



Universidad
Zaragoza

Trabajo de Fin de Grado:

**Revisión bibliográfica sobre el efecto
sinérgico de la ingesta de carne y
legumbre sobre la salud hematológica y la
eritropoyesis**

Por Pablo Amable Jiménez Alguacil

Tutora: Susana Menal Puey (Nutrición y Bromatología)

18 de Enero de 2024

RESUMEN:

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo conocer la importancia de la ingesta de carne y legumbre sobre la salud hematológica, centrándose en las vitaminas B9 (ácido fólico/folatos) y B12 (cianocobalamina), así como en el hierro (Fe) y las proteínas; observando cómo el metabolismo de estas sustancias beneficia la eritropoyesis y los biomarcadores de hierro en sangre como la ferritina, transferrina y hemoglobina, VCM, etc. Así mismo, se pretende demostrar que la ingesta conjunta de legumbre y carne posee un efecto sinérgico para la salud hematológica, superior al que obtendríamos si se diera el consumo totalmente por separado; también se estudia la importancia de la vitamina C para la absorción del hierro. Los resultados parecen ser favorables hacia estos grupos de alimentos en cuanto al aprovechamiento de sus nutrientes y sus beneficios sobre la salud de la sangre.

ÍNDICE:

1. Introducción	1
Eritropoyesis	1
El hierro como nutriente	1
Absorción de hierro	2
Metabolismo del hierro	4
Vitaminas importantes para la salud hematológica	4
Importancia de las vitaminas B9 y B12 en otras funciones corporales y situaciones fisiológicas	
6	
Situación de falta de nutrientes para generar eritrocitos: Anemia	6
2. Objetivos	8
3. Metodología	8
4. Resultados.....	9
Beneficios de la carne en la salud hematológica	9
Beneficios de las legumbres en la salud hematológica	10
Impacto del consumo de carne y legumbre en el hierro y la sangre.....	11
5. Discusión	13
6. Conclusiones	14
7. Bibliografía.....	15

1. INTRODUCCIÓN:

Eritropoyesis:

El proceso de formación de glóbulos rojos (eritropoyesis) precisa de tres nutrientes para darse, dos vitaminas principales (B9 y B12) y un mineral (Fe). En cuanto al hierro, se ha observado que su deficiencia actúa negativamente sobre la salud hematológica, además de causar otros múltiples problemas en el cuerpo humano, ya que es un nutriente esencial en varios procesos metabólicos como síntesis de ADN, producción de energía, etc.; aunque este trabajo se centrará en la función del hierro como transportador de oxígeno (1).

El hierro como nutriente:

El hierro es un nutriente esencial para varios procesos metabólicos clave en el organismo, entre los que destacan la síntesis de ADN, el transporte de energía y el transporte de oxígeno. En contraste con otros minerales, los niveles de hierro se regulan principalmente por la absorción; la eliminación del mismo no es regulada y ocurre tanto en pérdidas de sangre, como heridas o la menstruación; como a través del sudor; por el cabello, las uñas y la piel; el epitelio intestinal, etc. El hierro se almacena en las moléculas de ferritina y hemosiderina, siendo transportado por la transferrina desde el hígado; puede unirse a hemoproteínas y enzimas no hemo y participar en reacciones de oxidación-reducción y transferencia de electrones. En cuanto a la función transportadora de oxígeno del hierro, se encuentra en las moléculas de mioglobina (Mb) de las células musculares; y en moléculas de hemoglobina (Hb) en los glóbulos rojos de la sangre. Por ello, es un nutriente muy implicado en la salud hematológica.

A la hora de hablar del hierro como nutriente, existen dos tipos de hierro a nivel dietético, cuya absorción varía, el hierro hemo y no hemo:

- **Hierro hemo:** encontrado en productos de origen animal como la carne, marisco o pescado y altamente absorbible (15-35%); constituyendo una fuente de hierro muy significativa en la dieta.
- **Hierro no hemo:** proveniente de alimentos de origen vegetal (y productos enriquecidos con hierro), con menor absorción por parte del intestino.

Las necesidades diarias de hierro son bajas, 11 mg para los hombres y 16 para las mujeres que poseen menstruación (2), y es relativamente abundante en la dieta; aunque su absorción es algo baja (1 mg absorbido por cada 10 ingeridos). Aún así es común su deficiencia y es una causa común de anemia (la anemia producida por falta de hierro se denomina ferropénica); su baja

absorción es principalmente debida a la formación de compuestos insolubles al combinarse con el oxígeno, aunque algunas enzimas de las células intestinales pueden revertirlo a forma soluble (3).

Se debe recalcar también que un exceso de hierro puede llegar a ser perjudicial para el organismo, ya que se puede bioacumular y dañar el hígado, glándulas endocrinas o el sistema cardiovascular. Al reaccionar con lípidos, carbohidratos y proteínas, puede dañar los tejidos, por lo que los mecanismos de absorción y biodisponibilidad en el cuerpo están curiosamente regulados (3). Por ello cabría preguntarse si alimentos ricos en proteínas como las legumbres, cuyo valor biológico es más bajo que el de la carne y, por tanto, sus proteínas son más metabolizadas, componen un riesgo para la salud en cuanto a la reacción de sus proteínas con el hierro de la dieta o el que está presente en el organismo.

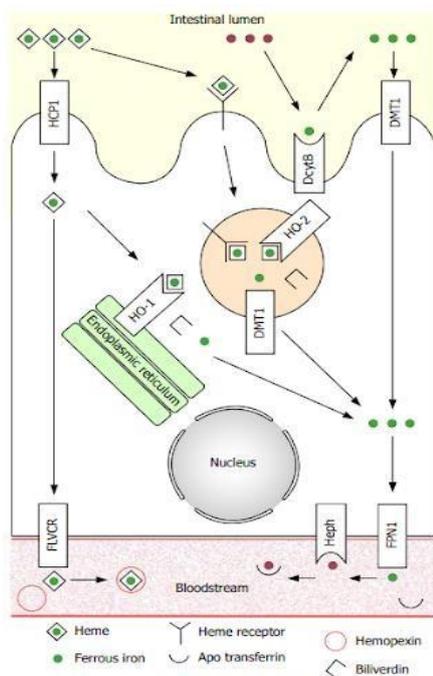
En cuanto a alimentos fuente de hierro, un tipo de plantas que son muy ricas en este nutriente (además de otros minerales), el grupo de las legumbres. Al ser plantas, la cantidad de hierro presente en un tipo de alimento puede variar dependiendo de las condiciones del suelo, el clima, la altitud, etc.; como ocurre, por ejemplo, en las lentejas. Pero pese a estas diferencias, siempre se puede intentar mejorar la absorción de minerales por la planta con los nuevos avances en agricultura (4). Además las legumbres son una buena fuente de proteínas de origen vegetal, aunque estas proteínas pueden interferir en la absorción del hierro hemo (aunque no tanto como la proteína de cereales como el trigo). Por lo que la inhibición de la absorción de hierro depende del tipo de proteína vegetal, ya que no todas afectan de la misma manera (5).

Absorción de hierro:

El hierro se absorbe en el duodeno y primeros tramos del yeyuno, debe estar en forma ferrosa (Fe^{2+}) o unido a proteínas para ser absorbido, el ácido gástrico ayuda a convertir la forma férrica (Fe^{3+}) en ferroso; para absorberlo se utiliza la enzima citocromo duodenal b (Dcytb) (6). El ácido estomacal también juega un papel importante, ya que en $\text{pH} > 7$ el hierro no hemo no consigue precipitar y se vuelve menos disponible; no obstante el hierro hemo sigue pudiendo precipitar en condiciones alcalinas. Es por ello que fármacos de acción estomacal como el omeprazol pueden resultar perjudiciales para la absorción de hierro (3,7).

La absorción de hierro puede verse afectada por inhibidores como los fitatos, polifenoles, otros minerales como el calcio, y el ácido oxálico. Aunque existen también potenciadores de la absorción, como el ácido ascórbico (vitamina C), que ayuda a reducir el pH del estómago y se une al hierro férrico para su absorción. La proteína que transporta al hierro en su forma absorbible a través de la membrana celular es la DMT1 (3), muy importante para comprender el metabolismo del

hierro (especialmente el no hemo) y descubierta en 1997; esta proteína es ayudada por la ferroportina en su función (7); mientras que la ferritina es utilizada para el almacenamiento del hierro. La ferroportina es la proteína que facilita la salida del hierro desde los enterocitos a la circulación sanguínea, su actividad es regulada por la hormona hepcidina, que degrada la ferroportina y provoca su degradación y salida de hierro en la ferritina, que evita el paso a la sangre y promueve la eliminación de hierro por las heces. Por otro lado, la transferrina, presente en el plasma sanguíneo previene la formación de especies reactivas de oxígeno y facilita el transporte del hierro mientras lo mantiene en su forma soluble (3).



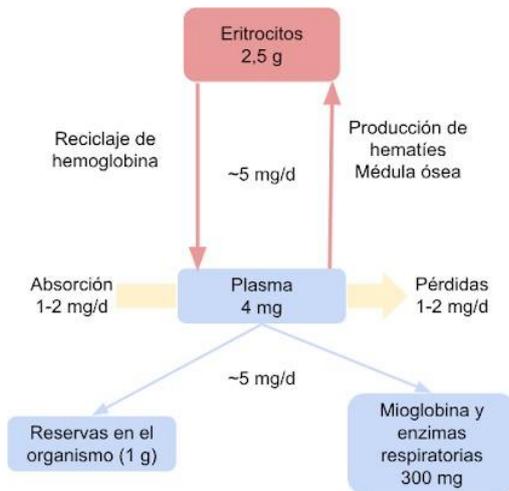
Aún se necesita evidencia acerca de todos los mecanismos implicados en la absorción del hierro hemo, además de la DMT1. Se ha observado que en situaciones de deficiencia de hierro se aumenta especialmente la absorción de hierro hemo, aunque no es seguro si el mecanismo es por endocitosis mediada por receptor o por algún transportador específico (7,8).

Figura 1. Acción de la DMT1

Se concluye, por tanto, que a nivel dietético se debe priorizar el hierro hemo (debido a su mejor absorción), así como el ácido ascórbico (potenciador de la absorción del hierro), para acrecentar la cantidad de hierro disponible para el uso por el organismo. Así mismo, se aconseja evitar los fitatos, polifenoles y oxalatos, además de la ingesta conjunta con el calcio para no interferir en la absorción del hierro al momento de la ingesta. Bien es cierto que países con menor consumo de carne y, por tanto, menor consumo de hierro hemo tienen más prevalencia de anemia (aunque existen otros factores que se deben considerar además de la falta de hierro que propician el desarrollo de anemia) (9). Al fallo en el transporte de oxígeno por la sangre se le conoce como Anemia Ferropénica. En la homeostasis del hierro en el organismo se ven afectadas proteínas como la transferrina o la ferritina, que también pueden fallar, por lo que el suficiente aporte nutricional de hierro no nos exime de sufrir anemia. No obstante, la mayoría de fallos en estas proteínas vienen por causas genéticas, por lo que si son tratadas correctamente no supondrán un problema.

Metabolismo del hierro:

Como se ha visto antes, las pérdidas diarias de hierro en el organismo son mínimas, aunque más acusadas en situaciones fisiológicas como la menstruación o el parto; el cuerpo pierde pequeñas cantidades en la queratina de la piel, uñas y pelo, por el sudor y en secreciones intestinales; en estados de sobrecarga de hierro, sin hemorragia o hemoglobinuria la pérdida máxima de hierro es de 4 mg/d (3,9).



La mayoría del hierro en el organismo se encuentra en forma de ferritina en el hígado o de hemoglobina en los glóbulos rojos. El reciclaje del hierro contenido en los glóbulos rojos se lleva a cabo por los macrófagos del hígado y el bazo, la mayor parte de este hierro hemo se recicla en el hígado para la posterior síntesis de hemoglobina (6).

Figura 2. Metabolismo del hierro

Vitaminas importantes para la salud hematológica:

El folato, ácido fólico o vitamina B9 se encuentra en alimentos vegetales como hortalizas de hoja verde, frutas y frutos secos, y en fuentes animales como el hígado, huevos o carne (10,11). Es una vitamina implicada en diversos procesos del organismo, ya que se relaciona directamente con la síntesis de ADN, lo que afecta al crecimiento y desarrollo en la infancia y durante toda la vida a la producción de las células sanguíneas (12), esto último, determinado también por la ingesta de B12; además, se ha demostrado su implicación en la prevención del desarrollo de ciertos tipos de cáncer (13) y el desarrollo cerebral. Las recomendaciones para el adulto medio sin patologías o situación fisiológica alterada son de 400 µg/d, requerimiento que aumenta en embarazadas (14). La deficiencia de ácido fólico se puede dar por ingesta insuficiente, problemas de absorción o aumento de la demanda de B9 (10).

La vitamina B12 o cianocobalamina es producida por microorganismos y encontrada principalmente en alimentos de origen animal. Tiene variabilidad en su absorción y pérdidas intestinales, además de necesitar del factor intrínseco para su absorción (15), las recomendaciones se sitúan en 4µg (16) o 2,4 µg (10) diarios para el adulto medio. Esta vitamina puede ser sintetizada por las bacterias

del intestino, pero la cantidad es muy pequeña y muy variable entre sujetos; la leche contiene algo de B12 y se absorbe medianamente, pero está lejos de ser igual de aprovechable que la carne (15). Por otra parte, los huevos, especialmente en la yema poseen bastante B12, pero su biodisponibilidad es muy pobre. Su deficiencia es menos común que la del folato gracias a la capacidad de almacenamiento y reciclaje; sin embargo, aún puede padecerse (17). Es esencial para el desarrollo y diferenciación de las células sanguíneas, siendo más notorio en el caso de los eritrocitos (10). Las personas veganas o vegetarianas con dietas estrictas pueden padecer esta deficiencia, aunque puede evitarse mediante suplementación. Otras causas incluyen trastornos de absorción como enfermedad inflamatoria intestinal o celiaquía; también puede darse por cirugías gástricas, problemas pancreáticos, abuso de ciertos medicamentos o de óxido nitroso, y trastornos genéticos (10,18). Lo que está claro es que una dieta a base de plantas no consigue llegar a las recomendaciones diarias de vitamina B12 y necesita de suplementación. La cianocobalamina está presente sobretodo en la carne de animales terrestres, alimento fundamental según los estudios evolutivos en seres humanos. Además de B12, la carne es una importante fuente de proteínas (19). En los últimos años se ha estudiado los peligros que puede suponer el consumo de carne, como cáncer, ECVs, etc. Aunque la mayor parte de la evidencia indica que es un alimento recomendable, fuente muy importante de proteína, Fe y vit. B12; aunque sería el exceso de carne en la dieta el que puede generar los problemas de salud que se le achacan (19).

	Deficiencia de vitamina B12	Deficiencia de vitamina 9
Etiología	Falta de factor intrínseco (perniciosa) Malabsorción (celiaquía, intervenciones quirúrgicas, etc.) Ingesta insuficiente (menos común)	Ingesta deficiente (por alcoholismo o en países en vías de desarrollo) Malabsorción; o incremento en la demanda (embarazo, otra anemia...)
Manifestaciones clínicas	Citopenia (eritrocitopenia) Síntomas neurológicos (perniciosa)	Citopenia
Diagnóstico diferencial	Ambas se diferencian de otras anemias macrocíticas sin características megaloblásticas como trastornos hepáticos y tiroideos o abuso del alcohol. Puede darse por efecto de medicamentos o leucemia mieloide.	
	Exposición al óxido nitroso	Sin exposición al óxido nitroso

Tabla 4. Características y diferenciación de la deficiencia de vitaminas B9 y B12

Importancia de las vitaminas B9 y B12 en otras funciones corporales y situaciones fisiológicas:

Los folatos están implicados en los procesos de diferenciación celular y proliferación de todas las células, no únicamente de los hematíes; no obstante, la vitamina B12 también juega un papel importante aquí, ya que junto con la vitamina B6 está implicada en el metabolismo del folato (20). También la B12 es importante dentro del ciclo de la homocisteína, lo que la relaciona con el metabolismo proteico. De esta manera, se establece la importancia de la vitamina B12 para los mecanismos de síntesis celular, al tener esta relación con el ácido fólico y los aminoácidos de las proteínas (20).

Durante el embarazo es también esencial el ácido fólico; la deficiencia de hierro en el embarazo puede causar problemas en la salud tanto de la madre como del recién nacido (anemia, parto prematuro, bajo peso al nacer, etc.). Las mujeres embarazadas precisan de mayores cantidades de hierro y ácido fólico que el resto de la población: aumentando a 600 µg de folatos y 27 mg de hierro para mujeres embarazadas (según AESAN) (21). Al seguir las recomendaciones de hierro y ácido fólico, los bebés han reportado un mejor crecimiento, desarrollo del sistema nervioso y mejor salud hematológica (22).

Situación de falta de nutrientes para generar eritrocitos: Anemia:

Anemia ferropénica:

Al fallo en el transporte de oxígeno por la sangre debido a fallos en los glóbulos rojos se conoce como anemia; se le llama anemia ferropénica a aquella que se da por falta de hierro, ya sea por falta de ingesta o problemas de absorción-asimilación (en la homeostasis del hierro en el organismo se ven afectadas proteínas como la transferrina o la ferritina, que también pueden fallar, por lo que el suficiente aporte nutricional de hierro no garantiza la protección frente a esta anemia). No obstante, la mayoría de fallos en estas proteínas vienen por causas genéticas, por lo que si son tratadas correctamente no supondrán un problema. Por ello, se aclara que la toma de hierro mediante la alimentación es esencial para mantener un correcto estado de salud (1).

Anemia megaloblástica:

La anemia megaloblástica suele darse por deficiencia de vitamina B12 o de folato (vitamina B9); aunque estas deficiencias pueden darse por trastornos en la absorción relacionados con una causa médica o fisiopatológica; es común ver falta de vitamina B9 en dietas pobres en hortalizas, frutas y legumbres; también es común la deficiencia de B12 en dietas vegetarianas o veganas estrictas.

Sea como sea, esto provoca una producción anormal de eritrocitos, caracterizados por su gran tamaño y llamados megaloblastos (de ahí el nombre de la anemia), lo que además conlleva un menor número de glóbulos rojos. Son comunes ciertos síntomas como debilidad, palidez, fatiga, sensación de falta de aire y úlceras (10); también se han reportado casos que incluyen síntomas neurológicos; y si no es tratada, aumenta el riesgo de osteoporosis y ECV (23).

- **Anemia perniciosa:** tipo de anemia megaloblástica en la que la causa es la falta de factor intrínseco (esencial para la absorción de la vitamina B12) secretado por el estómago o fallo en la absorción del mismo por el tramo final (íleon) del intestino delgado (10,18). No es la única implicada en la eritropoyesis, ya que la B9 (folato) es necesaria también en este proceso (24).

La anemia megaloblástica es más común en países en desarrollo, afectando principalmente a la población envejecida (25). La deficiencia funcional de B12 es la más común, pero la anemia perniciosa es más grave; lo que comporta mayor dificultad es restablecer los niveles de B12, lo cual debe conseguirse principalmente con tratamiento médico (23).

La malabsorción de B12 y la ingesta deficiente son las causas claras de la anemia megaloblástica; por lo que, sumado a lo visto anteriormente, se deduce que lo más efectivo es evitar la anemia megaloblástica ingiriendo las cantidades recomendadas de vitaminas B9 y B12. No obstante, destacar que niveles altos de B12 son relacionados con enfermedades hepáticas y enfermedades autoinmunes de la sangre (23); pero esta hipervitaminosis no está relacionada con la dieta, sino que son otros trastornos subyacentes lo que la desencadenan, por lo que es considerada como un signo clínico y no una causa de enfermedad (25,26).

2. OBJETIVOS:

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica analizando la evidencia científica acerca de los efectos para la salud hematológica y el metabolismo del hierro que tiene el consumo de carne y legumbre de manera conjunta. Para ello se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- Distinguir los beneficios de la carne para la salud hematológica
- Distinguir los beneficios de las legumbres para la salud hematológica
- Analizar el impacto en el metabolismo del hierro del consumo conjunto de carne y legumbre
- Conocer los resultados en la salud hematológica del consumo de carne y legumbre

3. METODOLOGÍA:

El trabajo en cuestión es una revisión bibliográfica, la cual consiste en recopilar información relevante del tema presentado; se ha basado principalmente en artículos publicados por diferentes organismos científicos. Dentro de estos artículos, se ha intentado dar prioridad a la evidencia más reciente, si bien no se han excluido publicaciones que ya tienen varios años.

Se han utilizado los motores de búsqueda de PubMed y Web of Science, además de Google Académico y artículos publicados por organismos científicos de asociaciones como la OMS (WHO, a nivel mundial), la EFSA (a nivel europeo) y AECOSAN (a nivel nacional). Otra herramienta utilizada serían las bases de datos como BEDCA. Se han utilizado palabras clave como: "blood cell", "blood hemoglobin", "eritropoyesis", "folic acid", "health", "heme-iron", "non-heme-iron", "hemoglobin", "iron", "iron deficiency", "iron homeostasis", "legumes", "legumes and health", "meat", "meat consumption", "vitamin b9", "vitamin b12".

Palabras clave:	Nº art. al introducir las palabras clave	Nº art. al seleccionar por título	Nº art. seleccionados al leer abstract	Nº art. de interés
Blood hemoglobin	8915	47	15	2
Iron homeostasis	1443	53	27	10
Legumes and health	914	31	13	3
Meat consumption	1395	24	11	1
Vitamin B12	1542	16	14	6
Búsqueda avanzada:	6836	39	21	8

4. RESULTADOS:

Beneficios de la carne en la salud hematológica:

Los productos de origen animal poseen buena cantidad de hierro hemo y proteínas de alto valor biológico, pero sobretodo destacan por ser la fuente principal de vitamina B12 para el organismo (19,7). Además, la biodisponibilidad de esta vitamina B12 encontrada en la carne es mayor que la de otra fuente como lácteos y huevos (15).

Los mejores resultados en cuanto a cantidad y biodisponibilidad de vitamina B12 dentro de los productos de origen animal, los han tenido las carnes rojas, como la vaca, cerdo, cordero, etc. (28). También se debe destacar que las vísceras de los animales (especialmente el hígado) suelen contener buenas cantidades de vitamina B12 con alta biodisponibilidad; hasta 10µg absorbidos en hígado de cerdo y 20µg en el del cordero (15).

Tipo de carne	Proteína (g)	Vit. B ₁₂ (µg)
Pollo	22,9	0,7
Pavo	20,5	2,0
Pato	19,3	3,0
Ternera	20,6	2,0
Cerdo	20,1	1,0
Cordero	19,7	2,0

Tabla 1. Composición nutricional de diversos tipos de carne (INSRJ, 2006); centrado en cantidad de proteínas y de vitamina B12 (media realizada con diversos cortes en cada tipo de carne).

Alimento	Vit. B ₁₂ absorbida (µg)
Huevo	0,15
Carne de pollo	0,68
Carne de trucha	2,57
Carne de conejo	0,32
Carne de cordero	2,6

Tabla 2. Biodisponibilidad de vitamina B12 en diferentes alimentos para personas sanas entre 17-55 años.

Beneficios de las legumbres en la salud hematológica:

En dos estudios se ha observado la relación entre las proteínas de algunas legumbres y la absorción de hierro hemo en el organismo. Se tuvieron en cuenta análisis sanguíneos de los pacientes, en los que podemos observar la hemoglobina (Hb), el volumen corpuscular medio de los eritrocitos (VCM) y los niveles séricos de ferritina. Los resultados en los biomarcadores sanguíneos de los pacientes implicados fueron los siguientes:

Biomarcadores:	Hb (g/L)	VCM (fL)	Ferritina sérica (µg/dL)
Media Estudio 1	137 ±11	84 ±4	66 ±28
Media Estudio 2	138 ±7	89 ±4	75 ±24
Valores mínimos	<120	<80	<60

Tabla 3. Parámetros sanguíneos de los sujetos que consumieron legumbre.

Se ha comparado la absorción del hierro hemo al consumir la proteína procedente de ciertas legumbres (soja, guisantes y lentejas), arrojando estos resultados:

Absorción	Hierro hemo	Fe hemo (soja)	Fe hemo (guisantes)	Fe hemo (lentejas)
Media	11 ±8-16	7,3 ±5-11	8,1 ±5-13	9,1 ±5-17
Diferencia	-	p <0,02	No significativa	No significativa

Tabla 4. Interacción de las proteínas de la legumbre en la absorción del hierro.

Las proteínas contenidas en las legumbres no afectan la absorción de hierro hemo, únicamente la soja ha reportado alguna diferencia estadísticamente significativa <0,02 en cuanto a menor absorción de hierro hemo (6).

Otros nutrientes que pueden interferir en la absorción de hierro son los oxalatos, polifenoles, fitatos y el calcio (7). Este es un factor importante a tener en cuenta, ya que a menor cantidad de estos compuestos, mayor será la absorción del hierro; en la siguiente tabla se compara la cantidad de hierro con la de calcio y fitatos:

Legumbre:	Hierro	Calcio	Fitatos
Soja (<i>Glycine max</i>)	0,05	2,58	4,82
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	0,04	0,93	4,52
Alubia (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0,06	1,28	11,03
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	0,63	0,75	8,56
Guisante (<i>Pisum sativum</i>)	0,05	0,91	7,62
Faba (<i>Vicia faba</i>)	0,04	1,28	5,82

Tabla 5. Presencia de fitatos y Ca en legumbres (7), (Tabla basada en las medias aritméticas de los datos contenidos en el estudio “Revisiting phytate-element interactions: implications for iron, zinc and calcium bioavailability, with emphasis on legumes”).

Impacto del consumo de carne y legumbre en el hierro y la sangre:

El efecto beneficioso de la carne sobre la absorción del hierro respecto otras fuentes de proteína (legumbres, huevo, lácteos, pescado, etc.), se ha demostrado desde los años 80 (29); no obstante, algunos estudios demuestran que la absorción del hierro tanto hemo como no hemo mejora al introducir carne en la alimentación, esto incluye una mayor absorción del hierro proveniente de fuentes vegetales como las legumbres. No obstante, este consumo no es obligatorio en la misma toma, sino que se puede consumir la carne en el mismo día o en horas cercanas al consumo de legumbre para ver este efecto positivo en la absorción (30).

Se ha demostrado la importancia de la carne en cuanto a la absorción del hierro hemo comparando fuentes únicamente vegetales (verduras y legumbres), con alimentos que contienen carne además de estos vegetales (31), dando la siguiente evidencia:

Sujeto de estudio:	Sólo vegetal (%)	Vegetal con carne añadida (%)
Sujeto A	13,7	14,9
Sujeto B	11,9	21,8
Sujeto C	10,8	22,0
Sujeto D	9,7	17,2
Sujeto E	4,8	6,8
Sujeto F	13,4	17,3
Sujeto G	7,7	8,6
Sujeto H	10,4	20,8
Media geométrica	9,9	8,8

Tabla 6. Comparación de la absorción de hierro al incluir carne en alimentos vegetales.

Incluso para los mismos sujetos podemos observar que la absorción aumenta incluso el doble, aunque la mejora ha resultado ser como mínimo $\approx 1,1$ veces más absorción en el alimento con carne respecto al sólo vegetal.

De hecho, se ha demostrado que la incorporación de hierro a los eritrocitos es superior para sujetos que consumen carne o pescado respecto a otros sujetos cuya fuente de proteína es únicamente la legumbre; los resultados del estudio “Lower Non-Heme Iron Absorption in Healthy Females from Single Meals with Texturized Fava Bean Protein Compared to Beef and Cod Protein Meals: Two Single-Blinded Randomized Trials” de 2022 para la revista *Nutrients* han concluido que la cantidad de hierro en eritrocitos para los sujetos que comen carne es 4,2 veces mayor que para los que sólo consumían la legumbre; el pescado también demostró un 2,7 veces más hierro que la legumbre (32).

5. DISCUSIÓN:

Según lo visto anteriormente, la carne roja es superior en cuanto a biodisponibilidad y cantidad de vitamina B12, cabe destacar, de entre las carnes de ave, la de pato parece poseer más B12 que el resto, aunque al ser un alimento menos estudiado puede que los resultados acerca de las cantidades de cianocobalamina presentes en este tipo de carne estén algo abultados.

De entre las legumbres, se debe destacar con creces a las lentejas, ya que según los resultados, la cantidad de hierro que poseen es varias veces superior a la de muchas legumbres, aunque parece que algunas especies de alubia pueden poseer también buena cantidad de hierro.

No se puede pasar por alto la diferencia en los análisis sanguíneos que han dado los sujetos que consumían carne o pescado respecto a aquellos que sólo consumen legumbre (32). Por lo que aún es necesario el consumo de productos de origen animal para garantizar una mejor salud hematológica. Al depender únicamente de las legumbres, pese a tener unos resultados óptimos, no se puede igualar el beneficio que supone el consumo de carne.

Para la elaboración de un plato que utilice como ingredientes los alimentos aquí mencionados, se puede optar por un cocido de lentejas con carne roja (de cerdo, vaca o cordero), acompañado más adelante por una fruta con alto contenido en vitamina C, como la naranja, kiwi, fresas, etc.

6. CONCLUSIONES:

El consumo de carne es útil para mejorar el estado de los glóbulos rojos, debido a su aporte de proteína, hierro y vitamina B9, y a ser la principal fuente de vitamina B12. Se ha observado que la biodisponibilidad de la cianocobalamina es superior en carnes rojas que en otro tipo de carnes o pescado y otros productos de origen animal como huevos o lácteos.

Las legumbres han demostrado poseer importantes beneficios para la salud hematológica debido a su aporte de proteínas y vitamina B9, así como su gran aporte de hierro. De este grupo destacan las diferentes especies de alubias y los guisantes, y especialmente las lentejas por su alto contenido en hierro.

La carne es capaz de mejorar notablemente la absorción de hierro, ya que para algunos sujetos puede incrementar hasta el doble la absorción al incluir carne junto con una comida vegetal (31).

El consumo de carne y legumbre en la misma toma o el mismo día, así como de vitamina C, reporta mayores beneficios en cuanto a absorción de hierro; esto acaba traducándose en una mejora significativa de la cantidad de hierro en sangre, lo cual beneficia la salud hematológica.

Se concluye, por tanto, que al integrar estos nutrientes antes mencionados, la salud hematológica mejorará especialmente en pacientes que padezcan algún tipo de anemia o estén en déficit de alguno de estos nutrientes. Pese a esto, no se puede obviar que también existen situaciones fisiopatológicas en las cuales es desaconsejada la ingesta tan alta de hierro, como puede ser el caso de la hemocromatosis, por la cual la ferritina en sangre aumenta y se forman depósitos en el hígado que pueden llegar a tener graves consecuencias si no es detectada y tratada a tiempo (29).

7. BIBLIOGRAFÍA:

1. Theil EC. Iron homeostasis and nutritional iron deficiency. *J Nutr*. 2011;141(4).
2. Calleja CA, Hurtado C, Martínez R, Lázaro DR, Rubio Armendáriz C, José M, et al. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre Ingestas Nutricionales de Referencia para la población española [Internet]. Gob.es.
3. Ems T, St Lucia K, Huecker MR. *Biochemistry, Iron Absorption*. 2023.
4. Xue Y, Xia H, Christie P, Zhang Z, Li L, Tang C. Crop acquisition of phosphorus, iron and zinc from soil in cereal/legume intercropping systems: a critical review. *Ann Bot*. 2016;117(3):363-77.
5. Weinborn V, Pizarro F, Olivares M, Brito A, Arredondo M, Flores S, et al. The effect of plant proteins derived from cereals and legumes on heme iron absorption. *Nutrients*. 2015;7(11):8977-86.
6. Zhang A-S, Enns CA. Iron homeostasis: Recently identified proteins provide insight into novel control mechanisms. *J Biol Chem* [Internet]. 2009;284(2):711-5.
7. West AR, Oates PS. Mechanisms of heme iron absorption: Current questions and controversies. *World J Gastroenterol* [Internet]. 2008;12(4):536.
8. Zoller H, Theurl I, Koch R, Kaser A, Weiss G. Mechanisms of iron mediated regulation of the duodenal iron transporters divalent metal transporter 1 and ferroportin 1. *Blood Cells Mol Dis* [Internet]. 2002;29(3):488-97.
9. Conrad ME, Umbreit JN. Iron absorption and transport? An update. *Am J Hematol* [Internet]. 2000;64(4):287-98.
10. Socha DS, DeSouza SI, Flagg A, Sekeres M, Rogers HJ. Severe megaloblastic anemia: Vitamin deficiency and other causes. *Cleve Clin J Med* [Internet]. 2020;87(3):153-64.
11. Management Board members, Executive Director, Operational Management. Scientific Opinion on the safety and efficacy of folic acid as a feed additive for all animal species [Internet]. European Food Safety Authority. 2012.
12. Dixit R, Nettem S, Madan SS, Soe HHK, Abas ABL, Vance LD, et al. Folate supplementation in people with sickle cell disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;2018(3).
13. Liew SC. Folic acid and diseases - Supplement it or not? *Rev Assoc Med Bras*. 2016;62(1):90-100.
14. Field MS, Stover PJ. Safety of folic acid. *Ann N Y Acad Sci*. 2018;1414(1):59-71.

15. Watanabe F, Bito T. Vitamin B12 sources and microbial interaction. *Exp Biol Med*. 2018;243(2):148-58.
16. Doets EL, In't Veld PH, Szczecińska A, Dhonukshe-Rutten RAM, Cavelaars AEJM, Van 't Veer P, et al. Systematic review on daily Vitamin B12 losses and bioavailability for deriving recommendations on Vitamin B12 intake with the factorial approach. *Ann Nutr Metab*. 2013;62(4):311-22.
17. Green R. Vitamin B12 deficiency from the perspective of a practicing hematologist. *Blood* [Internet]. 2017;129(19):2603-11.
18. Guéant J-L, Guéant-Rodriguez R-M, Alpers DH. Vitamin B12 absorption and malabsorption. En: *Vitamins and Hormones*. Elsevier; 2022. p. 241-74.
19. Manuela P, Cardoso DC, Filipa A, Vicente B. Author ' s personal copy Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. 2013;93:586-92.
20. Bajic Z, Sobot T, Skrbic R, Stojiljkovic MP, Ponorac N, Matavulj A, et al. Homocysteine, vitamins B6 and folic acid in experimental models of myocardial infarction and heart failure—how strong is that link? *Biomolecules* [Internet]. 2022;12(4):536.
21. Calleja CA, Hurtado C, Martínez R, Lázaro DR, Rubio Armendáriz C, José M, et al. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre Ingestas Nutricionales de Referencia para la población española [Internet]. Gob.es.
22. Bumrungpert A, Pavadhgul P, Piromsawasdi T, Mozafari MR. Efficacy and safety of ferrous bisglycinate and folic acid in the control of iron deficiency in pregnant women: A randomized, controlled trial. *Nutrients* [Internet]. 2022;14(3):452.
23. Shipton MJ, Thachil J. Vitamin B₁₂ deficiency - A 21st century perspective. *Clin Med* [Internet]. 2015;15(2):145-50.
24. Shulpekova Y, Nechaev V, Kardasheva S, Sedova A, Kurbatova A, Bueverova E, et al. The concept of folic acid in health and disease. *Molecules*. 2021;26(12):1-29.
25. Wendy C-A, Angela M-S. Anemia megaloblástica. A propósito de un caso. *Cuad - Hosp Clín* [Internet]. 2022;63(1):44-9.
26. Bleesing JJH, Nagaraj CB, Zhang K. *Autoimmune Lymphoproliferative Syndrome*. 1993.
27. López-Nevado M, Docampo-Cordeiro J, Ramos JT, Rodríguez-Pena R, Gil-López C, Sánchez-Ramón S, et al. Next generation sequencing for detecting somatic FAS mutations in patients with autoimmune lymphoproliferative syndrome. *Front Immunol* [Internet]. 2021;12.

28. Gille D, Schmid A. Vitamin B12 in meat and dairy products. *Nutr Rev* [Internet]. 2015;73(2):106-15.
29. Derman DP, Ballot D, Bothwell TH, Macfarlane BJ, Baynes RD, Macphail AP, et al. Factors influencing the absorption of iron from soya-bean protein products. *Br J Nutr* [Internet]. 1987;57(3):345-53.
30. Etcheverry P, Hawthorne KM, Liang LK, Abrams SA, Griffin IJ. Effect of beef and soy proteins on the absorption of non-heme iron and inorganic zinc in children. *J Am Coll Nutr* [Internet]. 2006;25(1):34-40.
31. Engelmann MDM, Davidsson L, Sandström B, Walczyk T, Hurrell RF, Michaelsen KF. The influence of meat on nonheme iron absorption in infants. *Pediatr Res* [Internet]. 1998;43(6):768-73.
32. Mayer Labba I-C, Hoppe M, Gramatkovski E, Hjellström M, Abdollahi M, Undeland I, et al. Lower non-heme iron absorption in healthy females from single meals with texturized Fava bean protein compared to beef and cod protein meals: Two single-blinded randomized trials. *Nutrients* [Internet]. 2022;14(15):3162.