UV (Abud *et al.*, 2024) para la vida submarina (ODS 14), se desarrollan técnicas de monitoreo analítico avanzado, como la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (Fernández *et al.*, 2021), y biosensores portátiles para la detección temprana de contaminantes en las costas (Fabiano & Hernández, 2021). Para la vida terrestre (ODS 15), donde el impacto de plaguicidas como el glifosato es una preocupación creciente (Cuzziol-Boccioni, 2025), con estudios que detectan residuos en poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas (Racca *et al.*, 2025), la ciencia ofrece soluciones innovadoras. El trabajo del Dr. Federico Ariel, que utiliza ARN en espray para potenciar las defensas naturales de las plantas contra patógenos, promete reemplazar pesticidas químicos por una alternativa biológica y sostenible (Ariel, 2024). Junto a la biorremediación microbiana (Pérez *et al.*, 2023), la fitorremediación (Díaz *et al.*, 2019) y las redes de experimentación territorial del INTA, estas tecnologías conforman un arsenal bioquímico para restaurar suelos y ecosistemas degradados (IPBES, 2019). La ecofarmacovigilancia y la gestión adecuada de los residuos de medicamentos domiciliarios emergen también como áreas críticas para mitigar la contaminación por fármacos y sus efectos de bioacumulación (Mondelo *et al.*, 2024; Auditoría General de la Nación, 2020).

Crecimiento Económico, Innovación y Alianzas: El Ecosistema del Desarrollo

Lejos de ser un costo, la sostenibilidad es un motor de desarrollo económico y trabajo decente (ODS 8). La industria farmacéutica argentina es un sector de alta tecnología que genera alrededor de 40.000 empleos directos de alta calificación y otros 120.000 indirectos, con un 47 % de su personal constituido por graduados universitarios (CAEME, 2020; CILFA, 2022). Esta capacidad de generar valor agregado y conocimiento la posiciona como un actor estratégico para la industrialización inclusiva y la innovación (ODS 9). Las inversiones en nuevas plantas biotecnológicas, como las de Laboratorios Richmond para la producción de vacunas y anticuerpos monoclonales (Consenso Salud, 2025), las de

La Bioquímica argentina integra la producción, el ambiente y la nutrición para contribuir al Hambre Cero (ODS 2)

Tecnología HB4®: trigo y soja tolerantes a sequía (Acad. Dra. Raquel Chan).

Bioquímica del Suelo: uso del microbioma para agricultura ecológica (Dr. Luis Wall).

Cultivos Perennes: reducción de maquinaria y agroquímicos (Dra. Renata Reinheimer).

Harinas Funcionales: Nutrición materno-infantil con cereales y legumbres (Acad. Dra. María Cristina Añón).



Figura 2. Líneas de investigación de la bioquímica argentina que integran producción, ambiente y nutrición en contribución al ODS 2 (Hambre Cero): tecnología HB4®, microbioma del suelo, cultivos perennes y harinas funcionales.

Sinergium Biotech para vacunas de ARNm (mAbXience, 2021), la ampliación de la planta de Adium en San Juan (MDZ, 2025) o la incorporación de tecnología para la síntesis local de oligonucleótidos, no solo incrementan la infraestructura sanitaria del país, sino que también crean empleos de calidad y fomentan la transferencia tecnológica (UNESCO, 2024). La equidad de género (ODS 5) también encuentra un espacio destacado en el sector, con una alta participación femenina en puestos de investigación y dirección (CAEME, 2024; Pacto Mundial Red Argentina, 2024b; Bayer/Cono sur, 2023), aunque no exento de desafíos y revisiones de políticas (European AIDS treatment group, 2025).

Finalmente, ninguno de estos logros sería posible sin el tejido de alianzas que los sustenta, en consonancia con el ODS 17. El enfoque “Una Salud”, que integra la salud humana, animal y ambiental, ha sido formalizado por una comisión interacadémica que nuclea a las academias nacionales de Farmacia y Bioquímica, Medicina, y otras (Rossi & Mondelo, 2025, en prensa). Este enfoque holístico es la base para abordar problemas complejos como la resistencia a los antimicrobianos o las enfermedades zoonóticas. Las alianzas público-privadas son otro pilar: Fundación Mundo Sano, bajo la presidencia de la Académica Silvia Gold, es socio fundador de la Coalición Chagas, una red de alcance internacional que combate esta enfermedad desatendida, integrando investigación científica con abordajes socioculturales (Mundo Sano, 2022b). El Laboratorio de Hemoderivados de la Universidad Nacional de Córdoba es un modelo de triple impacto, demostrando que una empresa pública puede ser socialmente inclusiva, ambientalmente responsable y económicamente viable (Universidad Nacional de Córdoba, s.f.). Y en el sector privado, laboratorios como Bagó han establecido más de 60 alianzas con organizaciones de la sociedad civil, canalizando miles de horas de voluntariado y capacitación hacia las comunidades (Laboratorios Bagó Argentina, 2023). El Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS) impulsa activamente a las empresas a adoptar y reportar prácticas de sostenibilidad (CEADS, s.f.; ARCOR, 2024).

Conclusiones: Un Legado de Compromiso y una Agenda hacia el Futuro

El recorrido por las contribuciones de las ciencias farmacéuticas y bioquímicas argentinas a los ODS revela un panorama de vitalidad, innovación y compromiso. Independientemente de las fluctuaciones políticas o de las señales contradictorias provenientes del Estado, estos profesionales han demostrado que el desarrollo sostenible es un camino que se construye desde la sociedad civil, la academia y la industria. Han probado que la Argentina posee el capital humano, la capacidad científica y la experiencia organizacional para ser un actor de relevancia global en esta materia.

La lección más valiosa de esta experiencia es que la sostenibilidad no es una agenda política, sino una necesi-

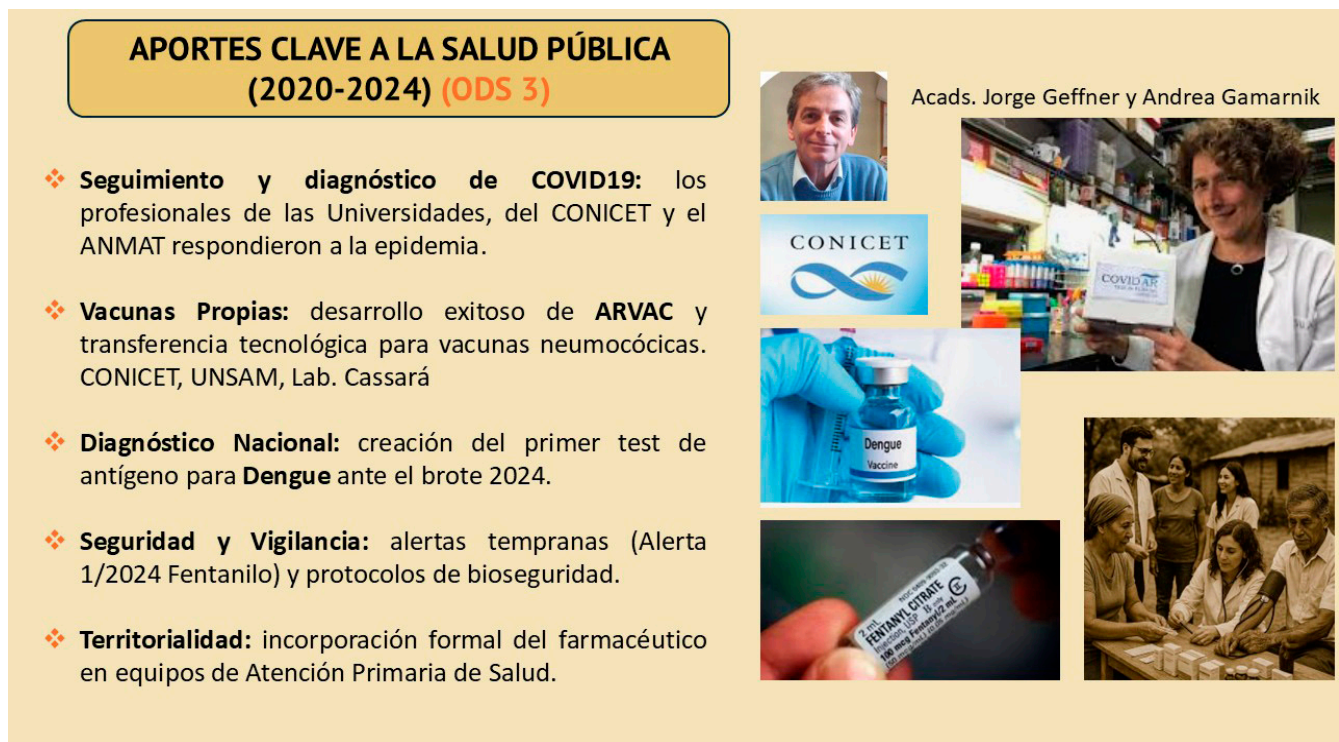


Figura 3. Principales aportes de las ciencias farmacéuticas y bioquímicas argentinas a la salud pública en el período 2020-2024, en el marco del ODS 3 (Salud y Bienestar): diagnóstico de COVID-19, vacuna ARVAC, test de dengue, alertas de farmacovigilancia e incorporación del farmacéutico en Atención Primaria.

dad existencial que debe ser abrazada por todos los sectores. Los desafíos que persisten -articular las iniciativas dispersas en una estrategia nacional coherente, garantizar el financiamiento sostenido para la investigación, y resolver la paradoja entre aspirar a la OCDE y desatender la Agenda 2030- son de orden político y de gestión, no de capacidad técnica.

Mientras esas tensiones se resuelven, el legado de farmacéuticos y bioquímicos argentinos es claro: han establecido un precedente de participación ciudadana especializada, demostrando que la construcción de un futuro más próspero, equitativo y sostenible puede, y debe, avanzar sin pausa desde los laboratorios, las farmacias comunitarias, las aulas y las plantas de producción. Su trabajo es la prueba fehaciente de que el poder transformador de la ciencia, cuando se alía con el compromiso social, es la herramienta más potente para construir el bien común.

Conflictos de intereses y financiamiento

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. No se recibió financiamiento específico para la realización de este trabajo.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento por la valiosa revisión del manuscrito realizada por los académicos Nilda Ester Fink y Carlos Alberto Fossati. Asimismo, reconocen el trabajo incansable de todos los profesionales, investigadores e instituciones que día a día contribuyen desde las ciencias farmacéuticas y bioquímicas al desarrollo sostenible de la Argentina.

Referencias bibliográficas

- Abud J.E. *et al.* (2024). In vitro blastocyst implantation and trophoblast migration are disrupted by the UV filter benzophenone-3 (BP3). *Environmental Pollution* 349: 123840.
- Adium. (2023). Reporte sustentabilidad 2023. Disponible en: <https://adiumpharma.com/wp-content/uploads/2024/09/Reporte-Sostenibilidad-2023-.pdf>
- Aquabook. (2024). El agua y la salud. Disponible en: <https://aquabook.irrigacion.gov.ar/>
- ARCOR. (2024). Producción sustentable de azúcar en ARCOR. Disponible en: <https://www.arcor.com/ar/programa-agrosustentable>
- Ariel F. (2024). Agricultura sustentable: tecnología basada en ARN. *Avance Agroindustrial* 44-4. Disponible en: <https://www.avance.eeao.org.ar/articulo/agricultura-sustentable-tecnologia-basada-en-arn/>
- Auditoría General de la Nación. (2020). Auditoría Coordinada de preparación del gobierno nacional para implementar los ODS. Disponible en: <https://www.agn.gob.ar/>
- Bayer/Cono sur. (2023). Diversidad, equidad e inclusión. Disponible en: <https://www.conosur.bayer.com/es/diversidad-equidad-e-inclusion>
- Bichos de Campo. (2025). Para el académico Luis Wall, la salud de los suelos y la biología son grandes deudas pendientes del sector. Disponible en: <https://bichosdecampo.com/>
- CAEME. (2020). La importancia del sector farmacéutico industrial para la economía argentina. Disponible en: <https://www.caeme.org.ar/>
- CAEME. (2024). Informe sobre participación femenina en actividades de Investigación y Desarrollo en la industria farmacéutica argentina. Disponible en <https://www.caeme.org.ar/>
- CEADS. (s.f.). Conectando Empresas con ODS. Disponible en: <https://ceads.org.ar/>
- CILFA. (2022). La industria farmacéutica argentina - Su Carácter Estratégico y Perspectivas. Disponible en: <https://cilfa.org.ar/wp1/wp-content/uploads/2022/07/CILFA-La-industria-farmaceutica-argentina-2022.pdf>
- CILFA. (2025a). La industria farmacéutica argentina frente a medidas de promoción de la fabricación de medicamentos biosimilares. Disponible en: <https://cilfa.org.ar/wp1/la-industria-farmaceutica-argentina-frente-a-medidas-de-promocion-de-la-fabricacion-de-medicamentos-biosimilares/>
- Consenso Salud. (2025). Laboratorios Richmond recibió la habilitación de ANMAT para su planta biotecnológica. Disponible en: <https://www.consensosalud.com.ar/laboratorios-richmond-recibio-la-habilitacion-de-anmat-para-su-planta-biotecnologica/>
- Coria L.M., *et al.* (2024). A Gamma-adapted subunit vaccine induces broadly neutralizing antibodies against SARS-CoV-2 variants. *Nature Communications* 15(1): 997.
- Cuzziol-Boccioni A.P. (2025). Extreme glyphosate contamination in South American agricultural watersheds. *Environmental Pollution* 318: 120845.
- Decreto 591/2024. (2024). Declaración de interés nacional del proceso de adhesión a la OCDE. *Boletín Oficial de la República Argentina*.
- Díaz A. *et al.* (2019). Fitorremediación: Estrategias basadas en plantas para la recuperación de suelos contaminados. *Revista de Ciencias Ambientales* 53(2): 112-128.
- ELEA. (2024). Memoria Anual 2024. Disponible en: <https://elea.com/>
- European AIDS treatment group. (2025). EATG response to GSK's decision to suspend diversity work. Disponible en: European AIDS treatment group.
- Fabiano S., Hernández R. (2021). Desarrollo de metodologías electrobioanalíticas. *Anales de la Asociación Química Argentina* 108(2): 45-62.
- Federación Bioquímica Argentina. (2025). Biosega. Disponible en: <https://www.fba.org.ar/programas-de-la-fba/biosega/>
- Fernández A., *et al.* (2021). Detección y cuantificación de residuos de plaguicidas organofosforados en sedimentos marinos. *Química Nova* 44(7): 1256-1264.
- Fundación Leloir. (2024). La ANMAT aprobó el primer test nacional de antígeno para el diagnóstico de dengue. Disponible en: <https://www.fundacionleloir.org.ar/>
- Fundación Mundo Sano. (2020). Nuevo trabajo científico de Mundo Sano sobre Geo-helminthos. Disponible en: <https://www.mundosano.org/>
- Gutiérrez C.E., *et al.* (2025). Intervención educativa como estrategia de prevención de parasitosis intestinales. *Revista Argentina de Microbiología* 57: 8-13.
- Haeuser E., *et al.* (2025). Global, regional, and national trends in routine childhood vaccination coverage. *The Lancet* 406(10500): 235-260.
- IIIA CONICET. (2024). Documento técnico sobre el ODS 6: Agua limpia y saneamiento. Disponible en: <https://iiia.conicet.gov.ar/el-agua-como-derecho-humano-imprescindible/>
- Investiga-CyT UNLP. (2021). Contra el hambre: En la UNLP desarrollan alimentos saludables. Disponible en: <https://unlp.edu.ar/investiga/>
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Disponible en: [https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT\(FIRST%20PART\)_V3_SINGLE.pdf](https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT(FIRST%20PART)_V3_SINGLE.pdf)
- Laboratorios Bagó Argentina. (2023). Reporte de Sustentabilidad 2023. Disponible en: <https://www.bago.com.ar/>

- Ley 27621. (2021). Ley para la Implementación de la Educación Ambiental Integral en la República Argentina. *Boletín Oficial de la República Argentina*.
- Litter M.I. (2025). El agua como derecho humano imprescindible. *Diario Los Andes*, 16 de octubre.
- mAbXience. (2021). La OPS selecciona centros en Argentina y Brasil para desarrollar vacunas de ARNm contra la COVID-19. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/argentina-fue-seleccionada-por-la-oms-para-desarrollar-y-producir-vacunas-contra-la-covid>
- Lanzafame S. (2025). La farmacéutica Adium invierte US\$ 60 millones en la ampliación de su fábrica de San Juan. MDZOL, 4 de septiembre Disponible en: <https://www.mdzol.com/dinero/la-farmaceutica-adium-invierte-us60-millones-la-ampliacion-su-fabrica-san-juan-n1329336>
- Ministerio de Justicia y Seguridad de la Nación. (2021). Resolución 2949/2021 Incorporación de farmacéuticos en equipos de Atención Primaria de Salud. Boletín Oficial de la República Argentina.
- Ministerio de Justicia y Seguridad de la Nación. (2024). Alerta SAT N° 1 Fentanilo, 2024. Boletín Oficial de la República Argentina.
- Mondelo N., Martínez M.L, Stefano F.J.E. (2024). Ecofarmacovigilancia. Gestión de residuos de medicamentos domiciliarios. *Revista Farmacéutica* 166(2): 1-39.
- Mundo Sano. (2022b). Informe Final Estudio Sociocultural: Chagas en el Gran Chaco. Disponible en: <https://www.mundosano.org/>
- Munitis M.C., Micucci H.A. (2000). Sugerencias para una legislación especial para pequeños generadores de residuos. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* XXXIV (2): 209-230.
- Nori J. *et al.* (2024). Argentina's rejection of the 2030 agenda undermines environmental sustainability. *Biological Conservation* 299(110832): 1-5.
- Noticias ONU. (2022). La contaminación mata nueve millones de personas al año, el doble que el COVID-19. Disponible en: <https://news.un.org/>
- Noticias UNSAM. (2020, 13 de junio). UNSAM y UNQ desarrollaron un diagnóstico molecular de COVID-19. Disponible en: <https://noticias.unsam.edu.ar/>
- Pacto Mundial Red Argentina. (2024b). Participación de las mujeres en ciencia y tecnología. Disponible en: <https://pacto-mundial.org.ar/>
- PAHO. (2025). Avanza desarrollo regional de vacunas mRNA contra la influenza A(H5N1) con apoyo de OPS. Disponible en: <https://www.paho.org/>
- Pérez M., *et al.* (2023). Aplicación de bacterias autóctonas en la biorremediación de suelos contaminados. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental* 36(4): 312-325.
- Racca L. *et al.* (2025). Pesticide exposure during pregnancy in agricultural regions. *Environmental Health Perspectives* 133(2): 027001.
- Rossi J.P.F.C., Mondelo N. (Editores). (2025). Competencias necesarias para los futuros farmacéuticos y bioquímicos. *Revista Farmacéutica* 167 (2): 9-28.
- Salinas G. *et al.* (2023). Microplásticos en ambientes marinos argentinos. *Ciencia y Tecnología Ambiental* 37(1): 22-38.
- Scavuzzo C.M., Campero M.N., Oberto M.G., Porcasi Gomez X., Periago M.V. (2024). Intestinal parasites in children from native communities of Salta, Argentina. *Colombia Médica* 55(1): 1-13. Disponible en: <http://doi.org/10.25100/cm.v55i1.5948>
- Schneider Electric. (2021). 10 compañías farmacéuticas globales lanzan el primer programa de proveedores para promover la acción climática. Disponible en: <https://www.se.com/>
- The Alliance for Water Stewardship Standard. (2025). The AWS Standard. Disponible en: <https://a4ws.org/aws-standard/>
- UNESCO. (2024). Sustainable Development Goal 9.5. Disponible en: <https://www.unesco.org/>
- UNICEF Argentina y Sociedad Argentina de Pediatría. (2023). 2° informe especial del observatorio de la infancia y adolescencia SAP-UNICEF. Disponible en : <https://www.unicef.org/argentina/>
- United Nations. (2025). Sustainable development goals. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-goals/>
- Universidad Nacional de Córdoba. (s.f.). Laboratorio de Hemoderivados. Disponible en: <https://www.unc.edu.ar/>
- Universidad Nacional del Litoral. (s.f.). Desarrollan tecnología que prolonga la vida de las plantas. Disponible en: <https://www.unl.edu.ar/>
- UNLP Institucional. (s.f.). Programa de Sostenibilidad en Acción. Disponible en: <https://unlp.edu.ar/>
- World Health Organization. (2014). Derecho al agua y al saneamiento. Disponible en: <https://www.who.int/>

MEDICAMENTOS HEMODERIVADOS - IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PLASMA HUMANO

Andrea C. Zucchi*, Silvina del Valle Druetta

Laboratorio de Hemoderivados Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, República Argentina

* Autor a quién dirigir la correspondencia: corina.zucchi@unc.edu.ar

RESUMEN

El plasma humano para fraccionamiento es un recurso estratégico esencial para la vida y la elaboración de medicamentos hemoderivados, algunos de los cuales no tienen alternativa terapéutica al día de hoy. El plasma es definido como la parte líquida de la sangre, obtenida tras la separación de los elementos celulares o mediante procedimientos de aféresis o centrifugación de sangre anticoagulada. La pandemia de COVID-19 advirtió al mundo sobre la fragilidad de la disponibilidad de plasma, incluso en países de altos ingresos. Los riesgos de desabastecimiento global amenazan a los pacientes. En este contexto, la misión de provisión del Laboratorio de Hemoderivados adquiere una relevancia sin precedentes en la Argentina y América Latina. Para garantizar la sustentabilidad del sistema, se requieren estrategias que incluyan incrementar la colecta de plasma, mejorar los procesos en los establecimientos de sangre proveedores y asegurar su fidelización.

SUMMARY

Human plasma for fractionation is an essential strategic resource for life and for the elaboration of derived medicinal products (hemoderivados), some of which currently have no therapeutic alternative. Plasma is defined as the liquid part of blood, obtained after the separation of cellular elements or through apheresis or centrifugation procedures of anticoagulated blood. The COVID-19 pandemic warned the world about the fragility of plasma availability, even in high-income countries. The risks of global shortage threaten patients. In this context, the provision mission of the Laboratorio de Hemoderivados (Hemoderivatives Laboratory) acquires unprecedented relevance in Argentina and Latin America. To ensure the sustainability of the system, strategies are required, including increasing plasma collection, improving processes in supplier blood establishments, and ensuring their loyalty.

INTRODUCCIÓN

El plasma humano es la parte líquida de la sangre obtenida luego de la separación de los elementos celulares de una bolsa colectora de sangre que contiene anticoagulante. Alternativamente, puede ser separada por filtración continua o centrifugación de sangre anticoagulada en un procedimiento de aféresis. Este componente sanguíneo es utilizado fundamentalmente en la producción de medicamentos derivados del plasma (PMDPs), también denominados medicamentos hemoderivados. Los PMDPs son medicamentos necesarios para el tratamiento de enfermedades congénitas, raras o adquiridas. En la actualidad la inmunoglobulina endovenosa (IGEV) es el producto de mayor demanda (Marketing Research Bureau). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha catalogado a varios de ellos, tales como la Inmunoglobulina endovenosa (IGEV), las inmunoglobulinas hiperinmunes y los factores de coagulación, como medicamentos esenciales (World Health Organization, Annex A), con pocos o ningún tratamiento alternativo.

La importancia de este recurso, plasma, fue puesta en alerta a nivel global por la pandemia de COVID-19, la cual evidenció la fragilidad en la disponibilidad de plasma a nivel global (Cherney, 2020; Food and Drug Administration, CEBER, 2020). Actualmente, los riesgos de desabastecimiento o de interrupción de la disponibilidad del plasma amenaza a los pacientes a nivel mundial (Belmonte *et al.*, 2025).

Las disparidades globales en este recurso ponen a los pacientes en riesgo.

Esta realidad impulsa la necesidad de incrementar la disponibilidad de plasma y enfocar la atención en aquellas regiones que aún no aprovechan el 100 % de su potencial de colecta.

Palabras clave: Plasma Humano, Medicamentos Derivados del Plasma, Administración de los Servicios de Salud

Key words: Human Plasma, Plasma-Derived Medicinal Products (PDMPs), Health Services Administration

PLASMA PARA FRACCIONAMIENTO

El plasma utilizado para la elaboración de medicamentos hemoderivados es la parte líquida de la sangre. Se obtiene una vez que se han separado los elementos celulares, ya sea de una bolsa colectora de sangre con anticoagulante, o mediante separación por centrifugación o filtración continua de sangre anticoagulada en un procedimiento de aféresis (European Pharmacopeia, 01/2022:0853). Este componente es la materia prima necesaria para la producción de los medicamentos hemoderivados.

PLASMA COMO RECURSO ESTRATÉGICO

El plasma para fraccionamiento es un recurso estratégico de los estados nacionales (Strengers *et al.*, 2016). Se define un recurso como estratégico dependiendo de su valor, escasez, proyección a futuro, y la percepción de su situación actual.

El plasma humano es un recurso estratégico ya que es la materia prima indispensable para elaborar productos derivados del plasma que han sido declarados esenciales por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, Annex A). Algunos de estos medicamentos son la Albúmina Sérica Humana, Inmunoglobulina G Endovenosa o Subcutánea, factores de la Coagulación, entre otros.

Por este motivo, y no existiendo alternativas terapéuticas, la creciente disponibilidad de plasma para fraccionamiento es un requisito indispensable para que el sistema resulte sustentable. Además, se procura que el sistema sea autosuficiente, es decir que los medicamentos hemoderivados requeridos se elaboren a partir del plasma de los ciudadanos sanos de la población (WHA63.12, 2010).

La criticidad de estos medicamentos y su insuficiente disponibilidad para todos los pacientes que lo requieren a nivel mundial tiene consecuencias que impactan directamente en la economía y ética de los países. El impacto económico se relaciona directamente con un medicamento en el cual la demanda es superior a la oferta, lo que explica los altos precios y, por lo tanto, las altas erogaciones para los países. Consecuentemente con esto, y sobre todo en países de medianos y bajos ingresos, no todos los pacientes acceden a la mejor opción terapéutica. De allí también el aspecto ético, ya que la accesibilidad no es la misma para todos.

Estos medicamentos, al ser esenciales para la vida o calidad de vida de las personas, deben ser considerados un bien público sanitario y social, a los efectos de garantizar su accesibilidad y equidad en los tratamientos.

Esta problemática ha llevado a que el plasma sea caracterizado como “oro líquido” por su potencial para salvar vidas y que se lo haya definido como un recurso estratégico de los Estados nacionales equiparable con el agua (Strengers *et al.*, 2016). En este sentido, así como en el caso del agua cada gota cuenta, en el caso del plasma es igual. El descarte o desperdicio de plasma que podría ser utilizado para elaborar medicamentos derivados de él se considera un despilfarro y es éticamente cuestionable (World Health Organization, 2021).

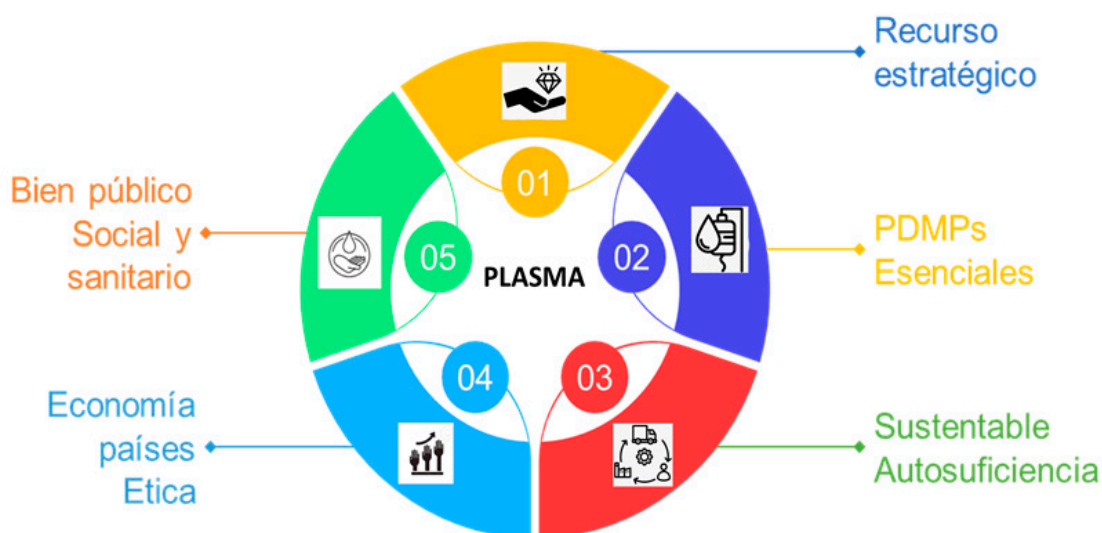


Figura 1. Valor estratégico del plasma humano

Fuente: Elaboración propia

PROBLEMÁTICA MUNDIAL

Por este motivo, la disponibilidad de productos medicinales derivados del plasma (PMDPs) es un desafío crítico a nivel global, especialmente en países de ingresos medianos y bajos, donde la insuficiencia es generalizada (World Health Organization, 2021). La demanda de estos medicamentos, particularmente la IGEV, crece a tasas superiores a la tasa de crecimiento del plasma (Von Bonsdorff *et al.*, 2024). Por otra parte, existe una alta dependencia de pocos países productores. Estados Unidos es el principal proveedor a nivel mundial (Belmonte *et al.*, 2025; Patrick, 2019). Esto genera problemas de escasez y acceso a los productos derivados del plasma con el consiguiente riesgo de desabastecimiento.

A nivel global, Estados Unidos provee alrededor del 70% del plasma, la región de Asia-Pacífico un 18%, Europa un 14 %, y Latinoamérica, Oriente Medio y África alcanzan conjuntamente apenas el 1 % (Belmonte *et al.*, 2025).

Esta problemática fue particularmente evidente durante la pandemia COVID-19, cuando disminuyeron a nivel global las donaciones de sangre y plasma, además de las dificultades para cruzar fronteras (Cherney, 2020; Food and Drug Administration, CEBER, 2020).

Los países de altos ingresos han tomado conciencia de la necesidad de garantizar el aprovisionamiento de plasma tendiendo a disminuir la brecha de dependencia de Estados Unidos. Para ello se han promovido acciones tendientes a acrecentar esta disponibilidad. Un ejemplo de estos programas es el denominado "Supply" (Proyecto Supply), proyecto encarado por la Unión Europea (UE) cuyo objetivo es aumentar y fortalecer la resiliencia de la recolección de plasma en la UE para permitir un suministro estable y adecuado de PMDPs.

Así como se han implementado estas acciones, se generan también otro tipo de estrategias tendientes a confrontar el modelo de donación de plasma voluntaria no remunerada. En relación a esto se trata de un cuestionamiento de orden ético, económico y de supervivencia. Hay quienes hablan de una guerra silenciosa entre dos modelos: la donación de plasma no remunerada versus la donación de plasma remunerada (GPS Plasma Pings, 2025). Estos son los extremos de ambos modelos, donde al primero se le cuestiona no alcanzar los valores de donación requeridos para una producción suficiente y al segundo se le cuestiona la mercantilización del plasma, e incluso de las personas que donan plasma a cambio de dinero (sobre todo en los límites entre Estados Unidos y México, o en los límites de Europa del Este). Más allá de estos extremos, ambos tienen parte de verdad, por lo cual se requiere una discusión seria, científica y humanista.

En este contexto global, resulta incomprensible que países de medianos y bajos ingresos descarten anualmente millones de litros de plasma (World Health Organization, 2015), lo cual es evidente y lamentable también en América Latina. En esta región sólo 6 países fraccionan su plasma obteniendo medicamentos derivados de este (Brasil, Cuba, Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay). Estos últimos 4 fraccionan su plasma en el Laboratorio de Hemoderivados en Argentina.

EL LABORATORIO DE HEMODERIVADOS Y SU MISIÓN NACIONAL Y REGIONAL

El Laboratorio de Hemoderivados (web Laboratorio Hemoderivados) es una industria farmacéutica de medicamentos hemoderivados, pública, sin fines de lucro y con una marcada significación social y sanitaria. Fue creado en 1964 por el entonces Presidente Arturo Humberto Illia, en el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba, constituyéndose en una dependencia directa del Rectorado de esta universidad. Nace como consecuencia de una necesidad nacional y a lo largo del tiempo extiende su misión a la región.

Su misión principal se enfoca en la producción de medicamentos derivados del plasma humano para la Argentina y la región, con el fin de contribuir a la accesibilidad de estos medicamentos de alto valor agregado para los pacientes que lo requieran.

Los proveedores de esta materia prima (plasma humano) son establecimientos de sangre (bancos de sangre, centros regionales de sangre, hemocentros) que están habilitados por la autoridad jurisdiccional competente.

La ley Nacional de Sangre N° 22.990, en su artículo 29, establece que los establecimientos de sangre pueden celebrar convenios de intercambio plasma-hemoderivados con las plantas de hemoderivados (Ministerio Salud de la Nación). Esto implicaba que aportaban plasma a la planta y recibían, como recupero de costos de obtención, almacenamiento y distribución del plasma, medicamentos derivados de estos. Sin embargo, en la práctica estos medicamentos eran utilizados por las farmacias de los centros asistenciales, hospitales, clínicas o sanatorios, y no por los bancos de sangre proveedores. Por ese motivo, en 2004 se reglamentó la Ley de Sangre (Ministerio de Salud de la Nación), estableciendo que la planta de hemoderivados podía proveer no solo medicamentos, sino también insumos y equipamiento para los bancos de sangre. Esto significó un fuerte impulso para los establecimientos de sangre de la Argentina.

El Laboratorio de Hemoderivados procesa actualmente plasma de la Argentina, Uruguay (desde 1985), Chile (desde 1994) y Paraguay (desde 2014) (Figura 2).

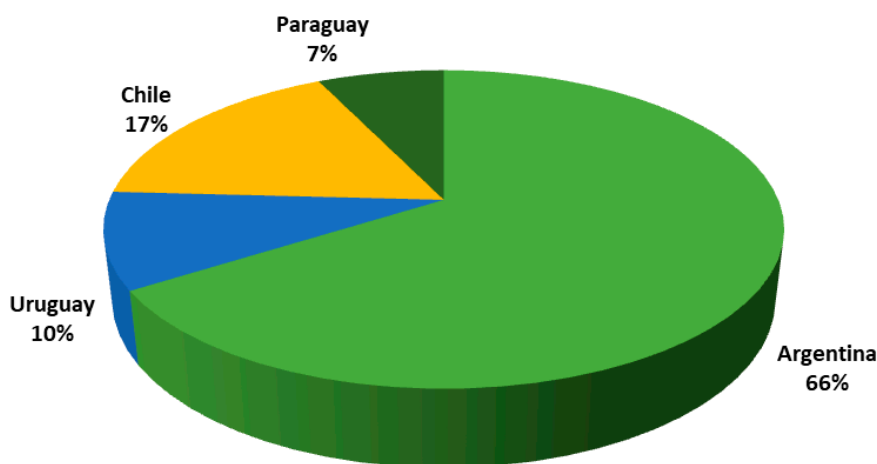


Figura 2. Captación de Plasma del Laboratorio de Hemoderivados en Latinoamérica

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Laboratorio de Hemoderivados

El sistema que opera con los países de la región es similar a lo definido para la Argentina, es decir, mediante convenios de intercambio plasma-hemoderivados. Cada país envía su plasma para elaborar los medicamentos que se indican en el convenio. El Laboratorio de Hemoderivados elabora los medicamentos, retiene parte de estos para cubrir los costos de transporte y producción, y retorna al país de origen el resto de los medicamentos. En el caso de los convenios internacionales, el intercambio es exclusivamente por medicamentos (Figura 3).

Un aspecto significativo de estos convenios es que no requieren giro de divisas. Esto lo diferencia de un contrato de fraccionamiento (Farrugia *et al.*, 2017), modelo utilizado a nivel global entre plantas fraccionadoras y países que no cuenta con planta propia. En esos casos, el país contrata la empresa de hemoderivados para que elabore los medicamentos a partir del plasma provisto, recibe el 100 % de los medicamentos producidos y paga el servicio correspondiente.

El convenio de intercambio ofrecido por el Laboratorio de Hemoderivados, modelo único en el mundo, facilita el fraccionamiento del plasma en la región, ya que habitualmente los países de Latinoamérica no tienen los recursos para pagar el servicio de fraccionamiento de plasma y elaboración de los medicamentos derivados de estos.

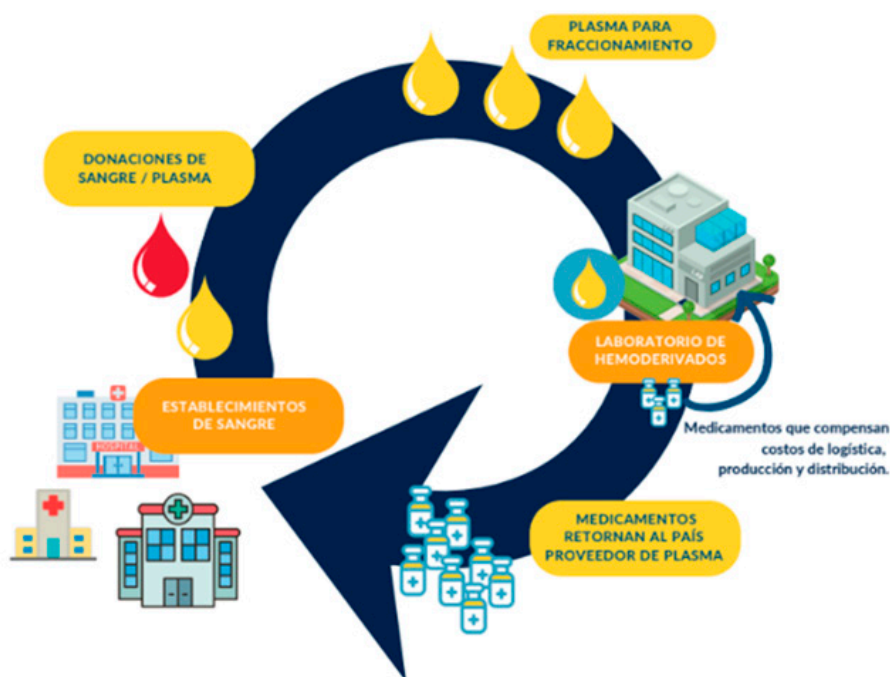


Figura 3. Modelo de convenio de intercambio

Fuente: Laboratorio de Hemoderivados

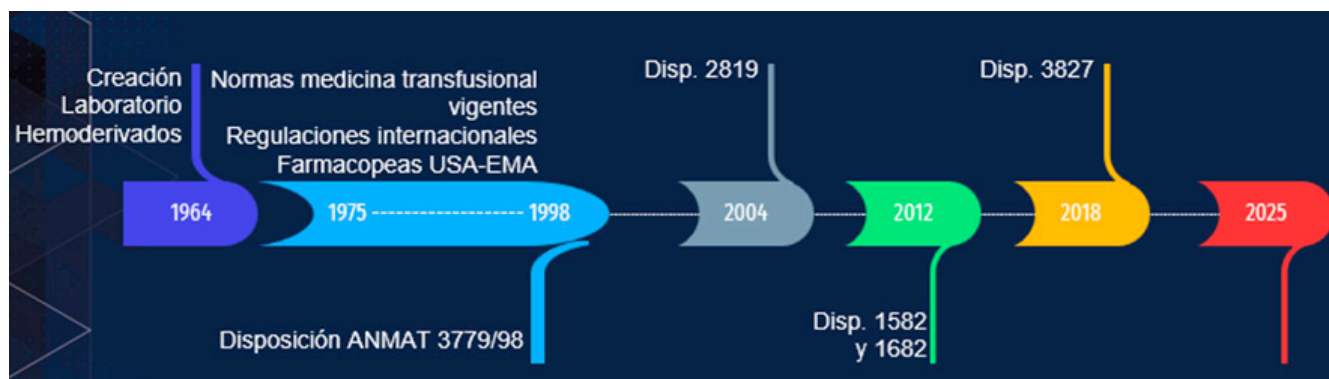


Figura 4. Evolución de normativa para medicamentos hemoderivados

Fuente: elaboración propia

Atendiendo al contexto actual de amenaza de desabastecimiento al que se ha hecho referencia anteriormente, la importancia estratégica del recurso y la misión del Laboratorio de Hemoderivados adquiere una relevancia sin precedentes.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y DE CALIDAD

La calidad de los medicamentos derivados del plasma humano se inicia con la calidad de la materia prima utilizada en su producción. Por lo tanto, el plasma debe ser producido y controlado, consistentemente con los estándares de calidad establecidos para el uso al que está destinado, a través de especificaciones definidas y el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

La normativa en la Argentina fue evolucionando progresivamente en lo que respecta a medicamentos biológicos, y específicamente derivados del plasma (Figura 4).

Desde sus inicios, el Laboratorio de Hemoderivados utilizó como referencia las normas de medicina transfusional vigentes en Argentina y las regulaciones y recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud y de las farmacopeas europea y de Estados Unidos.

En 1998, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos e Insumos Tecnológicos (ANMAT), definió que la industria de hemoderivados es responsable de la calidad de la materia prima empleada y que debía certificar los procedimientos realizados por los bancos de sangre proveedores (ANMAT, 1998). Por primera vez, la ANMAT hace referencia específica a la calidad del plasma y los requisitos generales a cumplir por parte de los establecimientos de sangre proveedores. A partir de esta instrucción, el Laboratorio de Hemoderivados formaliza las auditorías que ya realizaba a los establecimientos de sangre proveedores, verificando el cumplimiento de las BPM en todos sus procesos, desde la selección del donante, hasta la preparación del envío de plasma a la industria (Figura 5).

En 2004, la Disposición 2819/2004 establece la obligatoriedad de establecer un sistema de comunicación de eventos postdonación (ANMAT, 2004). En 2012 define dos disposiciones, 1582/12 y 1682/12, exclusivas para los establecimientos de sangre proveedores de materia prima a la industria (ANMAT, 2012). Desde entonces, y a través de éstas, los establecimientos de sangre deben ser autorizados por ANMAT como proveedores de plasma y son inspeccionados y verificados sus procesos por la Autoridad regulatoria argentina.

Finalmente, en 2018, define nuevos requerimientos respecto de los convenios entre los establecimientos de sangre proveedores y la planta de fraccionamiento industrial, haciendo énfasis en las obligaciones de las partes (ANMAT, 2018).

La planta fraccionadora tiene la facultad de establecer requerimientos técnicos y de calidad superiores a las normas de medicina transfusional vigentes y a las Disposiciones de la Autoridad Regulatoria. El objetivo de estas normativas es garantizar la trazabilidad, seguridad y eficacia terapéutica del plasma y, por lo tanto, de los medicamentos elaborados con él.

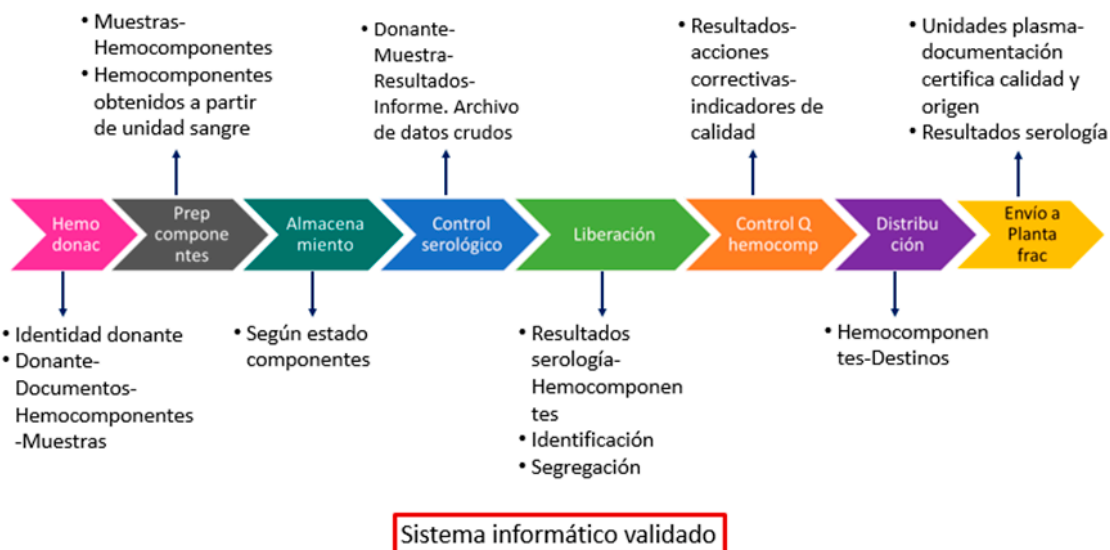


Figura 5. Procesos auditados en los establecimientos de sangre proveedores

Fuente: elaboración propia

ACCIONES EMPRENDIDAS PARA POTENCIAR LA COLECTA DE PLASMA

Para potenciar la suficiencia de plasma, se han emprendido acciones tendientes a agilizar los procesos entre el Laboratorio de Hemoderivados y los establecimientos de sangre proveedores, así como también aquellas dirigidas a promover la calidad y mejora de procesos en los centros de sangre proveedores, como también a incrementar la colecta, procurando mayor disponibilidad de medicamentos para los pacientes que así lo requieran.

Entre las primeras, agilizar procesos entre Laboratorio de Hemoderivados y los establecimientos de sangre proveedores, dio como resultado el desarrollo de un portal *web* que ha facilitado significativamente la comunicación y el intercambio documental entre las partes.

Entre las dirigidas a promover la calidad y mejora de los procesos, el incentivo se brinda a través del reconocimiento de los mayores costos en los que incurren los bancos de sangre proveedores en sus procesos de mejora continua.

Finalmente, en orden a incrementar la colecta de plasma, se ha iniciado un proyecto piloto de colecta de plasma por aféresis, que incluye gestionar alianzas estratégicas con establecimientos de sangre de referencia a través de una red de profesionales referentes de la medicina transfusional.

CONCLUSIÓN

El plasma para fraccionamiento es inequívocamente un recurso estratégico fundamental para la elaboración de los medicamentos esenciales sin alternativa terapéutica. La amenaza de interrupción en su disponibilidad afecta a los pacientes a nivel global, lo que ha generado una necesidad urgente de incrementar la colecta.

La misión del Laboratorio de Hemoderivados cobra una importancia sin precedentes en este contexto. La sustentabilidad del sistema requiere de estrategias que se traduzcan en acciones concretas, enfocadas en incrementar la colecta del plasma, mejorar los procesos en los establecimientos de sangre proveedores y lograr la fidelización de éstos.

La disponibilidad del plasma entonces no sólo sostiene la vida de los pacientes que requieren de los medicamentos derivados del plasma, sino que la fragilidad de su fuente, evidenciada por la problemática mundial, obliga a la planificación estratégica y la regulación estricta para asegurar que el suministro nunca se agote.

Esto beneficia directamente a la economía de los países, ya que permite disponer de los medicamentos aprovechando un recurso que, en caso contrario, se descarta debido a su escasa indicación transfusional, reduciendo además los gastos por importación.

Es también un planteamiento ético, de aprovechamiento de un recurso que fue donado voluntariamente por un donante de sangre o plasma. De esta manera, los países priorizan su valor como bien social y sanitario, comprometiéndose así con brindar la mayor accesibilidad de los medicamentos a los pacientes que los requieren.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (1998). *Disposición 3779/98: Normas generales para la producción de productos hemoderivados de origen plasmático*. Boletín Oficial de la República Argentina, 21 de agosto de 1998. https://www.anmat.gob.ar/webanmat/Legislacion/Medicamentos/Disposicion_3779-1998.pdf
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2004). *Disposición 2819/2004: Lineamientos generales de Buenas Prácticas de Fabricación para elaboradores, importadores/exportadores de medicamentos*. Boletín Oficial de la República Argentina, 18 de mayo de 2004. https://www.anmat.gob.ar/webanmat/Legislacion/Medicamentos/Disposicion_2004_2819.pdf
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2012). *Disposición 1582/2012: Requisitos científicos y técnicos y exigencias particulares para la autorización de funcionamiento de Bancos de Sangre*. Boletín Oficial de la República Argentina, 19 de marzo de 2012.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2012). *Disposición 1682/2012*. Boletín Oficial de la República Argentina, 21 de marzo de 2012. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/disposici%C3%B3n-1682-2012-195603/texto>
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (2018). *Disposición 3602/2018. Guía de buenas prácticas de fabricación para elaboradores, importadores/exportadores de medicamentos de uso humano. Anexo 18: Fabricación de medicamentos derivados de la Sangre o plasma humanos*. Boletín Oficial de la República Argentina, 18 de abril de 2018.
- Asamblea Mundial de la Salud. (2010). *Resolución WHA 63.12 de 2010*. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha63-rec1/a63_rec1-sp.pdf
- Belmonte M, Albiero A. *et al.* (2025). Understanding supply sustainability of plasma-derived medicinal products: Drivers and consequences of shortages. *Vox Sanguinis* 120: 754-764. DOI: [10.1111/vox.70052](https://doi.org/10.1111/vox.70052)
- Cherney M. (2020). Coronavirus Pandemic Slashes Donations of Lifesaving Plasma. *Wall Street Journal*, August 19, 2020.
- Decreto N° 1338/20004 Reglamentario de la Ley Nacional de Sangre N° 22.990. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=99261>. Accedido el 28/10/2025.
- Farmacopea Europea. Monografía plasma para fraccionamiento. *European Pharmacopoeia* 11.3 – 01/2022:0853
- Farrugia A., Scaramuccia D. (2017). The dynamics of contract plasma fractionation. *Biologicals* 46: 159-167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2017.02.007>
- GPS Plasma Pings. Plasma: A Strategic Resource – Global Disparities Leave Patients at Risk. <https://www.linkedin.com/pulse/plasma-strategic-resource-global-disparities-leave-60uue/>. Accedido el 03/11/2025.
- Laboratorio de Hemoderivados Universidad Nacional de Córdoba. <https://unc-hemoderivados.com.ar/>
- Ley Nacional de Sangre N° 22.990. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=49103>. Accedido el 28/10/2025.
- Marketing Research Bureau. *Introduction to the plasma industry. Plasma economics: how demand for plasma proteins affects plasma fractionation volumnes*. <https://marketingresearchbureau.com/the-plasma-industry/>. Accedido el 28/10/2025.
- Patrick R. (2019). An analysis of the impact of international transfers of plasma on the availability of immunoglobulin therapies. *Marketing Res Bull*: 10-14.
- Proyecto Supply [Internet]. Disponible en: <https://supply-project.eu/>. Accedido el 11/07/2025.
- Strengers P.F., Klein H.G. (2026). Plasma is a strategic resource. *Transfusion* 56(12): 3133-3137. DOI: [10.1111/trf.13913](https://doi.org/10.1111/trf.13913)
- Strengers P.F.W. (2023). Challenges for plasma-derived medicinal products. *Transfus. Med. Hemother.* 50: 116-122.
- U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Biologics Evaluation and Research. (2020, April). *Alternative Procedures for Blood and Blood Components During the COVID-19 Public Health Emergency; Guidance for Industry*. <https://www.fda.gov/media/136603/download>
- Von Bonsdorff L., Farrugia A., Candura F., O’Leary P., Vesga M.A., De Angelis V. (2024). Securing commitment and control for the supply of plasma derivatives for public health systems. *Vox Sang.* 120(2): 114-123. DOI: [10.1111/vox.13758](https://doi.org/10.1111/vox.13758)
- World Health Organization. (2010). *Disponibilidad, seguridad y calidad de los productos sanguíneos (WHA63.12)*. Disponible en: [https://www.who.int/publications/i/item/availability-safety-and-quality-of-blood-products-\(wha63.12\)](https://www.who.int/publications/i/item/availability-safety-and-quality-of-blood-products-(wha63.12))
- World Health Organization. (2023). *Web Annex A. Model List of Essential Medicines 2023: Executive summary of the report of the 24th WHO Expert Committee on the Selection and Use of Essential Medicines, 24-28 April 2023*. Geneva: WHO; 2023.
- World Health Organization. (2021). *Guidance on increasing supplies of plasma-derived medicinal products in low- and middle-income countries through fractionation of domestic plasma*, WHO, Geneva.
- World Health Organization. (2015). *Improving access to safe blood products through local production and technology transfer in blood establishments*, WHO, Geneva. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336863/9789240693975-eng.pdf>. Accedido el 28/10/2025.

