



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**

**DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES POSTERIOR A CIRUGÍA  
BARIÁTRICA EN PERSONAS CON OBESIDAD**

**Patricia Jeaneth Carranco Herrera**

**2024**



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**

**DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES POSTERIOR A CIRUGÍA BARIÁTRICA EN  
PERSONAS CON OBESIDAD**

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Magíster en Nutrición y Dietética

**Profesor guía:** Dr. Ludwig Álvarez Córdova

**Autora:** Patricia Jeaneth Carranco Herrera

**Año:** 2024

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

Declaro haber dirigido el trabajo, **DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES POSTERIOR A CIRUGÍA BARIÁTRICA EN PERSONAS CON OBESIDAD**, de la estudiante **Patricia Jeaneth Carranco Herrera**, orientando sus conocimientos y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Firmado electrónicamente por:

**LUDWIG ROBERTO  
ALVAREZ CORDOVA**

---

**Dr. Ludwig Álvarez Córdova**

**C.I. 0908856206**

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, **DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES POSTERIOR A CIRUGÍA BARIÁTRICA EN PERSONAS CON OBESIDAD**, de la estudiante **Patricia Jeaneth Carranco Herrera**, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Firmado electrónicamente por:

**LUDWIG ROBERTO  
ALVAREZ CORDOVA**

---

**Dr. Ludwig Álvarez Córdova**

**C.I. 0908856206**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Firmado electrónicamente por:  
**PATRICIA JEANETH  
CARRANCO HERRERA**

---

**Patricia Carranco Herrera**

**C.I. 1002815056**

## RESUMEN

**Introducción:** La obesidad como enfermedad multifactorial, requiere ser evaluada apropiadamente para ser tratada, una de las alternativas terapéuticas es la cirugía bariátrica, que transforma la estructura y función de los órganos involucrados, razón por la que es trascendente la valoración nutricional.

**Objetivo:** Realizar una búsqueda bibliográfica actualizada sobre la deficiencia de micronutrientes posterior a la cirugía bariátrica en personas con obesidad.

**Materiales y métodos:** Se efectuó la búsqueda en la base de datos de PubMed, ScienceDirect, utilizando descriptores DeCS/MESH, de publicaciones en inglés y español de los últimos cinco años. Síntesis y presentación de los resultados en base al método PRISMA.

**Resultados:** La deficiencia de micronutrientes posterior a la cirugía bariátrica encontrados son zinc, hierro, calcio, cobre, vitamina B12, vitamina D, la técnica quirúrgica empleada influye directamente en esta carencia, a consecuencia de ello la densidad mineral ósea se encuentra disminuida, así como un mayor riesgo de anemia.

**Conclusión:** Existe deficiencia de vitaminas y minerales poscirugía, con predominio en la técnica malabsortiva, repercutiendo en la salud al no tener un seguimiento.

**Palabras claves:** deficiencia de micronutrientes, cirugía bariátrica, obesidad.

## ABSTRACT

**Introduction:** Obesity as a multifactorial disease, requires to be properly evaluated to be treated, one of the therapeutic alternatives is bariatric surgery, which transforms the structure and function of the organs involved, reason why nutritional assessment is transcendent.

**Objective:** To perform an updated bibliographic search on micronutrients deficiency after bariatric surgery in obese patients.

**Materials and methods:** A search was carried out in the PubMed database, ScienceDirect, using DeCS/MESH descriptors, of publications in English and Spanish from the last five years. Synthesis and presentation of the results based on the PRISMA method.

**Results:** The micronutrients deficiency found after bariatric surgery are zinc, iron, calcium, copper, vitamin B12, vitamin D, the surgical technique used has a direct influence on this deficiency, as a result of which bone mineral density is decreased, as well as a higher risk of anemia.

**Conclusion:** There is a deficiency of vitamins and minerals post-surgery, with predominance in the malabsorptive technique, with repercussions on health due to the lack of follow-up.

**Key words:** micronutrient deficiency, bariatric surgery, obesity.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Planteamiento del problema.....	3
Justificación.....	5
Hipótesis.....	6
Objetivos.....	6

### CAPÍTULO II

Marco metodológico.....	7
Alcance de la investigación.....	7
Diseño del estudio.....	7
Instrumento de recolección de los datos.....	7
Universo (población objetivo).....	7
Muestra, criterios de inclusión y exclusión.....	8
Muestra.....	8
Criterios de inclusión.....	8
Criterios de exclusión.....	8
Plan de análisis de los datos.....	8

### CAPÍTULO III

Marco teórico.....	9
Obesidad.....	9
Clasificación del IMC.....	9
Epidemiología.....	9
Cirugía bariátrica.....	10
Técnicas quirúrgicas.....	11
Fisiología del estómago e intestino.....	12
Estómago.....	12
Intestino delgado.....	15



Micronutrientes.....	18
CAPÍTULO IV	
Resultados.....	20
Conclusiones.....	27
Referencias bibliográficas.....	28
Anexos.....	36

## CAPÍTULO I

### Introducción

La obesidad, una de las patologías más prevalentes y de preocupación mundial, dadas las repercusiones tanto en la salud de las personas, como en la economía de los países, no es fácilmente afrontada con el tratamiento médico nutricional. Por lo tanto, hace ya cinco décadas que se busca una solución alternativa mediante procedimientos quirúrgicos, con técnicas más avanzadas y resultados favorables en la actualidad. Sin embargo, es también trascendente que se realice un seguimiento nutricional conforme a los requerimientos, a causa de las deficiencias nutricionales que se pueden presentar (Deledda et al., 2020).

Según el metaanálisis de Fiamenghi y colaboradores (2021), estudiaron a un grupo de menores de 18 años que presentaban obesidad, comparado con individuos eutróficos para determinar la relación obesidad con deficiencia de vitamina D, encontraron resultados significativos en esta población (IC 95%: 1,26-1,59) ( $I^2 = 89\%$ ,  $p < 0,01$ ), lo que demuestra que los riesgos de desnutrición de micronutrientes empiezan desde tempranas edades (Fiamenghi et., 2021). Similares hallazgos se realizaron en un grupo de embarazadas con sobrepeso y obesidad, en quienes la deficiencia de vitamina B12, folato y vitamina D, fueron más frecuentes que en mujeres no obesas, lo que pueden llevar a un mayor riesgo de deficiencia de micronutrientes durante esta etapa (Yang, et al., 2021).

La anatomía y fisiología de nuestros órganos están diseñados para converger proporcionando bienestar al organismo, y aún en condiciones patológicas o provocadas por factores externos como es en el caso de la cirugía bariátrica tiene la facilidad de adaptarse y seguir ofreciendo su función (Fish et al., 2024 y Hsu et al., 2023). La dieta variada, equilibrada y suficiente nos proporciona los macro y micronutrientes necesarios para mantener nuestro estado de salud en óptimas condiciones. Según el procedimiento quirúrgico al que optan las personas junto a su equipo de profesionales, es importante realizar una valoración nutricional pre y posquirúrgica, primordialmente por la evidencia de la deficiencia de micronutrientes, tema de la presente investigación que requiere ser conocida (Guang et al., 2018).

## Antecedentes

El tratamiento de la obesidad en personas adultas se basa en modificaciones conductuales, dieta hipocalórica, actividad física, lo que da como resultado la pérdida de peso de alrededor del 10%, de igual forma el uso de medicamentos dependiendo del IMC como son los agonistas de GLP-1 y los agonistas del polipéptido insulínico dependiente de glucosa/receptor de GLP-1 pueden conseguir un déficit del 8% al 21%, finalmente la cirugía bariátrica promete un 25% al 30% de pérdida de peso (Elmaleh et al., 2023). Asimismo, se evaluó el porcentaje de pérdida de peso tras un seguimiento a 5 años después de RYGB que produjo una pérdida significativamente mayor comparada con manga gástrica laparoscópica 67,7% versus 55,5% respectivamente (Wölnerhanssen et al., 2021).

Las cirugías de malabsorción provocan pérdida de peso principalmente a través de la malabsorción de macronutrientes (25% de proteínas, 72% de grasas), micronutrientes, viable por la derivación del duodeno y el yeyuno o debido al contacto limitado con el borde en cepillo secundario a una extremidad común corta, viéndose afectada la absorción de vitaminas liposolubles (D, A, E, K), el zinc, el hierro, el calcio, la vitamina B12 y el folato. En el caso del Bypass gástrico en Y de Roux (BGYR) la deficiencia nutricional es diversa e intervienen factores dietéticos y del huésped (aclorhidria, malabsorción, DM tipo 2 y el uso de medicamentos como IBP y metformina ocasionando malabsorción de vitamina B12 (Mohapatra et al., 2020).

En el estudio de Gasmi y colaboradores (2022), hallaron déficit de vitaminas B12, B1, C, A, K, minerales como el selenio, hierro, cobre, calcio, con las consiguientes manifestaciones clínicas; entumecimiento, deterioro de la memoria, anemia macrocítica, leucopenia, estreñimiento, náuseas, fatiga, anorexia, ceguera nocturna, fatiga, deterioro inmunológico, cabello seco, caída del cabello, molestias gastrointestinales, disfunciones sexuales, tiroideas, hepáticas entre otras (Gas.i et al., 2022)

## Planteamiento del problema

La obesidad es una enfermedad prevalente en las últimas décadas, la Organización Mundial de la Salud define el sobrepeso y la obesidad como la acumulación anormal o excesiva de grasa que puede afectar la salud. En adultos se clasifica según el índice de masa corporal (IMC) dando un valor igual o mayor de 25 y 30 en sobrepeso u obesidad respectivamente (OMS, 2021). Para tratarla existen procedimientos médicos (dietas, ejercicios, medicamentos, modificaciones conductuales) y quirúrgicos (manga gástrica, bypass gástrico en Y de Roux) entre los más comunes (Blüher et al., 2019; Ghaferi et al., 2021; Seelbach et al., 2022; Semlitsch et al., 2022 y Kumar et al., 2021).

La deficiencia nutricional en personas con obesidad constituye una constante, es así que en mayor o menor grado empeoran posterior a cirugía bariátrica, todo ello dependiendo de la técnica quirúrgica empleada, es así que posterior a manga laparoscópica (LSG) a 5 años, descubrieron una prevalencia de niveles bajos de albúmina, transferrina; en relación a las vitaminas estudiadas Vit B1, B2 y B6 que se encontraron con rangos de hipervitaminosis, folato normal, en el caso de Vit B12 la prevalencia disminuyó del 16% en el preoperatorio al 11% en el posoperatorio; en relación al déficit de vitamina D-25 es más frecuente en bypass gástrico de una anastomosis (OAGB) al año del procedimiento (Al-Mutawa et al., 2018 y Heinonen et al., 2023).

Se realizó un ensayo controlado aleatorio en pacientes con RYGB con concentraciones séricas de vitamina B-12 bajas. Un grupo recibió inyecciones intramusculares de hidroxocobalamina cada dos meses (2000 µg como dosis de carga y 1000 µg en el seguimiento) durante 6 meses. El segundo grupo (B-12 oral) recibió dosis diarias de metilcobalamina oral (1000 µg). La vitamina B-12 sérica se determinó al inicio, a los 2, 4 y 6 meses después del inicio del tratamiento. El resultado principal fue el aumento y la normalización de las concentraciones séricas de vitamina B-12 (>200 mmol/L) 2, 4 y 6 meses. Los resultados secundarios fueron los efectos sobre las concentraciones séricas de homocisteína (Hcy) y ácido metilmalónico (MMA) durante 6 meses. Las concentraciones elevadas de Hcy y MMA revelan deficiencia de vitamina B-12 (Schijns et al., 2018).

Por otro lado, Hultin y colaboradores (2018), en su estudio sobre la eficacia de las inyecciones de colecalciferol en la hipovitaminosis D después de derivación biliopancreática con cruce duodenal, tuvieron como principales resultados que la dosis única de 600.000 UI de colecalciferol fue eficaz para restaurar y mantener los niveles normales de vitamina D y PTH durante 6 meses en pacientes con derivación biliopancreática con cruce duodenal (DBP/DS) con hipovitaminosis D, a pesar de la suplementación oral (Hultin et al., 2018). Estos hallazgos plantean la necesidad de realizar una revisión bibliográfica que incluya más información relacionada al déficit de micronutrientes. ¿Cuál es la deficiencia de micronutrientes post cirugía bariátrica en personas con obesidad?

## **Justificación**

La obesidad constituye una enfermedad, que a su vez acarrea otras comorbilidades como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, apnea del sueño, esteatohepatitis no alcohólica, ciertos tipos de cáncer, osteoartritis, problemas de infertilidad, entre otros; en la actualidad se manifiestan en ciertos casos desde tempranas edades. Es por ello que el tratamiento quirúrgico para perder peso en los últimos años es una alternativa definitiva, para provocar una pérdida de peso sostenida a lo largo del tiempo, en gran parte de la población que opta por él.

La deficiencia de micronutrientes pos procedimiento quirúrgico bariátrico, constituye una de las consecuencias ineludibles, ocasionada por la transformación a la que parte del aparato digestivo está sujeto independiente de la técnica quirúrgica utilizada, el presente trabajo tiene la finalidad de evidenciar el proceso que conduce a estas carencias, de manera que como profesionales sepamos guiar a nuestros pacientes, brindar un manejo acorde y evitar padecimientos que podrían acompañar a un tratamiento erróneo.

**Hipótesis**

La cirugía bariátrica se relaciona con la deficiencia de micronutrientes en personas con obesidad.

**Objetivos****Objetivo general**

Realizar una búsqueda bibliográfica actualizada sobre la deficiencia de micronutrientes posterior a la cirugía bariátrica en personas con obesidad.

**Objetivos específicos**

- Conocer la deficiencia de micronutrientes que se presentan post cirugía bariátrica en personas con obesidad.
- Determinar la técnica quirúrgica que incide con mayor pérdida de micronutrientes en personas con obesidad.
- Identificar los efectos que ocasiona el déficit de micronutrientes posterior a cirugía bariátrica en personas con obesidad.

## CAPÍTULO II

### MARCO METOLOLÓGICO

#### **Alcance de la investigación**

La presente revisión narrativa tiene un alcance descriptivo, observacional que tiene por objeto realizar una búsqueda bibliográfica actualizada sobre la deficiencia de micronutrientes posterior a la cirugía bariátrica en personas con obesidad, de manera que, se pueda dar un tratamiento nutricional acompañado de una suplementación acorde a las necesidades posquirúrgicas de cada paciente.

#### Preguntas específicas

¿Cuál es la deficiencia de micronutrientes que se presenta post cirugía bariátrica en personas con obesidad?

¿Cuáles son las técnicas quirúrgicas que inciden con mayor pérdida de micronutrientes en personas con obesidad?

¿Cuáles son los efectos por déficit de micronutrientes posterior a cirugía bariátrica en personas con obesidad?

#### **Diseño del estudio**

La investigación se basa en un diseño de estudio no experimental, de temporalidad transversal debido a que se recogen los datos en un momento determinado, con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo.

#### **Instrumento de recolección de los datos**

Este trabajo se elaboró a través del análisis documental, en el cual se lleva a cabo un proceso de revisión para obtener datos del contenido de los mismos, fueron seleccionados, organizados, clasificados y analizados.

#### **Universo (población objetivo)**

Artículos actuales de metaanálisis, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, guías de práctica clínica, ensayos clínicos relacionados a las deficiencias de micronutrientes en personas con obesidad postcirugía bariátrica.



## **Muestra, criterios de inclusión y exclusión**

### **Muestra**

Artículos actuales como metaanálisis, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, ensayos clínicos, guías de práctica clínica que aborden la deficiencia de micronutrientes postcirugía bariátrica en población con obesidad.

### **Criterios de inclusión**

- Artículos científicos de los últimos 5 años como metaanálisis, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, guías de práctica, ensayos clínicos, relacionados con el tema.
- Documentos de libre acceso.

### **Criterios de exclusión**

- Opiniones de expertos, editoriales, congresos.
- Tesis, monografías.

### **Plan de análisis de los datos**

**Estrategia de búsqueda:** para la ejecución de la investigación se realizó la búsqueda en la base de datos de PubMed, ScienceDirect. **Términos de búsqueda:** se utilizó los siguientes descriptores DeCS/MESH: "bariatric surgery"; "gastric sleeve", "Roux in Y gastric bypass", "micronutrients deficiency", con los conectores "AND" "OR".

**Idioma:** publicaciones en inglés y español.

**Periodo de tiempo:** se han seleccionado publicaciones de mayor relevancia de los últimos 5 años.

**Síntesis y presentación de los resultados:** se realizó en base al método PRISMA (Anexo 1).

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### Obesidad

Según la Organización mundial de la salud (OMS), la define como una enfermedad crónica compleja determinada por depósitos excesivos de grasa que pueden perjudicar la salud, como consecuencia aumenta el riesgo de comorbilidades cardiometabólicas, osteoarticulares, ciertos tipos de cáncer, entre otras. Para su diagnóstico universalmente se ha propuesto el índice de masa corporal (IMC): se obtiene calculando el peso (kg)/altura (m<sup>2</sup>), no obstante, es importante indicar que este no es un determinante de masa magra o grasa, para lo cual se requiere de otras alternativas diagnósticas.

#### Clasificación del IMC:

En adultos se define obesidad Grado I un IMC de 30 a 34,9 kg/m<sup>2</sup>, Grado II IMC de 35 a 39,9 kg/m<sup>2</sup> y Grado III, IMC mayor de 40 kg/m<sup>2</sup>.

Niños menores de 5 años, se considera un peso para la talla superior a 3 desviaciones estándar por encima de la mediana de los estándares de crecimiento.

Obesidad en personas de 5 y 19 años, está en más de 2 desviaciones estándar por encima de la mediana de las tablas de referencia de crecimiento (OMS, 2024).

#### Epidemiología

Para el año 2022, a nivel mundial 1 de cada 8 personas presentaban obesidad, de ellos 16 de cada 100 vivían con obesidad en edades comprendidas entre los 18 años y más, y 160 millones de niños y adolescentes de 5 a 19 años. (OMS, 2024).

En el Ecuador se registró para el año 2018, en niños de 5 a 11 años cifras de sobrepeso y obesidad del 35,4%, en el grupo de 18 a 69 años es de 25,7%, prevalencia en mujeres 30,9%, en hombres 20,3% (ENSANUT, 2018 y STEPS, 2018). Para el 2023 las cifras en niños menores de 5 años con sobrepeso y obesidad fueron del 5,5% (ENDI,2023).

Dada la creciente tendencia de la obesidad, existen alternativas de abordaje y tratamiento, ya sea a través de terapias conductuales, farmacológicas, cambios de estilo de vida, tratamiento nutricional o tratamiento quirúrgico. Estas terapias se pueden utilizar de manera individual o complementarias, tomando en consideración que los pacientes con obesidad tienen múltiples factores que pueden desencadenar su enfermedad, por lo tanto, su tratamiento es individualizado conforme a las necesidades (Cosentino et al., 2021; Preiss et al., 2022 y Reid et al., 2022).

### **Cirugía Bariátrica**

Conocida también como cirugía metabólica bariátrica (MBS) con sus siglas en inglés, es el conjunto de procedimientos encaminados a modificar la estructura morfofuncional del estómago e intestino (duodeno, yeyuno) para conseguir una disminución de peso, con la consecuente mejoría de las comorbilidades (Salminen et al., 2024).

Según la ASMBS e IFSO para intervenir a las personas con obesidad hay que seguir ciertas indicaciones:

- Personas con IMC mayor o igual a 35 kg/m<sup>2</sup>, independiente de la ausencia, presencia, o severidad de las comorbilidades, debido al deterioro de la salud y la calidad de vida que conlleva este tipo de obesidad.
- Presencia de IMC entre 30 y 34,9 kg/m<sup>2</sup> Obesidad Grado I, en individuos que no logren pérdida de peso importante con otras alternativas de tratamiento y sin mejoría de la enfermedad metabólica (DM2).
- En la población asiática, la incidencia de diabetes y enfermedades cardiovasculares se incrementa con un IMC igual al resto de la población. En consecuencia, dado su fenotipo en ellos se requiere establecer la obesidad en un umbral menor, entre 25 a 27,5 kg/m<sup>2</sup>.
- En relación a las personas mayores de 70 años y menores de 18 años se debe realizar una selección adecuada para ser considerado candidato a (CMB), con una

meticulosa valoración del riesgo beneficioso, existen resultados a largo plazo de seguridad y eficacia en los procedimientos (Alqahtani et al., 2021; Armstrong et al., 2019; Eisenberg, 2022 y Rubino, 2016).

### **Técnicas quirúrgicas**

Procedimientos realizados vía laparoscópica, una es restrictiva limitada al estómago, y la otra restrictiva-malabsortiva (gastrointestinal) con ciertas variantes, a continuación, se describen las dos técnicas ampliamente usadas (Anexo 2).

#### **Bypass gástrico en Y de Roux**

Se fundamenta en la creación de un pequeño bolsillo a nivel de la curvatura menor del estómago, pouch gástrico, menor a 60 ml de capacidad, cilíndrico, a expensas de la curvatura menor y aislado del estómago remanente. Consecutivamente, desde el ángulo de Treitz no menos de 60 cm, se escinde el yeyuno, y el asa aferente se designa como asa biliar o biliopancreática. En seguida, el extremo del asa eferente (asa alimentaria o de Roux) se asciende para la anastomosis gastroyeyunal con el pouch gástrico. A continuación, a una distancia no menor de 100 cm del asa alimentaria, se realiza la anastomosis de esta con el extremo del asa biliopancreática. Desde esa unión hasta la válvula ileocecal, la porción del intestino delgado se llama asa común. Para terminar, se cierran los mesos abiertos, el de la anastomosis yeyunoyeyunal y el espacio que comprende el asa alimentaria y el colon (espacio de Petersen), como resultado queda reducido el estómago y, por ende, una ingesta limitada de alimentos. Asimismo, los alimentos directamente en el yeyuno distal, pasan por alto el duodeno, lo que disminuye la absorción intestinal.

#### **Gastrectomía vertical tubular (manga gástrica)**

Consiste en la creación de un pouch, a expensas de la curvatura menor mediante el uso de suturas mecánicas y extracción del estómago remanente al esqueletizar la curvatura mayor con algún dispositivo de energía adecuado desde el píloro hasta el ángulo de Hiss, resultando un estómago de menor capacidad, que provoca una saciedad más temprana (Harraca et al., 2021).

## Fisiología del estómago e intestino

### Estómago

Anatómicamente posee cuatro zonas: cardias, fondo, cuerpo y píloro. La superficie interna del estómago es rugosa lo que aumenta la superficie de la mucosa gástrica permitiendo la expansión gástrica después de la ingestión de alimentos. La pared del estómago consta de cuatro capas de tejido diferentes, que son la capa mucosa, submucosa, muscular externa y adventicia/serosa. La capa de mucosa gástrica se subdivide en tres 1. epitelio superficial, 2. una capa de tejido conectivo llamada lámina propia y 3. muscularis mucosae. La capa epitelial gástrica se invagina hacia la lámina propia para dar lugar a las fosas y glándulas gástricas revestidas por cuatro células especializadas, que poseen una función activa en el proceso de digestión de los alimentos, mediante dos funciones:

- 1) Función motora, que recibe los alimentos, se adapta a su contenido, tritura, mezcla y finalmente evacúa su contenido hacia el duodeno.
- 2) Función secretora, que produce el jugo gástrico, resultado de la secreción de una variedad de células.

La regulación de dicha actividad se encuentra regulada por diversos mecanismos neurales, tales como la acetilcolina, la endocrina (gastrina y somatostatina), la paracrina (histamina) y autocrinos (intercomunicación con otras células de la mucosa gástrica).

La secreción gástrica cumple un papel fundamental en la digestión de los alimentos y facilita la absorción de diferentes sustancias, como el hierro, el calcio, el magnesio, la vitamina B 12 y algunos medicamentos.

En términos funcionales, la mucosa gástrica puede ser dividida en dos áreas: la mucosa oxíntica, localizada en el cuerpo y el fundus gástrico, y la mucosa pilórica o antral. El epitelio de las glándulas cardiales es mucoso, aunque pueden existir algunas células que producen ácido y pepsina. Las glándulas fúndicas u oxínticas presentan cuatro tipos de células:

- 1) Mucosas, productoras de moco, agua, bicarbonato, pepsinógeno (PG) de tipos I y II.
- 2) Parietales, secretan ácido clorhídrico (ClH) y factor intrínseco (FI).

- 3) Principales, secretoras de PG-I.
- 4) Enterocromafines, producen histamina. Las glándulas antrales o pilóricas se distinguen por la presencia de células G, así como de células mucosas (que secretan PG-II), y células enterocromafines, que pueden contener diversos péptidos, tales como somatostatina (células D).

### **Ácido clorhídrico**

Es uno de los principales componentes de la secreción gástrica. Se secreta por las células parietales, la secreción es continua, no obstante, el volumen secretado experimenta fluctuaciones significativas en función del nivel y tipo de estimulación que reciba. Como la estimulación vagal, la acetilcolina actúa sobre los receptores muscarínicos M3, que a su vez regulan la secreción de ácido a través de proteínas dependientes de calcio. Los antagonistas H2 impiden el efecto de la histamina en la secreción ácida.

### **Gastrina**

La gastrina es sintetizada por las células G, del antro, no obstante, también existen en el duodeno y en las primeras asas del yeyuno. Su secreción se promueve por la presencia de proteínas en la luz gástrica y mediante un estímulo vagal. Aumenta la secreción de ClH mediante una estimulación de células parietales y de manera indirecta estimulando la liberación de histamina de las células enterocromafines, la cual se une a los receptores H2 de las células parietales para estimular la secreción de HCl. La gastrina también actúa como hormona del crecimiento, capacitada en la formación de las células enterocromafines y células parietales.

### **Histamina**

Se produce en las células enterocromafines, bajo el estímulo de la gastrina, y se vincula a los receptores H2 de la célula parietal con el fin de incrementar la secreción de HCl. Al ser un estímulo potente de secreción gástrica, los receptores H2 han servido como diana terapéutica en situaciones que experimentan hipersecreción ácida.

## **Somatostatina**

Sintetizada por las células D de la mucosa oxíntica, se emplea como señal inhibitoria global de la secreción gástrica, como respuesta a diversos estímulos, entre los cuales se encuentran: la gastrina (retroalimentación negativa), la colecistocinina (secretada por el duodeno), el pH ácido luminal, la acetilcolina y el péptido intestinal vasoactivo, entre otros.

## **Factor intrínseco**

Secretada por las células parietales, se une a la cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>) y permite su absorción en el íleon terminal.

Su secreción está afectada por todo lo que provoque una destrucción de las células parietales. Aun así, la cantidad de FI secretado es bastante mayor que la cantidad de cobalamina absorbida, por lo que el déficit de vitamina B<sub>12</sub> puede ser un evento tardío.

La conocida como Ghrelina es un péptido que contiene 28 aminoácidos, específicamente secretados por glándulas oxínticas del fundus gástrico.

Se emplea como agente de conexión entre los receptores secretagogos de la hormona del crecimiento.

En cuanto a sus múltiples funciones, la que ha despertado mayor interés clínico es su función orexigénica, a través de su unión a receptores hipotalámicos.

En el contexto de sus funciones, se ha descrito que la histamina puede incrementar la secreción gástrica mediante un incremento en la histamina, lo que favorece el vaciamiento gástrico y aumenta la secreción de los factores de crecimiento insulínicos.

## **Enzimas**

### **Pepsinógeno (PG)**

Calificado como proenzima, en su forma PG-I tanto en las células principales como en las células mucosas oxínticas y en su forma PG-II por las células mucosas oxínticas, pilóricas y

duodenales. El pH gástrico se encuentra en un 1,8 y 3,5 separa el PG a pepsina, enzima responsable de la actividad proteolítica.

### **Lipasa gástrica**

Su acción se centra en absorción intestinal de las grasas se logra a través de la digestión de los triglicéridos. Se oculta de forma activa y se activa de manera enzimática, con un pH de 6-7. Mientras que a un pH 7 su función es digerir el glucógeno, el almidón para formar azúcares simples, es una hidrolasa.

### **Grelina**

Secretado principalmente por glándulas oxínticas del fondo gástrico. Entre sus múltiples funciones, destaca su función orexigénica, a través de su conexión con receptores hipotalámicos, aumenta durante los períodos de ayuno y disminuye en los períodos posprandiales. Se están llevando a cabo más estudios para comprender su conexión con la fisiopatología de la obesidad. Es importante destacar que en los individuos obesos se ha probado una disminución en los niveles posprandiales, en comparación con aquellos IMC dentro de la normalidad. En el contexto de sus funciones, se ha descrito que la histamina puede incrementar la secreción gástrica mediante un incremento en la histamina, lo que favorece el vaciamiento gástrico y aumenta la secreción de los factores de crecimiento insulínicos (Hsu et al., 2023 y Valtueña et al., 2019).

### **Intestino delgado**

El intestino delgado está constituido por 4 capas, de la parte interna a la externa: serosa, muscularis propia, submucosa y mucosa.

#### **Serosa**

Es la capa más superficial del intestino delgado formada por epitelio y mesotelio. Esta capa se encuentra cubriendo el yeyuno, el íleon y la zona anterior del duodeno; mientras que la cara posterior del duodeno no está cubierta por serosa ya que es retroperitoneal.



## **Muscular propia**

Está formada de 2 capas de músculo liso:

- Una capa longitudinal exterior: Es delgada, su función es acortar y dilatar el intestino.
- Una capa circular interna: Es gruesa, responsable de la contracción.

Entre estas dos capas de músculo liso se encuentra el plexo mientérico (Auerbach) del sistema nervioso entérico (SNE), el cual es el regulador neuronal del movimiento intestinal.

## **Submucosa**

Es una capa de tejido conectivo, cuyo contenido son: vasos sanguíneos, nervios y linfáticos. Un aspecto característico de esta capa es que no está especializada principalmente, exceptuado el duodeno, donde existen las glándulas de Brunner secretoras de mucosa.

## **Mucosa**

Constituye la capa más profunda del intestino delgado, está revestida por epitelio cilíndrico simple, formada por enterocitos que son células absorbentes, células caliciformes y células enteroendocrinas. Los enterocitos tienen aproximadamente 3000 microvellosidades en su superficie, lo que incrementa el área de superficie para propiciar una absorción efectiva.

Las evaginaciones denominadas plicae circularis y vellosidades se encuentran en la capa mucosa y aumentan el área de superficie para una máxima absorción.

Las criptas o invaginaciones, son el sitio de las células madre. En el interior de las criptas se produce la renovación y proliferación celular.

## **Funciones**

- Descomponer los alimentos
- Absorber nutrientes
- Extraer agua
- Mover los alimentos a lo largo del tracto gastrointestinal

## **Funciones específicas**

### **Duodeno - Digestión química.**

El píloro del estómago está conectado con la primera parte del intestino delgado, el duodeno, que recibe los alimentos del estómago a través del píloro, toma enzimas digestivas del hígado, el páncreas y la vesícula biliar mediante conductos que conectan estos órganos, al ingerir alimentos, las glándulas hormonales del revestimiento del indican a estos órganos que liberen enzimas.

El plexo celíaco es quien lo inervación, siendo la inervación simpática los nervios esplácnicos mayores y menores, mientras que la inervación parasimpática el nervio vago. En términos anatomológicos, el duodeno se encuentra compuesto por el bulbo duodenal y se encuentra concluido en el ligamento de Treitz, denominado ángulo duodenoyeyunal. El duodeno es el sitio primordial de absorción de hierro y, en mayor medida, de absorción de folato.

### **Yeyuno - Digestión Mecánica**

La segunda porción del intestino delgado, se encuentra principalmente en el cuadrante superior izquierdo del abdomen y es el sitio de absorción de folato (B9). El plexo mientérico hace que las paredes intestinales del yeyuno se dividan, mezclando los alimentos con enzimas digestivas. Aquí además se produce la peristalsis, el proceso mecánico mediante el cual los alimentos descienden por el tubo digestivo.

La mucosa del duodeno y el yeyuno comprende muchos pliegues y proyecciones, lo que hace que su superficie sea 100 veces mayor que la piel. El 95% de los carbohidratos y proteínas y el 90% del agua se absorben gracias a esta fisiología, y el resto se absorbe en el intestino grueso.

### **Íleon**

El íleon es la última parte del intestino delgado, ubicado principalmente en el cuadrante inferior derecho del abdomen, es la sección más larga del intestino delgado. El íleon es más delgado, posee paredes más estrechas y menos vasos sanguíneos. La comida pasa la mayor parte de su tiempo en él. La válvula ileocecal separa el íleon del colon. Las hormonas y los

nervios indican a la válvula su apertura y cierre, permitiendo el paso de los alimentos. Células de Paneth, recubren el íleon para protegerlo contra las bacterias (inmunidad). El íleon es el lugar de absorción de sales biliares y vitamina B12. El yeyuno y el íleon están inervados por

el plexo mesentérico superior, una continuación de la porción inferior del plexo celíaco, siendo la inervación simpática los nervios espláncnicos mayor y menor. La inervación parasimpática se produce a través del nervio vago (Fish et al., 2024).

### **Micronutrientes (vitaminas y minerales):**

Los micronutrientes son un conjunto variado de componentes de la dieta necesarios para garantizar el mantenimiento de las funciones corporales básicas y conservar la salud.

La deficiencia sugiere un agotamiento, que provoca signos clínicos y consecuencias metabólicas, ésta escasez de micronutrientes individuales puede ocurrir de forma aguda o tardar años en desarrollarse después de un incremento de las pérdidas, como consecuencia de una ingesta reducida, enfermedades o estados fisiológicos específicos. Algunos fármacos habitualmente prescritos pueden propiciar la disminución de los micronutrientes, como la metformina, causa deficiencia de B 12, diuréticos (B1), así como los inhibidores de la bomba de protones (IBP), los cuales contribuyen a la deficiencia de hierro y B 12 en su totalidad. Los factores de estilo de vida, la cirugía bariátrica, el consumo crónico de alcohol y el estricto cumplimiento de una dieta vegetariana, pueden alterar las concentraciones de micronutrientes debido a una absorción reducida y una anatomía funcional alterada (Berger et al., 2022).

### **Funciones de los micronutrientes:**

- Algunos actúan como enzimas o coenzimas
- Grupos prostéticos
- Sustratos bioquímicos u hormonas

Factores que determinan la necesidad dietética de cualquier micronutriente (Anexo 2).

## **Vitaminas**

Son un conjunto de nutrientes que el organismo necesita para mantener un óptimo funcionamiento fisiológico y metabólico.

Existen 13 vitaminas que los seres humanos precisamos a lo largo de la vida en dosis adecuadas: Vitamina A, C, D, E, K, B1 (tiamina), Vitamina B2 (riboflavina).

Las vitaminas se clasifican en 2 grupos:

Vitaminas liposolubles: se almacenan en el hígado y son 4 (las vitaminas A, D, E y K).

Vitaminas hidrosolubles: no se almacenan en el organismo y son 9 (8 vitaminas B y la vitamina C).

## **Minerales**

Los minerales son elementos químicos imprescindibles para llevar a cabo las funciones corporales con normalidad, que el cuerpo no puede sintetizar, razón por la cual, la forma de obtenerlos es a través de la alimentación. Por ello, la dieta debe ser variada para garantizar todos los elementos necesarios; entre sus funciones tenemos: mantener el cerebro, el corazón y los huesos en buen estado.

En los humanos, los minerales esenciales son: potasio, cloro, sodio, calcio, hierro, fósforo, cobre, yodo, magnesio, zinc, manganeso, cromo, molibdeno, cobalto, selenio. La biodisponibilidad de micronutrientes depende de varios factores (Anexo 3).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

**Objetivo: Conocer la deficiencia de micronutrientes postcirugía bariátrica en personas con obesidad.**

En un estudio se incluyeron pacientes adultos ( $n = 27$ ), para bypass gástrico en Y de Roux (RYGB) 19 y gastrectomía en manga (SG) 8. Se extrajeron muestras de sangre antes de la cirugía, dos y seis meses después de la cirugía para medir vitamina B12, holotranscobalamina (holoTC) y ácido metilmalónico (MMA). La capacidad de absorción de B12 se estimó a partir del aumento de holoTC en plasma después de dos días de una provocación oral estandarizada con esta vitamina. La mediana de edad en el momento de la cirugía fue de 47,2 años, en el grupo RYGB y 39,4 años en el grupo SG. La mediana del IMC en el momento de la inscripción fue mayor en el grupo RYGB en comparación con el grupo SG (RYGB: 44,1; SG: 38,1, prueba t,  $p = 0,06$ ). Cinco pacientes fueron tratados con metformina, sin diferencias entre RYGB y SG (4 (21%) vs. 1 (13%),  $p = 0,6$  y sin cambios en la dosis durante el estudio. La cirugía bariátrica tuvo un efecto estadísticamente significativo en la disminución de B12 total  $<0,001$  y holoTC  $p <0,0001$  y el aumento de MMA ( $p < 0,001$ ) El aumento de folato  $p = 0,003$  después de la cirugía probablemente puede explicarse por la suplementación de píldoras multivitamínicas a dosis de 400  $\mu\text{g}$  de fólico/día. No hubo ningún efecto estadísticamente significativo sobre la Hcy o el MCV. Los primeros signos de deficiencia de B12 se evaluaron a partir de los niveles plasmáticos medios de biomarcadores de B12, 2 meses después de la cirugía, no hubo cambios en la B12 total (prueba t pareada  $p = 0,8$ ), mientras que la MMA aumentó (prueba t pareada  $p = 0,06$ ). Al analizar cB12 (el indicador combinado del estado de vitamina B12), el valor preoperatorio medio fue de 0,17, correspondiente a la "adecuación" de B12; 2 meses después de la operación el valor medio fue 0,020 y 6 meses después de la operación -0,39, ambos correspondientes también a la "adecuación de B12". La capacidad de absorción de B12 se juzgó por el aumento de holoTC después de dos días de administración de  $3 \times 9 \mu\text{g}$  de ciano-B12, el aumento de holoTC fue notablemente menor dos meses después de la

operación en comparación con el aumento de holoTC preoperatorio tanto en pacientes RYGB como SG. La  $\Delta$ holoTC media después de la administración preoperatoria de B12 fue de 20 pmol/L (rango -4-64) y de 5 pmol/L (-21-38) después de la administración posoperatoria de B12 (prueba t pareada,  $p < 0,001$ ) para todos los pacientes juntos (Kornerup et al., 2019).

En otro estudio la muestra estuvo formada por 247 hombres y 168 mujeres con una edad media de  $15,89 \pm 1,03$  años, un peso medio de  $133,91 \pm 23,58$  kg y un IMC medio de  $47,80 \pm 6,57$  kg/m<sup>2</sup>. La mayoría de los estudiados se sometieron a gastrectomía en manga laparoscópica, con algunos bypass gástricos en Y de Roux y bypass minigástrico. Además, las mujeres mostraron una mayor prevalencia de anemia (34,5% versus 3,7%,  $p < 0,0001$ ) y deficiencia de hierro (16,1% versus 3,5%,  $p = 0,002$ ) que los hombres, las mujeres tenían niveles medios significativamente más bajos de potasio, zinc, proteínas totales y albúmina. No hubo diferencias de sexo en las concentraciones de los nutrientes restantes. Las prevalencias en las deficiencias de potasio, zinc 0,7%, cobre 11,1%, proteínas 2,2% y albúmina 51,8%, sin que se observaran diferencias por sexo (Elhag et al., 2022).

Según la revisión sistemática y metaanálisis realizado por Gao y colaboradores (2023), en el que analizaron la prevalencia de vitamina D posterior a bypass gástrico en Y de Roux (BGRY), tomaron 72 estudios entre el 2006 al 2022, 27 de Europa, 14 eran de América del Sur, 16 de Norteamérica, 5 de Asia. En relación a los datos de la longitud de la extremidad de Roux, 44 estudios incluidos con la extremidad  $\leq 165$  cm (12 con una longitud de la extremidad  $< 150$  cm, 32 con una longitud de la extremidad  $\geq 150$  cm aunque  $\leq 165$  cm). Además, dos estudios incluyeron una rama de Roux muy larga (el canal común de 150 cm); y 26 tenían datos mixtos o carecía de ellos. Se realizaron seguimientos hasta 1 año 28 estudios, 31 con seguimientos de 1 a 5 años, 23 obtuvieron datos de más de 5 años, posterior al análisis obtuvieron que las estimaciones de prevalencia de deficiencia de vitamina D (VDD) posterior al RYGB fue del 42% (IC 95%: 36-48%, 7688 personas), la prevalencia agrupada de VDD postquirúrgica fue del 35 % para el seguimiento menor o igual a 1 año, del 43 % en el periodo de 1 a 5 años, y del 54 % durante más de 5 años; la prevalencia se correlacionó positivamente con el tiempo de seguimiento, en el caso de VDD fue menor en aquellos con

suplementación adecuada de Vitamina D, mayor en estudios con suplementación inadecuada. Del mismo modo, la longitud de las extremidades de Roux, se halló que la prevalencia de VDD era del 40% (IC del 95%: 32–48%;  $I^2 = 98,3\%$ ; 44 estudios; 4724 casos) en individuos que se sometieron a RYGB con una longitud de la extremidad de Roux  $\leq 165$  cm y 35% (IC del 95%: 29–41%;  $I^2 = 0$ ; 2 estudios; 240 casos) en aquellos con una extremidad de Roux más larga y una longitud del canal común de 150 cm (Gao et al., 2023).

En un estudio de tipo retrospectivo, un total de 160 pacientes se sometieron a cirugía bariátrica (BS) durante 2019 con un año de seguimiento. Los criterios de inclusión se establecieron para pacientes masculinos y femeninos con edades entre 18 y 65 años, con  $IMC \geq 35$  kg/m<sup>2</sup>. Todos los pacientes recibieron suplementos vitamínicos (1 mg ácido fólico, carbonato de calcio 600 mg, Centrum®, vitamina D<sub>3</sub> 50000 UI y sulfato de hierro). Los datos fueron registrados, antes de la cirugía, a los 3 y 12 meses después. Al realizar la comparación entre los valores de los resultados de exámenes de sangre preoperatorios con los valores postoperatorios 12 meses después, observaron un aumento significativo en la vitamina B12 media ( $p = 0,009$ ) en el postoperatorio, los valores de folato aumentaron significativamente en el periodo de 3 y 12 meses ( $p < 0,001$ ), en el caso del hierro fue significativamente mayor en los intervalos postoperatorios del mismo tiempo ( $p = 0,013$  y  $p < 0,001$  respectivamente). El análisis de vitamina D fue significativamente elevado en los dos intervalos posoperatorios ( $p < 0,001$ ) (Qadhi et al., 2023).

En el ensayo clínico aleatorizado doble ciego realizado entre febrero del 2017 y enero del 2018. Los pacientes elegibles después de manga gástrica laparoscópica (LSG) fueron asignados al azar, un grupo de intervención que tomó suplementos proteicos diarios que contenían 20 g de proteína y un grupo placebo no se le entregó suplementos. Los dos grupos recibieron una dieta igual. Se analizó los micronutrientes al primer mes, 3 y 6 meses, con los siguientes hallazgos, en el grupo a intervenir existió un aumento significativo en los niveles de magnesio a los 3 meses y el nivel de hierro a los 6 meses ( $p = 0,008$ ,  $p = 0,028$  respectivamente). Al contrario, el nivel de folato fue significativamente menor en el grupo de intervención a los 6 meses en comparación con el placebo ( $6,66 \pm 3,09$  vs  $0,16,72 \pm 8,69$  nmol/l) (Alshamari et al., 2022).

Finalmente, en su revisión Menéndez y colaboradores (2022), concluyeron que a los pacientes que se les realizó cirugía bariátrica les hallaron deficiencia de proteínas y micronutrientes como el hierro, calcio, vitamina B1, vitamina B12, vitamina A, D y ácido fólico (Menéndez et al., 2022).

**Objetivo: Determinar la técnica quirúrgica que incide con mayor pérdida de micronutrientes en personas con obesidad.**

Leeman y colaboradores (2020), compararon la técnica bypass gástrico en Y de Roux (RYGB) estándar, versus la larga VLRL-RYGB, en la que utilizaron diferentes longitudes del asa común, los pacientes sometidos a VLRL-RYGB tuvieron niveles leves, pero significativamente más bajos de Ca  $p = 0,008$ , Fe  $p = 0,001$  y vitamina D  $p < 0,001$ , al año de la operación en comparación con aquellos sometidos a RYGB estándar. Asimismo, los pacientes sometidos a VLRL-RYGB obtuvieron niveles significativamente más altos de ácido fólico  $p = 0,014$  y Na  $p = 0,032$  en comparación con aquellos sometidos a BGYR estándar (Leeman et al., 2020).

Se analizó prospectivamente cincuenta y ocho mujeres con edades comprendidas entre 19 y 50 años, IMC: 31,6–54,3. El reclutamiento de pacientes se produjo a partir de marzo de 2008 hasta diciembre de 2010. Mujeres con IMC  $\geq 40$ , independientemente de la presencia de comorbilidades, o IMC  $\geq 30$  con comorbilidades. En la evaluación posquirúrgica al año el zinc plasmático y la reserva de zinc rápidamente intercambiable (EZP) se redujeron en un 4,7% y un 17,7% en SG y un 17,2% y un 11,4% en RYGBP, respectivamente. En la evaluación posquirúrgica de 24 meses, el zinc plasmático y la EZP disminuyeron en un 2,4%, 20,8% en SG y un 17,6%, 9,6% en RYGBP, respectivamente, en comparación con los valores iniciales. Aunque tanto SG como RYGB han mostrado resultados positivos en términos de mantener la pérdida de peso y mejorar la condición médica de pacientes con obesidad severa, los principales hallazgos de este estudio fue una reducción dramática en la absorción de zinc y un estado de zinc persistentemente deteriorado. En términos de otros minerales, se ha informado efectos adversos sobre el estado del hierro, calcio y cobre, pero la información sobre los efectos en la absorción de minerales es más limitada (Ruz, 2021).



En un estudio de 83.635 pacientes con una edad media 44,5 años; en su mayoría mujeres, 38,7 % bypass gástrico en Y de Roux (RYGB), el 32,9% gastrectomía en banda (SG) y el 28 % banda gástrica ajustable (AGB). La prevalencia ajustada por edad de cualquier déficit dentro de 1, 2 y 3 años después de la cirugía, fluctuó entre 23%, 34% y 42%, respectivamente y 44%, 54% y 61%, 10 años posteriores. En relación con el grupo AGB, el OR ajustado de cualquier ND postoperatorio a los 3 años fue de 3,00 (IC 95 %, 2,89–3,11) para el grupo RYGB y 2,42 (IC 95 %, 2,33–2,51) para el grupo SG. A los 3 años de la cirugía, la deficiencia de vitamina D fue la más prevalente (25%), seguida de anemia (24%), vitamina B12 (9%) y desnutrición proteica (9%) los pacientes sometidos a SG tenían probabilidades 2,5 veces mayores de deficiencia de vitamina D en comparación con AGB (OR = 2,45 [2,34, 2,57]), y esta asociación fue ligeramente más débil pero significativa con (RYGB), (OR = 1,90 [1,81, 1,99]). Los pacientes con SG y RYGB tuvieron mayores probabilidades de recibir un diagnóstico de deficiencia de vitamina D posoperatoria a los 3 años en comparación con AGB, y esto fue más pronunciado entre aquellos sin deficiencia inicial de vitamina D ( $p < 0,001$ ) (Ba et al., 2023).

En un estudio de cohorte retrospectivo, se inscribieron 413 pacientes con obesidad mórbida índice de masa corporal (IMC)  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup> o IMC  $\geq 35$  kg/m<sup>2</sup> con una complicación o factor de riesgo de DM2, que recibieron cirugía bariátrica entre los 18 y 65 años, estuvieron asignados a tres grupos de cirugías bariátricas: minibypass gástrico, bypass gástrico en Y de Roux (RYGB) y gastrectomía en manga (SG); registraron los niveles séricos de zinc durante los períodos de seguimiento preoperatorio y posoperatorio a los tres, seis y doce meses. El 10,2% de los pacientes mostró deficiencia de zinc antes de la cirugía y el 27,1% al año de la operación. Los resultados por cirugía revelaron que el 29,8% de los RYGB, el 27,7% de los pacientes con bypass minigástrico y el 13,3% de los SG presentaron deficiencia de zinc al año de la cirugía. El nivel sérico de zinc después de la cirugía disminuyó significativamente en los pacientes (valor  $p < 0,001$ ), con diferencias estadísticamente significativas entre el período preoperatorio a los seis y doce meses posteriores a la operación (Soheilipour, F et al., 2021).

**Objetivo: Identificar los efectos que ocasiona el déficit de micronutrientes posterior a cirugía bariátrica en personas con obesidad.**

Mitra y colaboradores (2024), en su revisión sistemática registrada prospectivamente para identificar publicaciones científicas que informen medidas de resultados óseos en pacientes menores de 18 años sometidos a BS, gastrectomía en manga (SG, n = 257), bypass gástrico en Y de Roux (RYGB, n = 216), banda gástrica (n = 184) o balón intragástrico (n = 24). Las personas sometidas a SG o RYGB revelaron una densidad mineral ósea lumbar significativamente menor,  $-0,96 \text{ g/cm}^2$  (IC del 95 %:  $-0,1$  a  $-0,03$ ,  $p < 0,001$ ), y densidad mineral ósea corporal subtotal,  $-0,7 \text{ g/cm}^2$  (IC del 95 %:  $-1,2$  a  $-0,2$ ,  $p < 0,001$ ) después de la cirugía. Seguimiento de marcadores elevados de resorción ósea, telopéptido C-terminal de colágeno tipo 1  $0,22 \text{ ng/ml}$  (IC 95 %  $0,12-0,32$ ,  $p < 0,001$ ) y osteocalcina,  $10,83 \text{ ng/ml}$  (IC 95 %  $6,01-15,67$ ,  $p < 0,001$ ). Después de la BS ocurrió una reducción significativa en los niveles de calcio,  $-3,78 \text{ mg/dl}$  (IC del 95 %:  $-6,1$  a  $-1,5$ ,  $p < 0,001$ ) sin diferencias en 25-hidroxitamina D, fosfatasa alcalina ósea, fosfato, propéptido procolágeno tipo 1 N y hormona paratiroidea (Mitra et al., 2024).

Otro estudio de tipo descriptivo retrospectivo de pacientes posterior a cirugías, comprendidos entre febrero de 2016 y marzo de 2018 de un hospital. En el análisis incluyeron 70 pacientes, de los cuales 41 eran mujeres (58,57%) y 29 hombres (41,42%) con un rango de edad de 16-65 años, la mediana del tiempo de seguimiento fue de 8 meses (6 a 24 meses). De las pacientes femeninas, 30 (73,17%) se hallaban en edad premenopáusica, 11 (26,82%) se encontraban en etapa menopáusica. Con respecto al tipo de cirugía realizada, a 62 pacientes se les realizó manga gástrica (88,6%), 7 se les realizó BGYR (10%) y a una se le realizó manga gástrica seguida de cirugía de bypass (1,4%). El IMC medio previo a la cirugía fue de  $43,28 \pm 6,53 \text{ kg/m}^2$ . En cuanto a las comorbilidades, 12 pacientes tenían antecedentes de diabetes mellitus (17,1%), 8 hipertensión arterial (11,4%), 16 eran fumadores (22,9%). También, todos los pacientes completaron 6 meses mínimo de seguimiento y tomaron regularmente suplementos vitamínicos. Se encontró anemia, en el postoperatorio en 16 pacientes (22,9%) y todas eran mujeres (39,0), 2 (12,5%) tenían BGYR y 14 (87,5%) manga gástrica. Además, 15 (93,8%) presentaron anemia microcítica, 12 tenían

bajos niveles de hierro sérico, 3 deficiencia de vitamina B12 (<140 ng/L). Los datos sobre los niveles de hierro sérico no estuvieron disponibles en los 4 pacientes restantes; no obstante, 3 de ellos tenían anemia microcítica. Los niveles de vitamina B12 fueron normales en 9 pacientes, pero no estaban disponibles en cuatro personas. De 54 pacientes que mostraron niveles normales de hemoglobina 6 meses después de la cirugía, 4 presentaron niveles bajos de vitamina B12, 2 con manga gástrica, 1 bypass gástrico y 1 tenía ambos (Alwasaidi et al., 2020).

Un estudio de intervención controlado, prospectivo, no aleatorizado y en curso de 2007 pacientes tratados con cirugía bariátrica, 13,3% bypass gástrico, 18,7% banda gástrica y 68,0% gastroplastia con banda vertical y 2040 pacientes de control. La mediana de seguimiento fue de entre 15,1 y 17,9 años para los diferentes grupos de tratamiento. La suplementación de micronutrientes estuvo a cargo del cirujano sin información sobre el cumplimiento o modificaciones en la misma, no se recomendó adicionar suplemento de vitamina D y Calcio. La mediana de seguimiento fue de 17,6 años en los pacientes control y de 17,9 años en los pacientes sometidos a banda gástrica, 17,8 gastroplastia vertical con banda y 15,1 bypass gástrico. El riesgo de fracturas determinado por los diferentes tipos de cirugías varió, es así que el bypass gástrico se asoció con un mayor riesgo de sufrir una primera fractura (cualquier fractura) en comparación con la gastroplastia vertical con banda y la banda gástrica (HR adj 2,15; IC 95 % 1,66–2,79 y HR adj 1,99; IC 95 % 1,41–2,82 , respectivamente ambos análisis  $p < 0,001$ ), así también el bypass gástrico se asoció con un mayor riesgo de fractura mayor por osteoporosis por primera vez en comparación con la banda gástrica ( $p = 0,004$ ) y la gastroplastia vertical con banda  $p < 0,001$  (Ahlin et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Los datos encontrados demuestran que la deficiencia de micronutrientes se centran en vitaminas de tipo hidrosolubles como la B1, B12, ácido fólico, vitaminas liposolubles como la A, D, minerales como el hierro, zinc, cobre, potasio. Las técnicas quirúrgicas influyen en mayor o menor medida en la absorción de micronutrientes, por las modificaciones en su estructura y función pos incisiones como sucede con la manga gástrica en donde el 80% del estómago es extraído, asimismo con el bypass gástrico, que implica la sección transversal del estómago dejando un volumen gástrico de 60 ml aproximadamente, que se anastomosa al yeyuno distal, lo que resulta en un bypass de la parte restante del estómago, duodeno y yeyuno proximal, como resultado el tamaño reducido del estómago provoca una saciedad temprana y, como consecuencia, una ingesta restringida de alimentos; simultáneamente los alimentos pasan por alto el duodeno y entran directamente en el yeyuno distal, lo que reduce la absorción en esta área, provocando más deficiencia de micronutrientes en relación a la técnica restrictiva. Además, en este punto es importante mencionar que la longitud del asa biliopancreática es crucial y proporcional a la pérdida de vitaminas y minerales (Salman et al., 2023). Los profesionales que tratan a una persona con obesidad les corresponde realizar un análisis pormenorizado de la deficiencia nutricional potencialmente preexistente, así como de la que se presenta posterior a procedimientos bariátricos, con el fin de prevenir la aparición de patologías secundarias a un inadecuado seguimiento y tratamiento (Anexo 4).

### Referencias bibliográficas:

- Ahlin, S., Peltonen, M., Sjöholm, K., Anveden, Å., Jacobson, P., Andersson-Assarsson, J. C., Taube, M., Larsson, I., Lohmander, L. S., Näslund, I., Svensson, P. A., & Carlsson, L. M. S. (2020). Fracture risk after three bariatric surgery procedures in Swedish obese subjects: up to 26 years follow-up of a controlled intervention study. *Journal of internal medicine*, 287(5), 546–557. <https://doi.org/10.1111/joim.13020>
- Al-Mutawa, A., Al-Sabah, S., Anderson, A. K., & Al-Mutawa, M. (2018). Evaluation of Nutritional Status Post Laparoscopic Sleeve Gastrectomy-5-Year Outcomes. *Obesity surgery*, 28(6), 1473–1483. <https://doi.org/10.1007/s11695-017-3041-7>
- Alqahtani, A. R., Elahmedi, M., Abdurabu, H. Y., & Alqahtani, S. (2021). Ten-Year Outcomes of Children and Adolescents Who Underwent Sleeve Gastrectomy: Weight Loss, Comorbidity Resolution, Adverse Events, and Growth Velocity. *Journal of the American College of Surgeons*, 233(6), 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2021.08.678>
- Alshamari, S., Aly Elsherif, M., Hanna, F., El Akhal, L., Abid, H., & Elhag, W. (2022). The effect of protein supplements on weight loss, body composition, protein status, and micronutrients post laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG): A Randomised Controlled Trial (RCT). *Annals of medicine and surgery (2012)*, 74, 103220. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103220>
- Alwasaidi, T. A., Alahmadi, D. K., Alrufayi, B. M., Alaofi, R. K., & Almutairi, S. R. (2020). Determining the prevalence and causes of anaemia in patients after bariatric surgery in a Saudi hospital. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 15(2), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2020.02.001>
- Arias, J. Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting Eirl.
- Armstrong, S. C., Bolling, C. F., Michalsky, M. P., Reichard, K. W., & SECTION ON OBESITY, SECTION ON SURGERY (2019). Pediatric Metabolic and Bariatric Surgery: Evidence, Barriers, and Best Practices. *Pediatrics*, 144(6), e20193223. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3223>
- Ba, D. M., Hu, A., Shen, C., Leslie, D. L., Chinchilli, V. M., Rogers, A. M., & Al-Shaar, L. (2023). Trends and predictors of nutritional deficiencies after bariatric surgeries: analysis of real-world

data. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*, 19(9), 935–943. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2023.02.013>

Batchelor, S., & Thompson, N. (2023). The management of micronutrient imbalance: a practical guide. *Medicine*.

Berger, M. M., Shenkin, A., Schweinlin, A., Amrein, K., Augsburg, M., Biesalski, H. K., Bischoff, S. C., Casaer, M. P., Gundogan, K., Lepp, H. L., de Man, A. M. E., Muscogiuri, G., Pietka, M., Pironi, L., Rezzi, S., & Cuerda, C. (2022). ESPEN micronutrient guideline. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 41(6), 1357–1424. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.02.015>

Blüher M. (2019). Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature reviews. Endocrinology*, 15(5), 288–298. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0176-8>

Campos, C. (2018). ¿Cómo elaborar una estrategia de búsqueda bibliográfica? *Enfermería intensiva*. 29(4). 182-186. <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-intensiva-142-pdf-S1130239918300841> Copyright ©2019 Elsevier España, S.L.U.

Cosentino, C., Marchetti, C., Monami, M., Mannucci, E., & Cresci, B. (2021). Efficacy and effects of bariatric surgery in the treatment of obesity: Network meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases : NMCD*, 31(10), 2815–2824. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.06.018>

Deledda, A., Pintus, S., Loviselli, A., Fosci, M., Fantola, G., & Velluzzi, F. (2021). Nutritional Management in Bariatric Surgery Patients. *International journal of environmental research and public health*, 18(22), 12049. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212049>

Eisenberg, D., Shikora, S. A., Aarts, E., Aminian, A., Angrisani, L., Cohen, R. V., De Luca, M., Faria, S. L., Goodpaster, K. P. S., Haddad, A., Himpens, J. M., Kow, L., Kurian, M., Loi, K., Mahawar, K., Nimeri, A., O'Kane, M., Pappasavas, P. K., Ponce, J., Pratt, J. S. A., ... Kothari, S. N. (2022). 2022 American Society for Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO): Indications for Metabolic and Bariatric Surgery. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*, 18(12), 1345–1356. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2022.08.013>

- Elhag, W., & El Ansari, W. (2022). Multiple nutritional deficiencies among adolescents undergoing bariatric surgery: who is at risk?. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*, 18(3), 413–424. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2021.10.024>
- Elmaleh-Sachs, A., Schwartz, J. L., Bramante, C. T., Nicklas, J. M., Gudzone, K. A., & Jay, M. (2023). Obesity Management in Adults: A Review. *JAMA*, 330(20), 2000–2015. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.19897>
- ENCUESTA STEPS ECUADOR 2018 MSP, INEC, OPS/OMS Vigilancia de enfermedades no transmisibles y factores de riesgo.
- ENDI (Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil - Septiembre, 2023) <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNzBjZWZmM0ZmItNzY2YS00ZWVhLTg3NTctMzgyZDA1M2I1ODAxliwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTEyXmIj>  
9
- ENSANUT (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018) chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_Sociales/ENSANUT/ENSANUT\\_2018/Principales%20resultados%20ENSANUT\\_2018.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/ENSANUT_2018/Principales%20resultados%20ENSANUT_2018.pdf)
- Fiamenghi, V. I., & Mello, E. D. (2021). Vitamin D deficiency in children and adolescents with obesity: a meta-analysis. *Jornal de pediatria*, 97(3), 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2020.08.006>
- Gao, Z., Liang, Y., Huang, S., Wu, Z., Li, M., & Yang, J. (2023). Prevalence and associated factors of vitamin D deficiency after Roux-en-Y gastric bypass: a systematic review and meta-analysis. *International journal of surgery (London, England)*, 109(12), 4273–4285. <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000000732>
- Gasmi, A., Bjørklund, G., Mujawdiya, P. K., Semenova, Y., Peana, M., Dosa, A., Piscopo, S., Gasmi Benahmed, A., & Costea, D. O. (2022). Micronutrients deficiencies in patients after bariatric surgery. *European journal of nutrition*, 61(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02619-8>

- Ghaferi, A., Hawley, S., Fagerlin, A., Banerjee, M., An, L., Prosser, L., & Birkmeyer, N. (2021). Testing a Decision Aid to Help Patients Choose between Two Types of Bariatric Surgery. Patient-Centered Outcomes Research Institute (PCORI).
- Giustina, A., di Filippo, L., Facciorusso, A., Adler, R. A., Binkley, N., Bollerslev, J., Bouillon, R., Casanueva, F. F., Cavestro, G. M., Chakhtoura, M., Conte, C., Donini, L. M., Ebeling, P. R., Fassio, A., Frara, S., Gagnon, C., Latella, G., Marcocci, C., Mechanick, J. I., Minisola, S., ... Bilezikian, J. P. (2023). Vitamin D status and supplementation before and after Bariatric Surgery: Recommendations based on a systematic review and meta-analysis. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 24(6), 1011–1029. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09831-3>
- Harraca, J. L., Grigaites, A. L., Duartez, P. M., Ackermann, M. A., Quevedo, P., Musso, C., ... & Gorodner, V. (2021). Consenso Argentino Intersociedades de Cirugía Bariátrica y Metabólica. *Revista Argentina de Cirugía*, 113(SUPLEMENTO 1), 1-70.
- Heinonen, S., Saarinen, T., Meriläinen, S., Sammalkorpi, H., Penttilä, A. K., Koivikko, M., Siira, P., Karppinen, J., Säiläkivi, U., Rosengård-Bärlund, M., Koivukangas, V., Pietiläinen, K. H., & Juuti, A. (2023). Roux-en-Y versus one-anastomosis gastric bypass (RYSA study): weight loss, metabolic improvements, and nutrition at 1 year after surgery, a multicenter randomized controlled trial. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 31(12), 2909–2923. <https://doi.org/10.1002/oby.23852>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Hsu M, Safadi AO, Lui F. Physiology, Stomach. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535425/>
- Hultin, H., Stevens, K., & Sundbom, M. (2018). Cholecalciferol Injections Are Effective in Hypovitaminosis D After Duodenal Switch: a Randomized Controlled Study. *Obesity surgery*, 28(10), 3007–3011. <https://doi.org/10.1007/s11695-018-3307-8>



- Kornerup, L. S., Hvas, C. L., Abild, C. B., Richelsen, B., & Nexø, E. (2019). Early changes in vitamin B12 uptake and biomarker status following Roux-en-Y gastric bypass and sleeve gastrectomy. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 38(2), 906–911. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.02.007>
- Kornerup, L. S., Hvas, C. L., Abild, C. B., Richelsen, B., & Nexø, E. (2019). Early changes in vitamin B12 uptake and biomarker status following Roux-en-Y gastric bypass and sleeve gastrectomy. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 38(2), 906–911. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.02.007>
- Kumar, R. B., Srivastava, G., Reid, T. J., & Aronne, L. J. (2021). Understanding the pathophysiologic pathways that underlie obesity and options for treatment. *Expert review of endocrinology & metabolism*, 16(6), 321–338. <https://doi.org/10.1080/17446651.2021.1991310>
- Leeman, M., Gadiot, R. P. M., Wijnand, J. M. A., Birnie, E., Apers, J. A., Biter, L. U., & Dunkelgrun, M. (2020). Effects of standard v. very long Roux limb Roux-en-Y gastric bypass on nutrient status: a 1-year follow-up report from the Dutch Common Channel Trial (DUCATI) Study. *The British journal of nutrition*, 123(12), 1434–1440. <https://doi.org/10.1017/S0007114520000616>
- Malnutrición <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
- Mitra, A. T., Das, B., Sarraf, K. M., Ford-Adams, M., Fehervari, M., & Ashrafian, H. (2024). Bone health following paediatric and adolescent bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine*, 69, 102462. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102462>
- Mohapatra, S., Gangadharan, K., & Pitchumoni, C. S. (2020). Malnutrition in obesity before and after bariatric surgery. *Disease-a-month: DM*, 66(2), 100866. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2019.06.008> Organización Mundial de la Salud
- Menéndez, A. M., Montemerlo, H. J., del Pilar Quevedo, M., & Martín, M. L. P. (2022). Abordaje de las deficiencias nutricionales pre y poscirugía bariátrica: una revisión narrativa. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 5(3).

Obesidad y sobrepeso <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

Oldenburg, G., Cummings, D. E., & Delegates of the 2nd Diabetes Surgery Summit (2016). Metabolic Surgery in the Treatment Algorithm for Type 2 Diabetes: A Joint Statement by International Diabetes Organizations. *Surgery for obesity and related diseases: official journal of the American Society for Bariatric Surgery*, 12(6), 1144–1162. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2016.05.018>

Preiss Contreras, Y., Ramos Salas, X., Ávila Oliver, C., Saquimux Contreras, M. A., Muñoz Claro, R., Canales Ferrada, C., & Consorcio Chileno para el Estudio de la Obesidad (2022). Obesity in adults: Clinical practice guideline adapted for Chile. *Obesidad en adultos: guía de práctica clínica adaptada para Chile*. *Medwave*, 22(10), e2649. <https://doi.org/10.5867/medwave.2022.10.2649>

Qadhi, A. H., Almuqati, A. H., Alamro, N. S., Azhri, A. S., Azzeh, F. S., Azhar, W. F., Alyamani, R. A., Almohmadi, N. H., Alkholi, S. O., Alhassani, W. E., Abusudah, W. F., Babateen, A. M., Tashkandi, B., Alharbi, N. A., Al-Slaihat, A. H., & Ghafouri, K. J. (2023). The effect of bariatric surgery on dietary Behaviour, dietary recommendation Adherence, and micronutrient deficiencies one year after surgery. *Preventive medicine reports*, 35, 102343. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2023.102343>

Reid, T. J., & Korner, J. (2022). Medical and Surgical Treatment of Obesity. *The Medical clinics of North America*, 106(5), 837–852. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2022.03.002>

Rubino, F., Nathan, D. M., Eckel, R. H., Schauer, P. R., Alberti, K. G., Zimmet, P. Z., Del Prato, S., Ji, L., Sadikot, S. M., Herman, W. H., Amiel, S. A., Kaplan, L. M., Taroncher-Oldenburg, G., Cummings, D. E., & Delegates of the 2nd Diabetes Surgery Summit (2016). Metabolic Surgery in the Treatment Algorithm for Type 2 Diabetes: A Joint Statement by International Diabetes Organizations. *Diabetes care*, 39(6), 861–877. <https://doi.org/10.2337/dc16-0236>

Ruz, M., Carrasco, F., Rojas, P., Codoceo, J., Inostroza, J., Basfi-Fer, K., Csendes, A., Papapietro, K., Pizarro, F., Olivares, M., Westcott, J. L., Hambidge, K. M., & Krebs, N. F. (2021). Zinc

absorption and zinc status are reduced after either sleeve gastrectomy or Roux-en-Y gastric bypass in premenopausal women with severe obesity studied prospectively over 24 postoperative months. *The American journal of clinical nutrition*, 114(1), 322–329. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab039>

Salman, M. A., Salman, A., Assal, M. M., Elsherbiney, M., Tourky, M., Elewa, A., Khalaf, A. M., Gadallah, M. A., Gebril, M., Khalid, S., Shaaban, H., Mohammed, A. A., Osman, M. H. A., & Hassan, H. (2023). One Anastomosis Gastric Bypass (OAGB) with a 150-cm Biliopancreatic Limb (BPL) Versus a 200-cm BPL, a Systematic Review and Meta-analysis. *Obesity surgery*, 33(6), 1846–1856. <https://doi.org/10.1007/s11695-023-06556-9>

Salminen, P., Kow, L., Aminian, A., Kaplan, L. M., Nimeri, A., Prager, G., Behrens, E., White, K. P., Shikora, S., & IFSO Experts Panel (2024). IFSO Consensus on Definitions and Clinical Practice Guidelines for Obesity Management-an International Delphi Study. *Obesity surgery*, 34(1), 30–42. <https://doi.org/10.1007/s11695-023-06913-8>

Schijns, W., Homan, J., van der Meer, L., Janssen, I. M., van Laarhoven, C. J., Berends, F. J., & Aarts, E. O. (2018). Efficacy of oral compared with intramuscular vitamin B-12 supplementation after Roux-en-Y gastric bypass: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 108(1), 6–12. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy072>

Seelbach, C., & D'Almeida, M. (2022). Postoperative Assessment and Management of Obesity Surgery. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Semlitsch, T., Stigler, F. L., Jeitler, K., Horvath, K., & Siebenhofer, A. (2019). Management of overweight and obesity in primary care-A systematic overview of international evidence-based guidelines. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(9), 1218–1230. <https://doi.org/10.1111/obr.12889>

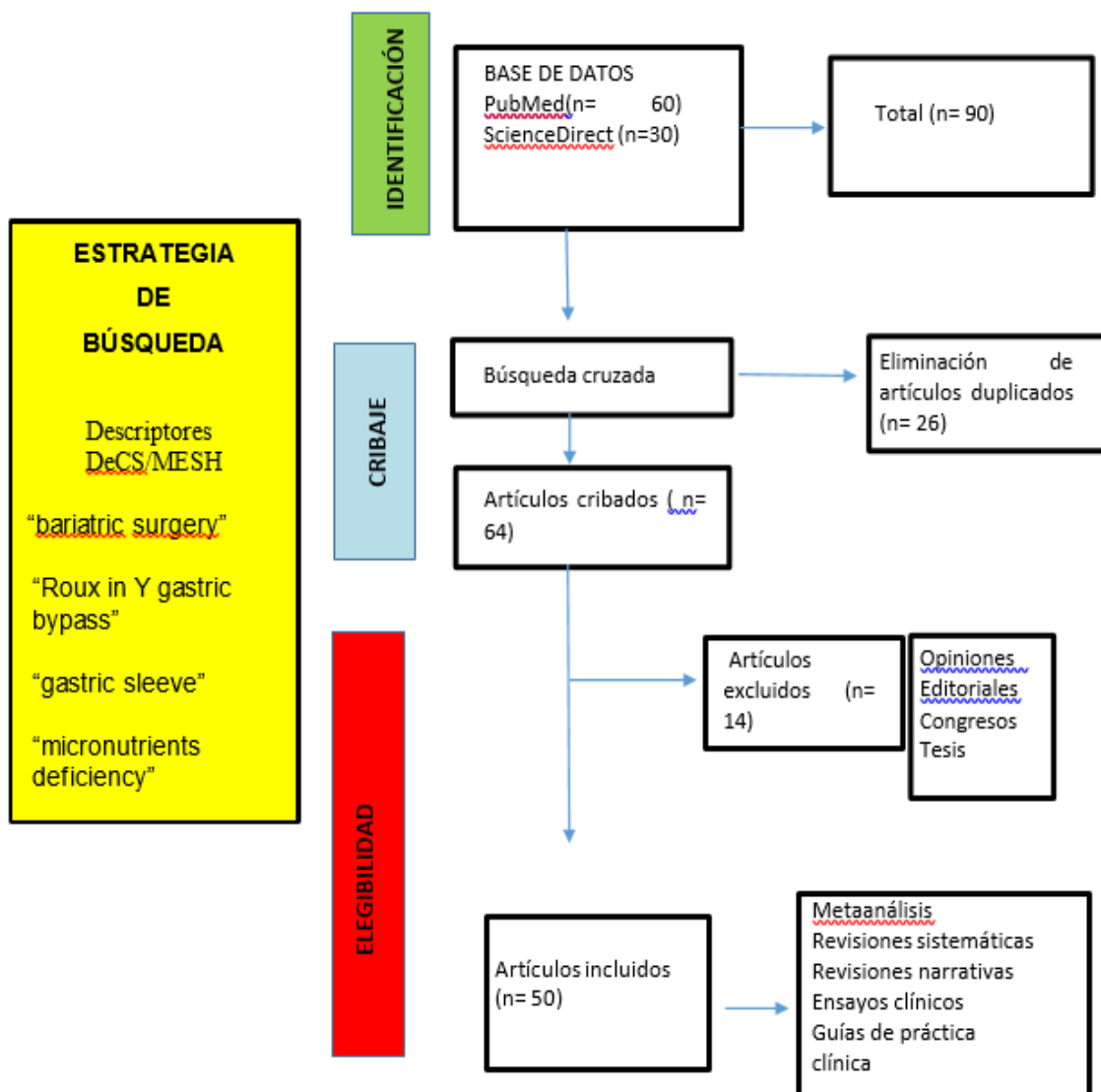
Soheilipour, F., Ebrahimian, M., Pishgahroudsari, M., Hajian, M., Amirkashani, D., Ordooei, M., Radgoodarzi, M., & Eskandari, D. (2021). The prevalence of zinc deficiency in morbidly obese patients before and after different types of bariatric surgery. *BMC endocrine disorders*, 21(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12902-021-00763-0>

- Surgery: Recommendations based on a systematic review and meta-analysis. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 24(6), 1011–1029. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09831-3>
- Valtueña, J. M. P., & Yuste, J. R. (Eds.). (2019). *Balcells. La Clínica Y El Laboratorio: Interpretación de Análisis Y Pruebas Funcionales. Exploración de Los Síndromes. Cuadro Biológico de Las Enfermedades*. Elsevier.
- Wölnerhanssen, B. K., Peterli, R., Hurme, S., Bueter, M., Helmiö, M., Juuti, A., Meyer-Gerspach, A. C., Slawik, M., Peromaa-Haavisto, P., Nuutila, P., & Salminen, P. (2021). Laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass versus laparoscopic sleeve gastrectomy: 5-year outcomes of merged data from two randomized clinical trials (SLEEVEPASS and SM-BOSS). *The British journal of surgery*, 108(1), 49–57. <https://doi.org/10.1093/bjs/znaa011>
- Yang, Y., Cai, Z., & Zhang, J. (2021). The effect of prepregnancy body mass index on maternal micronutrient status: a meta-analysis. *Scientific reports*, 11(1), 18100. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97635-3>

## ANEXOS

## Anexo 1

## Flujograma de fuentes bibliográficas



## Anexo 2

### Técnicas quirúrgicas



*By-pass gástrico en Y de Roux*



*Gastrectomía tubular*

Tomado de Harraca et al., 2021

**Anexo 3**

**Factores que determinan las necesidades dietéticas de cualquier micronutriente.**



## Anexo 4

Tabla 5. Dosis recomendadas de los minerales y vitaminas para pacientes con cirugía bariátrica

Nutrientes	Tratamiento: dosis preventiva y en deficiencia	Referencias
<b>Minerales</b>		
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina preventiva:</b> gluconato o sulfato de cobre 1-2 mg/día</li> <li>- <b>Leve moderada:</b> 3-8 mg/día vía oral hasta la normalidad hematológica</li> <li>- <b>Severa:</b> sulfato de cobre 2-4 mg/día IV durante 6 días hasta la normalidad de los niveles séricos y los síntomas neurológicos</li> </ul>	9,32,34
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina preventiva:</b> 3-5 mg/día</li> <li>- <b>Leve o moderada:</b> 8-22 mg/día</li> <li>- <b>Severa:</b> 15-30 mg/día</li> <li>- <b>Sin respuesta oral:</b> administrar IV</li> <li>- Por cada 8-15 mg de zinc administrar 1 mg de cobre</li> </ul>	37,38
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina:</b> 18 mg/día elemental. Mujeres en edad fértil administrar 45-60 mg/día</li> <li>- <b>Leve y moderada:</b> 45-60 mg/día elemental</li> <li>- <b>Severa:</b> 150-300 mg/día elemental 2-3 veces al día</li> <li>- <b>Sin respuesta oral:</b> administrar IV</li> </ul>	35
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina B <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina:</b> 12 mg/día</li> <li>- <b>Deficiencia leve o moderada:</b> 100 mg 2-3 veces al día por vía oral</li> <li>- <b>Severa:</b> 200 mg IV 3 veces al día; 250 mg IM 1 vez al día por 3 a 5 días</li> </ul>	12
Vitamina B <sub>12</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina:</b> 350-1000 µg/día oral o sublingual</li> <li>- <b>Deficiencia:</b> 1000 µg/mes IM o subcutánea hasta lograr el nivel normal</li> </ul>	34,38
Ácido fólico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina preventiva:</b> 400-800 µg/día</li> <li>- <b>Deficiencia:</b> 1000 µg/día (revisar la deficiencia)</li> <li>- <b>Deficiencia severa:</b> 1000-5000 µg/día</li> </ul>	45
Vitamina D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina preventiva:</b> 3000 UI/día</li> <li>- <b>Deficiencia:</b> 6000 UI/día o 50 000 UI 1 a 3 veces a la semana</li> </ul>	46
Vitamina E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina:</b> 15 mg/día</li> <li>- <b>Deficiencia:</b> 100-400 UI/día hasta la mejora clínica (1-2 semanas)</li> <li>- <b>Si no hay mejoría:</b> inyectable IM</li> </ul>	47
Vitamina K	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Rutina:</b> DBP-SD, 90-120 µg/día y 300 µg/día</li> <li>- <b>Deficiencia:</b> malabsorción aguda, 10 µg/día IV; malabsorción crónica, 1-2 µg/día oral o IV</li> </ul>	48

DBP-SD: derivación biliopancreática con *switch* duodenal.

Tomado de Menendez et al., 2022



## Anexo 5

## Tabla de resultados

Estudio	Autor, año	Tipo de estudio	Resultado
Effects of standard v. very long Roux limb Roux-en-Y gastric bypass on nutrient status: a 1-year follow-up report from the Dutch Common Channel Trial (DUCATI)	(Leeman et al., 2020)	Ensayo controlado aleatorizado	Los pacientes sometidos a VLRL-RYGB tuvieron niveles leves, pero significativamente más bajos de Ca $p = 0,008$ , Fe $p = 0,001$ y vitamina D $< 0,001$ , al año de la operación en comparación con aquellos sometidos a RYGB estándar. Asimismo, los pacientes sometidos a VLRL-RYGB obtuvieron niveles significativamente más altos de ácido fólico $p = 0,014$ y Na $p = 0,032$ en comparación con aquellos sometidos a BGYR estándar. (Leeman et al., 2020).
Prevalence and associated factors of vitamin D deficiency after Roux-en-Y gastric bypass: a systematic review and meta-analysis.	(Gao et al., 2023)	Revisión sistemática y metaanálisis	las estimaciones de prevalencia de deficiencia de vitamina D (VDD) posterior al (RYGB) fueron del 42%. (IC 95%: 36-48%, 7688 personas), la prevalencia agrupada de VDD

			<p>postquirúrgica fue del 35 % para el seguimiento menor o igual a 1 año, del 43 % en el periodo de 1 a 5 años, y del 54 % durante más de 5 años; la prevalencia se correlacionó positivamente con el tiempo de seguimiento.</p>
<p>The effect of bariatric surgery on dietary Behaviour, dietary recommendation Adherence, and micronutrient deficiencies one year after surgery</p>	<p>(Qadhi et al., 2023)</p>	<p>Ensayo clínico</p>	<p>Al realizar la comparación entre los valores de los resultados de exámenes de sangre preoperatorios con los valores postoperatorios 12 meses después, observamos un aumento significativo en la vitamina B12 media (<math>p = 0,009</math>) en el postoperatorio, los valores de folato aumentaron significativamente en el periodo de 3 y 12 meses (<math>p &lt; 0,001</math>), en el caso del hierro fue significativamente mayor en los intervalos postoperatorios del mismo tiempo (<math>p = 0,013</math> y <math>p &lt; 0,001</math> respectivamente). El análisis de vitamina D fueron significativamente mayores en ambos intervalos posoperatorios (<math>p &lt; 0,001</math>).</p>

<p>The prevalence of zinc deficiency in morbidly obese patients before and after different types of bariatric surgery</p>	<p>(Soheilipour, F et al., 2021)</p>	<p>Estudio de cohorte retrospectivo</p>	<p>fueron asignados a tres grupos de cirugías bariátricas: minibypass gástrico, bypass gástrico en Y de Roux y gastrectomía en manga. El 10,2% de los pacientes mostró deficiencia de zinc antes de la cirugía y el 27,1% al año de la operación. Los resultados por cirugía revelaron que el 29,8% de los RYGB, el 27,7% de los pacientes con bypass minigástrico y el 13,3% de los SG presentaron deficiencia de zinc al año de la cirugía. El nivel sérico de zinc después de la cirugía disminuyó significativamente en los pacientes (valor <math>p &lt; 0,001</math>), con diferencias estadísticamente significativas entre el período preoperatorio y los seis y doce meses posteriores a la operación.</p>
---	--------------------------------------	---	---

<p>The effect of protein supplements on weight loss, body composition, protein status, and micronutrients post laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG)</p>	<p>Alshamari et al., 2022)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado doble ciego</p>	<p>Se analizó los micronutrientes al primer mes, 3 y 6 meses, con los siguientes hallazgos, en el grupo a intervenir un aumento significativo en los niveles de magnesio a los 3 meses y el nivel de hierro a los 6 meses (<math>p= 0,008</math>, <math>p= 0,028</math> respectivamente). Al contrario, el nivel de folato fue significativamente menor en el grupo de intervención a los 6 meses en comparación con el placebo (<math>6,66 \pm 3,09</math> vs <math>0,16,72 \pm 8,69</math> nmol/l)</p>
--	--------------------------------	--	--

<p>Early changes in vitamin B12 uptake and biomarker status following Roux-en-Y gastric bypass and sleeve gastrectomy</p>	<p>(Kornerup et al., 2019)</p>	<p>Estudio observacional prospectivo</p>	<p>La cirugía bariátrica tuvo un efecto estadísticamente significativo en la disminución de B12 total <math>&lt;0,001</math> y holoTC <math>p &lt; 0,0001</math> y el aumento de MMA (<math>p &lt; 0,001</math>) El aumento de folato <math>p = 0,003</math> después de la cirugía probablemente puede explicarse por la suplementación de píldoras multivitamínicas a dosis de 400 <math>\mu\text{g}</math> de fólico/día. No hubo ningún efecto estadísticamente significativo sobre la Hcy o el MCV. Los primeros signos de deficiencia de B12 se evaluaron a partir de los niveles plasmáticos medios de biomarcadores de B12 , 2 meses después de la cirugía, no hubo cambios en la B12 total (prueba t pareada <math>p = 0,8</math>), mientras que la MMA aumentó (prueba t pareada <math>p = 0,06</math>). Al analizar cB12 (el indicador combinado del estado</p>
---	--------------------------------	--	---

		<p>de vitamina B12), el valor preoperatorio medio fue de 0,17, correspondiente a la "adecuación" de B12; 2 meses después de la operación el valor medio fue 0,020 y 6 meses después de la operación -0,39, ambos correspondientes también a la "adecuación de B12". La capacidad de absorción de B12 se juzgó por el aumento de holoTC después de dos días de administración de <math>3 \times 9 \mu\text{g}</math> de ciano-B12, el aumento de holoTC fue notablemente menor dos meses después de la operación en comparación con el aumento de holoTC preoperatorio tanto en pacientes RYGB como SG. La <math>\Delta</math>holoTC media después de la administración preoperatoria de B12 fue de 20 pmol/L (rango -4-64) y de 5 pmol/L (-21-38) después de la administración posoperatoria de B12</p>
--	--	---

			(prueba t pareada, $p < 0,001$ ) para todos los pacientes.
--	--	--	--

Trends and predictors of nutritional deficiencies after bariatric surgeries: analysis of real-world data	(Ba et al., 2023)	Estudio de cohorte retrospectivo	El grupo AGB, el OR ajustado de cualquier ND postoperatorio a los 3 años fue de 3,00 (IC 95 %, 2,89–3,11) para el grupo RYGB y 2,42 (IC 95 %, 2,33–2,51) para el grupo SG. A los 3 años de la cirugía, la deficiencia de vitamina D fue la más prevalente (25%), seguida de anemia (24%), vitamina B12 (9%) y desnutrición proteica (9%) los pacientes sometidos a SG tenían probabilidades 2,5 veces mayores de deficiencia de vitamina D en comparación con AGB (OR = 2,45 [2,34, 2,57]), y esta asociación fue ligeramente más débil pero significativa con (RYGB), (OR = 1,90 [1,81, 1,99]). Los pacientes con SG y RYGB tuvieron mayores probabilidades de recibir un diagnóstico de deficiencia de vitamina D posoperatoria a los 3 años en comparación con AGB, y esto fue más
--	-------------------	----------------------------------	---



			pronunciado entre aquellos sin deficiencia inicial de vitamina D ( $p < 0,001$ )
--	--	--	--

<p>Zinc absorption and zinc status are reduced after either sleeve gastrectomy or Roux-en-Y gastric bypass in premenopausal women with severe obesity studied prospectively over 24 postoperative months.</p>	<p>(Ruz et al., 2021)</p>	<p>Estudio observacional prospectivo</p>	<p>En la evaluación posquirúrgica al año el zinc plasmático y la EZP se redujeron en un 4,7% y un 17,7% en SG y un 17,2% y un 11,4% en RYGBP, respectivamente. En la evaluación posquirúrgica de 24 meses, el zinc plasmático y la EZP disminuyeron en un 2,4%, 20,8% en SG y un 17,6%, 9,6% en RYGBP, respectivamente, en comparación con los valores iniciales, los principales hallazgos de este estudio fueron una reducción dramática en la absorción de zinc y un estado de zinc persistentemente deteriorado. En términos de otros minerales, se han informado efectos adversos sobre el estado del hierro, calcio y cobre, pero la información sobre los efectos sobre la absorción de minerales es más limitada.</p>
---	---------------------------	--	---

<p>Bone health following pediatric and adolescent bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis.</p>	<p>(Mitra et al., 2024)</p>	<p>Revisión sistemática y metaanálisis</p>	<p>resultados óseos en pacientes menores de 18 años sometidos a BS, (RYGB, banda gástrica, balón intragástrico Las personas sometidas a SG o RYGB revelaron una densidad mineral ósea lumbar significativamente menor, <math>-0,96 \text{ g/cm}^2</math> (IC del 95 %: <math>-0,1</math> a <math>-0,03</math>, <math>p &lt; 0,001</math>), y densidad mineral ósea corporal subtotal, <math>-0,7 \text{ g/cm}^2</math> (IC del 95 %: <math>-1,2</math> a <math>-0,2</math>, <math>p &lt; 0,001</math>) después de la cirugía. Seguimiento de marcadores elevados de resorción ósea, telopéptido C-terminal de colágeno tipo 1 <math>0,22 \text{ ng/ml}</math> (IC 95 % <math>0,12-0,32</math>, <math>p &lt; 0,001</math>) y osteocalcina, <math>10,83 \text{ ng/ml}</math> (IC 95 % <math>6,01-15,67</math>, <math>p &lt; 0,001</math>). Después de la BS ocurrió una reducción significativa en los niveles de calcio, <math>-3,78 \text{ mg/dl}</math> (IC del 95 %: <math>-6,1</math> a <math>-1,5</math>, <math>p &lt; 0,001</math>) sin diferencias en 25-hidroxivitamina</p>
---	-----------------------------	--	--

			D, fosfatasa alcalina ósea, fosfato, propéptido procolágeno tipo 1 N y hormona paratiroidea
Fracture risk after three bariatric surgery procedures in Swedish obese subjects: up to 26 years follow-up of a controlled intervention study	(Ahlin et al., 2020)	Estudio de intervención controlado, prospectivo, no aleatorizado	El riesgo de fracturas determinado por los diferentes tipos de cirugías varió, el bypass gástrico se asoció con un mayor riesgo de sufrir una primera fractura (cualquier fractura) en comparación con la gastroplastia vertical con banda y la banda gástrica (HR adj 2,15; IC 95 % 1,66–2,79 y HR adj 1,99; IC 95 % 1,41–2,82 , respectivamente ambos análisis $p < 0,001$ ), así también el bypass gástrico se asoció con un mayor riesgo de fractura mayor por osteoporosis por primera vez en comparación con la banda gástrica ( $p = 0,004$ ) y la gastroplastia vertical con banda $p < 0,001$