

PARA PUBLICACIÓN INMEDIATA

Servicio de Noticias de Medicina Ortomolecular, 14 de noviembre de 2024

Farmacología nutricional y fármacos: hacia una medicina restauradora y de síntesis

Juan Manuel Martínez Méndez, MD

Medicina Orto-Regenerativa Investigador independiente y clínico

Correo electrónico: info@drjuanmanuelmartinezm.com

Sitio web: Dr. Juan Manuel Martínez Méndez

Introducción

En este artículo se examina el paradigma de la farmacología nutricional, se exploran sus aplicaciones en el ámbito clínico y se compara su eficacia con la de los farmaconutrientes. Mediante la integración de estas disciplinas, este enfoque convergente pretende aprovechar los beneficios de las terapias nutricionales y farmaconutrientes para lograr resultados óptimos para los pacientes, los profesionales sanitarios y sus familias.

Surgimiento histórico y fundamentos

El término "farmacología nutricional" fue definido por primera vez en 1980 por el difunto Dr. Gene A. Spiller, Ph.D., como "el vínculo entre las ciencias de la salud nutricional y farmacológica y la aplicación de ambas a la medicina", abarcando el uso farmacológico de nutrientes y otros compuestos derivados de los alimentos, tanto en forma natural como modificados químicamente. El Dr. Jeffrey Bland, Ph.D., al revisar este concepto 28 años después, afirmó provocativamente: *"A medida que avanza el campo de la nutrigenómica y la epigenómica nutricional, es probable que se descubra que los conceptos de Garrod, Williams, Pauling y Hoffer son correctos cuando la farmacología nutricional se aplica al paciente adecuado con la dosis adecuada del nutriente adecuado"*. Además, en *El futuro de la farmacología nutricional*, el Dr. Jeffrey Bland enfatiza la importancia de un enfoque basado en la precisión para la terapia nutricional, donde los factores genéticos (nutrigenómica) y epigenéticos (nutrigenética) guían las intervenciones nutricionales personalizadas [\(1\)](#), [\(2\)](#).

Conceptos clave: farmacología nutricional frente a nutrifarmacología

La farmacología nutricional estudia la aplicación terapéutica de los nutrientes, utilizando vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales en dosis farmacológicas para tratar o prevenir enfermedades. Al unir los campos de la nutrición y la farmacología, explora cómo los nutrientes interactúan con los sistemas biológicos a nivel celular y molecular, ofreciendo un enfoque terapéutico novedoso distinto de los productos farmacéuticos tradicionales. **La farmaconutrición**, un subconjunto en evolución, aplica estos principios en entornos clínicos, en particular para pacientes con enfermedades graves, donde se administran nutrientes específicos en dosis farmacológicas para modular la función inmunológica, reducir la inflamación y apoyar la recuperación.

Dr. Paul Edmond Wischmeyer: pionero en farmacología nutricional en cuidados intensivos en la Universidad de Duke

En el prefacio de su libro de 2010, *PharmacoNutrition and Nutrition Therapy in Critical Illness (Farmaconutrición y terapia nutricional en enfermedades críticas)*, el Dr. Paul Edmond Wischmeyer introduce el término farmacología nutricional para definir un enfoque innovador en cuidados críticos. En este caso, se utilizan nutrientes específicos (como aminoácidos y antioxidantes) no solo como apoyo nutricional, sino como agentes terapéuticos activos que modulan las respuestas inmunitarias y celulares activando vías protectoras, con el potencial de mejorar significativamente los resultados clínicos. Este concepto destaca el papel crucial de una nutrición precisa y basada en la evidencia en la recuperación de pacientes con enfermedades críticas, ofreciendo una estrategia complementaria a las intervenciones farmacológicas tradicionales en cuidados intensivos.

El libro aboga por un enfoque científico e individualizado de la suplementación en cuidados críticos, donde los nutrientes cumplen funciones terapéuticas específicas más allá de las necesidades básicas. Los suplementos clave incluyen antioxidantes (p. ej., vitamina C, vitamina E, betacaroteno, selenio), ácidos grasos omega-3 (EPA, DHA), aminoácidos (glutamina, arginina, citrulina), probióticos, vitaminas esenciales (D, B12, folato), oligoelementos (zinc, cobre, manganeso) y agentes como la coenzima Q10 (CoQ10) y la N-acetilcisteína (NAC). Cada uno cumple funciones distintas: los antioxidantes reducen el estrés oxidativo, los omega-3 brindan apoyo antiinflamatorio, los aminoácidos apoyan la función inmunológica y el flujo sanguíneo, y los probióticos promueven la salud intestinal.

La farmaconutrición integra estos suplementos como agentes terapéuticos, que actúan sobre las vías fisiológicas para ayudar a la recuperación de traumatismos graves, sepsis o cirugías. Este complemento de precisión a las intervenciones farmacológicas requiere una evaluación cuidadosa y personalizada de las necesidades únicas de cada paciente. Los profesionales sanitarios deben tener en cuenta las posibles interacciones, los efectos secundarios y las dosis, y ajustar periódicamente los tratamientos para que se adapten al estado metabólico evolutivo del paciente.

En conclusión, la farmaconutrición aborda las demandas metabólicas de los pacientes críticos y actúa como una intervención complementaria y personalizada que mejora la recuperación, particularmente en contextos quirúrgicos y de UCI. [\(3\)](#).

Farmaconutrición en la práctica clínica

La farmaconutrición implica la administración de nutrientes específicos como agentes terapéuticos, similares a los medicamentos, en particular en entornos quirúrgicos y de cuidados intensivos. Este enfoque se basa en los principios de la farmacología clínica, la biología molecular y la investigación clínica, y tiene como objetivo optimizar la administración de nutrientes a pacientes con enfermedades graves.

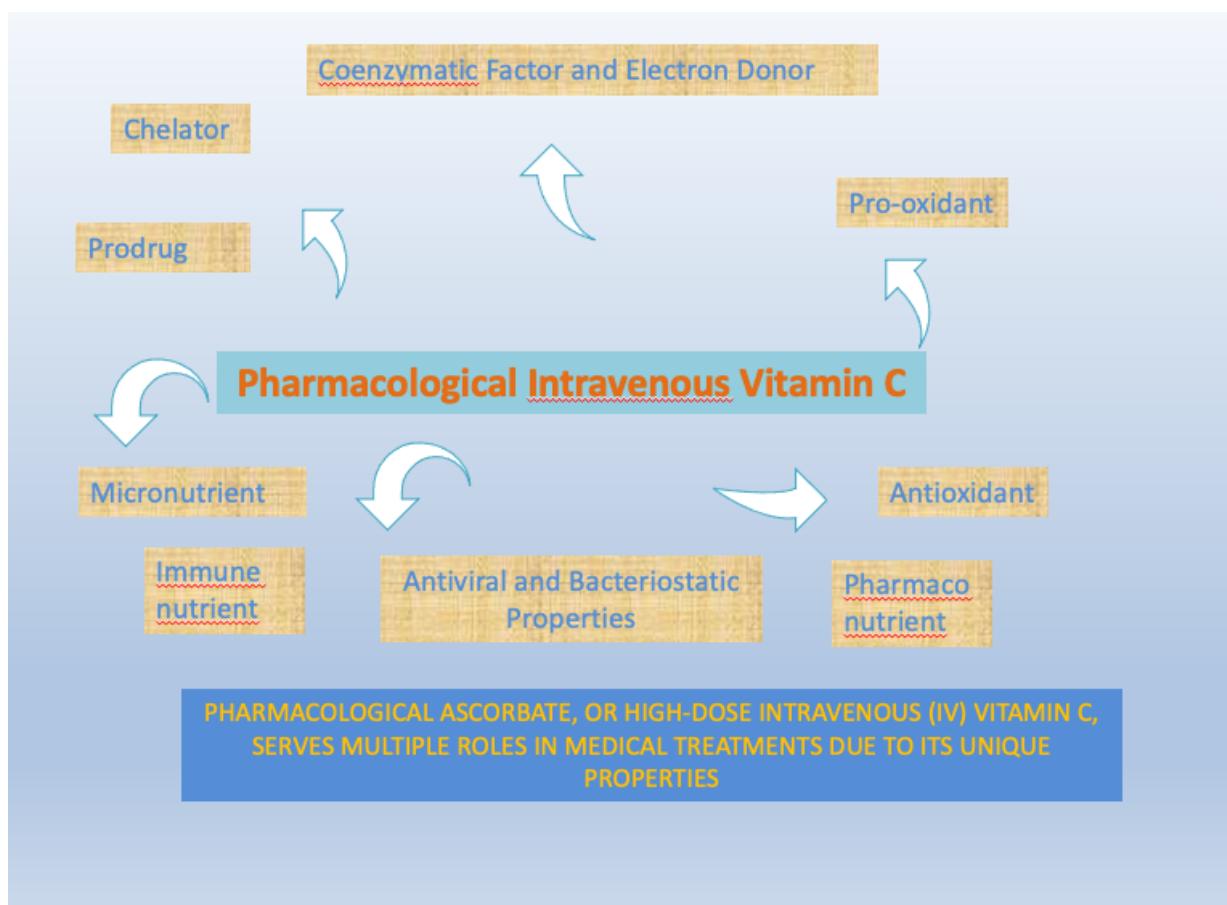
El artículo de Pierre et al. (2013) explora los conceptos tanto de **farmaconutrición** como de **inmunonutrición**, *enfatisando cómo se pueden utilizar nutrientes específicos como agentes terapéuticos para mejorar los resultados clínicos en pacientes gravemente enfermos*. A lo largo de los años, el apoyo nutricional ha evolucionado desde simplemente asegurar el suministro adecuado de nutrientes hasta explorar cómo los nutrientes individuales pueden optimizar la función inmunológica y promover la recuperación celular. En este contexto, **la inmunonutrición** se refiere al uso de dietas especializadas enriquecidas con nutrientes que se sabe que modulan las respuestas inmunológicas, como **glutamina**, **arginina**, **ácidos grasos ω-**

3 y vitamina C. Estos **inmunonutrientes** , cuando se administran en combinaciones precisas, han demostrado ser prometedores en la reducción de infecciones, la mejora de la función inmunológica y el apoyo a la recuperación del paciente, aunque el artículo señala que las contribuciones exactas de los nutrientes individuales pueden ser difíciles de determinar debido a interacciones complejas.

Además de estos nutrientes inmunomoduladores, el artículo también destaca el papel de los micronutrientes en **la farmaconutrición** , incluida **la vitamina C** , que actúa como un potente antioxidante y ayuda en la síntesis de colágeno; **el selenio** , que apoya las enzimas antioxidantes y las funciones inmunes; y **el zinc y el magnesio** , ambos esenciales para la función inmune y el control de la inflamación. El artículo analiza además **los nucleótidos** por su potencial para mejorar la respuesta inmune y mantener la integridad de la barrera intestinal, así como **los prebióticos , probióticos y simbióticos** por su capacidad para mejorar la salud intestinal y mantener el equilibrio de la microbiota, que es fundamental para la resiliencia inmunológica. Aunque la evidencia respalda los beneficios de estos nutrientes en varios subgrupos de pacientes, se necesita más investigación para determinar la dosis óptima y las combinaciones de nutrientes adaptadas a escenarios clínicos específicos tanto en **la farmaconutrición** como en **la inmunonutrición** . [\(4\)](#)

Funciones multifuncionales de la vitamina C en el ámbito farmacológico

Para ilustrar mejor las funciones multifuncionales de la vitamina C intravenosa farmacológica, el siguiente diagrama proporciona una descripción general:



Durante años estuve reflexionando sobre los diversos efectos pleiotrópicos y positivos de la vitamina C farmacológica, o ascorbato farmacológico, y busqué una frase o expresión que pudiera resumir los notables beneficios que proporciona este suplemento o agente nutricional. Después de varios intentos, concluí que si bien se origina como vitamina, una vez que supera el

gramo, se transforma en un cofactor enzimático o un compuesto con acciones farmacológicas diferenciadas. Sirve como donador de electrones, profármaco, antioxidante, prooxidante y agente quelante, entre otras funciones. Cabe destacar que puede inducir hipoglucemia reactiva, ya que compite con la glucosa (su gemela estructural), lo que da lugar a falsos positivos en varias pruebas de laboratorio, como las pruebas de guayacol y las lecturas de glucosa periférica. Me vino a la mente la frase *farmacología nutricional* y, al investigarla, descubrí que este término ya había sido descrito en 1980 por el Dr. Gene Spiller.

Estrategias de farmaconutrición en la COVID-19: una visión general

El artículo de Santos et al. (2020), "Farmaconutrición en el manejo clínico de COVID-19: falta de investigación basada en evidencia pero pistas para la **prescripción personalizada**", explora la posible aplicación de la **farmaconutrición** como estrategia complementaria en el manejo de COVID-19. Los autores señalan que, si bien nutrientes como **la vitamina D**, **el zinc**, **la vitamina C** y **los ácidos grasos omega-3** han demostrado propiedades **inmuno modulatoras** y **antiinflamatorias**, la evidencia que respalda su uso específico en pacientes con COVID-19 sigue siendo limitada y en gran medida especulativa.

Estos nutrientes podrían, en teoría, reforzar la función inmunológica y mitigar la respuesta inflamatoria característica de los casos graves de COVID-19, pero la falta de investigación sólida basada en evidencia presenta una barrera significativa para la implementación clínica.

El artículo destaca la necesidad de un **enfoque personalizado** de la farmaconutrición, teniendo en cuenta las deficiencias individuales, las condiciones preexistentes y la gravedad de la enfermedad. Dada la heterogeneidad de las presentaciones de COVID-19, **es poco probable que una receta única para todos sea efectiva**. Santos et al. abogan por ensayos clínicos bien diseñados para evaluar la eficacia y seguridad de estos nutrientes, así como para determinar regímenes de dosificación óptimos adaptados a diversos perfiles de pacientes. A pesar de los beneficios teóricos, los autores advierten contra el uso rutinario de la farmaconutrición en el manejo de COVID-19 hasta que se disponga de datos más concluyentes, lo que subraya la necesidad de más investigación en esta área naciente de la nutrición clínica. [\(5\)](#)

Conceptos y aplicaciones en farmacología nutricional y nutricinética/nutridinámica

Las perspectivas futuras de la nutrición quirúrgica y en la UCI y los conceptos emergentes de farmacocinética de nutrientes enfatizan la administración precisa de nutrientes específicos para optimizar los resultados del paciente. ***Estos enfoques se basan en principios de farmacología clínica, biología molecular e investigación clínica rigurosa, con el objetivo de suministrar los nutrientes correctos, en las dosis correctas, en el momento correcto y por las vías correctas.***

Análisis comparativo

A continuación se presenta un análisis comparativo de la nutrición quirúrgica y de UCI versus condiciones agudas y crónicas en el contexto de la farmacología nutricional.

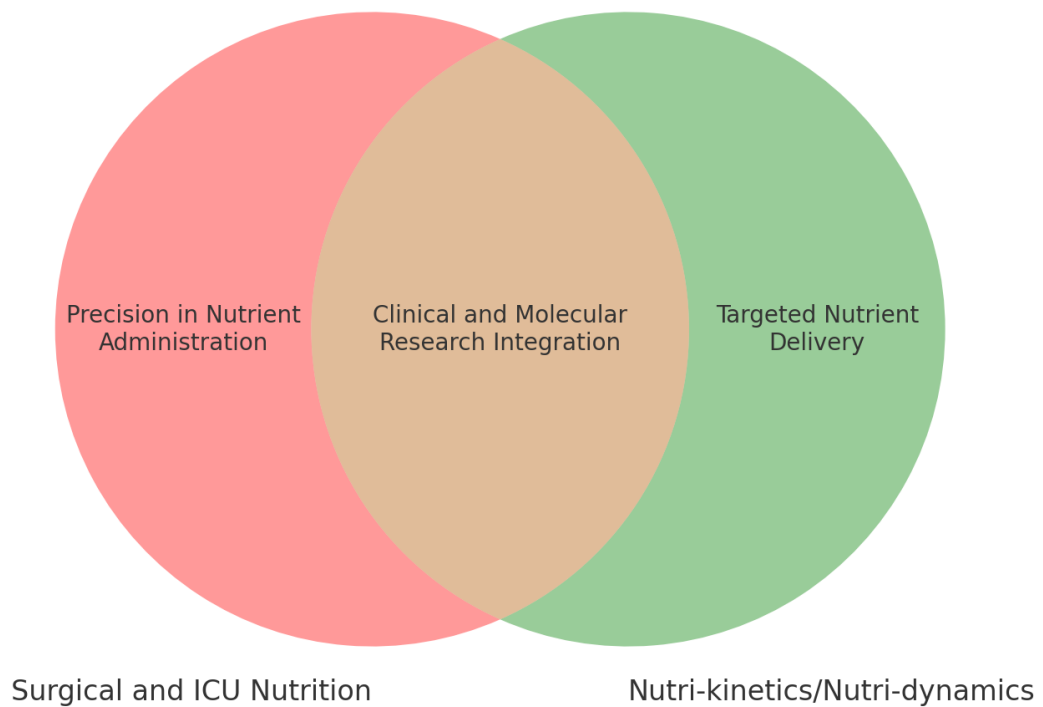
Comparative Analysis

Aspect	Surgical and ICU Nutrition	Chronic and Acute Conditions
Precision in Nutrient Administration	Administering specific pharmaconutrients as separate components, much like drugs	Administering the right molecules in the right chemical form, amount, and rate, and via the right route
Use of Clinical Research Principles	Utilizing clinical pharmacology, molecular biology, and clinical research to determine optimal nutrient delivery	Applying concepts of nutrient pharmacokinetics and nutri-dynamics to improve nutrient delivery and patient outcomes
Targeted Treatment	Focused on critically ill patients in surgical and ICU settings	Addressing biochemical disruptions in chronic and acute conditions
Goal	To administer the right nutrients, in the right doses, at the right time to sick patients	To improve underlying and fundamental biochemical disruptions

Los principios convergentes identificados entre la medicina alopática y la ortomolecular sugieren que los conceptos fundamentales de la medicina ortomolecular ya se habían incorporado inadvertidamente a la medicina occidental tradicional, en particular en los entornos de cuidados críticos. Esta observación reveladora subraya el valor de integrar estos dos paradigmas para mejorar los resultados clínicos y educativos. [\(6\)](#) , [\(7\)](#)

El Dr. Paul E. Wischmeyer, MD, especialista en **cuidados intensivos , cuidados perioperatorios y nutrición** , se centra en ayudar a los pacientes a prepararse y recuperarse de cirugías y enfermedades graves a través de intervenciones innovadoras como la nutrición y el ejercicio. Inspirado por su experiencia personal como paciente, tras haber sido sometido a 27 cirugías y múltiples hospitalizaciones debido a una enfermedad gastrointestinal, el Dr. Wischmeyer aplica estrategias integradoras y personalizadas para mejorar los resultados de los pacientes. También se dedica a educar a los pacientes y cuidadores sobre la importancia de la preparación y la recuperación, haciendo hincapié en cómo estos factores pueden mejorar significativamente la calidad de vida. Como él mismo afirma, *"Mi experiencia única se centra en utilizar intervenciones innovadoras e integradoras para mejorar la vida de los pacientes antes y después de la enfermedad"* [\(8\)](#).

Similarities in Nutritional Pharmacology and Nutri-kinetics/Nutri-dynamics



Similitudes entre la farmacología nutricional y la nutricinética/nutridinámica

Precisión en la administración de nutrientes

- **Nutrición quirúrgica y de UCI:** se pone énfasis en la administración de farmaconutrientes específicos similares a los medicamentos, asegurando dosis y tiempos óptimos para pacientes con enfermedades críticas.
- **Nutricinética y nutridinámica:** se centra en suministrar las moléculas adecuadas en la forma química correcta y en las cantidades apropiadas para abordar las alteraciones bioquímicas en enfermedades crónicas y agudas.

Integración de la investigación clínica y molecular

- **Nutrición quirúrgica y de UCI:** utiliza farmacología clínica y biología molecular para derivar intervenciones nutricionales basadas en evidencia.
- **Nutricinética y Nutridinámica:** Aplica principios farmacocinéticos y farmacodinámicos para comprender y optimizar la administración de nutrientes.

Suministro de nutrientes dirigido

- **Nutrición quirúrgica y de UCI:** suministro de nutrientes personalizado para mejorar los resultados de los pacientes en cirugías y entornos de cuidados críticos.
- **Nutricinética y Nutridinámica:** Administración de nutrientes personalizada para mejorar los efectos terapéuticos y mitigar las alteraciones bioquímicas subyacentes.

Efectos pleiotrópicos y teoría del triaje

En el ámbito de la medicina ortomolecular, el término "*efecto pleiotrópico*" se refiere a las acciones multifacéticas de un solo nutriente o molécula en diferentes vías fisiológicas y tejidos. Estos efectos pueden manifestarse como beneficiosos o perjudiciales, dependiendo de varios

factores, entre ellos la dosis, el método de administración, el estado de salud individual y el nutriente específico en cuestión.

La "*teoría del triaje*" propone que las deficiencias de micronutrientes causan daños insidiosos, acelerando las enfermedades crónicas asociadas con la edad. La teoría de Ames sugiere que cuando la disponibilidad de micronutrientes es limitada, las funciones esenciales para la supervivencia a corto plazo tienen prioridad sobre aquellas cuya pérdida puede tolerarse mejor. Esto conduce a un mayor riesgo de enfermedades crónicas del envejecimiento Ames, BN (2006). La ingesta baja de micronutrientes puede acelerar las enfermedades degenerativas del envejecimiento a través de la asignación de micronutrientes escasos por triaje. [\(9\)](#)

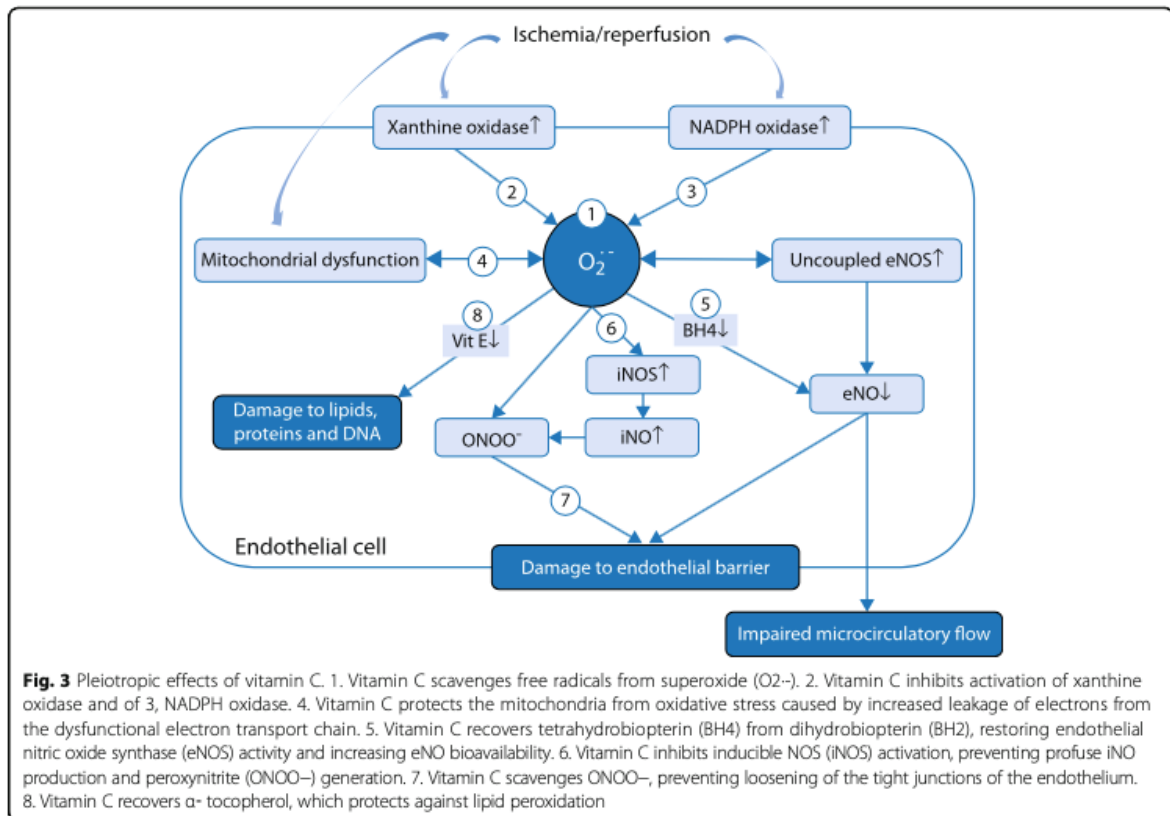
La teoría del triaje se ha aplicado a la vitamina K y al selenio, entre otros micronutrientes, demostrando que las deficiencias de estos micronutrientes pueden causar cambios insidiosos, que culminan en enfermedades crónicas asociadas con la edad. La vitamina K es esencial para la gamma-carboxilación de las proteínas, y su deficiencia se ha relacionado con enfermedades como la osteoporosis y la aterosclerosis. El selenio es crucial para la síntesis de selenoproteínas, y su deficiencia se ha asociado con enfermedades como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Ames, BN (2006). [\(9\)](#)

Efectos pleiotrópicos de la vitamina C

Debido a la mayor respuesta inflamatoria y demanda metabólica durante las enfermedades infecciosas, así como sus asociaciones con bajas concentraciones circulantes de vitamina C, la administración de vitamina C puede ser beneficiosa para combatir una serie de infecciones virales al aumentar la producción de interferones α/β y regular negativamente la producción de citocinas proinflamatorias. [\(10\)](#)

Efectos pleiotrópicos:

La administración intravenosa de vitamina C en dosis altas ha demostrado ser prometedora para reducir la lesión por isquemia/reperfusión, el estrés oxidativo, la lesión miocárdica y las arritmias, y para mejorar los resultados neurológicos y las tasas de supervivencia. Los estudios preliminares sobre sepsis respaldan aún más sus posibles beneficios. Dada la sólida evidencia, se necesita urgentemente un ensayo controlado aleatorizado (ECA) para confirmar la eficacia de esta terapia asequible y segura. Cuidados críticos. (2018). [\(11\)](#)



La transición de la suplementación nutricional a la nutrifarmacología

Los cuadros clínicos de los pacientes, especialmente en situaciones críticas, demandan una atención pertinente, oportuna y satisfactoria, por lo que se han incorporado esquemas terapéuticos combinados, que incluyen medicamentos alopáticos y nutrientes farmacológicos. El reto clínico obliga a los médicos a buscar nuevas alternativas o estrategias terapéuticas para el bienestar óptimo de los pacientes y sus familias.

Conceptos clave:

1. **El salto de la suplementación nutricional a la nutrifarmacología:** esta transición implica pasar de la suplementación vitamínica tradicional al uso específico de farmaconutrientes para abordar desafíos clínicos específicos.
2. **Desafío clínico e innovación:** los médicos se ven obligados por los desafíos clínicos a buscar nuevas alternativas o estrategias terapéuticas para el bienestar óptimo de los pacientes y sus familias, y la compasión está inherentemente involucrada en esta búsqueda.
3. **Evolución de los enfoques nutricionales:** El campo ha evolucionado hacia la farmaconutrición, la inmunonutrición y la nutrifarmacología, reconociendo que muchas afecciones crónicas y agudas están asociadas con alteraciones bioquímicas fundamentales.
4. **Farmaconutrición e Inmunonutrición:** Implican el uso de sustratos nutricionales específicos que modulan las vías inmunes e inflamatorias, administrados en dosis superiores a los niveles fisiológicos para lograr efectos terapéuticos.
5. **Medicina Ortomolecular:** La medicina ortomolecular tiene como objetivo restaurar y mantener la salud mediante la administración de cantidades adecuadas de sustancias que normalmente están presentes y son necesarias en el cuerpo.

6. **Manejo de enfermedades críticas:** implica suministrar nutrientes y energía adecuados a pacientes gravemente enfermos para mantener las funciones metabólicas y limitar las complicaciones relacionadas con la des alimentación.

El término “*farmaconutrición*” o “*inmunonutrición*” se refiere al uso de sustratos nutricionales específicos capaces de modular las vías inmunitarias e inflamatorias. Estos sustratos deben administrarse en dosis superiores a las fisiológicas para lograr efectos terapéuticos.

Medicina Ortomolecular y Farmaconutrición

- **Medicina Ortomolecular:** Se centra en sustancias naturales en cantidades óptimas para mantener la salud y tratar enfermedades.
- **Farmaconutrición:** Integra los principios farmacológicos con la ciencia de la nutrición, enfatizando el uso terapéutico de los nutrientes.

Funciones metabólicas y roles clave de la vitamina C IV farmacológica

1. Efectos antioxidantes y prooxidantes:
 - Antioxidante: La vitamina C en dosis altas actúa como un poderoso antioxidante, neutralizando las especies reactivas de oxígeno (ROS) y protegiendo las células del daño oxidativo. Esto es crucial para mantener la salud celular, especialmente en condiciones de estrés como el cáncer (Clínica Riordan). [\(12\)](#)
 - Prooxidante: Curiosamente, en altas concentraciones, la vitamina C también puede actuar como prooxidante al generar peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en el espacio extracelular. Esta citotoxicidad selectiva se aprovecha en las terapias contra el cáncer, donde ayuda a inducir la apoptosis en las células cancerosas sin afectar a las células normales (Clínica Riordan). [\(12\)](#)
2. Factor coenzimático:
 - La vitamina C actúa como coenzima en diversas vías bioquímicas críticas. Es esencial para la síntesis de colágeno, que es vital para mantener la integridad estructural de los tejidos. Además, desempeña un papel en la síntesis de carnitina, necesaria para el metabolismo de los ácidos grasos, y en la producción de neurotransmisores, que son cruciales para la función cerebral y la regulación del estado de ánimo. Riordan Clinic. [\(12\)](#)
3. Como donante de electrones:
 - La vitamina C es fundamental para mantener el estado redox de las células, actuando como donante de electrones en numerosas reacciones enzimáticas. Esta función es vital para procesos como la síntesis de colágeno y la regeneración de otros antioxidantes, como la vitamina E. [\(12\)](#)
4. Profármaco para el peróxido de hidrógeno:
 - En la terapia contra el cáncer, las dosis farmacológicas de vitamina C actúan como profármaco del peróxido de hidrógeno, aumentando selectivamente el estrés oxidativo dentro de las células cancerosas, lo que conduce a su destrucción sin dañar las células normales. Farmacológico [\(12\)](#)
5. Apoyo inmunológico:
 - La vitamina C también funciona como un nutriente inmunológico, mejorando los mecanismos de defensa del cuerpo. Se ha demostrado que refuerza la función inmunológica al estimular la producción y el funcionamiento de los glóbulos blancos, mejorar la resistencia a las infecciones y reducir la duración y la gravedad de los resfriados. [\(12\)](#)

6. Desintoxicación:

- Al actuar como un quelante suave, la vitamina C ayuda a desintoxicar el cuerpo al unirse a metales pesados como el plomo y el mercurio, ayudando a su excreción del cuerpo. [\(12\)](#)

Efectos de diferentes farmaconutrientes sobre la respuesta metabólica, la inflamación, la respuesta inmunitaria y la curación en situaciones de lesión o agresión

La siguiente tabla describe los efectos de varios farmaconutrientes sobre funciones metabólicas e inmunes clave durante una lesión o agresión:

Effects of Different Pharmaconutrients on Metabolic Response, Inflammation, Immune Response, and Healing in Situations of Injury or Aggression

Pharmaconutrient	Inflammation/Immunity	Catabolism/Synthesis	Use of Substrates	Healing	Antioxidant Effect
Vitamin C	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Vitamin A	Yes	Yes	Yes	Yes	
Zinc	Yes	Yes	Yes	Yes	
Selenium	Yes	Yes	Yes	Yes	
Glutamine	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Arginine	Yes	Yes	Yes	Yes	
Ramified Amino Acids	Yes	Yes	Yes	Yes	
Taurine	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Cysteine	Yes	Yes	Yes	Yes	
Nucleotides	Yes	Yes	Yes	Yes	

La glutamina es un aminoácido esencial para la protección de los tejidos, la acción antiinflamatoria, la regulación inmunológica y más. Sus niveles disminuyen en situaciones de estrés, lo que provoca efectos negativos, por lo que es semi esencial para pacientes con enfermedades graves.

La fibra dietética, ya sea insoluble (efecto mecánico) o soluble (fermentable, que produce AGCC), tiene diferentes funciones. La fibra insoluble puede presentar riesgos como la obstrucción, mientras que la fibra soluble puede reducir la diarrea asociada a la nutrición enteral.

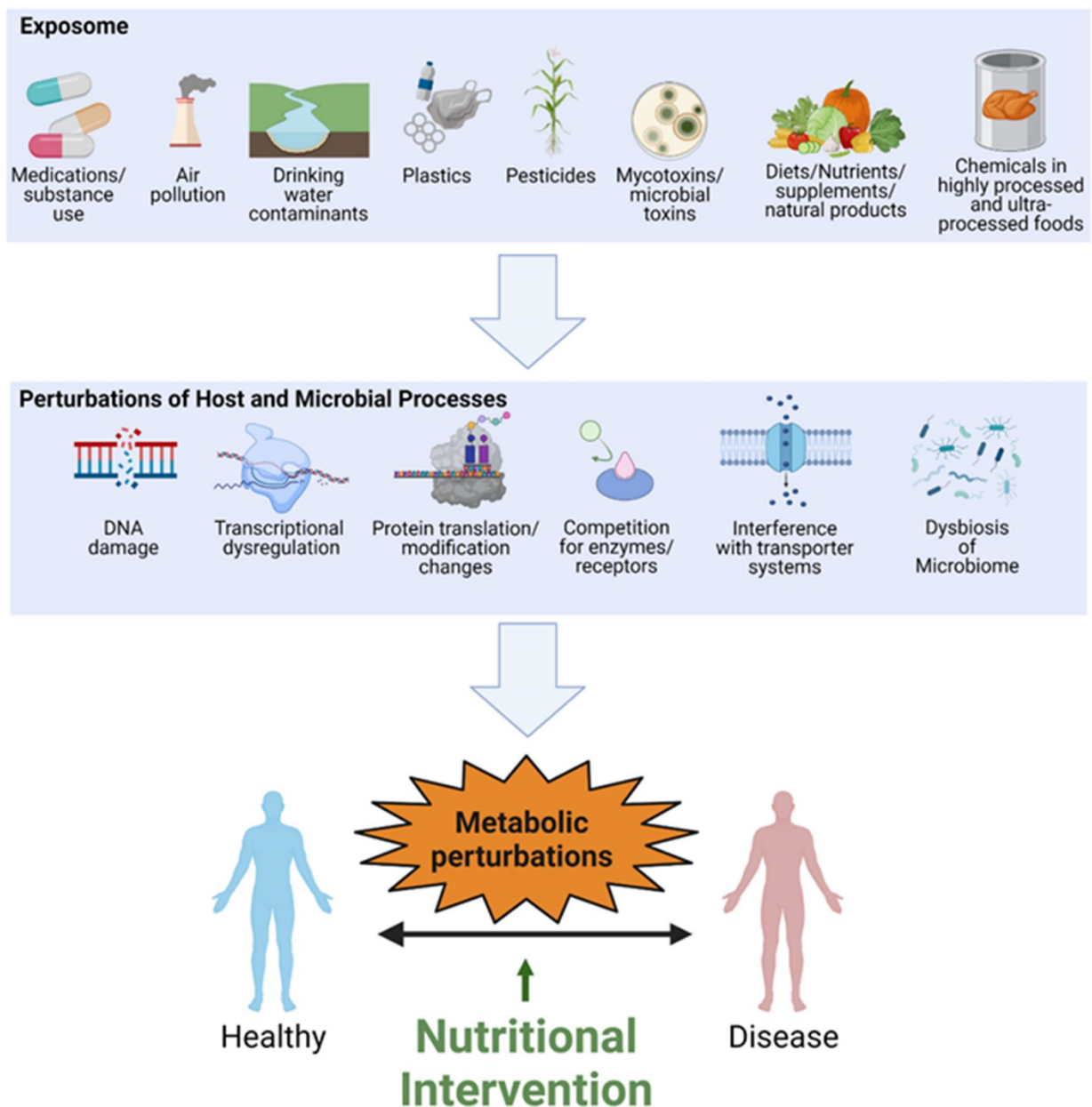
La flora intestinal es fundamental para la protección contra infecciones y el mantenimiento de las funciones de barrera. Los probióticos (microorganismos vivos beneficiosos) y los prebióticos (fibra fermentable) pueden ayudar a restablecer el equilibrio de la flora intestinal.

Los metanálisis han demostrado que las dietas enriquecidas con farmaconutrientes disminuyen las complicaciones infecciosas, la estancia hospitalaria y la duración de la ventilación mecánica, aunque la interpretación sigue siendo controvertida debido a la heterogeneidad del estudio. [\(13\)](#)

Meta boloma y exposoma

El meta boloma representa el conjunto completo de metabolitos presentes en un organismo y proporciona información sobre los procesos metabólicos y los estados patológicos. El exposoma abarca todas las exposiciones ambientales, incluida la dieta, a las que se enfrenta un individuo a lo largo de su vida. La integración de la metabolómica y la exposómica permite una comprensión integral de cómo los factores externos y los cambios metabólicos influyen en la salud y la enfermedad.

La amplia gama de exposiciones ambientales, conocida como exposoma, tiene una profunda influencia en la salud humana. Para abordar los resultados adversos de estas exposiciones se requieren intervenciones específicas. La farmacología y la toxicología nutricionales se centran en corregir las alteraciones metabólicas causadas por factores ambientales, lo que facilita la elaboración de estrategias de salud pública precisas y la formulación de "cócteles" de nutrientes personalizados. [\(14\)](#)



Optimización metabólica

La optimización metabólica implica ajustar los procesos metabólicos para lograr una función fisiológica y una salud óptimas. Esto se puede lograr mediante una nutrición personalizada, ejercicio y modificaciones del estilo de vida. Al aprovechar los avances en metabolómica y nutrigenómica, los proveedores de atención médica pueden crear estrategias personalizadas para mejorar la salud metabólica y prevenir trastornos metabólicos. [\(15\)](#)

Ascorbato farmacológico (vitamina C intravenosa) y otros micronutrientes clave

El ascorbato farmacológico (vitamina C IV) y otros micronutrientes clave como antioxidantes, prooxidantes, factores coenzimáticos y donadores de electrones han sido cada vez más reconocidos por sus potenciales beneficios terapéuticos en diversos escenarios clínicos.

Ascorbato farmacológico

El ascorbato farmacológico, en concentraciones milimolares en plasma, ha demostrado ser muy prometedor en el tratamiento del cáncer, en particular debido a su capacidad para inducir selectivamente estrés oxidativo en las células cancerosas. Esto se logra mediante la generación extracelular de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), que mata selectivamente las células cancerosas sin afectar a las células normales. El mecanismo subyacente explota la actividad catalasa diferencial entre las células cancerosas y las normales; las células cancerosas exhiben una actividad catalasa menor, lo que las hace más vulnerables a la acumulación de H_2O_2 , lo que conduce a daño del ADN y posterior muerte celular. Por el contrario, las células normales, con niveles más altos de catalasa, pueden neutralizar el H_2O_2 , evitando así el daño oxidativo. Además, estudios recientes han demostrado que el ascorbato farmacológico mejora la radiosensibilidad de los tumores, amplificando los efectos de la radioterapia al aumentar el estrés oxidativo en los tejidos cancerosos. Esta doble acción del ascorbato (inducir daño oxidativo y mejorar la radiosensibilidad) lo convierte en un potente adyuvante en terapias contra el cáncer, aprovechando las vulnerabilidades bioquímicas de las células cancerosas para estrategias de tratamiento más específicas y efectivas. [\(16\)](#)

Micronutrientes clave

1. Profármacos y factores coenzimáticos:

Los profármacos como los precursores de NAD⁺ son esenciales para el metabolismo celular y la producción de energía. Mejoran la capacidad del cuerpo para producir ATP, lo que favorece diversas funciones fisiológicas.

Los factores coenzimáticos, como las vitaminas B1, B2 y B6, son cruciales para las reacciones enzimáticas que mantienen el metabolismo y la reparación celular. [\(17\)](#), [\(18\)](#), [\(19\)](#)

2. Antioxidantes y prooxidantes:

Los antioxidantes como el glutatión y la vitamina E protegen a las células del estrés oxidativo neutralizando los radicales libres. Sin embargo, en dosis farmacológicas, algunos agentes como la vitamina C pueden actuar como prooxidantes [\(20\)](#), en particular en la terapia contra el cáncer, para inducir un estrés oxidativo específico en las células tumorales.

En (Potdar et al., 2018) las dosis farmacológicas intravenosas (IV) de vitamina C han demostrado un efecto sinérgico con antioxidantes clave como el glutatión, la CoQ10 y el ácido alfa lipoico. Esta sinergia mejora el reciclaje de estos antioxidantes, lo que ayuda a mantener el equilibrio redox celular y protege contra el estrés oxidativo. La vitamina C desempeña un papel fundamental en la restauración de las formas oxidadas de estos antioxidantes, lo que les permite seguir neutralizando las especies reactivas de oxígeno (ROS). El reciclaje de

antioxidantes es crucial en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, incluidos los trastornos cardiovasculares y neurodegenerativos. Este mecanismo destaca la importancia de las terapias antioxidantes combinadas para apoyar la salud celular y prevenir la progresión de enfermedades crónicas [\(21\)](#) , [\(22\)](#) , [\(23\)](#) , [\(24\)](#)

Donadores de electrones:

Los micronutrientes que actúan como donantes de electrones, como la vitamina C y la coenzima Q10, desempeñan un papel fundamental en la cadena de transporte de electrones y la función mitocondrial. Apoyan la producción de energía y reducen el daño oxidativo. [\(25\)](#) , [\(26\)](#) , [\(27\)](#)

Aplicaciones clínicas

El uso combinado de micronutrientes clave, incluidos antioxidantes como el glutatión, la CoQ10 y prooxidantes como las dosis farmacológicas de vitamina C, ha demostrado tener un potencial significativo para mejorar los resultados de los pacientes en cuidados intensivos y en entornos quirúrgicos. Estos micronutrientes actúan como donantes de electrones, lo que ayuda a neutralizar el estrés oxidativo y a mitigar la disfunción bioquímica. En particular, los antioxidantes apoyan la defensa del cuerpo contra las especies reactivas del oxígeno, mientras que el reciclaje de antioxidantes, como el glutatión, ayuda a mantener el equilibrio redox. En pacientes con enfermedades graves, esta suplementación ha demostrado ser prometedora para reducir el agotamiento de nutrientes inducido por fármacos y mejorar la salud y la recuperación generales. Estudios recientes sugieren que la administración de múltiples antioxidantes y micronutrientes puede proporcionar resultados clínicos superiores en comparación con la suplementación aislada de compuestos individuales (Heyland et al., 2005; Canadian Critical Care Trials Group, 2006). [\(28\)](#) , [\(29\)](#)

Compasión en la atención sanitaria

Frampton et al. (2013) destacan el papel fundamental de la **compasión** en la prestación de **una atención centrada en el paciente** , en particular en entornos hospitalarios y de cuidados intensivos. El artículo sostiene que la compasión no es solo un rasgo deseable, sino una piedra angular fundamental de la prestación eficaz de la atención sanitaria. La compasión implica comprender las necesidades, los miedos y las preferencias individuales de los pacientes, lo que contribuye a la creación de una experiencia de atención más empática y personalizada. Los autores destacan la importancia de integrar la compasión en las prácticas diarias de los profesionales sanitarios, incluidos **los enfermeros , los médicos y el personal hospitalario** , ya que mejora significativamente los resultados de los pacientes.

El estudio explora además cómo **el apoyo organizacional** es crucial para promover la atención compasiva. Las instituciones de atención médica que invierten en capacitación y sistemas para fomentar la empatía y la comprensión ven mejores resultados clínicos y una mayor satisfacción del paciente. La atención compasiva también fomenta la confianza y la relación entre pacientes y proveedores, lo que en última instancia mejora el proceso de curación y promueve mejores resultados de salud, en particular en **cuidados críticos** y entornos **intra hospitalarios** . Al incorporar la compasión en el marco de la prestación de atención médica, se mejora tanto el bienestar emocional de los pacientes como la satisfacción profesional de los trabajadores de la salud, creando un sistema de atención médica más sostenible y eficaz. [\(30\)](#)

La compasión sigue siendo una piedra angular de la prestación eficaz de servicios de salud. Implica comprender las necesidades, los temores y las preferencias de los pacientes y brindar una atención empática y centrada en el paciente. En el contexto de las intervenciones nutricionales, la compasión garantiza que las recomendaciones se adapten a las circunstancias individuales, lo que promueve la adherencia y los resultados positivos para la salud.

Conclusiones y perspectivas

El panorama actual de la ciencia y **la medicina nutricional** se caracteriza por avances rápidos y un reconocimiento cada vez mayor de la importancia de la nutrición personalizada. La investigación continúa revelando las complejas interacciones entre la dieta, la genética y la salud, allanando el camino para enfoques innovadores para la prevención y el manejo de enfermedades. Campos como **la nutriepigenética**, **la nutrigenómica**, **la metabolómica** y **la exposómica** son fundamentales para mejorar nuestra comprensión de las alteraciones bioquímicas y epigenéticas vinculadas a numerosos desafíos de salud. Estas disciplinas facilitan el diagnóstico preciso, la prevención proactiva y el tratamiento eficaz de la gran cantidad de problemas clínicos que enfrentamos a diario.

En este contexto, **la compasión** sigue siendo una piedra angular de la prestación eficaz de servicios de salud, en particular en **las unidades de cuidados intensivos (UCI)** y en las clínicas que afrontan problemas de salud complejos. Comprender las necesidades, los temores y las preferencias de los pacientes permite a los profesionales sanitarios ofrecer una atención empática y centrada en el paciente. Este enfoque compasivo es crucial a la hora de implementar intervenciones nutricionales, ya que garantiza que las recomendaciones se adapten a las circunstancias individuales, lo que promueve la adherencia y fomenta resultados de salud positivos.

Además, es esencial que **los tratamientos meta nutricionales** sean individualizados, ya que la respuesta a los diversos problemas de salud es inherentemente única para cada paciente. La integración de **farmaconutrientes** en dosis elevadas o megadosis, junto con cantidades meta nutricionales relevantes de agentes nutritivos, presenta oportunidades significativas para resolver de manera efectiva diversas afecciones de salud, a menudo sin secuelas duraderas. La convergencia de la farmacología nutricional con diversos farmaconutrientes ha demostrado ser efectiva en múltiples entornos, incluida la atención hospitalaria y diversas clínicas.

De cara al futuro, la **farmacología nutricional**, la suplementación nutricional, **la medicina ortomolecular** y los campos relacionados son prometedores. El énfasis en las intervenciones personalizadas y basadas en la evidencia seguirá creciendo, transformando la atención médica en una práctica más precisa y eficaz. Como investigadores y médicos, nuestra responsabilidad es mantenernos a la vanguardia de estos desarrollos, asegurándonos de aprovechar estos avances para mejorar la atención al paciente y los resultados de salud a nivel mundial.

Direcciones futuras:

1. **Integración de la farmacología nutricional y la medicina tradicional:** combinando las fortalezas de ambos enfoques para maximizar los resultados de los pacientes.
2. **Nutrición personalizada:** aprovechar los avances en metabolómica y nutrigenómica para crear estrategias de salud personalizadas.

3. **Investigación mejorada y práctica basada en evidencia:** aumentar el conjunto de evidencia que respalda la eficacia de las intervenciones nutricionales en diversos entornos clínicos.
4. **Atención compasiva:** garantizar enfoques centrados en el paciente que tengan en cuenta las necesidades y preferencias individuales.

Al cerrar la brecha entre la farmacología nutricional y los farmaconutrientes clave, podemos crear un enfoque más holístico y eficaz para la atención médica que beneficie tanto a los proveedores como a los pacientes.

APÉNDICE I - Micronutrientes clave en entornos hospitalarios

APÉNDICE II - Las últimas tendencias en farmacología nutricional para 2024

Referencias:

1. Martinez Méndez J. IV Ascorbato farmacológico: una terapia médica nutrifarmacológica incomprendida. Servicio de noticias de medicina ortomolecular. Disponible en: orthomolecular.org <https://orthomolecular.org/resources/omns/v19n44.shtml>
2. Bland J. El futuro de la farmacología nutricional. Terapias alternativas en salud y medicina [Internet]. 2008 [citado el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: researchgate.net https://www.researchgate.net/publication/23246353_The_future_of_nutritional_pharmacology
3. Wischmeyer, PE (2010). Farmaconutrición y terapia nutricional en enfermedades críticas, un número de Critical Care Clinics. Volumen 26-3. Elsevier.
4. Wischmeyer PE. Farmaconutrición: revisión de los mecanismos fisiológicos [Internet]. [citado el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: researchgate.net https://www.researchgate.net/publication/256689971_Pharmaconutrition_Review_Physiological_Mechanisms
5. Santos HO, et al. Farmaconutrición en el manejo clínico de la COVID-19: falta de investigación basada en evidencia pero pistas para una prescripción personalizada. J Pers Med. 2020;10(4):145. doi: 10.3390/jpm10040145. <https://www.mdpi.com/2075-4426/10/4/145>
6. Wischmeyer P. Farmacología nutricional en cirugía y cuidados intensivos: "Debes desaprender lo que has aprendido". Curr Opin Anaesthesiol. Agosto de 2011;24(4):381-8. doi: 10.1097/ACO.0b013e32834872b6. PMID: 21734486. https://journals.lww.com/co-anesthesiology/abstract/2011/08000/nutritional_pharmacology_in_surgery_and_critical.5.aspx
7. Gonzalez M, Miranda-Massari J, Duconge J, Martinez Méndez J, Olalde J, Gonzalez M, Berdiel M, Lozada J, Smith R, Saul A. Nuevos conceptos para comprender la farmacocinética de nutrientes: nutricinética y nutridinámica. 2023 [Internet]. Disponible en: researchgate.net https://www.researchgate.net/publication/369033898_New_Concepts_for_Understanding_Nutrient_Pharmacokinetics_Nutri-kinetics_and_Nutri-dynamics
8. Wischmeyer PE. Duke Health [Internet]. 2024 [citado el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: dukehealth.org <https://www.dukehealth.org/find-doctors-physicians/paul-e-wischmeyer-md>
9. Ames BN. La ingesta baja de micronutrientes puede acelerar las enfermedades degenerativas del envejecimiento mediante la asignación de micronutrientes escasos por

- triaje. Proc Natl Acad Sci US A. 21 de noviembre de 2006;103(47):17589-94. doi: 10.1073/pnas.0608757103. PMID: 17101959; PMCID: PMC1693790. Disponible en: [pmc.ncbi.nlm.nih.gov https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1693790/](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1693790/)
10. Riordan HD, et al. Mecanismos antivirales de la vitamina C: un breve informe de consenso sobre comunicación [Internet]. 2020 [citado el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: [isom.ca https://isom.ca/article/antiviral-mechanisms-of-vitamin-ca-short-communication-consensus-report/](https://isom.ca/article/antiviral-mechanisms-of-vitamin-ca-short-communication-consensus-report/)
11. Critical Care. (2018). Entender la administración temprana de vitamina C intravenosa en dosis altas en lesiones por isquemia/reperfusión, 22(1):70. DOI: 10.1186/s13054-018-1996-y. <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-018-1996-y>
12. Gonzalez MJ, Miranda-Massari JR, Jorge R. Nuevos conocimientos sobre la vitamina C farmacológica: efectos antioxidantes y prooxidantes, funciones coenzimáticas, quelación suave, función de donante de electrones y generación de peróxido de hidrógeno en la terapia del cáncer. Springer, 2014. Disponible en: [jeffreydachmd.com https://jeffreydachmd.com/wp-content/uploads/2017/06/New-Insights-vitamin-C-and-Cancer-Gonzalez-Michael-Springer-2014.pdf](https://jeffreydachmd.com/wp-content/uploads/2017/06/New-Insights-vitamin-C-and-Cancer-Gonzalez-Michael-Springer-2014.pdf)
13. Vaquerizo Alonso, C., et al. (2020). Recomendaciones para el manejo nutricional-metabólico especializado del paciente crítico. Med Intensiva (Engl Ed), 44 Suppl 1:1-14. Disponible en: DOI: 10.1016/j.medine.2019.12.002 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2173572720300400?via%3Dihub>
14. Blake R Rushing, et al. (2023). El exposoma y la farmacología y toxicología nutricional: una nueva aplicación para la metabolómica. Exposome, 3(1), osad008. DOI: 10.1093/exposome/osad008. <https://academic.oup.com/exposome/article/3/1/osad008/7444013>
15. Lagoumintzis G, Afratis NA y Patrinos GP (2024) Editorial: Nutrigenómica y nutrición personalizada: avances en la investigación básica, clínica y traslacional. Front. Nutr. 11:1435475. doi: 10.3389/fnut.2024.1435475 <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2024.1435475/full>
16. Mehdi Z, Petronek MS, Stolwijk JM, et al. Utilización de ascorbato farmacológico en la terapia del cáncer. Int J Mol Sci. 2021;22(19):10880. Disponible en: [mdpi.com https://www.mdpi.com/1422-0067/22/19/10880](https://www.mdpi.com/1422-0067/22/19/10880)
17. Pramono AA, Rather GM, Herman H, Lestari K. Enzimas que aportan NAD y NADPH como objetivos terapéuticos en el cáncer: una descripción general. Biomolecules. 2020. Disponible en: Enlace <https://www.mdpi.com/2218-273X/10/3/358/>
18. Navas LE, Carnero A. Metabolismo del dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD) como objetivo relevante en el cáncer. Cells. 2022;11(17):2627. Disponible en: Enlace <https://www.mdpi.com/2073-4409/11/17/2627/>
19. Piquereau J, Boitard SE, Ventura-Clapier R, et al. Terapia metabólica de la insuficiencia cardíaca: ¿Hay futuro para las vitaminas B? Revista internacional de ciencias moleculares. 2021. Enlace: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/1/30/>
20. Kumar V, Khan AA, Tripathi A, Dixit PK, Bajaj UK. Función del estrés oxidativo en diversas enfermedades: relevancia de los antioxidantes dietéticos. J Phytopharm, 2015. Disponible en: [researchgate.net https://www.researchgate.net/profile/Vinay-Kumar-44/publication/277477072_Role_of_oxidative_stress_in_various_diseases_Relevance_of_dietary_antioxidants/links/556bd32b08aec22683037df0/Role-of-oxidative-stress-in-various-diseases-Relevance-of-dietary-antioxidants.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vinay-Kumar-44/publication/277477072_Role_of_oxidative_stress_in_various_diseases_Relevance_of_dietary_antioxidants/links/556bd32b08aec22683037df0/Role-of-oxidative-stress-in-various-diseases-Relevance-of-dietary-antioxidants.pdf)
21. Potdar A, Dantuma D, Preuss C, Pathak Y. Farmacología y farmacocinética de los antioxidantes naturales en el cuerpo humano. En: Antioxidant Nutraceuticals. Taylor & Francis; 2018. Disponible en:

taylorfrancis.com <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315121024-16/pharmacology-pharmacokinetics-natural-antioxidants-human-body-aishwarya-potdar-danielle-dantuma-charles-preuss-yashwant-pathak>

22. Carr AC, Frei B. Hacia una nueva ingesta diaria recomendada de vitamina C para humanos. *Am J Clin Nutr*. 1999;69(6):1086-1093. Disponible en:

Enlace <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522044136?via%3Dihub>

23. Hemilä H, Chalker E. La vitamina C puede acortar la duración de la estancia en la UCI: un metaanálisis. *Nutrients*. 2020;12(12):3799. Disponible en:

Enlace <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/4/708>

24. Kang JS. Intervención con vitaminas para la tormenta de citocinas en pacientes con enfermedad por coronavirus 2019. *MedComm* (2020). 2020 Jun;1(1):81-83. Disponible en:

Enlace <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7323139/>

25. Falasca, A., et al. (2003). "Producción mitocondrial de especies de radicales de oxígeno y el papel de la coenzima Q como antioxidante". Disponible en:

Enlace https://www.researchgate.net/profile/Anna-Falasca/publication/10791343_Mitochondrial_Production_of_Oxygen_Radical_Species_and_the_Role_of_Coenzyme_Q_as_an_Antioxidant/links/02e7e5278bab9063b6000000/Mitochondrial-Production-of-Oxygen-Radical-Species-and-the-Role-of-Coenzyme-Q-as-an-Antioxidant.pdf

https://www.researchgate.net/profile/Anna-Falasca/publication/10791343_Mitochondrial_Production_of_Oxygen_Radical_Species_and_the_Role_of_Coenzyme_Q_as_an_Antioxidant/links/02e7e5278bab9063b6000000/Mitochondrial-Production-of-Oxygen-Radical-Species-and-the-Role-of-Coenzyme-Q-as-an-Antioxidant.pdf

26. Kucharská, J. (2008). "Vitaminas en la función mitocondrial". En *Medicina mitocondrial: metabolismo mitocondrial, enfermedades, diagnóstico y terapia* (Springer). Disponible en:

Enlace https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6714-3_21

27. Napolitano, G., Fasciolo, G., & Venditti, P. (2021). "Gestión mitocondrial de especies reactivas de oxígeno". *Antioxidantes*. Disponible en: Enlace <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/11/1824/>

28. Heyland DK, Dhaliwal R, Suchner U, Berger MM. Nutrientes antioxidantes: una revisión sistemática de oligoelementos y vitaminas en el paciente grave. *Intensive Care Med*. 2005. Disponible en:

academia.edu https://www.academia.edu/50146208/Antioxidant_nutrients_a_systematic_review_of_trace_elements_and_vitamins_in_the_critically_ill_patient?sm=b

29. Grupo Canadiense de Ensayos de Cuidados Intensivos. Reducción de las muertes debidas al estrés oxidativo: fundamentos y diseño de estudio para un ensayo aleatorio de

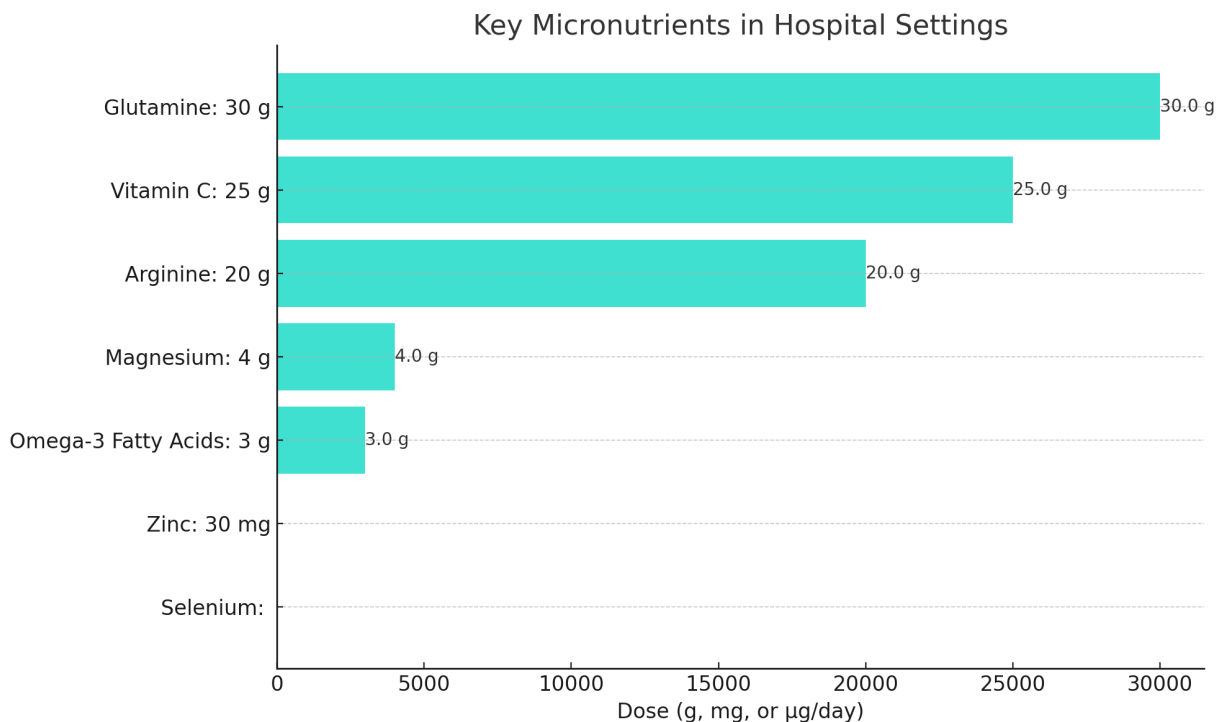
suplementación con glutamina y antioxidantes en pacientes con enfermedades graves. *Proc Nutr Soc*. 2006. Disponible en: cambridge.org [https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/4B68F09E704FCF891A29E4550B23CC01/S0029665106000334a.pdf/reducing_deaths_due_to_oxidative_stress_the_redoxs_study_rationale_and_study_design_for_a_randomized_trial_of_glutamine_and_antioxidant_supplementation_in_criticallyill_patients.pdf)

[core/content/view/4B68F09E704FCF891A29E4550B23CC01/S0029665106000334a.pdf/reducing_deaths_due_to_oxidative_stress_the_redoxs_study_rationale_and_study_design_for_a_randomized_trial_of_glutamine_and_antioxidant_supplementation_in_criticallyill_patients.pdf](https://www.cambridge.org/core/content/view/4B68F09E704FCF891A29E4550B23CC01/S0029665106000334a.pdf/reducing_deaths_due_to_oxidative_stress_the_redoxs_study_rationale_and_study_design_for_a_randomized_trial_of_glutamine_and_antioxidant_supplementation_in_criticallyill_patients.pdf)

30. Frampton SB, Guastello S, et al. La compasión como base de la atención centrada en el paciente: la importancia de la compasión en acción. *Journal of Comparative Effectiveness Research*. 2013. Disponible en:

becarispublishing.com <https://becarispublishing.com/doi/pdf/10.2217/cer.13.54?>

APÉNDICE I



Micronutrientes clave en el ámbito hospitalario

- **Glutamina** : 30 g
- **Vitamina C** : 25 g
- **Arginina** : 20 g
- **Magnesio** : 4 g
- **Ácidos grasos omega-3** : 3 g
- **Zinc** : 30 mg
- **Selenio** : 0,4 mg a 4 mg

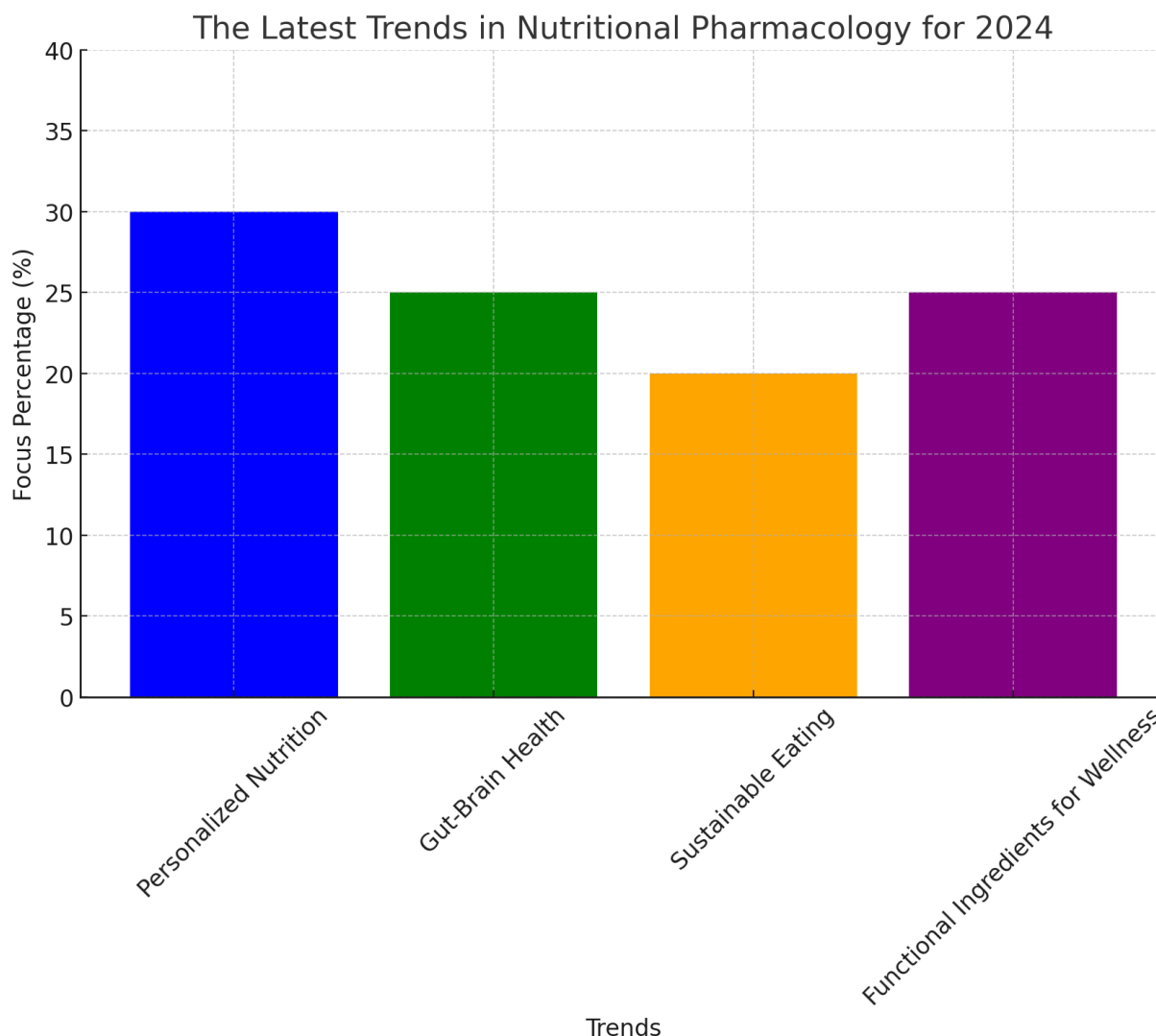
Referencias:

1. Vaquerizo Alonso, C., et al. (2020). Recomendaciones para el manejo nutricional-metabólico especializado del paciente crítico. *Med Intensiva (Engl Ed)*, 44 Suppl 1:1-14. Disponible en: DOI: 10.1016/j.medine.2019.12.002.
 2. Santos, HO, et al. (2020). Farmaconutrición en el manejo clínico de la COVID-19: falta de investigación basada en evidencia pero pistas para una prescripción personalizada. *Journal of Personalized Medicine*, 10(4): 145. Disponible en: DOI: 10.3390/jpm10040145.
 3. Wischmeyer, P. (2011). Farmacología nutricional en cirugía y cuidados intensivos: “debes desaprender lo aprendido”. *Curr Opin Anaesthesiol*, 24(4):381-8. Disponible en: DOI: 10.1097/ACO.0b013e3283470215.
 4. Rude, RK (2012). Deficiencia de magnesio: una causa de enfermedad heterogénea en la medicina clínica. *Journal of the American College of Nutrition*, 31(2), 132S-138S. Disponible en: DOI: 10.1080/07315724.2012.10719958.
 5. Calder, PC (2015). Ácidos grasos omega-3 y procesos inflamatorios: de las moléculas al hombre. *Biochemical Society Transactions*, 43(5), 813-820. Disponible en: DOI: 10.1042/BST20150155.
-

APÉNDICE II

Las últimas tendencias en farmacología nutricional para 2024

El gráfico siguiente refleja el énfasis en áreas clave dentro de la farmacología nutricional:



- **Nutrición personalizada:** impulsada por avances en pruebas genéticas e inteligencia artificial, que permite recomendaciones dietéticas personalizadas.
- **Salud intestinal y cerebral:** se centra en cómo la salud intestinal influye en el bienestar mental, a menudo a través de probióticos y adaptógenos.
- **Alimentación sustentable:** énfasis en dietas basadas en plantas y producción de alimentos ecológica.
- **Ingredientes funcionales para el bienestar:** uso de ingredientes como ashwagandha y omega-3 para apoyar la salud mental y física.

Referencias:

1. New Nutrition Business. "Alimentos funcionales para la salud mental y el bienestar". Disponible en: New Nutrition Business <https://www.new-nutrition.com/>
2. Carvalho NM, Oliveira DL, Costa CM, Pintado ME. **Estrategias para evaluar el impacto de los ingredientes alimentarios funcionales sostenibles en la microbiota intestinal.** Alimentos. 2023. Disponible en: mdpi.com <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/11/2209>