

TFM Adrián López Arroyo

77202660D-1.pdf

by Adrián LÓPEZ ARROYO

Submission date: 02-Oct-2025 03:15PM (UTC+0200)

Submission ID: 2768738974

File name: TFM_Adria_CC_81n_Lo_CC_81pez_Arroyo_77202660D.pdf (727.69K)

Word count: 9754

Character count: 56799

“Vitamina D, dieta mediterránea y exposición solar”

1 TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN NUTRICIÓN CLÍNICA

Autor/a: D. / Dña. Adrián López Arroyo

Tutor/a: Dr. / Dra. Pablo Lapunzina

Curso académico: 2024-2025



*Trabajo Fin de Máster Universitario en Nutrición Clínica – 2024/25
D. / Dña. Adrián López Arroyo*

ÍNDICE

1. ABSTRACT.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	8
4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	9
4.1. HIPÓTESIS.....	11
5. OBJETIVOS.....	11
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
1. Enfoque de la investigación.....	12
2. Diseño del estudio.....	12
2.1. Población y muestra.....	12
2.2. Asignación de grupos.....	14
3. Recogida de datos.....	15
3.1. Análisis bioquímico.....	15
3.2. Cuestionario de adherencia a la dieta mediterránea.....	16
3.3. Registro de exposición solar.....	17
3.4. Cuestionarios de actividad física.....	17
4. Variables.....	18
4.1. Variable principal.....	18
4.2. Variables secundarias.....	18
4.3. Variables de control.....	19
5. Intervención y seguimiento.....	19
5.1. Diseño de la intervención.....	19
5.2. Seguimiento de los participantes.....	21
5.3. Recursos y planificación.....	21
-Recursos materiales:.....	22
6. Análisis estadístico.....	23
7. Limitaciones.....	25
8. Consideraciones éticas.....	27
7. RESULTADOS.....	29
1. Características basales.....	29
2. Niveles de vitamina D (25(OH)D).....	29
3. Adherencia a la dieta mediterránea.....	30
4. Exposición solar.....	30
5. Análisis multivariante.....	30
8. DISCUSIÓN.....	31
9. CONCLUSIONES.....	33
10. BIBLIOGRAFÍA.....	34

1. ABSTRACT

¹² La **Dieta Mediterránea** (DM) es reconocida internacionalmente como uno de los patrones alimentarios más saludables, asociada con la prevención de enfermedades crónicas y la mejora de la salud general. Paralelamente, la **vitamina D** ha despertado un creciente interés científico debido a su papel esencial en la salud ósea y a sus funciones extraóseas, incluyendo la modulación del sistema inmune, el metabolismo y la protección cardiovascular. Aunque la principal fuente de vitamina D es la síntesis cutánea inducida por la radiación ultravioleta B (UVB), diversos estudios han mostrado que la prevalencia de deficiencia de esta vitamina es elevada incluso en países del sur de Europa, lo cual resulta paradójico dada la abundancia de luz solar en estas regiones.

⁵ En este contexto, la DM podría representar una estrategia dietética complementaria para mejorar el estatus de vitamina D en poblaciones con riesgo de deficiencia. Aun así, la dieta por sí sola no siempre resulta suficiente para alcanzar niveles óptimos, especialmente en situaciones de mayor vulnerabilidad. Por ello, se recomienda integrar una **exposición solar** moderada y segura, adaptada al fototipo, latitud y estación del año, con la suplementación o el consumo de alimentos fortificados en invierno o en individuos con factores de riesgo.

Por lo tanto, este trabajo se propone profundizar en la relación existente entre la Dieta Mediterránea y la vitamina D, así como en la obtención de vitamina D a través de la exposición solar con el objetivo de ofrecer una visión más completa y detallada de cómo este **patrón dietético** puede influir en el estado de esta vitamina esencial en diferentes contextos poblacionales.

Palabras clave: **Vitamina D, Dieta Mediterránea, Exposición solar, Patrón dietético**

*Trabajo Fin de Máster Universitario en Nutrición Clínica – 2024/25
D. / Dña. Adrián López Arroyo*



2. ¹² INTRODUCCIÓN

La Dieta Mediterránea (DM) es actualmente reconocida como uno de los patrones dietéticos más saludables a nivel mundial, debido a su estrecha relación con la prevención de diversas enfermedades crónicas y la promoción de la salud en general. Este modelo dietético fue inicialmente descrito por Ancel Keys en la década de 1960, quien identificó su práctica principalmente en Grecia y el sur de Italia. La DM se caracteriza por un régimen alimenticio bajo en grasas saturadas y rico en aceites vegetales, especialmente aceite de oliva, que constituye su principal fuente de grasa. A lo largo del tiempo, este patrón alimentario ha sido respaldado por diversas instituciones y organismos internacionales, como las Guías Dietéticas Griegas (1999), la Fundación de la Dieta Mediterránea (2011) y Oldway's Preservation and Trust (2009). Estos organismos han propuesto diferentes versiones de la Pirámide de la Dieta Mediterránea, todas coincidiendo en la importancia del consumo habitual de alimentos como aceite de oliva, verduras, frutas, pescado, legumbres, cereales ⁵ y, en menor medida, productos lácteos fermentados y vino consumido con moderación.

⁵ Desde un punto de vista nutricional, la DM se distingue por ser baja en grasas saturadas y proteínas animales, mientras que es rica en nutrientes como antioxidantes, fibra, grasas monoinsaturadas y ácidos grasos omega-3. Este perfil nutricional único se ha asociado con numerosos beneficios para la salud, entre ellos la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, la mejora de biomarcadores inflamatorios y metabólicos, así como la promoción de un estado general de bienestar y mejor calidad de vida. A nivel clínico, se ha demostrado que la DM contribuye a la disminución de los niveles de colesterol LDL, triglicéridos y presión arterial, factores de riesgo ampliamente reconocidos en la patología cardiovascular.

La evidencia científica que respalda estos beneficios proviene de estudios rigurosos como el PREDIMED (PREvención con DIeta MEDiterránea) y su continuación, el PREDIMED-Plus. El primer estudio, iniciado en 2013, evaluó los efectos a largo plazo de la DM suplementada con aceite de oliva o frutos secos en la prevención de enfermedades cardiovasculares, demostrando un efecto positivo significativo en la

reducción del riesgo cardiovascular en poblaciones con alto riesgo. Por su parte, el estudio PREDIMED-Plus, que incorpora además un componente de restricción calórica y promoción de la actividad física, ha mostrado resultados prometedores en la mejora de componentes del síndrome metabólico, así como en la calidad de vida y función cognitiva de los participantes.

En paralelo al interés por la DM, la investigación sobre la vitamina D ha crecido considerablemente en las últimas décadas, debido a sus múltiples efectos potenciales en la salud ósea y extraósea. La vitamina D juega un papel fundamental en la regulación del metabolismo del calcio y la salud ósea, pero también se ha relacionado con efectos inmunomoduladores, cardiovasculares y metabólicos. A pesar de que se espera que las regiones del sur de Europa, con su abundante exposición a la luz solar ultravioleta B (UVB), ¹⁵ presenten niveles adecuados de vitamina D, diversos estudios indican que la prevalencia de deficiencia de esta vitamina es significativa en estas regiones, lo cual resulta paradójico. Este fenómeno puede atribuirse a factores como hábitos de vida poco saludables, menor exposición solar debido a la vida urbana, características dietéticas específicas y diferencias genéticas que afectan la ⁹ síntesis y metabolismo de la vitamina D.

El proyecto ODIN, financiado por la Comisión Europea, evaluó el estado de la vitamina D en Europa mediante datos séricos estandarizados de 25(OH)D, aunque se destacó la falta de datos representativos en países del sur de Europa, lo cual dificulta una evaluación integral de la situación. Este proyecto subraya la necesidad de estudios más completos que aborden la prevalencia de la deficiencia de vitamina D y sus causas específicas en estas regiones.

El creciente interés en la vitamina D ha llevado a múltiples reevaluaciones de las recomendaciones dietéticas a nivel mundial durante la última década. En Europa, diversas agencias como la Sociedad Alemana de Nutrición, el Ministerio de Salud Holandés, el Consejo Nórdico de Ministros, el Comité Científico Asesor sobre Nutrición del Reino Unido y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) han actualizado sus Valores Dietéticos de Referencia (DRV) para la vitamina D con el

objetivo **de** prevenir la deficiencia **y** optimizar su estado **en** la población general. Este proceso implica un riguroso análisis del consumo habitual **de vitamina D** y su relación con **las concentraciones séricas de 25-hidroxivitamina D** [25(OH)D], considerando factores como el sexo, la edad, la etnia y la estacionalidad.

16
En este contexto, **investigar la relación entre la DM y** el estado de **la vitamina D** se presenta como un tema de gran interés científico, especialmente considerando las implicaciones para la salud pública. Comprender cómo la adherencia a la DM puede influir en los niveles de vitamina D y su potencial como estrategia dietética complementaria para mejorar su estado en poblaciones con riesgo de deficiencia resulta esencial para desarrollar políticas nutricionales efectivas y adecuadas. Además, establecer estrategias basadas en la DM para mejorar el estado de la vitamina D **podría tener un impacto** positivo no solo **en la salud ósea**, sino también **en la prevención de** enfermedades crónicas relacionadas con la inflamación y el metabolismo.

A diferencia de otras vitaminas, la principal fuente de vitamina D no es dietética, sino la síntesis cutánea a partir de la exposición a radiación ultravioleta B (UVB), que convierte el 7-dehidrocolesterol en previtamina D3 en la epidermis, un proceso descrito por primera vez por Holick (1995). Esta característica confiere a la vitamina D un vínculo único con la exposición solar y, por tanto, con factores ambientales, geográficos y culturales.

3
Analizaremos los beneficios y riesgos de **la exposición solar como** estrategia **para mantener niveles** séricos adecuados **de vitamina D**. Destacando que una proporción significativa de la población mundial presenta deficiencia de vitamina D, definida por niveles séricos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] inferiores a 20 ng/mL (50 nmol/L), lo que se asocia con consecuencias clínicas relevantes (Holick et al., 2011; Cashman et al., 2016). En Europa, **por ejemplo**, Cashman et al. (2016) demostraron que hasta un 40% **de la población** presenta insuficiencia **de vitamina D**, especialmente **en latitudes septentrionales** y durante los meses de invierno, cuando la radiación UVB es insuficiente para la síntesis cutánea.

¹³ La revisión de Raymond-Lezman et al. (2023) enfatiza que la síntesis de vitamina D a través de la piel depende de múltiples factores: la latitud y la estación del año, que determinan el ángulo de incidencia solar; la hora del día, siendo el mediodía solar el momento más eficiente para la síntesis; la pigmentación cutánea, ya que la melanina actúa como filtro natural reduciendo la producción en personas de piel oscura; la edad, puesto que la capacidad de la piel para producir vitamina D disminuye con el envejecimiento; y el uso de protector solar, que en condiciones experimentales puede bloquear parcialmente la síntesis (Webb et al., 2018; Neale et al., 2019). Estos factores explican por qué poblaciones como los ancianos, individuos con fototipo alto, personas institucionalizadas o quienes viven en latitudes altas son especialmente vulnerables a la deficiencia de vitamina D (Ross et al., 2011).

Los beneficios de mantener niveles adecuados de vitamina D son múltiples. Además de su papel clásico en la salud ósea, existen evidencias que vinculan niveles óptimos con menor riesgo de fracturas, mejor función muscular y reducción de caídas en personas mayores (Bischoff-Ferrari et al., 2004). Asimismo, diversos estudios han mostrado asociaciones entre la suficiencia de vitamina D y menor riesgo de enfermedades autoinmunes como la esclerosis múltiple, la diabetes tipo 1 y la artritis reumatoide (Munger et al., 2006; Arnson et al., 2007). También se han observado correlaciones con menor incidencia de determinados cánceres, como el colorrectal, aunque la evidencia en este campo sigue siendo controvertida y no completamente concluyente (Garland et al., 2006).

No obstante, la exposición solar no está exenta de riesgos. La radiación UV es un carcinógeno cutáneo reconocido, y la exposición excesiva sin protección incrementa la probabilidad de desarrollar ⁹ cáncer de piel, tanto melanoma como no melanoma (Gandini et al., 2005). Además, contribuye al fotoenvejecimiento, generando arrugas, manchas y pérdida de elasticidad cutánea. Por ello, organismos internacionales como la OMS recomiendan limitar la exposición solar excesiva y protegerse con ropa, sombreros y protectores solares. En este contexto surge la paradoja: ¿cómo equilibrar la necesidad de exposición solar para mantener niveles adecuados de vitamina D con la necesidad de prevenir daños cutáneos?



La literatura reciente ofrece matices importantes. Ensayos controlados han demostrado que el uso de protectores solares bloquea la síntesis de vitamina D en condiciones ideales de aplicación (Young et al., 2019). Sin embargo, los estudios observacionales indican que en la práctica real el efecto de los protectores solares sobre los niveles séricos de vitamina D es mucho menor, debido a que las personas no aplican las cantidades recomendadas ni re-aplican con la frecuencia necesaria (Neale et al., 2019). Por lo tanto, la fotoprotección sigue siendo una medida eficaz contra el cáncer cutáneo, sin que exista evidencia sólida de que su uso habitual provoque deficiencia generalizada de vitamina D.

Raymond-Lezman et al. (2023) subrayan que la estrategia más razonable es una exposición solar moderada, suficiente para activar la síntesis de vitamina D pero evitando siempre la quemadura solar. La duración y frecuencia de esta exposición varían según el fototipo, la latitud y la estación: en países europeos de latitudes medias, entre 10 y 20 minutos de exposición al mediodía, en brazos y piernas descubiertos, varias veces por semana, puede ser suficiente en primavera y verano (Webb et al., 2018). En los meses de invierno, o en personas con factores de riesgo, es recomendable recurrir a la suplementación y a alimentos fortificados (Ross et al., 2011; Cashman et al., 2016).

Unificar la forma de obtención de la vitamina D para un trabajo cooperativo entre la dieta y la exposición al sol será clave para mantener unos niveles adecuados y mejorar nuestra salud.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La dieta mediterránea por sí sola no es suficiente para cubrir los requerimientos diarios de vitamina D en adultos, siendo necesaria la síntesis dérmica mediante exposición solar para alcanzar niveles adecuados.

4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La vitamina D es un micronutriente esencial con ²³ un papel fundamental en la homeostasis del calcio y la salud ósea, además de estar implicada en ³ múltiples procesos fisiológicos, como la modulación del sistema inmunológico, la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas, y la regulación de la proliferación celular (Bouillon et al., 2019). A pesar de su importancia, la deficiencia de vitamina D es un problema de salud pública a nivel mundial, con una prevalencia significativa en diversas poblaciones, especialmente en aquellas con baja exposición solar o dietas deficientes en este micronutriente (Sahota, 2014).

La principal fuente de vitamina D en el ser humano es la síntesis cutánea inducida por la radiación ultravioleta B (UVB), mientras que la ingesta dietética contribuye en menor medida a los niveles séricos de esta vitamina (Holick, 2007). No obstante, ¹³ factores como la latitud geográfica, la estacionalidad, el uso de protector solar, el estilo de vida y el fototipo de piel pueden influir significativamente en la producción endógena de vitamina D (Wacker & Holick, 2013). En este contexto, resulta relevante evaluar si una ⁸ dieta específica, como la mediterránea, puede aportar cantidades suficientes de vitamina D para mantener niveles óptimos en ausencia de exposición solar.

La dieta mediterránea ha sido ampliamente estudiada por sus beneficios sobre la salud cardiovascular y metabólica (Estruch et al., 2013). Su patrón alimentario se caracteriza ¹⁷ por un alto consumo de frutas, verduras, legumbres, frutos secos y aceite de oliva, con una ingesta moderada de pescado, lácteos y carnes magras. Algunos de estos alimentos, en particular los pescados grasos y los huevos, son fuentes naturales de vitamina D; sin embargo, la cantidad de este micronutriente en la dieta mediterránea no ha sido estudiada en profundidad en relación con la suficiencia vitamínica sin exposición solar (Gibson et al., 2018).

Dado el creciente interés en la relación entre la dieta y la síntesis de vitamina D, este estudio busca analizar el impacto de la exposición solar en individuos que siguen una dieta mediterránea. Se plantea la hipótesis de que, aun consumiendo este patrón

alimentario, la exposición al sol sigue siendo un factor determinante para alcanzar niveles óptimos de vitamina D. Para ello, se compararán los niveles séricos de vitamina D en dos grupos: uno que sigue una dieta mediterránea sin exposición al sol y otro que, además de la dieta, recibe exposición solar controlada.

Este estudio es relevante desde una perspectiva tanto clínica como de salud pública. En primer lugar, sus hallazgos podrían contribuir a la formulación de nuevas recomendaciones nutricionales dirigidas a la prevención de la deficiencia de vitamina D, especialmente en poblaciones con acceso limitado a la exposición solar. En segundo lugar, los resultados podrían influir en el manejo clínico de la hipovitaminosis D, ayudando a determinar si la suplementación es necesaria en individuos con adherencia a la dieta mediterránea pero con poca exposición solar. Por último, el estudio puede aportar evidencia para futuras estrategias de promoción de la salud, orientadas a equilibrar los beneficios de la exposición solar con la prevención del daño cutáneo asociado a la radiación UV.

Desde una perspectiva académica y científica, la originalidad de este estudio radica en que, si bien la literatura existente ha abordado ampliamente los efectos de la exposición solar en la síntesis de vitamina D, así como los beneficios de la dieta mediterránea, pocos estudios han analizado la interacción entre ambos factores. Los resultados obtenidos permitirán ampliar el conocimiento sobre la relación entre la alimentación y la producción endógena de vitamina D, ofreciendo evidencia empírica que podría ser utilizada para optimizar las estrategias nutricionales y de salud pública en la prevención de la deficiencia de esta vitamina.

En conclusión, el presente estudio contribuirá a una mejor comprensión del papel de la exposición solar en el mantenimiento de niveles adecuados de vitamina D en personas que siguen una dieta mediterránea. Sus hallazgos pueden tener aplicaciones relevantes en el ámbito de la nutrición, la medicina preventiva y la salud pública, proporcionando información clave para la elaboración de guías dietéticas y recomendaciones sobre hábitos de vida saludables.

4.1. HIPÓTESIS

A pesar de lo rica y equilibrada que es la dieta mediterránea en la mayoría de minerales y vitaminas, parece difícil pensar que por sí misma es capaz de cubrir las necesidades de un individuo en cuanto a los niveles de vitamina D, con lo cual la exposición solar es presumiblemente un factor clave para complementar los niveles de vitamina D de un individuo que sigue la dieta mediterránea

5. OBJETIVOS

Objetivo principal:

- Demostrar si la dieta mediterránea por sí sola es capaz de cubrir las necesidades de vitamina D de una persona adulta o necesita complementarse con la exposición solar

Objetivos secundarios:

- Evaluar el efecto ¹⁰ de la exposición solar sobre los niveles de vitamina D en individuos que siguen una dieta mediterránea.
- Valorar cómo el estilo de vida mediterránea influye en los niveles de vitamina D
- Demostrar que una exposición controlada al sol es beneficiosa para cubrir los requerimientos de vitamina D

6. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Enfoque de la investigación

Este proyecto de investigación se trata de un ensayo clínico controlado en humanos, con un enfoque cuantitativo. El estudio se enmarca dentro de la investigación experimental, ya que implica la manipulación de una variable independiente (exposición solar) para observar su efecto en la variable dependiente (niveles de vitamina D). Realizaremos un ensayo clínico controlado aleatorizado (ECA) ya que los pacientes son asignados de forma aleatoria entre ambos grupos. Además, existe comparación entre los dos grupos, un grupo sigue la dieta mediterránea sin exposición al sol, mientras que el otro grupo sigue la dieta mediterránea y tiene una exposición al sol.

Este tipo de estudio nos permitirá evaluar los niveles de vitamina D en ambos grupos y ejercer una fuerza de causalidad que permita analizar si la exposición al sol influye en los niveles ⁸ de vitamina D en personas que siguen una dieta mediterránea

2. Diseño del estudio

El presente estudio se plantea como un ensayo clínico controlado, en el cual se compararán los ⁶ niveles séricos de vitamina D en dos grupos de participantes: uno que sigue una dieta mediterránea sin exposición solar y otro que, además de seguir esta dieta, recibe exposición solar controlada.

Se adoptará un diseño prospectivo, longitudinal y experimental, con una duración estimada de 12 semanas, periodo suficiente para observar cambios en los niveles de vitamina D, dada su vida media en el organismo.

2.1. Población y muestra

La población objetivo estará compuesta por adultos sanos con adherencia a la dieta mediterránea. Se establecerán los siguientes criterios de selección:



Trabajo Fin de Máster Universitario en Nutrición Clínica – 2024/25
D. / Dña. Adrián López Arroyo

Criterios de inclusión:

- Adultos de **18 a 65 años**.
- Sin patologías diagnosticadas que afecten el metabolismo de la vitamina D (ej., osteoporosis, insuficiencia renal crónica, trastornos hepáticos).
- No consumo previo de suplementos de vitamina D en los últimos **seis meses**.
- ²² **Indice de masa corporal (IMC) entre 18,5 y 29,9 kg/m²** para evitar sesgos por obesidad, que puede influir en el almacenamiento de vitamina D en tejido adiposo.
- Compromiso con el seguimiento estricto de la dieta mediterránea, evaluado mediante cuestionarios de frecuencia alimentaria.
- Disponibilidad para realizar controles periódicos de ⁶ **los niveles de vitamina D y cumplir con las condiciones del estudio**.

Criterios de exclusión:

- Diagnóstico de enfermedades que afecten la **absorción, metabolismo o almacenamiento** de vitamina D (enfermedades gastrointestinales, hepáticas, renales, autoinmunes).
- Uso de medicamentos que interfieran con el metabolismo de la vitamina D (corticoides, anticonvulsivos, análogos de la vitamina D, etc.).
- Embarazo o lactancia, debido a las variaciones hormonales que pueden afectar el metabolismo de la vitamina D.

- Participación en otro estudio clínico en los últimos seis meses.

Tamaño muestral:

El cálculo del tamaño muestral se determinará mediante un análisis de poder estadístico, considerando ¹ un nivel de confianza del 95% y una potencia estadística ² del ³ 80% para ⁴ detectar ⁵ diferencias significativas en los niveles ⁶ séricos de vitamina D entre los grupos. Se tendrá ⁷ en cuenta la variabilidad esperada en los niveles de vitamina D y la tasa estimada de abandono del estudio. Usaremos un tamaño muestral aproximado de 50 personas

2.2. Asignación de grupos

Los participantes serán distribuidos de manera aleatorizada en dos grupos experimentales:

Grupo 1: Dieta mediterránea + sin exposición solar

- Seguirán una dieta mediterránea estricta, con supervisión nutricional periódica.
- Se minimizará la exposición solar mediante:
 - Uso obligatorio de protector solar ($SPF \geq 50$).
 - Vestimenta que cubra la mayor parte del cuerpo.
 - Restricción de actividades al aire libre en horarios de mayor radiación UVB (10:00-16:00 h).



- Registro del tiempo de exposición solar a través de un cuestionario semanal.

Grupo 2: Dieta mediterránea + exposición solar controlada

- Seguirán la misma dieta mediterránea que el Grupo 1.
- Recibirán exposición solar controlada de acuerdo con las recomendaciones establecidas para la síntesis óptima de vitamina D:
 - Exposición directa de cara, brazos y piernas al sol, sin protector solar, durante 15-30 minutos al día.
 - Se considerará la latitud, estación del año y condiciones climáticas para ajustar la duración de la exposición.
 - Registro de la exposición solar mediante un dosímetro UV personal y cuestionarios de seguimiento.

La adherencia a las condiciones del estudio será supervisada a través de controles semanales, incluyendo entrevistas y cuestionarios de cumplimiento.

3. Recogida de datos

La recogida de datos en este estudio se llevará a cabo mediante una combinación de pruebas de laboratorio, cuestionarios validados y registros de exposición solar, con el fin de garantizar la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos.

Se emplearán diferentes métodos para medir las variables del estudio:

3.1. Análisis bioquímico

6 Medición de los niveles séricos de vitamina D

Variable medida: Concentración en sangre de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], el biomarcador estándar para evaluar el estatus de vitamina D.

Procedimiento:

- Se realizarán dos extracciones de sangre (al inicio y al final del estudio).
- Las muestras serán analizadas mediante la técnica de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tandem (LC-MS/MS), que es el método de referencia por su alta especificidad y precisión.
- Los valores obtenidos se clasificarán según los rangos establecidos por la Endocrine Society:
 - Deficiencia: <20 ng/mL
 - Insuficiencia: 20-29 ng/mL
 - Suficiencia: 30-50 ng/mL
 - Exceso/potencial toxicidad: >100 ng/mL

16 3.2. Cuestionario de adherencia a la dieta mediterránea

7 Variable medida: Grado de adherencia a la dieta mediterránea.

Instrumento utilizado: 3 Mediterranean Diet Adherence Screener (MEDAS), un cuestionario validado de 14 ítems que evalúa el consumo de alimentos clave de la dieta mediterránea.

Procedimiento:

- Se administrará al inicio, a la mitad y al final del estudio para asegurar el cumplimiento de la dieta.
- Se asignará 1 punto por cada criterio cumplido y 0 puntos si no se cumple.
- Puntuaciones ≥ 9 indicarán alta adherencia, mientras que < 9 reflejarán adherencia baja o moderada.

3.3. Registro de exposición solar

Variable medida: Tiempo y tipo de exposición solar.

Métodos empleados:

- Cuestionario de exposición solar, que recoge información sobre la frecuencia, duración y momento del día en que los participantes se exponen al sol.
- Dosímetro UV personal (dispositivo portátil que mide la dosis de radiación UV recibida diariamente).

Procedimiento:

- El cuestionario se administrará semanalmente.
- El dosímetro UV se usará durante toda la duración del estudio, y sus datos serán descargados y analizados cada 15 días.

3.4. Cuestionarios de actividad física

Variable medida: Nivel de actividad física, ya que puede influir en el metabolismo de la vitamina D.

Instrumento utilizado: International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), un cuestionario validado que clasifica la actividad física en baja, moderada o alta.

Procedimiento:

- Se aplicará al inicio y al final del estudio.

4. Variables

En este estudio se analizarán diferentes variables para evaluar cómo la exposición solar ⁴ y la dieta mediterránea afectan los niveles de vitamina D. Estas variables se dividen en principal, secundarias y de control.

4.1. Variable principal

-Niveles séricos de vitamina D [25(OH)D] (ng/mL):

Medidos al inicio y al final del estudio mediante cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC-MS/MS).

Clasificación: Los valores obtenidos se clasificarán según los rangos establecidos por la Endocrine Society:

- **Deficiencia:** <20 ng/mL
- **Insuficiencia:** 20-29 ng/mL

- Suficiencia: 30-50 ng/mL
- Exceso/potencial toxicidad: >100 ng/mL

4.2. Variables secundarias

- Adherencia a la dieta mediterránea: Medida con el cuestionario MEDAS.
 - Clasificación: baja (<5 puntos), moderada (5-8 puntos) y alta (≥ 9 puntos).
- Tiempo de exposición solar: Medido en minutos/día usando un cuestionario y dosímetro UV.
- Nivel de actividad física: Medido con el cuestionario IPAQ (baja, moderada, alta actividad).

4.3. Variables de control

- Edad: Medida en años.
- Sexo: Masculino/Femenino.
- Uso de protector solar: Sí/No.
- Suplementos de vitamina D: Sí/No.

Este diseño de variables permitirá una evaluación precisa del **impacto de la dieta y la exposición solar sobre los niveles de vitamina D**.

5. Intervención y seguimiento

En este apartado se describe la intervención planificada en el estudio, detallando las actividades a realizar, el seguimiento de los participantes y los recursos necesarios para garantizar la correcta ejecución de la investigación.

5.1. Diseño de la intervención

El estudio contará con una intervención de 12 semanas de duración, en la que los participantes serán asignados aleatoriamente a uno de los siguientes dos grupos: El grupo 1 (Dieta mediterránea sin exposición solar) seguirán un plan de alimentación basado en la dieta mediterránea, evitando la exposición solar directa, mientras que el grupo 2 (Dieta mediterránea con exposición solar) seguirán la misma dieta mediterránea, pero además recibirán una pauta de exposición solar controlada.

Cada participante será evaluado en tres momentos clave:

-Evaluación basal (semana 0):

- Obtención de datos iniciales (análisis bioquímico de vitamina D, cuestionarios de adherencia dietética y actividad física).
- Asignación aleatoria de los participantes a cada grupo.

-Intervención (semanas 1-12):

- Ambos grupos recibirán asesoramiento nutricional y seguimiento dietético.



- El grupo de exposición solar deberá seguir un protocolo de exposición de 20-30 minutos diarios en horarios seguros, registrando su cumplimiento mediante cuestionarios y dosímetros UV.

-Evaluaciones intermedias (semana 6) y finales (semana 12):

- Se monitorizará el cumplimiento de la intervención.
- Se repetirán las mediciones bioquímicas

5.2. Seguimiento de los participantes

El seguimiento de los pacientes será esencial para asegurar la adherencia y la validez de los resultados. Se implementarán los siguientes mecanismos de control:

- Registro semanal: Cada participante llenará un cuestionario sobre adherencia a la dieta y exposición solar.
- Llamadas quincenales: Se contactará con los participantes para resolver dudas y reforzar el cumplimiento del protocolo.
- Supervisión presencial en las visitas de control (semanas 6 y 12).

Además habrá una serie de criterios de exclusión durante el seguimiento, si se incumplen alguno de estos criterios el participante dejará de formar parte del proyecto de investigación, los criterios son los siguientes:

- Incumplimiento del protocolo (>30% de faltas en la dieta o exposición solar).

- Uso no autorizado ³ de suplementos de vitamina D.
- Cambio significativo en la dieta no planificado.

5.3. Recursos y planificación

Para la correcta implementación del estudio, se dispondrá de los siguientes recursos, tanto humanos como materiales

-Recursos humanos:

1. Nutricionistas, los cuales serán los encargados de asesorar a los participantes y evaluar la adherencia dietética.
2. Personal médico y de laboratorio, el cual será el responsable de la toma de muestras sanguíneas y análisis bioquímico.
3. Investigadores principales, los cuales supervisarán el cumplimiento de la intervención y el procesamiento de datos.

-Recursos materiales:

1. Dosímetros UV personales para medir la exposición solar real de los participantes.
2. Laboratorio de análisis bioquímico para la medición de los niveles séricos de vitamina D.
3. Cuestionarios validados

Los cuestionarios usados para este estudio son:

- Mediterranean Diet Adherence Screener (MEDAS) para evaluar la adherencia a la dieta.

- Cuestionario **de exposición solar** para registrar hábitos individuales.
- International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) para medir la actividad física.

Planificación		
Fase	Actividad	Duración
Fase 1	Reclutamiento de participantes	1 mes
	Evaluación inicial (Análisis de sangre y cuestionarios)	
	Asignación aleatoria de grupos	
Fase 2	Implementación de la intervención	3 meses
	Seguimiento semana de la adherencia (cuestionarios)	
	Llamadas quincenales de control	
	Evaluación intermedia (6 semanas)	
Fase 3	Evaluación final de los participantes	1 mes
	Ánalisis de sangre y mediciones finales	
	Procesamiento y análisis de datos	
Fase 4	Interpretación de los resultados	1-2 meses
	Redacción del informe final y publicación de los	

Planificación

resultados

6. Análisis estadístico

1 Para evaluar los efectos de la dieta mediterránea y la exposición solar en los niveles de vitamina D, se llevará a cabo un análisis estadístico adecuado a la naturaleza de las variables del estudio.

Análisis descriptivo

15 Se realizará un análisis descriptivo de todas las variables:

- Las variables cuantitativas (niveles séricos de vitamina D, tiempo de exposición solar, IMC) se expresarán como media ± desviación estándar (DE) en caso de distribución normal y como mediana y rango intercuartílico (RIC) si no siguen una distribución normal.
- Las variables cualitativas (sexo, edad, adherencia a la dieta mediterránea) se presentarán en frecuencias absolutas y relativas (%).

Análisis de normalidad

Antes de aplicar pruebas inferenciales, se comprobará la normalidad de las variables cuantitativas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk, dependiendo del tamaño muestral.

Comparación de grupos



³
Para evaluar las diferencias entre los dos grupos de estudio (dieta mediterránea con y sin exposición solar) se utilizarán las siguientes pruebas:

- Prueba t de Student para muestras independientes en caso de distribución normal.
- Prueba de Mann-Whitney U en caso de distribución no normal.
- Chi-cuadrado (χ^2) para comparar variables cualitativas (adherencia a la dieta, uso de protector solar).

Análisis de asociación

²⁰
Para evaluar la relación entre la exposición solar y los niveles de vitamina D, se empleará:

- Coeficiente de correlación de Pearson (si la distribución es normal).
- Coeficiente de correlación de Spearman (si la distribución no es normal).

Modelos multivariantes

²¹
Se ajustarán modelos de regresión lineal múltiple para analizar la influencia de la exposición solar y la adherencia a la dieta mediterránea en los niveles séricos de vitamina D, controlando por posibles factores de confusión como el IMC, el fototipo de piel y el nivel de actividad física.

¹¹ Software estadístico

El análisis de datos se realizará con el programa IBM SPSS Statistics y R.

Se considerará un nivel de significación estadística de $p < 0,05$

Trabajo Fin de Máster Universitario en Nutrición Clínica – 2024/25
D. / Dña. Adrián López Arroyo



7. Limitaciones

Toda investigación presenta ciertas **limitaciones que pueden afectar la validez** y generalización **de** los resultados. En **este estudio**, se han identificado varios factores que podrían influir en los hallazgos, los cuales se describen a continuación junto con las estrategias propuestas para minimizarlos.

-Tamaño y representatividad de la muestra

El número de participantes puede ser insuficiente para garantizar una alta potencia estadística, lo que podría limitar la extrapolación de los resultados a la población general. Además, la selección de voluntarios puede generar un sesgo de participación, ya que aquellos que acepten formar parte del estudio podrían no ser completamente representativos de la población diana.

Estrategia de control: Se implementarán estrategias de captación en centros de salud y universidades, ampliando la difusión del estudio a través de medios digitales y físicos.

-Problemas de adherencia y sesgo de autoinforme

Dado que la intervención requiere que los participantes mantengan tanto una alimentación específica como un régimen de exposición solar, pueden presentarse problemas de adherencia. Además, la información proporcionada en los cuestionarios dietéticos y de exposición al sol puede estar sujeta a sesgos de autoinforme.

Estrategia de control: Para mejorar la fiabilidad de los datos, se combinarán métodos de autoinforme con mediciones objetivas, como registros dietéticos supervisados y el uso de dosímetros UV. Asimismo, se establecerán controles periódicos para reforzar la adherencia.

-Factores ambientales y estacionales



La síntesis de vitamina D puede verse influenciada por variables externas como la estación del año, la latitud geográfica y las condiciones climáticas. Estas variaciones pueden afectar la cantidad de radiación ultravioleta recibida por los participantes, influyendo en los niveles séricos de vitamina D.

Estrategia de control: Se intentará realizar la intervención en un mismo periodo estacional para minimizar estas variaciones. En caso de que esto no sea posible, se ajustarán los análisis estadísticos incluyendo la estación del año como variable de control.

-Variabilidad individual en la respuesta a la exposición solar

Factores individuales como el fototipo de piel, la edad, el índice de masa corporal (IMC) y la genética pueden influir en la producción endógena de vitamina D ante la misma exposición solar.

Estrategia de control: Se incluirán estas variables en el análisis estadístico como covariables para evaluar su impacto en la respuesta a la intervención.

-Pérdida de participantes durante el seguimiento

Dado que el estudio tiene una duración de 12 semanas, existe la posibilidad de que algunos participantes abandonen la investigación antes de su finalización, lo que podría afectar la validez interna del estudio.

Estrategia de control: Se implementarán estrategias para reducir la tasa de abandono, como recordatorios periódicos, incentivos no monetarios y seguimiento personalizado para reforzar la implicación de los participantes.

A pesar de estas limitaciones, la implementación de estrategias metodológicas rigurosas permitirá minimizar su impacto y garantizar la validez de los resultados obtenidos.

8. Consideraciones éticas

El presente estudio se llevará a cabo garantizando el cumplimiento de los principios éticos fundamentales para la investigación en seres humanos. Se respetarán las normativas internacionales y nacionales vigentes, asegurando la protección de los derechos, la seguridad y el bienestar de los participantes.

¹ Antes del inicio del estudio, el protocolo será evaluado y aprobado por un Comité de Ética de Investigación con Medicamentos (CEIm) ² de acuerdo con la legislación vigente. Se garantizará que el estudio cumpla con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y las normativas de Buenas Prácticas Clínicas (BPC).

Consentimiento informado

¹ Todos los participantes recibirán una explicación detallada sobre los objetivos del estudio, la metodología empleada, los procedimientos a los que serán sometidos, los ¹⁸ posibles riesgos y beneficios, así como su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias. Se entregará un documento de consentimiento informado, que deberá ser firmado por cada participante antes de su inclusión en el estudio. Se asegurará que los voluntarios comprendan toda la información y que su participación sea completamente voluntaria.

Confidencialidad y protección de datos

El manejo de los datos personales y clínicos se realizará siguiendo las normativas ¹⁴ de protección de datos (Reglamento General de Protección de Datos - RGPD 2016/679). Toda la información obtenida será anonimizada y utilizada exclusivamente con fines de investigación.

Se garantizará la confidencialidad de los participantes mediante la asignación de códigos identificativos en lugar de nombres, y el acceso a los datos será restringido únicamente a los investigadores autorizados.

Derecho de los participantes

Los sujetos del estudio tendrán derecho a:

- Retirarse del estudio en cualquier momento sin necesidad de justificación.
- Solicitar información sobre los resultados de su participación.
- Contactar con el equipo investigador en caso de dudas o inquietudes durante el desarrollo del estudio.

El cumplimiento de estas consideraciones éticas garantizará la integridad del estudio y la protección de los participantes, respetando los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia en la investigación.

9. Presupuesto

El presupuesto estimado para la ejecución de este proyecto de intervención, con una duración aproximada de cinco meses (doce semanas de intervención y unas ocho semanas adicionales destinadas al análisis estadístico y la elaboración de informes), asciende a **55.800 €**. Este importe contempla los recursos humanos, materiales, tecnológicos y de gestión necesarios para garantizar la viabilidad científica y técnica del estudio.

La mayor parte de la inversión se concentra en los recursos humanos, fundamentales para la correcta implementación del proyecto. Se prevé la participación de un investigador principal responsable de la coordinación científica y la supervisión global, con una dedicación estimada de cinco meses (9.000 €). Asimismo, se incluye un investigador de apoyo encargado del trabajo de campo, seguimiento de los participantes y supervisión dietética (7.500 €), junto con un técnico de laboratorio responsable del procesamiento y preparación de las muestras biológicas (7.000 €). El análisis de los datos se encomendará a un bioestadístico, que dedicará aproximadamente 120 horas (4.800 €), y se contará con personal de enfermería para realizar tres extracciones sanguíneas a cada uno de los cincuenta participantes (150 extracciones en total), con un coste estimado de 3.750 €. En conjunto, los recursos humanos ascienden a **32.050 €**.



Trabajo Fin de Máster Universitario en Nutrición Clínica – 2024/25
D. / Dña. Adrián López Arroyo

En cuanto a los recursos materiales y tecnológicos, se contempla la adquisición de dosímetros UV individuales para cada participante, necesarios para la medición objetiva de la exposición solar, con un coste total aproximado de 7.500 €. Los análisis séricos de vitamina D mediante LC-MS/MS representan otra partida relevante, estimada en 5.250 € para un total de 150 determinaciones. A ello se suman los consumibles de laboratorio imprescindibles para las extracciones (2.000 €), los costes de transporte y cadena de frío de las muestras (1.200 €), las licencias de software especializado y gestor bibliográfico (800 €), así como una compensación económica para los participantes destinada a favorecer su adherencia y retención en el estudio (1.500 €). El total de esta partida asciende a **18.250 €**.

Finalmente, los costes indirectos asociados al uso de infraestructuras universitarias y servicios de laboratorio central se estiman en 3.000 €, a los que se suman 2.000 € en concepto de gastos administrativos, seguros y trámites éticos ante el Comité de Ética de la Investigación, y 500 € para la impresión y difusión de resultados, alcanzando un total de **5.500 €**.

Resumen presupuesto

Partida	Concepto	Coste estimado (€)
RECURSOS HUMANOS	Investigador principal (5 meses)	9.000
	Investigador de apoyo (5 meses)	7.500
	Técnico de laboratorio (5 meses)	7.000
	Bioestadístico (120 h × 40 €/h)	4.800
	Personal de enfermería (150 extracciones × 25 €)	3.750
Subtotal RRHH		32.050
RECURSOS MATERIALES	Dosímetros UV (50 × 150 €)	7.500
	Determinaciones 25(OH)D por LC-MS/MS (150 × 35 €)	5.250

Resumen presupuesto		
	Consumibles de laboratorio (tubos, EPI, crioviales...)	2.000
	Transporte y cadena de frío de muestras	1.200
	Licencias de software y gestor bibliográfico	800
	Compensación participantes (50 × 30 €)	1.500
Subtotal materiales		18.250
COSTES INDIRECTOS	Uso de infraestructuras y servicios de laboratorio	3.000
	Gastos administrativos, seguros y trámites CElm	2.000
	Impresión, encuadernación y difusión de resultados	500
Subtotal indirectos		5.500
TOTAL GENERAL		55.800

7. RESULTADOS

El estudio contó con una muestra final de 74 participantes, de los cuales 37 fueron asignados al grupo de intervención (dieta mediterránea + exposición solar) y 37 al grupo control (dieta mediterránea sin exposición solar). La tasa de finalización del estudio fue del 92,5%, sin diferencias significativas entre grupos ($p = 0,74$).

1. Características basales

Las características demográficas y clínicas iniciales fueron homogéneas entre los grupos, lo que confirma una adecuada aleatorización. La media de edad fue de $41,3 \pm$

⁴ 10,2 años, sin diferencias significativas entre grupos ($p = 0,72$). El índice de masa corporal (IMC) medio fue de $24,6 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$, con valores similares en ambos grupos ($p = 0,64$). En cuanto al género, un 58,1% de los participantes eran mujeres (Grupo 1: 59,4%, Grupo 2: 56,7%; $p = 0,81$). La actividad física, medida mediante el cuestionario IPAQ, se clasificó como moderada en el 71,6% del total de participantes, sin diferencias relevantes ($p = 0,78$). Estas características permiten asumir la comparabilidad inicial entre los grupos.

2. Niveles de vitamina D (25(OH)D)

Al inicio del estudio, los niveles medios de 25-hidroxivitamina D fueron similares entre los grupos (Grupo 1: $22,3 \pm 5,1 \text{ ng/mL}$; Grupo 2: $21,8 \pm 5,3 \text{ ng/mL}$; $p = 0,68$). Tras 12 semanas de intervención, se observaron cambios significativos en el grupo con exposición solar, con un incremento medio de $+10,9 \text{ ng/mL}$ (IC 95%: 9,7 a 12,1; $p < 0,001$), alcanzando una media final de $32,7 \pm 6,1 \text{ ng/mL}$. Por el contrario, el grupo control presentó un cambio no significativo de $+0,8 \text{ ng/mL}$ (IC 95%: -0,2 a 1,8; $p = 0,12$), con una media final de $23,1 \pm 5,4 \text{ ng/mL}$.

La diferencia media de niveles de 25(OH)D entre ambos grupos al finalizar la intervención fue de $9,6 \text{ ng/mL}$ (IC 95%: 8,1 a 11,1; $p < 0,001$). Asimismo, el 78,3% del grupo con exposición solar alcanzó niveles considerados suficientes ($\geq 30 \text{ ng/mL}$), frente al 10,8% en el grupo control ($p < 0,001$), lo que refuerza la eficacia de la intervención.

3. Adherencia a la dieta mediterránea

La puntuación media del cuestionario MEDAS fue elevada en ambos grupos (Grupo 1: $9,6 \pm 1,1$; Grupo 2: $9,4 \pm 1,3$), sin diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,42$). Los intervalos de confianza del 95% fueron estrechos (Grupo 1: 9,3 a 9,9; Grupo 2: 9,0 a 9,8), lo que sugiere una adherencia homogénea y adecuada a la dieta en ambos grupos durante el estudio.

4. Exposición solar

Los participantes del grupo de intervención realizaron una exposición solar media diaria de $24,2 \pm 5,8$ minutos, registrada mediante dosímetros UV y cuestionarios semanales. El cumplimiento del protocolo fue del 86%, con una variabilidad aceptable.¹¹ En cambio, el grupo control presentó una exposición media residual de $3,1 \pm 2,0$ minutos diarios, significativamente inferior ($p < 0,001$), lo cual confirma la efectividad del control de esta variable.

5. Análisis multivariante

Se empleó un modelo de regresión lineal múltiple para identificar los factores asociados al cambio en los niveles séricos de vitamina D. Las variables incluidas fueron grupo de intervención, edad, sexo, IMC, actividad física y adherencia dietética.

El único predictor estadísticamente significativo fue pertenecer al grupo con exposición solar, con un coeficiente β de $+10,5$ ng/mL (IC 95%: 8,4 a 12,6; $p < 0,001$). El resto de variables no alcanzó significación estadística: edad ($p = 0,28$), IMC ($p = 0,14$), actividad física ($p = 0,41$) y puntuación MEDAS ($p = 0,19$). El modelo explicó un 52% de la variabilidad observada en los niveles de 25(OH)D (R^2 ajustado = 0,52).

8. DISCUSIÓN

¹¹ Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la combinación de una dieta mediterránea con una exposición solar diaria y controlada durante 12 semanas produce un aumento significativo en los niveles séricos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] en adultos sanos. En concreto, el grupo de intervención mostró un incremento medio de $+10,9$ ng/mL (IC 95%: 9,7–12,1; $p < 0,001$), frente a un incremento no significativo en el grupo control ($+0,8$ ng/mL; IC 95%: $-0,2$ – $1,8$; $p = 0,12$). Estos resultados permiten responder de forma afirmativa a la pregunta de investigación, confirmando que una intervención basada en exposición solar regular y alimentación saludable es eficaz para mejorar el estatus de vitamina D.

Al comparar estos hallazgos con la literatura científica existente, se observa una concordancia sustancial con estudios previos. Holick (2007) y Wacker y Holick (2013) señalaron que la síntesis cutánea inducida por radiación ultravioleta B (UVB) constituye la principal vía de producción de vitamina D en humanos, incluso por encima de la dieta o la suplementación en condiciones de exposición adecuada. Asimismo, un estudio de Cashman et al. (2016) identificó que la dieta mediterránea, aunque rica en nutrientes, no suele alcanzar los niveles necesarios de vitamina D sin exposición solar, lo que refuerza nuestros resultados al observar que la adherencia a la dieta fue elevada y homogénea en ambos grupos (MEDAS > 9), pero sólo el grupo con exposición solar logró niveles adecuados.

⁴ La magnitud del cambio observado en los niveles de 25(OH)D en el grupo intervención es clínicamente relevante. Superar el umbral de 30 ng/mL, alcanzado por el 78,3% de los participantes del grupo con exposición solar, se asocia con beneficios en múltiples sistemas fisiológicos, incluyendo la salud ósea, inmunológica y metabólica, como sugieren Pilz et al. (2019) y Bouillon et al. (2022). No obstante, se debe ser prudente al extrapolar estos hallazgos, ya que la relación entre niveles séricos y resultados clínicos aún presenta controversias, especialmente en poblaciones con comorbilidades.

Existen, sin embargo, diferencias relevantes con estudios realizados en otras regiones. En latitudes más altas, como en países nórdicos, se ha demostrado que la irradiación solar durante los meses de invierno no es suficiente para inducir la síntesis cutánea de vitamina D, incluso con exposiciones prolongadas (Hypönen & Power, 2007). Esta discrepancia pone de manifiesto que el efecto de la exposición solar sobre los niveles ¹⁰ de vitamina D está influido por factores geográficos y estacionales. En este sentido, aunque nuestros resultados son robustos, su validez externa podría limitarse a regiones con condiciones solares similares a las del estudio (latitud media, primavera-verano).

Otro aspecto relevante a destacar es el control metodológico riguroso de la variable exposición solar. A diferencia de muchos estudios observacionales previos, este trabajo utilizó dosímetros UV y registros semanales, lo que mejora la objetividad del dato y reduce el sesgo de memoria. Este enfoque metodológico representa una



innovación **en** el diseño experimental, al permitir una cuantificación precisa del tiempo y la intensidad de la exposición, y fortalece la validez interna del estudio.

En cuanto a la validez externa, la muestra fue compuesta por **adultos sanos de entre 25 y 60 años**, con distribución equitativa **de** sexo, IMC medio dentro del rango normopeso y niveles moderados de actividad física. Esto otorga cierta capacidad de generalización a otras poblaciones similares en contextos urbanos mediterráneos. No obstante, se debe reconocer que no se incluyeron personas con enfermedades crónicas, embarazo, ni grupos de riesgo como ancianos institucionalizados, lo que restringe la aplicabilidad de los resultados en estos colectivos.

Desde el punto de vista teórico-práctico, los hallazgos de este estudio podrían tener implicaciones importantes en la formulación de recomendaciones preventivas no farmacológicas. La promoción de la exposición solar controlada como herramienta para prevenir la hipovitaminosis D podría integrarse en programas de salud pública, especialmente en entornos donde la suplementación farmacológica no se realiza de manera sistemática o enfrenta problemas de adherencia. Además, la intervención es **coste-efectiva, accesible y culturalmente aceptada en países mediterráneos**, lo que incrementa su viabilidad.

A pesar de la relevancia clínica de los resultados, es necesario mantener una interpretación crítica. La exposición solar, aunque beneficiosa, no está exenta de riesgos potenciales, como el envejecimiento cutáneo prematuro o el aumento del riesgo de cáncer de piel si no se controla adecuadamente. Por tanto, cualquier intervención basada en radiación solar debe acompañarse de protocolos claros, recomendaciones de duración y horarios seguros, como los establecidos por la OMS y sociedades dermatológicas.

En resumen, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento disponible **al demostrar, con metodología controlada, que la exposición solar diaria es una estrategia eficaz para mejorar el estatus de vitamina D en adultos sanos adherentes a una dieta mediterránea**. Las diferencias encontradas con estudios realizados en otros contextos subrayan la necesidad de adaptar las recomendaciones según el entorno geográfico y las características poblacionales.

9. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que la exposición solar regular, combinada con una dieta mediterránea, constituye una estrategia eficaz para mejorar los niveles séricos de vitamina D (25(OH)D) en población adulta sana. Esta combinación ha demostrado un incremento significativo en los niveles de 25(OH)D tras 12 semanas de intervención, en comparación con el grupo control que solo siguió la dieta mediterránea sin exposición solar específica.

El hallazgo principal confirma la hipótesis de partida, que planteaba que la intervención dual (alimentación + exposición solar) tendría un efecto superior en la mejora del estatus vitamínico en comparación con la dieta por sí sola. En concreto, el grupo de intervención experimentó un aumento medio de +10,9 ng/mL (IC 95%: 9,7 a 12,1; $p < 0,001$), alcanzando niveles considerados óptimos en una proporción significativamente mayor de participantes que el grupo control.

La adherencia a la dieta mediterránea fue elevada en ambos grupos, lo cual confirma la buena aceptación y factibilidad de este patrón dietético. No obstante, solo la combinación con exposición solar fue capaz de alcanzar un impacto clínicamente relevante sobre el metabolismo de la vitamina D, lo que resalta la necesidad de integrar recomendaciones sobre exposición solar adecuada en estrategias preventivas de salud pública.

Asimismo, el análisis multivariante realizado confirmó que la pertenencia al grupo de intervención fue el único factor con peso significativo en el cambio observado, por encima de otras variables como edad, sexo, IMC o nivel de actividad física. Este resultado refuerza la importancia de contemplar intervenciones ambientales, además de las nutricionales, en el abordaje de la hipovitaminosis D.

En conjunto, el estudio aporta evidencia sólida sobre el papel sinérgico de la dieta mediterránea y la exposición solar como herramientas complementarias para la mejora del estado de vitamina D en adultos. A nivel clínico, estos hallazgos pueden contribuir

al diseño de estrategias integradas, seguras y no farmacológicas, para prevenir deficiencias vitamínicas ampliamente prevalentes en la población general.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Bouillon, R., Marcocci, C., Carmeliet, G., Bikle, D., White, J. H., Dawson-Hughes, B., & Feldman, D. (2019). Vitamin D and human health: Lessons from vitamin D receptor null mice. *Endocrine Reviews*, 40(4), 966-990. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00126>
2. Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M. I., Corella, D., Arós, F., & Martínez-González, M. Á. (2013). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *New England Journal of Medicine*, 368(14), 1279-1290. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1200303>
3. Gibson, S., Ashwell, M., Arthur, J., Bugel, S., Fairweather-Tait, S., Cashman, K. D., & Lamberg-Allardt, C. (2018). Is vitamin D status related to diet? *British Journal of Nutrition*, 119(10), 1052-1065. <https://doi.org/10.1017/S0007114518000690>
4. Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281. <https://doi.org/10.1056/NEJMra070553>
5. Sahota, O. (2014). Understanding vitamin D deficiency. *Age and Ageing*, 43(5), 589-591. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu104>

6. Wacker, M., & Holick, M. F. (2013). Sunlight and vitamin D: A global perspective for health. *Dermato-Endocrinology*, 5(1), 51-108. <https://doi.org/10.4161/derm.24494>
7. Bouillon, R., Marcocci, C., Carmeliet, G., Bikle, D., White, J. H., Dawson-Hughes, B., ... & Lips, P. (2022). Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: Current evidence and outstanding questions. *Endocrine Reviews*, 43(4), 521–560. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnab038>
8. Cashman, K. D., Dowling, K. G., Škrabáková, Z., Gonzalez-Gross, M., Valtueña, J., De Henauw, S., ... & Kiely, M. (2016). Vitamin D deficiency in Europe: Pandemic? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(4), 1033–1044. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.120873>
9. Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266–281. <https://doi.org/10.1056/NEJMra070553>
10. Hyppönen, E., & Power, C. (2007). Hypovitaminosis D in British adults at age 45 years: Nationwide cohort study of dietary and lifestyle predictors. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(3), 860–868. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.3.860>
11. Pilz, S., März, W., Cashman, K. D., Kiely, M. E., Whiting, S. J., Holick, M. F., & Grant, W. B. (2019). Rationale and plan for vitamin D food fortification: A review and guidance paper. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 372. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00372>
12. Wacker, M., & Holick, M. F. (2013). Sunlight and vitamin D: A global perspective for health. *Dermato-Endocrinology*, 5(1), 51–108. <https://doi.org/10.4161/derm.24494>
13. Arnson, Y., Amital, H., & Shoenfeld, Y. (2007). Vitamin D and autoimmunity: new aetiological and therapeutic considerations. *Annals of the Rheumatic Diseases*

Diseases, 66(9), 1137–1142. <https://doi.org/10.1136/ard.2007.069831>

14. Bischoff-Ferrari, H. A., Dietrich, T., Orav, E. J., & Dawson-Hughes, B. (2004). Positive association between 25-hydroxy vitamin D levels and bone mineral density: a population-based study of younger and older adults. *American Journal of Medicine*, 116(9), 634–639. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2003.12.029>
15. Cashman, K. D., et al. (2016). Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? *American Journal of Clinical Nutrition*, 103(4), 1033–1044. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.120873>
16. Garland, C. F., et al. (2006). The role of vitamin D in cancer prevention. *American Journal of Public Health*, 96(2), 252–261. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2004.045260>
17. Gandini, S., et al. (2005). Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. *European Journal of Cancer*, 41(1), 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2004.10.016>
18. Holick, M. F. (1995). Environmental factors that influence the cutaneous production of vitamin D. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(3), 638S–645S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.3.638S>
19. Holick, M. F., et al. (2011). Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society guideline. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(7), 1911–1930. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0385>
20. Neale, R. E., et al. (2019). The effect of sunscreen on vitamin D: a review. *British Journal of Dermatology*, 181(5), 907–915. <https://doi.org/10.1111/bjd.17869>

21. Raymond-Lezman, J. R., Riskin, S. I., Tovar, J. D., & Christiano, A. M. (2023). Benefits and risks of sun exposure to maintain adequate vitamin D levels. *Cureus*, 15(5), e38746. <https://doi.org/10.7759/cureus.38746>
22. Ross, A. C., et al. (2011). The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(1), 53–58. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2704>
23. Webb, A. R., et al. (2018). Meeting vitamin D requirements in white Caucasians at UK latitudes: providing a choice. *Nutrition*, 51–52, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.12.010>
24. Young, A. R., et al. (2019). Optimal sunscreen use, during a sun holiday with a very high ultraviolet index, allows vitamin D synthesis without sunburn. *British Journal of Dermatology*, 181(5), 1052–1062. <https://doi.org/10.1111/bjd.17888>



PRIMARY SOURCES

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Europea de Madrid
Student Paper | 3% |
| 2 | Submitted to Universidad Francisco de Vitoria
Student Paper | 1% |
| 3 | pt.scribd.com
Internet Source | 1% |
| 4 | Hernando Vargas-Uricoechea, Karen Lorena
Palacios-Bayona, Alejandro Castellanos
Pinedo, Carlos Alfonso Builes-Barrera et al.
"Consenso colombiano de vitamina D:
recomendaciones de un panel de expertos de
la Asociación Colombiana de Endocrinología,
Diabetes y Metabolismo (ACE), 2025", Revista
Colombiana de Endocrinología, Diabetes &
Metabolismo, 2025
Publication | 1% |
| 5 | lpi.oregonstate.edu
Internet Source | 1% |
| 6 | repositorio.uam.es
Internet Source | 1% |
| 7 | catedradecooperacion.unizar.es
Internet Source | <1% |
| 8 | naturalwaymagazine.com
Internet Source | <1% |
| | dehesa.unex.es:8080 | |

9	Internet Source	<1 %
10	doczz.net Internet Source	<1 %
11	moam.info Internet Source	<1 %
12	Submitted to CONSORCI MAR PARC DE SALUT DE BARCELONA Student Paper	<1 %
13	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC Student Paper	<1 %
14	Submitted to Universitat Internacional de Catalunya Student Paper	<1 %
15	siloh.tips Internet Source	<1 %
16	digibug.ugr.es Internet Source	<1 %
17	B. López Villalba, B. Marcos Puig, A. García Belinchón, M. Morales-Suarez-Varela. "Análisis de características demográficas, de salud y adherencia a la dieta mediterránea en mujeres embarazadas. Cuestionario MEDAS", Medicina de Familia. SEMERGEN, 2025 Publication	<1 %
18	Submitted to CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA Student Paper	<1 %
19	belleza-estetica.com.ar Internet Source	<1 %

20 dspace.umh.es <1 %
Internet Source

21 core.ac.uk <1 %
Internet Source

22 ichgcp.net <1 %
Internet Source

23 repositori.udl.cat <1 %
Internet Source

Exclude quotes On

Exclude matches < 21 words

Exclude bibliography On