

ALIMENTACIÓN EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Dr. José María Vega Piqueres

Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias, Artes y Letras de Huelva, como Académico Correspondiente

Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Ciencias, Artes y Letras de Huelva

Excmos. Sres. Académicas y Académicos

Excmas. Autoridades

Señoras y Señores.

1. Introducción

Es un gran honor encontrarme hoy aquí para leer el discurso de ingreso, como Académico correspondiente, en la Academia de Ciencias, Artes y Letras de Huelva. Es un orgullo para mí ser, a partir de hoy, uno más entre vosotros.

Mis primeras palabras quiero que sean de agradecimiento a los miembros de la Academia, en la persona de su Presidente, Prof. D. Emilio Pascual Martínez, por vuestra propuesta, que acepto con suma satisfacción y buenos deseos de contribuir en lo posible a dar presencia y prestigio a nuestra Academia en la Sociedad Onubense. Particularmente quiero agradecer al Académico Numerario, Prof. D. Juan Campos Carrasco por aceptar dar respuesta a este discurso, que espero sea de vuestro agrado y alcance el nivel científico exigido.

También quiero agradecer a la Académica Numeraria, Prof. Dña. María del Rosario Pásaro Dionisio, mi esposa durante más de 50 años, por su continuo y decidido apoyo a mi carrera

científica. Además, a mis hijos José María y Julio que contribuyeron decisivamente a nuestra estabilidad familiar y progreso profesional.

Permitidme un emocionado recuerdo al Prof. D. Carlos Vílchez Martín, primer presidente de esta Academia, mentor y gran amigo que fue del que os dirige la palabra. Gracias a él inicié una estrecha colaboración con la Universidad de Huelva y la sede de la UNED, que durante muchos años él dirigió. Dicha colaboración todavía perdura con los bioquímicos onubenses, con excelentes resultados.

El tema que he elegido para del discurso es: **ALIMENTACIÓN EN TIEMPOS DE PANDEMIA**, motivado principalmente porque desde hace más de 25 años vengo estudiando y enseñando Biotecnología de Alimentos y, en este día tan especial, quisiera comentar algunos de los conceptos aprendidos. Por otra parte, la pandemia del Covid-19, que todavía sufrimos, nos pilló desprevenidos y desprotegidos, poniendo de manifiesto que hay que fortalecer las defensas primarias del organismo ante cualquier ataque por patógenos. La Covid-19 ha venido para quedarse y es muy posible que vengan más virus pandémicos que pongan en riesgo nuestras vidas, por lo que hay que estar preparados.

2. Dieta

Los alimentos nos proporcionan la *energía* y *materia* que necesitamos para nuestro mantenimiento y desarrollo. Los hábitos alimenticios de cada uno son determinantes para una vida sana en el plano físico y mental, debiendo conducirnos a una dieta *equilibrada*, desde un punto de vista energético, y *variada* en términos de nutrientes; ya que nos debe proveer de

hasta 50 nutrientes distintos que son esenciales para vivir. Entre los nutrientes que generalmente nos proporciona la dieta tenemos:

2.1. Macronutrientes

Los *carbohidratos* son la fuente ideal de energía, que deben aportar al menos un 60% de la que necesitamos diariamente. Son los combustibles por excelencia y la base de la actividad neuronal y muscular. Son nutrientes presentes principalmente en los vegetales y los únicos que aportan la *fibra*, tan necesaria para un correcto funcionamiento del aparato digestivo. A este grupo de sustancias también pertenece la *vitamina C*.

Por su parte, las *proteínas* son nutrientes de calidad, que dan fortaleza estructural y funcional a los tejidos. Tanto vegetales como animales son nuestros proveedores; pero son los alimentos de origen animal, por excelencia, las fuentes de la proteína de calidad. De los 20 aminoácidos que integran las proteínas hay 9 que son esenciales para nosotros porque somos incapaces de fabricarlos y necesariamente tenemos que ingerirlos en la dieta. Son lisina, metionina, treonina, valina, triptófano, fenil-alanina, histidina, leucina e isoleucina.

Las proteínas no son adecuadas como combustibles; ya que contienen nitrógeno, elemento no presente en carbohidratos, y durante la degradación de los aminoácidos genera amoníaco, que es tóxico. Por tanto, el hígado ha de transformarlo en urea para su eliminación del organismo por medio de la orina, con el consiguiente gasto de materia y energía que ello supone. Las proteínas no deben suministrar más de un 10% de la energía que diariamente consumimos.

Los *lípidos* se caracterizan por su papel como reserva energética, por ser las grasas moléculas adecuadas para su depósito en tejido adiposo. Aun así, no deben de suministrarnos más del 30% de la energía diaria. También aportan las vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales, como los *omega-3* y *6*, cuya participación en las membranas biológicas confiere a los tejidos la fluidez y plasticidad necesarias para una buena salud.

2.2. Micronutrientes

Llamados así porque habitualmente se necesitan en menos cantidad que los anteriores, lo que no les resta importancia para el organismo. Entre ellos tenemos:

2.2.1. Vitaminas

En 1912 el bioquímico Casimir Funk descubrió una sustancia, la tiamina (vitamina B1), que era necesaria para el normal desarrollo y crecimiento del organismo. Químicamente se trata de una *amina*, que se requiere en pequeña cantidad para la vida (*vita*), por ello se la denominó *vitamina*. Posteriormente, se fueron descubriendo más moléculas orgánicas también esenciales para la vida, en pequeñas cantidades, y se consideraron todas como vitaminas. Se trata de un grupo de nutrientes heterogéneo; ya que sus estructuras químicas son muy diferentes entre sí y no guardan relación aparente entre ellas y, por otro lado, su función en el organismo es diversa, actuando como antioxidantes, coenzimas u hormonas. Las vitaminas se clasifican en: hidrosolubles (complejo B y vitamina C) y liposolubles (A, D, E, K).

Con la excepción de la B12, todas las vitaminas son suministradas en mayor o menor cantidad por alimentos de

origen vegetal, que se ingieren frescos, crudos o poco cocinados, como frutas, verduras, legumbre, etc. La vitamina B12, por su parte, es suministrada exclusivamente por alimentos de origen animal, vísceras y carnes rojas principalmente. De aquí que, habitualmente, se presenten deficiencias de esta vitamina en personas vegetarianas o veganas.

2.2.2. Minerales

De los 120 elementos químicos conocidos, tan solo 22 forman parte activa de los seres vivos. Y no se trata precisamente de los más abundantes en la corteza terrestre, sino de los más idóneos. Además de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, son esenciales para la vida otros elementos como el cloruro, sodio, potasio, calcio, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, cobre, zinc, litio, yodo, selenio, cobalto, vanadio, flúor, boro y cromo. Existen algunos otros, como el aluminio, por ejemplo, cuya necesidad es discutible, ya que se encuentran después de calcinar la materia orgánica, pero del que se desconoce su posible función fisiológica en el organismo. No se descarta que haya una asociación inespecífica del aluminio con la materia orgánica.

Una dieta variada y rica en frutas y verduras nos suministran los minerales, en las cantidades necesarias. Sin embargo, se han encontrado deficiencias muy severas de algunos de ellos, sobre todo en personas mayores.

2.2.3. Antioxidantes

La necesidad de estas sustancias se debe a que hay que combatir el estrés oxidativo que se produce permanentemente en el organismo. La dieta puede

suministrarnos antioxidantes que completen la defensa natural que tenemos frente a los radicales del oxígeno.

Las vitaminas A y E son excelentes antioxidantes. Particularmente relevante es el papel antioxidante que juegan en nuestro organismo los carotenos, flavonoides y polifenoles, presentes en los alimentos de origen vegetal.

El selenio y el zinc son colaboradores (cofactores) necesarios para el buen funcionamiento de alguna de las enzimas antioxidantes del organismo.

3. Estrés oxidativo en el organismo

3.1. Generación de especies reactivas del oxígeno (ROS)

El aire que respiramos contiene aproximadamente un 21% (v/v) de oxígeno con el que interaccionamos continuamente por ser el aceptor terminal de electrones de la cadena respiratoria celular. Sin embargo, vivir en una atmósfera tan oxidante, como la nuestra, tiene sus inconvenientes.

Para obtener la energía que aportan los alimentos, nuestro metabolismo les extrae el poder reductor, que oxidamos en la cadena respiratoria mitocondrial, donde cada molécula de oxígeno (O_2) debe recibir 4 electrones para obtener energía química de enlace (2,5 ATP) y producir 2 moléculas de agua. Sin embargo, dichos electrones los recibe de uno en uno y aunque el proceso sea muy rápido siempre se forman compuestos intermedios de la reducción del oxígeno, como se muestra en la Fig. 1.

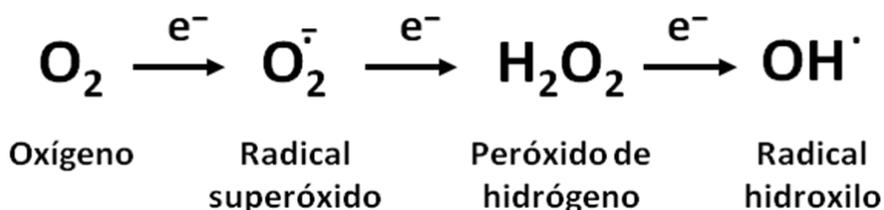


Figura 1. Formación de especies reactivas del oxígeno (ROS). La adición del cuarto electrón al radical hidroxilo produciría la molécula de agua

Las especies reactivas del oxígeno son el radical superóxido, el peróxido y el radical hidroxilo; además del oxígeno singlete, que es una molécula activada, como consecuencia de la interacción directa del oxígeno con moléculas químicas del entorno.

El 4% aproximadamente del oxígeno que respiramos diariamente se convierte en ROS. La contaminación química, hábitos dietéticos inadecuados, excesiva ingesta de alcohol o diabetes, así como el humo del tabaco y la radiación ultravioleta, estimulan la producción de estos radicales.

Los ROS son químicamente muy agresivos y atacan al tejido biológico al que deterioran de forma irreversible; ya que inactivan enzimas, peroxidan lípidos de membranas y oxidan DNA y RNA, entre otros efectos nocivos, ocasionando graves enfermedades.

Los radicales libres son ávidos de tomar electrones de otras moléculas, a las que deterioran. Por su parte, los antioxidantes son moléculas que donan generosamente electrones a los radicales, que se inactivan, mientras que dichos antioxidantes pasan a otro estado químico estable.

3.2. Defensas naturales frente a ROS

Los organismos aerobios, entre los que nos encontramos, para poder sobrevivir en una atmosfera oxidante, como la nuestra, necesitan una batería defensiva a base de antioxidantes (enzimas y metabolitos). Entre los distintos antioxidantes endógenos que disponemos, unos son de naturaleza proteica (enzimas) y otros son moléculas más pequeñas y de naturaleza química variada.

Las enzimas antioxidantes, así como la reacción que catalizan, se muestran en la Fig. 2.

Superóxido dismutasa (Mn, Cu, Zn)



Catalasa (Fe)



Ascorbato peroxidasa (Fe)



Glutación peroxidasa (Se)



Glutación reductasa (Vit. B2)

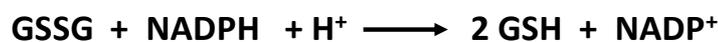


Figura 2. Enzimas con actividad antioxidante presentes en las células. Entre paréntesis se indican los cofactores necesarios para desplegar la máxima actividad.

Entre los metabolitos antioxidantes tenemos el glutatión, con función general en el organismo, y se trata del tripéptido, γ -glutamil-cisteinil-glicina, que se representa como GSH, en su forma reducida, y GSSH en su forma

oxidada. Para mantener su carácter reducido, única forma activa, se necesita NADPH y el concurso catalítico de la enzima glutatión reductasa (Fig. 2). Además, también es un antioxidante natural de reconocida eficacia la melatonina, hormona segregada por la glándula pineal que funciona como la reguladora del sueño.

4. Infección por el coronavirus Sars-Cov-2 (Covid-19)

4.1. Características del virus

El Covid-19 es un coronavirus de forma circular, que tiene su material genético incluido en una simple cadena de ARN, recubierta por una cápside, que a su vez está rodeada por una membrana lipídica. El genoma posee información para codificar proteínas estructurales de la envoltura (S, E y M), así como la proteína (N), unida al material genético. Particularmente importante es la glicoproteína espiga (S), por su papel activo en el mecanismo de infección del virus.

4.2. Mecanismo de la infección

Para penetrar en la célula humana, el virus utiliza su proteína S que se ancla con la proteína periférica, ACE2. Simultáneamente, la proteína TMPRSS2, que es una proteasa, también ayuda para que el virus pueda penetrar en la célula. Las proteínas ACE2 y TMPRSS2 se hayan especialmente presentes en tejido pulmonar, vías altas y riñones, entre otros órganos, y parece ser que la primera es más abundante en hombres que en mujeres, lo que puede explicar el mayor fallecimiento de hombres que de mujeres, ocurrido antes de la vacuna.

Una vez en el interior celular, el virus suelta su genoma que se replica por completo. Por otro lado, los genes del virus se traducen para dar lugar a sus proteínas específicas. Las unidades víricas, genoma y proteínas, se reorganizan en el retículo endoplasmático de la célula humana y, posteriormente, numerosas partículas víricas son exportadas al torrente sanguíneo.

4.3. Inflamación sistémica y tormenta de citoquinas

Estrés oxidativo e inflamación son procesos interconectados entre sí, que se refuerzan mutuamente y contribuyen a un estado de hiperinflamación sistémica, coagulopatía y desregulación del sistema inmunológico (tormenta de citoquinas) facilitando el desarrollo y gravedad de la infección por Covid-19 y su respuesta a las diversas terapias. El progreso de la infección por Covid-19 afecta a diferentes órganos del paciente produciendo una sintomatología variada, que con frecuencia tiene consecuencias letales.

4.4. Susceptibilidad genética

La molécula de ARN, material genético del Covid-19, es menos estable que la del ADN lo que explica la facilidad de mutación en este virus, del que se han producido diferentes formas con desigual grado de infectividad, como son: alfa, beta, gamma, delta y ómicron.

Por la parte humana, resulta muy importante la genética de cada uno a la hora de progresar la infección. Numerosos estudios indican que el genoma humano presenta 13 locis asociados con la susceptibilidad a la infección por Covid-19 y la gravedad de la misma. Mutaciones en los genes *ACE2*, *TMPRSS2*, *HLA*, *CD147*, *MIF*, *IFNG*, *IL6*, entre otras, están

implicadas significativamente en la vulnerabilidad humana a este virus.

5. Defensas naturales del organismo frente a patógenos

5.1. Sistema inmunológico

Cuando se declaró la pandemia, a finales de 2019, solo disponíamos de la defensa natural de cada uno para hacer frente a esta temible infección. Es el sistema inmunológico, compuesto por billones de células, y cuya fortaleza depende de la genética, la edad y el estilo de vida de cada uno. Dicho sistema está *regulado y reforzado* por la dieta y la microbiota y se *potencia* significativamente por la vacuna.

En este contexto y poniendo un símil, consideraremos que cada individuo es como una gran ciudad, de tamaño y estructura determinada (genética), donde el orden prevalece gracias a la policía (sistema inmunológico), cuya organización, entrenamiento y dotación de equipo (edad y dieta) son necesarios para resolver con eficacia su labor. Las vacunas, por su parte, representan algo así como un *grupo de élite*, perfectamente entrenado, para acabar con un tipo de delincuencia específica y, sin duda, supone un factor determinante para preservar el organismo (la ciudad) sano y saludable.

5.2. La microbiota

La microbiota en general se refiere a los microorganismos que viven en simbiosis con nosotros y que contienen unos 3.500.000 genes, frente a los 22.000 genes del genoma humano, cuya expresión condiciona nuestras vidas y bienestar. La microbiota es más abundante en el aparato digestivo, más

concretamente, en el colon. Los humanos somos super-organismos dotados, gracias a ella, de una abundante variedad genética, que permite la existencia de una enorme biodiversidad, ya que de los 7.500 millones de personas que habitan hoy día el planeta no hay dos exactamente iguales.

Una microbiota intestinal sana se caracteriza por su gran variedad de microorganismos y tiene varias funciones vitales, entre las que se encuentran: a) reforzar la barrera intestinal para que sea totalmente impermeable a los microorganismos y b) regular la competencia del sistema inmunológico frente al ataque de patógenos. La alteración patológica de la microbiota o *disbiosis*, debilita la pared intestinal, permitiendo que virus y bacterias la atraviesen, lo que desregula al sistema inmunológico y nos hace vulnerables a cualquier tipo de infección, poniendo en peligro la vida del individuo.

La dieta incide directamente en la composición de la microbiota ya que es la que la alimenta. Además, influye en el fenotipo de cada uno, como es el caso de las personas obesas, particularmente susceptibles a la infección por Covid-19. Los resultados de un estudio británico, con 10.000 personas implicadas, arrojaron que los pacientes hospitalizados por Covid-19 aumentaron en función de su índice de masa corporal. Cuanto más peso más peligro de sucumbir a la Covid-19.

6. Dieta Anti-Covid-19

Una dieta anti-Covid-19 debe cumplir los siguientes requisitos:

a) Ingerir, cada día, alimentos frescos, no procesados, como frutas, verduras y legumbres, que garanticen el aporte requerido de vitaminas, minerales y antioxidantes b) Ingerir a

diario carne, pescado, huevos o lácteos, que nos garanticen el aporte de una proteína de calidad, aminoácidos esenciales, así como Vitamina B12 y ácidos grasos omega-3 y omega-6, que favorecen que los tejidos estén sanos y funcionales c) Ingerir alimentos fermentados (probióticos), como yogures, quesos, aceitunas, pepinillos, tofu, kéfir, etc., para mantener una microbiota intestinal sana d) Limitar la sal, los azúcares refinados y el alcohol para paliar el estrés oxidativo y el estado inflamatorio en el organismo y e) Beber zumos frescos y agua, 8-10 vasos al día, para la eliminación fácil de los residuos metabólicos.

6.1. Importancia de los micronutrientes

Algunos micronutrientes son particularmente relevantes en relación con la infección por Covid-19, como son las vitaminas D, B12, C y E, los minerales selenio y zinc y los ácidos grasos omega-3. Todos ellos contribuyen a regular y fortalecer el sistema inmunológico evitando la tormenta de citoquinas, de consecuencias tan graves para los pacientes. Además, poseen también una actividad antioxidante y antiinflamatoria, que ayudan a contrarrestar la patología del virus. No obstante, cada uno de ellos tiene sus particularidades y sus mecanismos de actuación son diversos, por lo que vamos a considerarlos separadamente, dado su trascendente papel para superar la enfermedad.

6.1.1. Vitamina D

La vitamina D está tradicionalmente vinculada al metabolismo del fósforo y calcio y, recientemente, se ha visto que modula la expresión de unos mil genes, afectando a más de 160 rutas metabólicas implicadas en procesos como

carcinogénesis, desórdenes inmunológicos y enfermedades vasculares. En relación con la Covid-19, los datos reportados son elocuentes. Las personas ingresadas en hospitales con déficit severo de vitamina D presentaron un cuadro clínico de muy grave a crítico; mientras que en pacientes con niveles séricos de vitamina D igual o superior a 30 ng/ml la infección evolucionó con síntomas leves. Además de los aspectos ya considerados, la protección por vitamina D es particularmente importante en los pulmones donde ejerce un efecto antiinfeccioso, porque induce en las células la producción de péptidos con actividad antivírica.

Las fuentes de vitamina D para el hombre son dos, el sol (un 80%) y la dieta (un 20%). Durante el invierno, época en la que tenemos poca extensión de piel expuesta a los rayos solares, está recomendado que las personas mayores tomen suplemento de esta vitamina, siempre bajo la prescripción de un facultativo. En este contexto, es importante indicar que entre un 25-30% de nuestra población es deficitaria en vitamina D.

6.1.2. Vitamina B12

El déficit de B12 produce en humanos la anemia perniciosa, que tiene unos síntomas parecidos a los que causa la infección por Covid-19, como estrés oxidativo, estado proinflamatorio y disfunción orgánica múltiple. La vitamina B12 es necesaria para el normal funcionamiento de varios órganos. Quizás el papel más relevante de la vitamina B12 está en que es necesaria para la síntesis del ADN y la modificación epigenética (metilación) del mismo; por lo que regula, además, la expresión génica.

El tratamiento con vitamina B12 reduce los daños producidos por la Covid-19, ya que actúa como antiinflamatorio y antioxidante. También se ha visto que la Vitamina B12 tiene un efecto positivo en aliviar los síntomas de la Covid-19 persistente.

6.1.3. Vitaminas C y E

Estas vitaminas forman un potente tándem antioxidante, que protegen las membranas celulares, particularmente las de las células inmunológicas, a quien refuerzan y regulan. Pacientes con Covid-19, al igual que otros críticos con neumonía, a menudo presentan severas deficiencias en vitamina C, lo que resulta particularmente grave porque esta vitamina es también cofactor en procesos enzimáticos, que afectan a los sistemas inmune y nervioso, a la circulación sanguínea y el metabolismo energético. El efecto protector de la vitamina C frente al coronavirus se ejerce a tres niveles: a) entrada del virus en células humanas, b) efecto antioxidante y c) fortalecimiento del sistema inmune. Tratamientos de choque suministrando al enfermo altas dosis de vitamina C en vena han permitido recuperar a pacientes críticos por la Covid-19.

6.1.4. Selenio

Los estudios hechos con selenio, desde el comienzo de la pandemia, indican que el porcentaje de curación de enfermos de Covid-19 es más alto en aquellos con mayor contenido de selenio; lo que es muy importante dada la alta prevalencia del déficit de este elemento en la población, a pesar de que una dieta rica en vegetales frescos nos asegura un contenido normal de selenio sérico.

El selenio es un elemento parecido al azufre al puede sustituir en la constitución de los dos aminoácidos azufrados, L-cisteína y L-metionina y, por consiguiente, entrar a formar parte de algunas proteínas, las selenoproteínas, de las que se conocen unas 35 en el organismo humano. La principal de ellas es la glutatión peroxidasa, que contiene en su sitio activo una selenocisteína esencial para su actividad, que consiste en eliminar los peróxidos que se forman en las células como consecuencia de la actividad metabólica. La mayoría de las selenoproteínas tienen un papel antioxidante y regulador del sistema inmunológico.

6.1.5. Zinc

Estudios que relacionan el nivel sérico de zinc y el desarrollo de la infección por Covid-19 indican que dicha infección resulta particularmente grave en pacientes con un nivel sérico de zinc inferior a 70 µg/dl. El papel protector del Zn es diverso: a) Regula y mejora la función del sistema inmunológico b) Interfiere con la entrada del Covid-19 al interior de las células humanas c) Inhibe la RNA-polimerasa y la transcriptasa reversa del virus, por lo que interfiere en su capacidad de replicación.

6.1.6. Ácidos grasos omega-3

Los omega-3 son un tipo de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, que son esenciales en la dieta; ya que no podemos sintetizarlos. Los principales integrantes de este grupo son los ácidos eicosapentaenoico (EPA), docosahexaenoico (DHA) y alfa-linolénico (ALA). EPA y DHA juegan un papel importante en la modulación del sistema

inmune, regulando la respuesta inflamatoria; por lo que resultan muy beneficiosos para el organismo.

Los estudios existentes hasta la fecha indican que los ácidos grasos omega-3 tienen un importante efecto antiinflamatorio porque inhiben la síntesis del factor de transcripción $\text{NF-}\kappa\text{B}$, necesario para la expresión de los genes que codifican para proteínas proinflamatorias, como la IL-6.

Por otra parte, los ácidos grasos ω -3 y también estimulan las células del sistema inmunológico para que ataquen al virus. Por ello suponen un gran potencial en la lucha contra la infección por Covid-19 reduciendo el riesgo de contraer la enfermedad y, si se ha contraído, aliviando los síntomas y previniendo posibles fallos renales y respiratorios, contribuyendo de esta forma a la supervivencia de los pacientes.

7. Conclusiones

Para terminar y como principales conclusiones tenemos:

- 1. Destacar el papel relevante de la dieta (hábitos alimenticios) sana en la fortaleza y defensa de nuestro organismo frente al ataque de patógenos, como es el caso de la Covid-19.**
- 2. Las personas mayores son particularmente vulnerables a la gravedad de la Covid-19 porque, con frecuencia, presentan un sistema inmune menos eficaz que las personas jóvenes. A esto se añade la prevalencia de déficits de micronutrientes (vitaminas D, B12, C y E, así como los minerales selenio y zinc, y los ácidos grasos ω -3), que son necesarios para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. Todos ellos tienen,**

además, efectos antiinflamatorio y antioxidante, que ayudan a evitar la tormenta de citoquinas, tan grave para los pacientes.

3. La existencia de otras patologías como obesidad, diabetes, hipertensión y síndrome metabólico, nos hacen particularmente vulnerables a la Covid-19; por contribuir significativamente a los estados proinflamatorios, estrés oxidativo y desgaste inmunológico, que facilitan el desarrollo de la infección.

4. El conocimiento, como resultado de una investigación de vanguardia, es un arma imprescindible para ganar, frente a cualquier patógeno, la batalla por la vida.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN.

8. Bibliografía

Batista KS, Cintra VM, Lucena PAF, Manhaes-de-Castro R, Toscano AE, Costa LP, Queiroz MEBS, de Andrade SM, Guzmán-Quevedo, O, Aquino, JS (2021) The role of Vitamin B12 in viral infections: a comprehensive review of its relationship with the muscle-gut-brain axis and implications for SARS-CoV-2 infection. *Nutrition Reviews* 80: 561-578. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab092>.

Bautista-León MR, Alanís-García E, Cruz-Cansino N, Delgado-Olivares L (2021) Papel del estrés oxidativo en la infección por SAR-coV-2 y uso de antioxidantes como mecanismo de prevención: una revisión narrativa. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud*. Vol. 9, No. 18: 232-237. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Fadiyah NN, Megawati G, Luftimas DE (2022) Potential omega-3 supplementation for coronavirus disease (COVID-19): A scoping review. *International Journal of General Medicine*, 15: 3915-3922.

Fakhrolmobasheri M, Mazaheri-Tehrani S, Kieliszek M, Zeinalian M, Abbasi M, Karimi F, Mozafari AM (2022) COVID-19 and selenium deficiency: a systematic review. *Biological Trace Elements Research* 200: 3945-3956. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02997-4>.

Mansur JL, Tajer C, Mariani J, Inserra F, Ferder L, Manucha W (2020) El suplemento con altas dosis de vitamina D podría representar una alternativa promisorio para prevenir o tratar la infección por COVID-19. *Clínica e investigación en arterioesclerosis*. 32: 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2020.05.003>

Pérez-Castiñeira J-R (2020) *Chemistry and Biochemistry of Food*. Walter de Gruyter GmbH. Berlin. Boston. ISBN: 978-3-11-059548-2. Doi: <https://doi.org/10.1515/9783110595482>.

Shakoor H, Feehan J, Al Daheri AS, Ali HJ, Platat C, Ismail LC, Apostolopoulos V, Atojanovska (2021) Immune-boosting role of vitamins D, C, E, zinc, selenium and omega-3 fatty acids: Could they help against COVID-19 ? *Maturitas* 143 : 1-9.

Tabatabaeizadeh S-A (2022) Zinc supplementation and COVID-19 mortality: a meta-analysis. *European Journal of Medical Research*. 27: 70. <https://doi.org/10.1186/s40001-022-00694-z>

Velaban TP, Pallerla SR, Rüter J, Agustín Y, Kreamsner PG, Krishna S, Meyer CG (2021) Host genetic factors determining COVID-19 susceptibility and severity. *EBioMedicine*. 72:103629. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom2021.103629>.

Vigara J, Vega JM (2020) *Alimentos del futuro. Alternativos, transgénicos y editados*. 2ª Edición revisada y ampliada. Editorial Universidad de Sevilla. ISBN 978-84-472-2960-4.

Vollbracht C, Kraft K (2022) Oxidative stress and hyper-inflammation as major drivers of severe COVID-19 and Long COVID: Implications for the benefit of high-dose intravenous vitamin C. *Frontiers in Pharmacology*, 13. Doi: 10.3389/fphar.2022.899198.

Wieczfinska J, Kleniewska P, Pawliczak R (2022) Oxidative stress-related mechanisms in SARS-CoV-2 infections. *Oxidative, Medicine and Cellular longevity*. Vol 2022, article ID 5589089, 15 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/5589089>.

Zheng D, Liwinski T, Elinav E (2020) Interaction between microbiota and immunity in health and disease. *Cell Research* 30: 492-506. <https://doi.org/10.1038/s41422-020-0332-7>.

ÍNDICE

1. Introducción

2. Dieta

2.1. Macronutrientes

2.2. Micronutrientes

2.2.1. Vitaminas

2.2.2. Minerales

2.2. 3. Antioxidantes

3. Estrés oxidativo en el organismo

3.1. Generación de especies reactivas del oxígeno (ROS)

3.2. Defensas naturales frente a ROS

4. Infección por el coronavirus Sars-Cov-2 (Covid-19)

4.1. Características del virus

4.2. Mecanismo de la infección

4.3. Inflamación sistémica y tormenta de citoquinas

4.4. Susceptibilidad genética

5. Defensas naturales del organismo frente a patógenos

5.1. Sistema inmunológico

5.2. La microbiota

6. Dieta anti-Covid-19

6.1. Importancia de los micronutrientes

6.1.1. Vitamina D

6.1.2. Vitamina B12

6.1.3. Vitaminas C y E

6.1.4. Selenio

6.1.5. Zinc

6.1.6. Ácidos grasos omega-3

7. Conclusiones

8. Bibliografía