

**TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y
DIETÉTICA**



Implicaciones de las operaciones quirúrgicas del tracto gastrointestinal en la microbiota intestinal: un análisis de los cambios y su impacto sobre la salud humana.

Andrea García Chica

Tutor: Emiliano José Quinto Fernández

Departamento de Pediatría, Inmunología, Obstetricia y Ginecología, Nutrición y Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Ciencia. Nutrición y dinámica microbiana (NDM).

Curso: 2022-2023

RESUMEN

En el tracto gastrointestinal encontramos un diverso grupo de microorganismos conocido como microbiota intestinal, la cual realiza un papel imprescindible en la salud de los seres humanos. Las intervenciones quirúrgicas en sistema digestivo, tales como la cirugía bariátrica y la resección intestinal, han aportado numerosos beneficios en el tratamiento de diferentes condiciones. Sin embargo, pueden afectar a la microbiota intestinal de forma negativa.

La evidencia sugiere que las alteraciones en la microbiota provocadas por operaciones, pueden tener efectos negativos sobre la salud. Estos efectos pueden estar ligados al metabolismo de nutrientes, a la respuesta inmunológica y la regulación del estado inflamatorio.

Este trabajo tiene como objetivo analizar las implicaciones de tales intervenciones quirúrgicas sobre la microbiota intestinal, así como su impacto en la salud humana. Se examinarán las modificaciones de composición y diversidad de la microbiota tras distintas intervenciones quirúrgicas. Además, se incluirá una serie de estrategias terapéuticas para contrarrestar la nocividad y promover un estado saludable posquirúrgico para la microbiota, por ejemplo: uso de suplementos que contengan probióticos, variaciones en la dieta, ...

Analizar y entender las implicaciones en la microbiota tras las operaciones en el sistema digestivo es imprescindible para mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de las personas que atraviesan este proceso.

En conclusión, en este trabajo estudiaremos las variaciones de la microbiota intestinal posquirúrgicas en el sistema digestivo y resalta lo importante que es conservar un estado de equilibrio microbiano en el intestino para garantizar un buen estado de salud.

Palabras clave

Microbiota, tracto gastrointestinal, sistema digestivo, intervención quirúrgica, cirugía bariátrica, resección intestinal, probióticos.

RÉSUMÉ

Dans le tractus gastro-intestinal, on trouve un groupe varié de micro-organismes connu par le nom de microbiote intestinal, qui joue un rôle indispensable dans la santé des êtres humains. Les interventions chirurgicales dans le système digestif, telles que la chirurgie bariatrique et la résection intestinale, ont apporté de nombreux avantages dans le traitement de différentes conditions. Cependant, ils peuvent affecter négativement le microbiote intestinal.

Les preuves suggèrent que les modifications du microbiote provoquées par des opérations peuvent avoir des effets négatifs sur la santé. Ces effets peuvent être liés au métabolisme des nutriments, à la réponse immunitaire et à la régulation de l'état inflammatoire.

Ce travail vise à analyser les implications de telles interventions chirurgicales sur le microbiote intestinal, ainsi que leur impact sur la santé humaine. Les modifications de la composition et de la diversité du microbiote seront examinées après différentes interventions chirurgicales. En outre, un certain nombre de stratégies thérapeutiques seront incluses pour contrer la nocivité et promouvoir un état sain post-opératoire pour le microbiote, par exemple : utilisations de suppléments contenant des probiotiques, variations du régime alimentaire, ...

Analyser et comprendre les implications sur le microbiote après les opérations dans le système digestif est indispensable pour améliorer les résultats cliniques et la qualité de vie des personnes qui traversent ce processus.

Bref, dans ce travail, on va étudier les variations du microbiote intestinal post-chirurgical dans le système digestif et remarquer combien il est important de maintenir un état d'équilibre microbien dans l'intestin pour assurer un bon état de santé.

Mots clés

Microbiote, tractus gastro-intestinal, système digestif, intervention chirurgicale, chirurgie bariatrique, résection intestinale, probiotiques.

ÍNDICE

1. Justificación	6
2. Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal	7
2.1. Estructura y funciones del tracto gastrointestinal.....	8
2.2. Interacción entre el tracto gastrointestinal y la microbiota intestinal.....	15
3. Composición y funciones de la microbiota intestinal	15
3.1. Diversidad microbiana en la microbiota intestinal.....	16
3.2. Papel de la microbiota intestinal en la salud humana.....	17
3.3. Factores biológicos implicados en las modificaciones de la microbiota.....	18
4. Intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal y modificaciones en la microbiota	19
4.1. Cirugía bariátrica y su impacto en la microbiota intestinal.....	19
4.1.1. Manga gástrica (SG).....	19
4.1.2. Bypass gástrico en Y de Roux.....	20
5. Implicaciones clínicas y consecuencias para la salud	22
5.1. Complicaciones posquirúrgicas relacionadas con la microbiota intestinal....	22
5.2. Impacto en el metabolismo de nutrientes.....	24
6. Estrategias terapéuticas para promover una microbiota saludable	25
6.1. Uso de probióticos y prebióticos en el contexto posquirúrgico.....	25
6.2. Modificación de la dieta para favorecer una microbiota equilibrada.....	26
6.3. Otras posibles intervenciones para restablecer la microbiota intestinal.....	27
7. Conclusiones	28
8. Bibliografía	29

1. JUSTIFICACIÓN

La microbiota intestinal o también llamada flora intestinal, es un complejo conjunto de microorganismos que se encuentran alojados en nuestro tracto gastrointestinal, con un papel imprescindible sobre nuestra salud. Diferentes elementos que afectan a nuestro estado de salud están directamente relacionados con la composición y la diversidad de la microbiota intestinal, como por ejemplo la digestión de alimentos, el desarrollo del sistema inmune, el metabolismo de los nutrientes y la protección contra patógenos.

Con el paso del tiempo, hay un mayor número de estudios de los efectos sobre la microbiota de las intervenciones quirúrgicas, apareciendo con ellos la certeza de que estos procedimientos provocan cambios a largo plazo y profundos sobre la composición y las funciones de la microbiota. Estas variaciones pueden resultar en efectos negativos para la salud y el bienestar individual de cada paciente que se someta a este tipo de intervenciones, pudiendo llegar a provocar complicaciones posquirúrgicas, modificaciones en la modulación del metabolismo de los nutrientes y en la respuesta inmunológica del hospedador.

Es por ello por lo que entender las consecuencias de las intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal sobre la microbiota ha pasado a ser un campo de estudio con gran relevancia clínica. A través de la examinación de la flora intestinal posquirúrgica, obtendremos datos importantes sobre los mecanismos subyacentes y las posibles alternativas para reducir el impacto de los efectos adversos, pudiendo promover un estado de equilibrio microbiano saludable en la situación post cirugía.

Con este Trabajo de Fin de Grado (TFG), se estudiarán las implicaciones en la microbiota de las intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal. Se analizarán los cambios en la composición y la función de la microbiota después de diferentes procedimientos quirúrgicos, así como su impacto en la salud humana. Además, veremos los posibles mecanismos subyacentes, las implicaciones clínicas y las estrategias terapéuticas para mantener una microbiota equilibrada y promover una buena salud gastrointestinal en lo referido a las intervenciones quirúrgicas.

2. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

El tubo digestivo es uno de los sistemas más grandes de nuestro cuerpo. Este largo recorrido comienza en la boca y termina en el ano, y lo conforman órganos con funciones diversas como la regulación de regulación de la ingesta de alimentos, su digestión y la absorción adecuada de nutrientes que nos aportan, así como procesos de excreción de sustancias de deshecho.

Grosso modo, podríamos decir que el sistema digestivo desempeña un rol fundamental en nuestro organismo, asegurándose de que grandes trozos de alimentos se degradan en sus componentes simples y absorbibles para nuestro organismo, garantizando así una fuente de energía y componentes que servirán para construir y/o reparar estructuras de nuestro organismo.

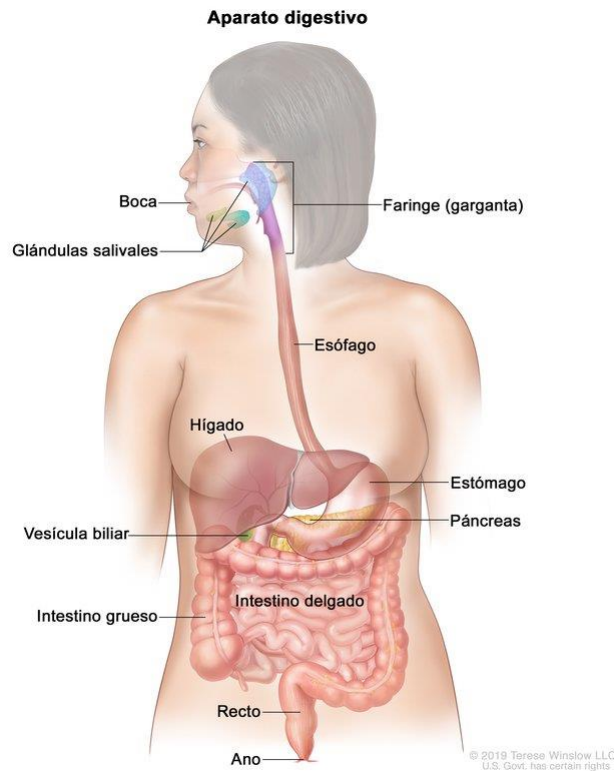


Imagen 1: visión general de los órganos del sistema digestivo

2.1. Estructura y funciones del tracto gastrointestinal

Aunque hemos mencionado que el tubo digestivo se extiende desde la boca hasta el ano, en este apartado analizaremos más en profundidad los órganos que componen la parte más ‘interna’ del tracto gastrointestinal: esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso.

ESÓFAGO

El esófago (o garganta) va desde el final de la faringe hasta el estómago, pasando por la parte posterior del diafragma. Mide 25 cm de largo y conduce el bolo alimenticio hasta el estómago gracias a la peristalsis. El epitelio dominante en el esófago es el cilíndrico simple.

Si realizásemos un corte transversal al esófago, descubriríamos que las paredes que lo recubren las componen 4 capas (esta estructura la vamos a encontrar desde el esófago hasta el intestino grueso), nombradas de la más interna a la más externa:

- La **mucosa**: capa más interna. Es una membrana húmeda que cubre la luz del esófago (el espacio). Está principalmente formada por un epitelio superficial, la lámina propia (una cantidad pequeña de tejido conectivo) y una ínfima capa de músculo liso.
- La **submucosa**: está por debajo de la mucosa. Consiste en una capa de tejido conectivo con vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y vasos y ganglios linfáticos.
- La **capa muscular externa**: capa muscular formada normalmente por dos capas de células musculares lisas, una circular interna y una longitudinal externa.
- La **serosa**: capa más externa de la pared del tubo. Compuesta por una única capa de células planas, las generan el peritoneo visceral (un líquido seroso). Este peritoneo visceral sigue al peritoneo parietal, liso y resbaladizo, el cual recubre la cavidad abdomino pélvica mediante una extensión de la membrana denominada mesenterio.
- **Plexos nerviosos submucoso** y **mientérico**: son redes de fibras nerviosas pertenecientes al sistema nervioso autónomo (SNA). Modulan la movilidad y la actividad secretora de los órganos del tracto GI.

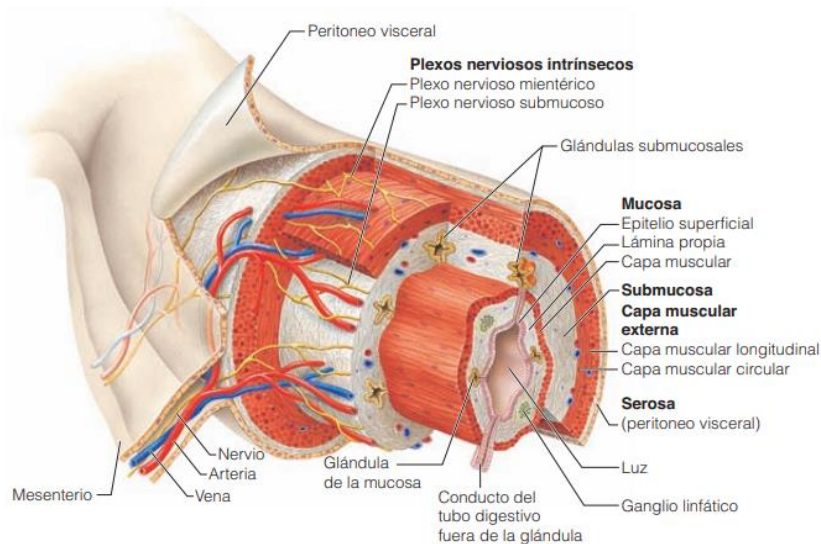


Imagen 2: Estructura básica de la pared del tubo digestivo

El esófago es el túnel de comunicación entre la faringe y el estómago, siendo sus **funciones** transportar el **bolo alimenticio** y evitar el reflujo del mismo. La **deglución** es el acto mediante el cual se lleva a cabo esta función. Se divide en 3 partes: fase **voluntaria u oral**, fase **faríngea u involuntaria** y fase **esofágica o involuntaria**. Las tres realizan la acción de deglutir de forma coordinada.

Si nos centrásemos exclusivamente en la zona esofágica, descubriríamos que tenemos una entrada, una salida y un paso intermedio que van a desempeñar la fase correspondiente a esta sección: el **esfínter esofágico superior (EES)** y el **inferior (EEI)** y el **cuerpo esofágico**.

El esfínter esofágico superior se encarga de frenar el paso de reflujo gástrico a la faringe y de evitar que pase el aire al tubo digestivo tras cada inspiración. Tiene 2 fases: la de **reposo** y la **deglutoria**. Durante la primera, simplemente encontramos el esfínter contraído, cerrado y a elevadas presiones. Durante la fase deglutoria, el bolo alimenticio debe pasar, por ello, la presión en el EES va disminuyendo hasta igualarse con la de la faringe. Esta relajación es instantánea, de forma que cuando se vuelve a cerrar el esfínter la subida de presión instaura la respuesta de peristaltismo en el cuerpo esofágico.

En el cuerpo esofágico encontramos las fibras musculares que han sido mencionadas previamente, las cuales van a llevar a cabo el **peristaltismo**, movimiento que va a conducir el bolo alimenticio al estómago. Hay dos **peristalsis**: la **primaria**, que aparece justo tras el aumento de presión en el EES y cuyas ondas tienen una velocidad, amplitud y duración variables dependientes del bolo alimenticio; y la **secundaria**, diferenciada de la primaria porque no depende de las acciones de EES para desencadenar su acción, y tiene importancia debido a que se encarga tanto de arrastrar el alimento retenido o residual como de eliminación del reflujo que va desde el estómago al esófago.

Existen las **ondas terciarias**, que no son peristálticas. Son no propulsivas y anómalas que en ocasiones puedes provocar dolor, aunque no son necesariamente patológicas.

Por último, el **esfínter esofágico inferior (EEI)**, el cual actúa funcionalmente como un esfínter debido a las altas presiones a las que está sometido. Sus dos funciones son relajarse durante la deglución y frenar el reflujo gástrico estómago-esófago postdeglutorio. Estas funciones se desarrollan ya que el EEI se relaja ante las señales de que se está produciendo la deglución,

dejando paso al bolo alimenticio para que entre en el estómago. Es una relajación instantánea, al igual que en el EES y la posterior contracción evita el reflujo de bolo alimenticio.

ESTÓMAGO

El estómago es un órgano en forma de C, localizado en la zona izquierda de la cavidad abdominal, semi escondido por el hígado y el diafragma.

Podemos diferenciar diferentes regiones en el estómago:

- **Región cardiaca:** envuelve el esfínter cardioesofágico, lugar por donde entran los alimentos procedentes del esófago.
- **Fundus:** es la parte situada al lado de la región cardiaca y conforma la parte expandida del estómago.
- **Cuerpo:** región media. Según se va ensanchando, se convierte en el **antro pilórico** que después será el **píloro**, la parte terminal del estómago.

El estómago y el intestino delgado se conectan a través del **esfínter pilórico** (o **válvula**).

El estómago tiene un tamaño de 15 a 25 cm, pero existen variaciones en el diámetro y volumen, ya que dependerán de los alimentos contenidos en su interior. Debido a su forma de C, el estómago posee **dos curvaturas**: una mayor en su parte **convexa** y una menor en la zona **cóncava**.

El estómago vacío forma unos pliegues debidos a su mucosa. Estos **pliegues** reciben el nombre de **rugosidades**.

Histológicamente, el estómago, aparte de las capas mencionadas en el esófago, posee otras características que lo ayudan a desempeñar su rol. Como vimos en el esófago, hay dos capas musculares (una circular y una longitudinal), sin embargo, en el estómago encontramos una tercera **capa muscular externa** situada de forma **oblicua**. Gracias a esta composición, el estómago puede batir y mezclar los alimentos que se encuentran en su interior con la intención de digerirlos mejor, así como para desplazarlos después al intestino.

Al igual que en el esófago, la mucosa del estómago lo forma un **epitelio cilíndrico simple**, formado en su totalidad por **células mucosas**, encargadas de producir una capa de **moco alcalino rico en bicarbonato** con función de **protección** de las paredes frente a los daños que puedan causar los ácidos y las enzimas.

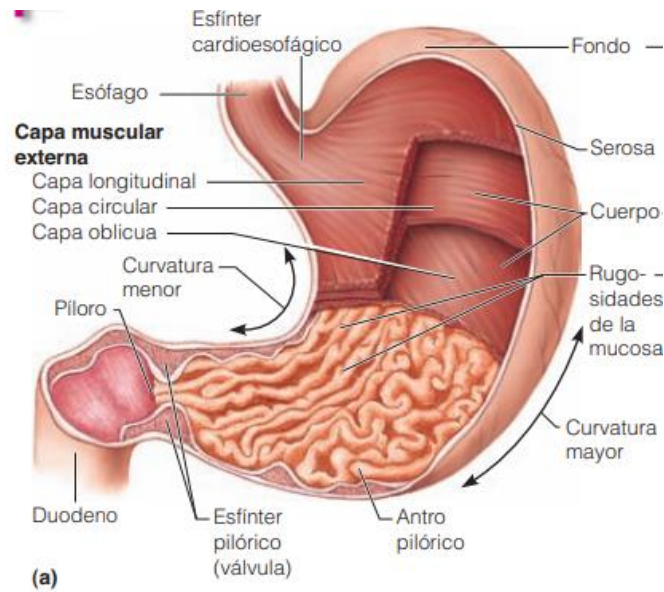


Imagen 3: anatomía interna general del estómago

La **función** del estómago consiste principalmente en la **digestión**, tanto **química** como **física**, de los alimentos que entran. La **digestión física** se lleva a cabo gracias a, como hemos mencionado antes, las capas musculares que componen este órgano, encargadas de **remover** y **agitar** el contenido gástrico para **disminuir** su tamaño.

La **digestión química** se lleva a cabo mediante la mezcla del bolo alimenticio junto con los **ácidos** y las **enzimas** que se encuentran en el estómago. Este proceso requiere un ambiente muy ácido y es por ello por lo que es necesario el moco alcalino del que hablamos antes. En la cobertura lisa que recubre internamente el estómago encontramos las **fosas gástricas** que llevan a las **glándulas gástricas**, encargadas de secretar el **jugo gástrico**. La **células principal** es situada también en las fosas, producen **pepsinógeno** (que cuando se active pasará a ser **pepsina**), encargado de digerir proteínas. También encontramos las **células parietales**, responsables de la producción de **ácido clorhídrico** (HCl), lo que activa las enzimas y genera el ambiente ácido del estómago.

La mayor parte de la función digestiva del estómago se desarrolla en la región pilórica y una vez que se han procesado todos los alimentos, obtenemos como resultado una crema de consistencia espesa a la que denominamos **quimo**, y es lo que va a pasar al intestino delgado a través del esfínter pilórico.

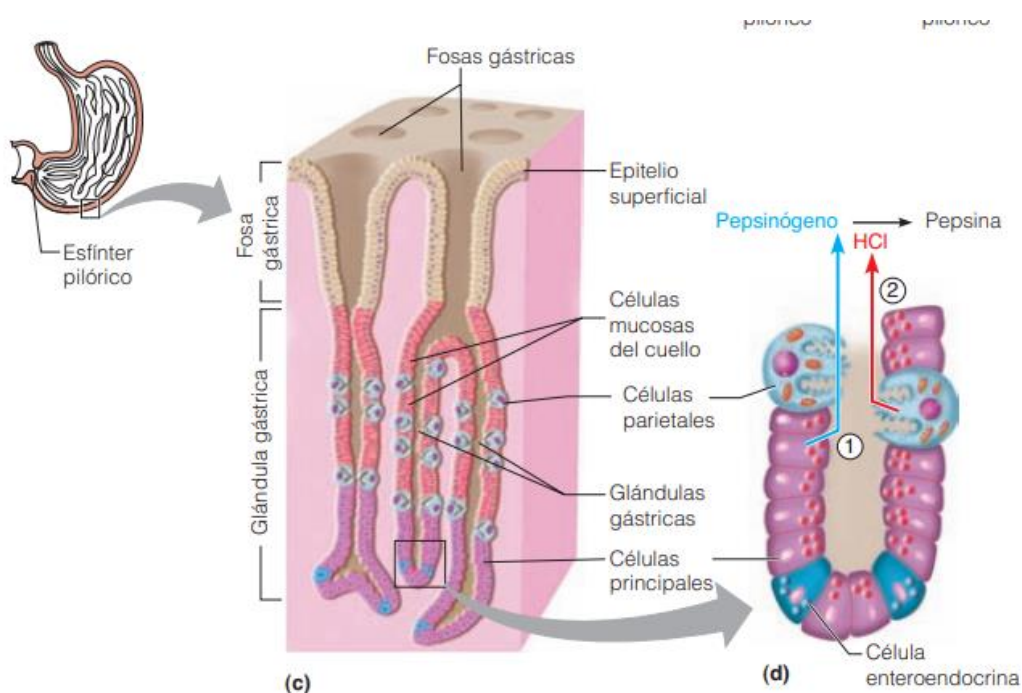


Imagen 4: (C) Vista ampliada de las fosas y glándulas gástricas (sección longitudinal); (D) Esquema que muestra la secuencia de sucesos desde la producción de pepsinógeno mediante las células principales hasta su activación a forma pepsina mediante el HCl secretado por las células parietales

INTESTINO DELGADO

Considerado como el órgano principal digestivo, debido a que degrada absolutamente el alimento y lo prepara para su posterior absorción, el **intestino delgado** consiste en un **tubo muscular** cuya extensión va desde el esfínter pilórico hasta el intestino grueso, siendo así la sección más larga del tracto GI.

El intestino delgado (ID) cuenta con tres subdivisiones: **duodeno**, **yeyuno** e **íleon**, este último unido al intestino grueso (IG) por medio de la **válvula ileocecal**.

El **duodeno** es la región inicial del ID y en la cual encontramos numerosos conductos que van a hacer llegar al intestino enzimas y otros compuestos que van a digerir el quimo que llegue al intestino, desarrollándose así una de sus funciones. Tenemos los **conductos biliares**, encargados de llevar la **bilis**; y los **conductos pancreáticos**, conectado el duodeno con el páncreas. Los principales conductos de ambos van a unirse al duodeno, formando así la **ampolla hepatopancreática**, a través de la cual van a entrar la **bilis** y el **jugo pancreático** desplazándose por las **papilas duodenales**.

El intestino delgado está bien adaptado para su otra función, la de absorción. Es por ello por lo que en sus paredes encontramos **microvellosidades**, **vellosidades** y **pliegues circulares**.

Las **microvellosidades** son pequeñas proyecciones de la membrana plasmática de las células mucosas, provocando ese aspecto velloso del exterior celular, denominado algunas veces como **borde ciliado**.

Las **vellosidades** son diminutas estructuras con forma de dedo, también localizadas en la mucosa, lo que le confiere un efecto aterciopelado. En el interior de esta estructura encontramos los **vasos quilíferos**, que consiste en un lecho capilar con un capilar linfático.

También encontramos los **pliegues circulares**, también conocidos como *plicae circulares*, que son unos pliegues profundos de capas de mucosa y submucosa y no desaparecen nunca, al contrario que con los pliegues estomacales.

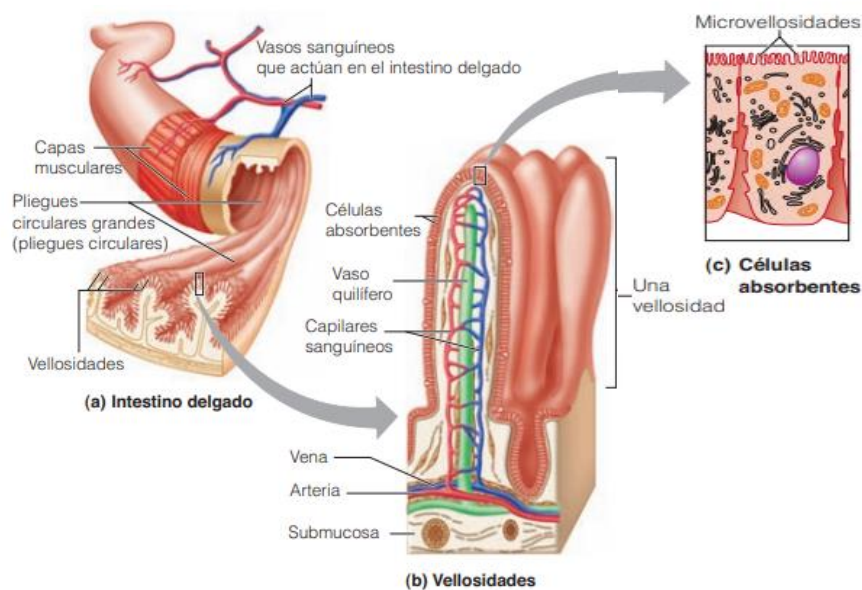


Imagen 5: Modificaciones estructurales del intestino delgado: (A) Varios pliegues circulares vistos en la superficie interna del intestino delgado; (B) Agrandamiento de una extensión de vellosoidades del pliegue circular; (C) Agrandamiento de una célula absorbente para mostrar las microvellosidades (borde ciliado)

Como ya hemos mencionado antes, las **funciones** del intestino delgado son completar la **digestión** del quimo y la **absorción**. Los **jugos pancreático e intestinal** y la **bilis** ayudan a completar la primera función. El quimo junto con estas secreciones pasa a ser **quilo** y gracias a la contractilidad de las paredes intestinales, tenemos un proceso de agitación para que se mezcle bien todo y se desplacen.

Una vez completada esta función, pasamos a la **absorción de nutrientes, agua y sal**. Este proceso se realiza con una eficacia espectacular, de tal forma que solo excretamos por heces un 5% de las grasas, hidratos de carbono y proteínas que han sido disueltas. Las **grasas** disueltas por **lipasas** se absorben en el yeyuno en forma de **triglicéridos** y **fosfolípidos** con ayuda de las **sales biliares** procedentes de la bilis. Los hidratos comienzan su digestión en la boca con la **amilasa salival** y con la **pancreática** y las

disacaridasas obtenemos **monosacáridos**, que serán absorbidos en el yeyuno. Por último, las **proteínas** digeridas por **pepsinas** y **proteasas (tripsina)** se degrada en **péptidos** y **aminoácidos**, que serán absorbidos en el yeyuno/íleon.

INTESTINO GRUESO

Con un diámetro superior pero una longitud inferior al del intestino delgado, el **intestino grueso** se extiende de la **válvula ileocecal** hasta el **ano**, enmarcando el ID por tres lados, en los cuales se encuentran las siguientes secciones: **ciego**, **apéndice**, **colon**, **recto** y **canal anal**.

El **ciego** es la primera sección del IG y tiene una forma de saco. Colgando de éste encontramos el **apéndice**, una zona de potencial peligro, debido a ser una zona de acumulo y multiplicación de bacterias por lo que podría inflamarse. A continuación, tenemos el **colon**, que se subdivide en varias regiones: **ascendente**, **transverso**, **descendente** y **sigmoide**, este último conecta con el **recto** y el **canal anal** y se localizan los tres en la pelvis. El canal anal finaliza en el **ano**, conducto al exterior, y que contiene **dos esfínteres anales**, uno **voluntario externo** formado por músculo esquelético; y uno **involuntario interno** formado por músculo liso.

No están presentes las vellosidades en este órgano, pero sus paredes están repletas de **células caliciformes** en las mucosas, las cuales producen un moco alcalino rico en bicarbonato, cuya función es lubricar el intestino para facilitar el paso de las heces a través del último tramo.

En este órgano, la capa muscular longitudinal se divide en 3 bandas de músculo denominadas **teniae coli**. Estas bandas suelen estar parcialmente contraídas, generando pequeños sacos similares a bolsillos denominados **haustros**.

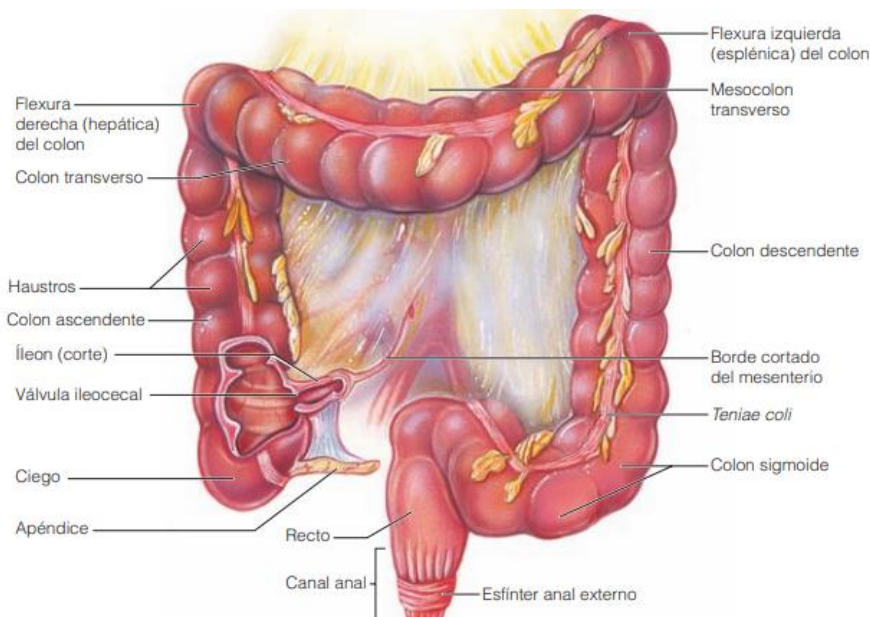


Imagen 6: Intestino grueso. Se ha extraído una sección del ciego para mostrar la válvula

Al ser la última estructura que procesa la comida, la **función** del intestino grueso es recibir **sustancias indigestibles** del intestino delgado, absorber el agua (desechar estos productos) y los desechos se expulsan en forma de **heces**, las cuales serán eliminadas del cuerpo a través del recto y del ano.

2.2. INTERACCIÓN ENTRE EL TRACTO DIGESTIVO Y LA MICROBIOTA INTESTINAL

Como ya hemos mencionado anteriormente, la **microbiota** o **flora bacteriana** es un conjunto complejo de bacterias hospedadas en el interior de nuestro intestino. Estas bacterias desarrollan una función clave para el que una correcta digestión en el huésped.

Existen alimentos que no completan su degradación porque las enzimas humanas no están preparadas para ello. Estos **restos no degradados/absorbidos**, pasan al colon donde encontramos una cantidad elevada de poblaciones microbianas con capacidades metabólicas diferentes. El más conocido es la **fermentación de hidratos de carbono (HCO) complejos**, transformándolos en **ácidos grasos de cadena corta (AGCC)**, siendo los más destacados los **ácidos acético, propiónico y butírico**, fuente de energía de las células del intestino (enterocitos). La microbiota también se encarga de la **producción** y la **transformación** de **compuestos bioactivos**.

La composición microbiana del hospedador es un factor del cual va a depender la **capacidad de extracción microbiana** de energía procedente de los alimentos.

También se relaciona con la **regulación** de **grasas** y posee un rol importante en la **obesidad** y el **síndrome metabólico** que está siendo estudiado y que, por lo tanto, funciona como un **regulador** importante en la **homeostasis metabólica** del paciente.

3. COMPOSICIÓN Y FUNCIÓN DE LA MICROBIOTA INTESTINAL

La microbiota intestinal, un grupo diverso de microorganismos que habita en nuestro sistema digestivo, cuyo papel sobre nuestra salud es imprescindible. En este apartado, analizaremos la composición y las funciones de la flora intestinal, resaltando su importante acción en la digestión y el metabolismo. Entender la importancia de la microbiota y de su efecto en nuestra salud ayudará a comprender mejor las implicaciones quirúrgicas sobre el tracto gastrointestinal.

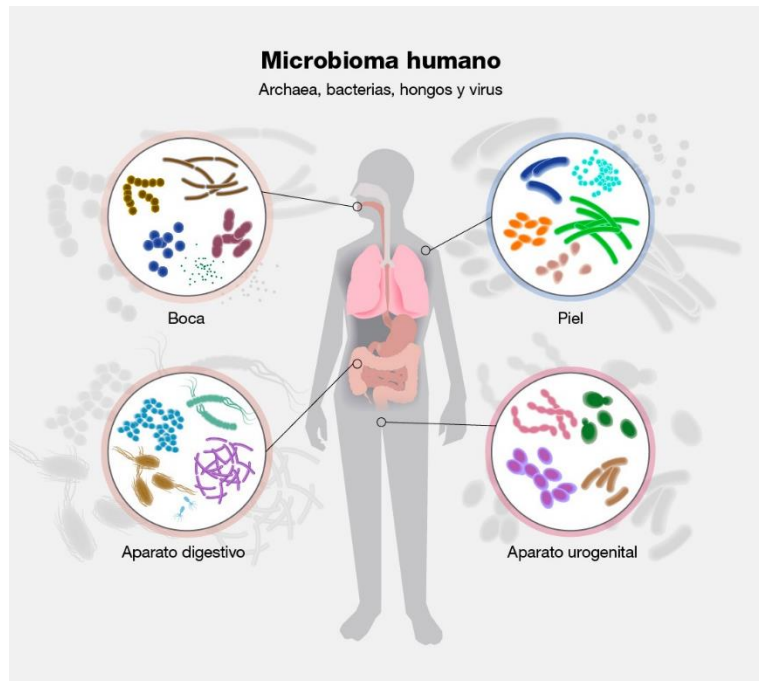


Imagen 7: distribución de bacterias en nuestro organismo. Imagen extraída del NIH Human Microbiome

3.1. Diversidad microbiana en la microbiota intestinal

El **microbioma** se define como la **comunidad de microorganismos** (siendo estos hongos, virus y bacterias) localizados en un entorno en particular. En los seres humanos usamos este término a la hora de describir los microorganismos que habitan en diferentes zonas de nuestro cuerpo, como la piel o el tracto gastrointestinal, siendo este último al que vamos a prestar especial atención.

La composición de la microbiota se ve afectada por diferentes motivos que comienzan desde el nacimiento, siendo el tipo de parto, la edad gestacional o el tipo de alimentación inicial algunos de los muchos factores que interfieren en la variedad microbiana de la microbiota. La dieta es uno de los elementos que más importancia tiene en las modificaciones de nuestro microbioma.

En la microbiota del intestino humano encontramos unos **100 billones de bacterias** de unas **500 a 1000 especies diferentes**, siendo los más abundantes en la microbiota **autóctona** los *Firmicutes* y los *Bacteroidetes*, constituyentes en un **90%** entre ambas y que se establecen de forma definitiva en nuestro organismo a partir de la introducción a la alimentación sólida y la exclusión de la leche materna de la dieta del niño. Esto hace que al aumentar la diversidad de microbios en nuestro intestino, aumente con ella la capacidad para degradar hidratos de carbono complejos y xenobióticos, así como la de generar vitaminas. Con 3 años, la microbiota infantil se parece casi por completo a la adulta, ya que hace falta llegar a la adolescencia para desarrollar de forma definitiva los niveles de algunos grupos microbianos.

Siguiendo a estos dos filos, van las **Actinobacterias**, **Fusobacterias**, **Proteobacterias** y **Verrucomicrobia**, quienes completan el **10%** restante junto con algunas (pocas) especies de **Arquea**.

En nuestra microbiota intestinal encontramos también levaduras, fagos y protistas, así como un componente viral con los bacteriófagos como predominantes.

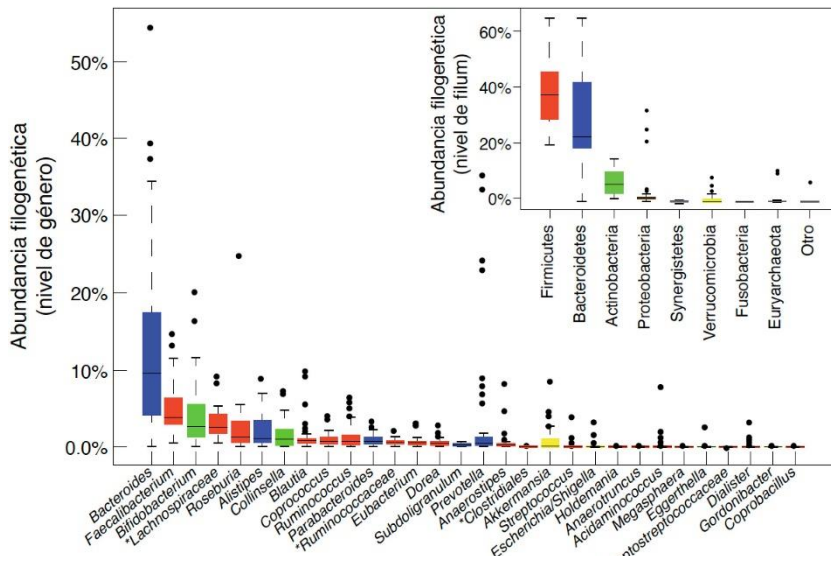


Imagen 8: Figura en la que se muestran los principales géneros bacterianos

Aunque la diversidad bacteriana es individual, de forma global existen patrones que se replican de forma interpersonal y se llaman **enterotipo**. Este concepto refiere que nuestro ecosistema microbiano intestinal forma simbiosis internas entre diferentes miembros de la comunidad microbiana, explicándose así la estabilidad y la resiliencia de un ecosistema sometido a cambios constantes. Existen **3 enterotipos**, siendo la bacteria dominante el criterio de diferenciación: así tenemos el **enterotipo 1**, con dominancia de *Bacteroides*; el **enterotipo 2**, con dominancia de *Prevotella* y el **enterotipo 3**, con dominancia de *Ruminococcus* o *Bifidobacterium*.

La composición de la flora intestinal se suele medir con **métodos** basados en el **DNA**, como por ejemplo con la **secuenciación de última generación** de los **genes del RNA ribosomal 16S** o con la **secuenciación aleatoria del genoma completo**. Además, podemos cuantificar los **productos metabólicos** de la flora a través de las **heces** y el **suero** con **métodos metabolómicos**.

3.2. Papel de la microbiota intestinal en la salud humana

Como ya ha sido mencionado anteriormente, nuestra microbiota contribuye en numerosos procesos de crucial importancia en nuestro organismo (teniendo influencia tanto en aspectos fisiológicos como metabólicos), siendo estos la digestión de ciertos nutrientes y la síntesis y producción de vitaminas y ácidos grasos de cadena corta (AGCC).

También sabemos que es participe en el sistema inmunológico, estimulándolo y regulando sus bacterias para separar la tolerancia de la respuesta inmune.

En recientes estudios se ha visto que la modificaciones en la composición y en la variabilidad microbiana se relacionan con enfermedades metabólicas, autoinmunes, gastrointestinales e incluso con algunos trastornos neuropsiquiátricos.

Se ha demostrado por estudios con gemelos que el **componente de herencia** en la flora intestinal existe y que diferentes factores ambientales pueden ser determinantes en su composición, influyendo directamente en la salud del paciente, ya que, al ser un **indicador** de un **estado de salud óptimo**, una **baja diversidad** podría ser indicador de **disbiosis**.

Toda esta reciente evidencia nos confirma que realmente el estado de nuestra microbiota tiene efectos sobre nuestra salud, manteniendo la homeostasis y previniendo enfermedades.

3.3. Factores biológicos que pueden influir en las modificaciones de la microbiota

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, la microbiota es diversa y compleja, por lo que los factores biológicos que inducen las variaciones en ella también lo son. Entre ellos, los más importantes son los siguientes:

- GENÉTICA

Estudios de los últimos años muestran que existe una asociación entre la genética individual de cada paciente con la presencia o no de algunas bacterias en el tracto gastrointestinal. Esto indica que la variedad interindividual existente en la composición de la microbiota puede verse influenciada por factores como el genético. Estudios recientes muestran que la raza (como componente genético) es un factor que influye en numerosas actividades microbianas como la activación de módulos de enzimas, las vías metabólicas o mismamente la resistencia a los antibióticos.

- SISTEMA INMUNOLÓGICO

El sistema inmunológico (SI) juega un papel esencial en la regulación de la flora intestinal, ya que las células de este sistema se relacionan con las de la microbiota y pueden modificar su equilibrio y su composición. Esto se puede observar en las enfermedades intestinales, ya que, al ser la inflamación una respuesta inmune causada por las células de este sistema, el microbioma intestinal sufre modificaciones en su equilibrio (disbiosis), derivando en enfermedades/inflamaciones intestinales.

- HORMONAS

Las hormonas son moléculas encargadas de modular varios procesos fisiológicos. Está demostrado que estas moléculas químicas influyen en la microbiota de ciertas formas, tanto los cambios hormonales como efectos de las propias hormonas de forma directa. Un ejemplo para el primer caso es la fluctuación bacteriana que sufre la flora intestinal de las mujeres embarazadas, tanto en diversidad como en cantidad, debido a los niveles de estrógenos y progesterona. En el segundo caso, vemos que algunos estudios han relacionado y demostrado cómo las hormonas tiroideas afectan a la motilidad del tubo digestivo y a la función de la barrera intestinal.

4. INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS EN EL TRACTO GASTROINTESTINAL Y MODIFICACIONES EN LA MICROBIOTA

En este punto introduciremos los principales procedimientos quirúrgicos del tracto gastrointestinal tales como la cirugía bariátrica o la resección intestinal y como afectan estas intervenciones a la diversidad microbiana y, por ende, a la salud del individuo.

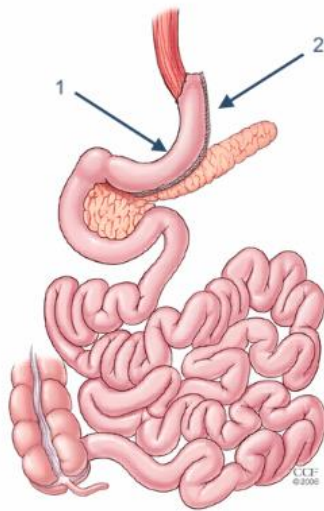
4.1. Cirugía bariátrica y su impacto en la microbiota intestinal

También denominadas operaciones metabólicas, este tipo de intervenciones llevan perfeccionándose en los últimos años con la finalidad de mejorar los tratamientos frente a diferentes enfermedades como la obesidad, la diabetes, la apnea del sueño o la hipertensión arterial.

El objetivo de las intervenciones citadas a continuación es cambiar tanto estómago como intestinos como tratamiento frente a diferentes enfermedades como las citadas en el párrafo anterior. Este tipo de cirugía consiste fundamentalmente en disminuir el tamaño del estómago, disminuyendo la ingesta de alimentos y modificando la forma de absorción de nutrientes en el cuerpo, lo que se traduce en menos apetito y por lo tanto menos ingesta, facilitando así la capacidad del organismo para perder peso.

4.1.1. MANGA GÁSTRICA

La **gastrectomía en manga laparoscópica** (manga), consiste en la extracción del 80% del estómago aproximadamente. Se trata de un procedimiento **restrictivo**. Tras la intervención, el estómago tiene forma de plátano y su capacidad para guardar líquidos y alimentos disminuye drásticamente. Al eliminar la parte del estómago que genera la “**hormona del hambre**”(grelina), el apetito disminuye y la saciedad aumenta, ayudando también a regular el azúcar en sangre, siendo beneficioso para el tratamiento de la diabetes.

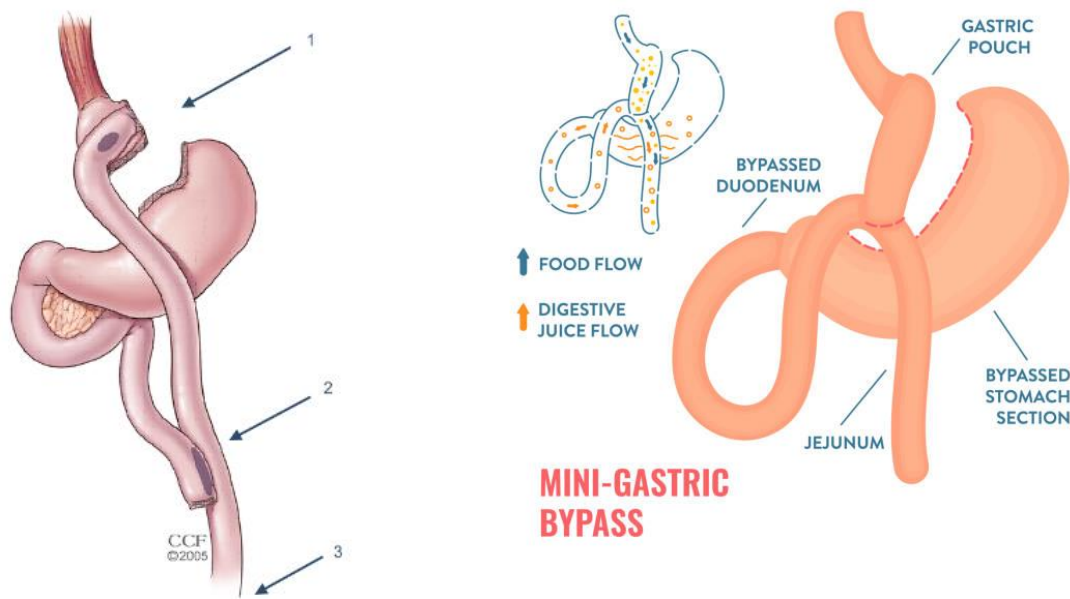


Imágenes 9 y 10: representaciones animadas del resultado final de la manga gástrica

4.1.2. BYPASS GÁSTRICO EN Y DE ROUOX (BGR)

Una de las operaciones más comunes, también conocida como “**derivación gástrica**”. Su nombre contiene terminología francesa que significa “en forma de Y”. Esta intervención es una **técnica restrictiva + malabsortiva**. Al inicio del procedimiento, la sección superior del estómago se divide haciendo una **pequeña bolsa** y la parte restante se pasa por alto (**bypass**) de forma que se le anula para almacenar y digerir alimentos. Se secciona también el intestino delgado (ID), conectándolo con la bolsa estomacal para asegurar el paso de alimentos. La parte del estómago que ha sufrido el bypass se conecta al ID entre 150-200 cm por debajo, generando esa forma de letra Y por la que recibe el nombre la intervención. Los **ácidos** y **enzimas digestivos** del estómago en bypass y de la porción inicial del ID se mezclarán con los alimentos, pero no estarán en contacto con ellos, lo cual disminuye la absorción intestinal de alimentos (**malabsorción**).

La **desviación** de los alimentos de su curso normal en el tracto gastrointestinal provoca en consecuencia una disminución del hambre y de la ingesta, así como un aumento en la saciedad, pero genera también un **impacto** sobre la **absorción**, es decir, sobre la microbiota.



Imágenes 11 y 12: representaciones animadas del resultado final del bypass gástrico en Y de Roux

Este tipo de intervenciones conlleva una serie de variaciones en el microbioma debido a **3 mecanismos**: variando la **anatomía del tubo digestivo**, el **tránsito de la comida ingerida** y la **secreción de jugos gástricos, pancreáticos y bilis**, generando como consecuencia una modificación del **pH de la vía entérica**.

En función del tipo de intervención, la población microbiana se inclina a desarrollarse más por una especie que por otras, pero en términos generales, las que siempre son favorecidas son las **Proteobacterias**, siendo esto lo que provoca la variación en el pH, la absorción intestinal y la degradación de alimentos.

Dentro de cada filo aumentan unas poblaciones bacterianas u otras, siendo en el **Firmicutes** las poblaciones de **Lactobacillales**, de **Enterococcus**, de **E. faecalis** y **S. gordonii** mientras que en el filo **Proteobacteria** son las de **Gammaproteobacteria**, las de **Enterobacteriales**, **Enterobacteriaceae**, **E. coli**, **E. hormaechei**, **Escherichia**, **Alistipes** y **K.pneumonia**.

Los dos procedimientos quirúrgicos que han sido descritos (Bypass gástrico o RYGB y Manga gástrica o SG), son los más frecuentemente utilizados como tratamiento para la obesidad, ya que recientes estudios proponen que la bajada de peso y la mejora frente a comorbilidades (DM e hipertensión), no se deben únicamente a la función restrictiva y/o malabsortiva de la operación, sino a la modificación del microbioma entérico debido al cambio de ruta de los nutrientes en el tubo digestivo. El tipo de intervención influye en los cambios del microbioma. En el bypass gástrico en Y de Roux observamos mayor diferencias en la composición de la microbiota post cirugía que en la manga gástrica, ya

que se relacionan cambios más relevantes en el microbioma post intervención malabsortiva que post tratamiento restrictivo.

EFEECTO	BACTERIAS
Pérdida de sobrepeso. Resolución de DM II	↑ <i>Bacteroidetes</i> (<i>Akkermansia Muciniphila</i> y <i>Streptococcus salivarius</i>), <i>Proteobacterias</i> (<i>Gammaproteobacterias</i>), <i>Lactobacillus</i> y <i>F. paunsnitzii</i> .
Poblaciones sanas en pacientes obesos (estado proinflamatorio)	↓ <i>Firmicutes</i>
↓ niveles de glucosa en la sangre	<i>Lactobacillus</i>
↓ estado proinflamatorio de la obesidad	<i>F. paunsnitzii</i> .

Tabla 1: relación entre los efectos y las variaciones del microbioma posquirúrgico.

Posteriormente hablaremos de cómo evitar la disbiosis posquirúrgica.

5. Implicaciones clínicas y consecuencias para la salud

Como ya hemos visto en secciones anteriores, los cambios en la microbiota arrastran implicaciones clínicas y consecuencias para nuestra salud de vital importancia. Estas modificaciones tanto en diversidad como en la propia función de la flora intestinal se han relacionado con trastornos y enfermedades, destacando una vez más la importancia del papel de la microbiota sobre la salud humana. En esta sección examinaremos las implicaciones clínicas de los cambios en la microbiota y cómo estas pueden influir en el desarrollo y la progresión de enfermedades.

5.1. Complicaciones posquirúrgicas relacionadas con la microbiota intestinal

Numerosos estudios muestran la asociación existente en las modificaciones en la composición de la flora intestinal con los procedimientos quirúrgicos.

Steinert et al. mostraron que el bypass gástrico en Y de Roux (BGYR), una intervención quirúrgica restrictiva y malabsortiva, resultaba ser una clara modificación en la composición de la microbiota intestinal, tanto bacteriana como fúngica. En varios estudios recientes de los últimos años se trata de ver las diferencias entre el microbioma preoperatorio y postoperatorio para ver el crecimiento o decrecimiento de las familias tanto bacterianas como fúngicas existentes en el intestino.

Como hemos señalado previamente, el filo de *Proteobacterias* crece tras este tipo de intervenciones. En cuanto a los fúngicos, existe una disminución en *Candida* y *Saccharomyces* y un aumento en *Pichia*.

Sin embargo, en pacientes sometidos a la manga gástrica (SG), los cambios no fueron tan visibles en contraste a los estudios hechos tras la intervención del bypass gástrico. Tras la SG se puede apreciar el decrecimiento de *Bifidobacteriaceae*, mientras que *Streptococcaceae* y *Enterobacteriaceae* crecieron post cirugía. No obstante, en filos como *Firmicutes* o *Actinobacterias* en los cuales si vemos diferencias en el otro procedimiento, no presentan grandes variaciones entre pre y postoperatorio.

tabla 1

Estudios representativos que relacionan el tipo de cirugía con alteraciones del GM.

Estudio de cohorte piloto	BGYR	2020	Cambios en la microbiota bacteriana y fúngica intestinal Disminución de Firmicutes, Actinobacteria, <i>Candida</i> y <i>Saccharomyces</i> Aumento de Proteobacteria y <i>Pichia</i>	Cambios en las comunidades de hongos intestinales en pacientes con BGYR que son distintos a los cambios en la microbiota bacteriana	Steinert, RE et al. (Steinert et al., 2020)
Estudio de cohorte prospectivo	BGYR	2020	La riqueza de GM aumentó. Relación Firmicutes/Bacteroidetes disminuida	Evaluación del perfil de GM para predecir la remisión de DT2 después de RYGB y modulación mediante intervenciones dietéticas	Assal, K. et al. (Al Assal et al., 2020)
Estudio de intervención no aleatorizado	Cirugía BGYR y SG	2019	Verrucomicrobia y Proteobacteria aumentaron después de la cirugía. Sin cambios en Firmicutes y Bacteroidetes	El microbioma interviene parcialmente en la mejora del metabolismo durante el primer año después de la cirugía bariátrica	Shen, N. et al. (Shen et al., 2019)
Estudio observacional	Cirugía BGYR y SG	2019	Disminución de Bifidobacteriaceae. Aumento de Streptococcaceae y Enterobacteriaceae Sin diferencias significativas entre los dos tipos de cirugía	La dieta estricta invocó cambios temporales en el GM, sin embargo, la cirugía se asoció con cambios en el GM, que probablemente contribuyan a la pérdida de peso, independientemente del tipo de cirugía	Paganelli, FL et al. (Paganelli et al., 2019)
Estudio longitudinal	Cirugía BGYR y SG	2017	RYGB: Filos Firmicutes y Actinobacteria aumentados/filo Bacteroidetes disminuidos SG: Filo Bacteroidetes aumentado	RYGB mostró cambios favorables mayores y más pronosticados en GM que en SG	Murphy, R. et al. (Murphy et al., 2017)

Imagen 13: Tabla 1 que muestra los estudios representativos que relacionan el tipo de cirugía con las alteraciones del GM (gut microbiot o microbiota intestinal)

5.2. Impacto en el metabolismo de nutrientes y la regulación del peso corporal

Las **complicaciones postoperatorias** más frecuentes tras este tipo de intervenciones son las de **tipo nutricional**. Entre sus causas se encuentran las consecuencias por parte de las modificaciones anatómicas del tracto gastrointestinal y la **malabsorción de nutrientes** en pacientes que han seguido una intervención con esas características, siendo la segunda el tipo de complicación más reportada. Una buena forma de evitar o disminuir el impacto de estas complicaciones sería seguir de forma estricta el tratamiento farmacológico y nutricional pautado tras la cirugía, pero la **falta de adherencia** por parte de algunos pacientes lo convierte también en un factor agravante para este tipo de complicaciones.

Otra complicación remarcable es la **anemia**, encontrada entre el 15-60% de los pacientes con un bypass gástrico, que por lo general suele ser de tipo **ferropénica**. A este problema contribuye la intervención quirúrgica propia ya que debido a la malabsorción causada por el bypass, quedan limitados los lugares de absorción del hierro. Además la disminución del **HCl (ácido clorhídrico)** causada por el recorte del estómago, evita la reducción a **estado ferroso del hierro férrico** (transformación necesaria para que sea posible su absorción). Finalmente, otra agravante para este problema es la intolerancia generada en los pacientes a la hora de comer alimentos ricos en hierro como son las carnes rojas.

La deficiencia de **vitamina B12** aparece descrita hasta en un 64% de los casos de pacientes sometidos a bypass gástrico siendo generalmente asintomática pero pudiendo presentar también manifestaciones clínicas. Las causas para la aparición de esta condición posquirúrgica incluyen la aclorhidria (escasez y/o ausencia de HCl), escasez de factor intrínseco, elemento necesario para la absorción de esta vitamina y el consumo disminuido de alimentos que contienen esta vitamina a causa de la intolerancia producida hacia ellos (por ejemplo la carne y la leche).

Frecuencia de complicaciones según tipo de			
Clasificación	BPGL	MG	BG
Anemia	+++	+	+
Déficit de Vit B12	+++	+	-
Déficit de Tiamina	+	-	-
Déficit de ácido fólico	+++	-	-
Déficit de Vit A	+	-	-
Déficit de Vit D	+++	+	-
Osteopenia	+++	+	-
Hipoglicemia reactiva	+++	+	-
Reganancia de peso	+	++?	++

BPGL bypass gástrico laparoscópico
 MG gastrectomía tubular (manga gástrica)
 BG banding gástrico
 - infrecuente (<1%)
 + baja frecuencia (<10%)
 ++ moderada frecuencia (10 -20%)
 +++ frecuente (>20%)

Imagen 14: Frecuencia de complicaciones según tipo de cirugía bariátrica

También se han diagnosticado déficits de folato, tiamina, vitamina A y otros micronutrientes como zinc o selenio, todos ellos provocados por intervenciones quirúrgicas restrictivas y malabsortivas (bypass gástrico en Y de Roux).

Además de estas complicaciones, existe también la posibilidad de desnutrición calórica y/o proteica. La desnutrición energético-calórica aparece a causa de la pérdida excesiva de peso ocasionada por la cirugía. La proteica es una de las complicaciones más graves, sobre todo tras técnicas malabsortivas (aunque también solo con restrictivas). Aparecen más comúnmente después del primer año postcirugía.

Otra de las complicaciones post cirugía es la hipoglucemia y el síndrome de Dumping. El Síndrome de Dumping o síndrome de evacuación gástrica rápida, es una afección en la que los alimentos, especialmente con elevado contenido en azúcares, pasan del estómago al intestino delgado demasiado rápido tras una ingesta y suele aparecer como resultado tras una cirugía estomacal o esofágica.

6. ESTRATEGIAS PARA PROMOVER UNA MICROBIOTA SALUDABLE

Como ya hemos visto a lo largo de este trabajo, una microbiota saludable es un incentivador de un buen estado de salud. Hay muchas estrategias que pueden ayudarnos a mantener un equilibrio microbiótico con beneficios para el tracto gastrointestinal. En esta sección veremos el enfoque dietético, la suplementación, los probióticos y los prebióticos enfocados a fomentar el estado de salud adecuado para nuestro organismo, a fin de potenciarlo y prevenir las enfermedades provocadas por una disbiosis.

6.1. Uso de prebióticos y probióticos en el contexto posquirúrgico

Comencemos por definir ambos conceptos.

Los **probióticos**, según la FAO/WHO, son organismos vivos que en dosis adecuadas, pueden generar efectos beneficiosos sobre la salud del huésped. Algunos estudios han demostrado que la suplementación con este producto en un contexto posquirúrgico bariátrica puede ayudar a mantener la diversidad de la microbiota, reducir la inflamación y mejorar la tolerancia a los alimentos.

Los **prebióticos** son alimentos con ingredientes fermentado de forma selectiva que dan como resultado la modificación concreta de la composición y la función de la microbiota gastrointestinal, dando como resultado un estado óptimo de salud para el huésped. Algunos ejemplos de prebióticos son los **fructooligosacáridos (FOS)**, los **galactooligosacáridos (GOS)** o la **inulina**.

Existe un producto que nace como resultado de una combinación entre ambos, denominado **simbiótico**.

Se conoce que el uso de prebióticos y probióticos en el tratamiento posquirúrgico en cirugías bariátricas como la manga gástrica (SG) o el bypass gástrico en Y de Roux (BGYR), ha aumentado en los últimos años, debido a los estudios que demuestran como estos productos fomentan una mejor salud gastrointestinal y favorecen la recuperación de forma más rápida y efectiva. La finalidad del uso de estos productos bajo el contexto terapéutico post cirugía bariátrica es promover un equilibrio y una diversidad en una microbiota que se encuentra alterada por la cirugía y los cambios que van implícitos (anatómicos y funcionales del tubo digestivo).

Varios estudios han explorado los efectos de los probióticos y prebióticos en el contexto posquirúrgico de las cirugías bariátricas. Algunos han demostrado beneficios en la prevención de complicaciones posoperatorias, como infecciones, diarrea asociada a antibióticos y síndrome del intestino irritable. Además, se ha observado que estos enfoques terapéuticos mejoran los perfiles metabólicos y hormonales, la tolerancia a los alimentos y la calidad de vida de los pacientes bariátricos.

En una revisión en una revista de nutrición clínica se analizaron los mecanismos de acción de los probióticos como tratamiento para evitar la disbiosis tras una cirugía bariátrica: cambio de ambiente intestinal a uno más ácido, conversión de azúcar a ácido láctico (responsable de la acidificación del intestino), producción de vitaminas como la B y la K, así como de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), bactericidas, reducen la inflamación, etc.

Es importante saber que, a pesar de los múltiples beneficios que puedan tener estos productos, existe la variabilidad interindividual y es por ello por lo que los efectos de ambos productos pueden variar entre pacientes y que es necesario realizar más investigaciones para determinar las dosis óptimas de ambos así como identificar las cepas de probióticos adecuadas y los tipos de prebióticos más eficaces bajo este contexto. Hay que analizar también la posible interacción de estos productos con otros medicamentos y/o suplementos dentro de la dieta de estos pacientes.

En general, el uso de estos productos como tratamiento posquirúrgico tras cirugías bariátricas tiene implicaciones significativas en la salud humana y en el bienestar y calidad de vida y de los pacientes.

6.2. Modificación de la dieta para mantener una microbiota equilibrada

La dieta es una clara influencia sobre nuestra microbiota. Numerosos estudios que comparan la microbiota entre organismos a través de muestras de microbiota fecal han mostrado diferencias marcables entre los herbívoros, los carnívoros exclusivos y los omnívoros como nosotros. Esas mismas diferencias se pueden apreciar incluso dentro de la especie humana en función de la dieta y el estilo de vida, los cuales se muestran como los principales factores de variabilidad microbiana.

En numerosos estudios se ha tratado de ver los efectos de la dieta mediterránea sobre la microbiota intestinal, aunque no se han conseguido extrapolar resultados de forma concisa ya que existen limitaciones para este tipo de estudios aún, como encontrar métodos que evalúen de forma objetiva el seguimiento de la dieta o mismamente el patrón alimenticio de esta dieta y las guías sobre la misma.

También se habla del aumento de ingesta de fibras dietéticas en nuestro patrón alimentario podría modificar la diversidad bacteriana intestinal. Sin embargo, no hay suficiente evidencia que lo respalde ya que aumentan la presencia de ciertas familias de bacterias pero no implica cambios en la diversidad de la flora.

Aunque es un campo que necesita mucho estudio todavía, si está demostrado la relación entre nuestra salud intestinal (microbiota) y nuestra alimentación y estilo de vida, por lo que debe ser uno de los elementos importantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar el tratamiento más adecuado para el paciente tras una intervención quirúrgica.

6.3. Otras posibles intervenciones para restablecer la microbiota intestinal

Aparte de las modificaciones en la dieta, los cambios de hábitos y el uso de probióticos y prebióticos, existen otro tipo de procedimientos que nos pueden ayudar a mantener un estado de equilibrio microbiano.

- **TRANSPLANTE FECAL**

Consiste en la transferencia de materia fecal de un donante sano a un receptor con disbiosis con el objetivo de restablecer su flora intestinal. Este procedimiento se ha usado sobre todo bajo el contexto de infecciones recurrentes causadas por *Clostridium difficile*, bacteria con capacidad de provocar una diarrea grave y potencialmente mortal. Es un procedimiento relativamente simple: se recolectan las heces del donante y se procesan para obtener una suspensión bacteriana que será lo que luego se administrará al paciente receptor. Esta intervención tiene como fin restablecer el equilibrio de la flora intestinal del paciente, introduciendo en el mismo bacterias que aporten efectos beneficiosos y que luchen contra patógenos, favoreciendo así la salud intestinal del sujeto.

Aunque como he mencionado se ha estudiado ampliamente sobre este procedimiento como tratamiento para las infecciones de *Clostridium difficile*, en la actualidad se investiga sobre su posible acción sobre otras enfermedades como la enfermedad de Crohn o en la colitis ulcerosa.

En varios estudios se habla sobre la eficacia de este tratamiento en la remisión de enfermedades como la colitis ulcerosa pero en Crohn no están muy claros aún, como tampoco lo está en si el tratamiento en términos de durabilidad y seguridad a largo plazo. Es necesario seguir estudiando este tratamiento ya que, aunque no se han encontrado

efectos adversos a largo plazo que puedan comprometer la salud, debemos continuar analizándolo para garantizar su inocuidad.

7. CONCLUSIONES

Como ya hemos visto a lo largo de este trabajo, las intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal generan un impacto importante sobre la microbiota intestinal. Estas implicaciones hemos visto que pueden modificar tanto la diversidad y composición de la microbiota, como su función, afectando todo ello a la salud del paciente. Es por ello por lo que es importante entender e investigar sobre ello para mejorar los resultados clínicos para garantizar una mejor recuperación a los pacientes sometidos a estos procedimientos.

Como hemos mencionado numerosas veces, la flora intestinal juega un papel esencial en nuestra salud, por lo que algunas enfermedades pueden estar ligadas a las variaciones en la misma. Es por ello por lo que, a la hora de llevar a cabo este tipo de tratamientos, debemos prestar atención al impacto que va a tener sobre nuestro microbioma para asegurarnos de encontrar un tratamiento posquirúrgico capaz de mantener nuestra microbiota en un estado de equilibrio.

Entre ellos, se incluyen las modificaciones en la dieta, el uso de probióticos y prebióticos, así como otros procedimientos que siguen siendo estudiados hoy en día como el trasplante fecal.

Es necesario que se sigan realizando investigaciones y evaluaciones en el campo de la microbiota bajo el contexto posquirúrgico del tracto gastrointestinal. Además, es necesario conocer mejor algunos aspectos para poder realizar intervenciones personalizadas, seleccionar las cepas y los tipos de probióticos y prebióticos más adecuadas, así como estudiar su seguridad y los posibles efectos adversos de los mismos.

En resumen, este trabajo ha analizado las implicaciones en la microbiota de las intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal, explorando aspectos como la anatomía y fisiología del sistema gastrointestinal, los cambios en la microbiota asociados con las intervenciones quirúrgicas y las estrategias para promover una microbiota saludable. Es importante saber a medida que se avanza, que existe necesidad de individualizar y personalizar los tratamientos para los pacientes y este no es una excepción. Se requerirá por ello la colaboración multidisciplinaria entre cirujanos, gastroenterólogos, microbiólogos y otros profesionales de la salud para abordar de manera integral las implicaciones en la microbiota de las intervenciones quirúrgicas en el tracto gastrointestinal y optimizar los resultados clínicos para el beneficio de los pacientes.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Elaine N. Marieb. Anatomía y fisiología humana [Internet]. Holyoke (MA): Pearson Education S.A.; 2008 (revisado y citado en 2023). Disponible en: [https://ifssa.edu.ar/ifssavirtual/cms/files/LIBRO%20IFSSA%20Anatomia.y.Fisiologia.Humana.Marieb%209aed.%20\(1\).pdf](https://ifssa.edu.ar/ifssavirtual/cms/files/LIBRO%20IFSSA%20Anatomia.y.Fisiologia.Humana.Marieb%209aed.%20(1).pdf)
2. Ortiz Gil EM, Grabadi Corzo SC, Mesa Marrero M. Capítulo 135: Anatomía y fisiología del esófago [Internet]. Libro virtual de formación en otorrinolaringología.org. Editado por: Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial SEORL-PCF. Disponible en: <https://seorl.net/PDF/cabeza%20cuello%20y%20plastica/135%20-%20ANATOM%20Y%20FISIOLOG%20DEL%20ES%20C3%93FAGO.pdf>
3. MedlinePlus en español [Internet]. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE.UU); [actualizado el 11 de marzo de 2023 y citado en junio de 2023]. Disponible en: [https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8832.htm#:~:text=El%20intestino%20grueso%20\(o%20colon,del%20recto%20y%20el%20ano.](https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8832.htm#:~:text=El%20intestino%20grueso%20(o%20colon,del%20recto%20y%20el%20ano.)
4. Julia Álvarez, José Manuel Fernández Real, Francisco Guarner, Miguel Gueimonde, Juan Miguel Rodríguez, Miguel Saenz de Pipaon y Yolanda Sanz. Microbiota intestinal y salud [Internet]. Elsevier; agosto – septiembre 2021; [citado en junio 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-14-articulo-microbiota-intestinal-salud-S0210570521000583#:~:text=La%20microbiota%20intestinal%20ejerce%20un,microorganismos%20con%20recursos%20metab%20C3%B3licos%20adicionales.>
5. La microbiota intestinal, actor clave de la salud [Internet]; [citado en junio de 2023]. Disponible en: <https://www.pileje.es/revista-salud/microbiota-intestinal-actor-salud#:~:text=La%20microbiota%20intestinal%20realiza%20tres%20funciones%20importantes%20para%20la%20salud,mismos%20efectos%20sobre%20la%20salud.>
6. F. Guarner. Papel de la flora intestinal en la salud y en la enfermedad. Scielo. Nutrición hospitalaria [Internet]. 2007; [consultado en junio 2023]; 22 (2). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000500003
7. Proyecto microbioma humano [Internet]. [Consultado en junio 2023]. Disponible en: <https://hmpdacc.org/>
8. National Human Genome Research Institute [Internet]. Glosario parlante de término genómicos y genéticos: Microbioma. 1 de julio, 2023 [citado en junio 2023]. Disponible en : <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Microbioma>
9. Ana M Valdés, Jens Walter, Eran Segal, Tim D. Spector. Role of the gut microbiota in nutrition and health. The BMJ [Internet]. 2018; [citado en junio

- 2023]; 362: k2179. Disponible en:
<https://www.bmj.com/content/361/bmj.k2179.full>
10. Kristina Campbell. Modeling holobiont evolution for a better understanding of symbiosis, dysbiosis, and human health. *Microbiome times* [Internet]. 2019; [consultado en junio 2023] Issue: 2. Disponible en:
<http://www.microbiometimes.com/wp-content/uploads/2019/09/Microbiome-Times-Aug-2019-Online-5.pdf>
 11. GMFH Editing Team. Fomentar la diversidad de la microbiota intestinal para mejorar la salud [Internet]. 2020; [consultado en junio 2023]. Disponible en:
<https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/worldmicrobiomeday-2020-fomentar-la-diversidad-de-la-microbiota-intestinal-para-mejorar-la-salud/>
 12. Fan Y, Pedersen O. Gut microbiota in human metabolic health and disease. *Nat Rev Microbiol.*[Internet];2021;[citado en junio 2023];55-71. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32887946/>
 13. Koh A, Bäckhed F. From Association to Causality: the Role of the Gut Microbiota and Its Functional Products on Host Metabolism. *Mol Cell.*[Internet]; 2020;[citado en julio 2023];78(4). Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32234490/>
 14. Rosa del Campo-Moreno, Teresa Alarcón-Cavero, Giuseppe d'Auria, Susana Delgado-Palacio, Manuel Ferrer-Martínez. *Microbiota and Human Health: characterization techniques and transference.* Elsevier. [Internet]; 2018; [citado en junio 2023]; 36 (4). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-microbiota-salud-humana-tecnicas-caracterizacion-S0213005X17301015>
 15. Nieto-Zermeño J, Flores RO, Río-Navarro BD, Salgado-Arroyo B, Molina-Díaz JM. [Efectos sobre el perfil metabólico, el índice de masa corporal, la composición corporal y la comorbilidad en adolescentes con obesidad mórbida, que han fallado al manejo conservador para bajar de peso, operados de manga gástrica laparoscópica. Reporte del primer grupo de cirugía bariátrica pediátrica en México]. *Gac Med Mex* [Internet]; 2018;[citado en junio 2023];154(Supp 2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30532105/>
 16. Public Education Committee. *Bariatric Surgery Procedures* [Internet]; 2021; [citado en junio 2023]. Disponible en: <https://asmbs.org/patients/bariatric-surgery-procedures#bypass>
 17. Sebastián Sánchez, Natalia Saade, Rami Mikler, Fabio Eduardo Pinzón. *Intestinal Microbiome and Bariatric Surgery.* AMS [Internet]; 2023 [citado en junio 2023]; 6 (1). Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8909897.pdf>
 18. María Juárez Fernández, Sara Román Saguillo, David Porras, María Victoria García-Mediavilla, Pedro Linares, María Dolores Ballesteros Pomar, Ana Urioste-Fondo, Begoña Álvarez-Cuellas, Javier González Gallego, Sonia Sánchez-Campos, Francisco Jorquera y Esther Nistal. Long-Term Effects of Bariatric Surgery on Gut Microbiota Composition and Faecal Metabolome Related to Obesity Remission. [Internet]; 2021; [citado en junio 2023]; 13 (8). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2519>

19. Elisa Morales-Marroquin, Blake Hanson, Leigh Greathouse, Nestor de la Cruz-Muñoz, Sarah E. Messiah. Comparison of methodological approaches to human gut microbiota changes in response to metabolic and bariatric surgery: A systematic review. *Obesity Reviews* [Internet]; 2020 [citado en junio 2023]. 21 (8). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.13025>
20. Seganfredo FB, Blume CA, Moehlecke M, Giongo A, Casagrande DS, Spolidoro JVN, Padoin AV, Schaan BD, Mottin CC. Weight-loss interventions and gut microbiota changes in overweight and obese patients: a systematic review. *Obes Rev.* [Internet] 2017:[citado en junio 2023];18(8). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28524627/>
21. Shao Y, Ding R, Xu B, Hua R, Shen Q, He K, Yao Q. Alterations of Gut Microbiota After Roux-en-Y Gastric Bypass and Sleeve Gastrectomy in Sprague-Dawley Rats. *Obes Surg.* [Internet];2017; :[citado en julio 2023];27(2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27440168/>
22. Davies NK, O'Sullivan JM, Plank LD, Murphy R. Altered gut microbiome after bariatric surgery and its association with metabolic benefits: A systematic review. *Surg Obes Relat Dis.*[Internet] ;2019 ;[citado en julio 2023];15(4). Disponible en : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30824335/>
23. Christina Tsigalou, Afroditi Paraschaki, Nicola Luigi Bragazzi, K. Aftzoulou, Eugenia Stavropoulou, Z. Tsakris, S. Vradelis, Elisavet Bezirtzoglou. Alterations of gut microbiome following gastrointestinal surgical procedures and their potential complications. *Nature* [Internet]; 2023; [citado en julio 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10272562/>
24. Síndrome de la evacuación gástrica rápida. Mayo Clinic [Internet]; [citado en julio 2023]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/dumping-syndrome/symptoms-causes/syc-20371915>
25. Susana García Calvo. Influencia de la cirugía bariátrica sobre antropometría, metabolismo y calidad de vida. [Internet]; 2021; [citado en julio 2023]. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/46437>
26. Dan L. Waitzberg. Microbiota en el paciente quirúrgico del aparato digestivo: diagnóstico y manejo. *Revista de Nutrición clínica y metabolismo* [Internet]; 2019; [citado en julio 2023]. Disponible en: <https://revistanutricionclinicametabolismo.org/public/site/Revision-Waitzberg-esp-1.pdf>
27. Yang Z, Wu Q, Liu Y, Fan D. Effect of Perioperative Probiotics and Synbiotics on Postoperative Infections After Gastrointestinal Surgery: A Systematic Review With Meta-Analysis. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017 Aug;41(6):1051-1062. doi: 10.1177/0148607116629670. Epub 2016 Feb 10. PMID: 26950947. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26950947/>
28. Guillermo Álvarez Calatayud, Francisco Guarner, Teresa Requena, Ascensión Marcos. Dieta y microbiota. Impacto en la salud. *Scielo. Nutr. Hosp.* [Internet]; 2018; [citada en julio 2023]; 35 (6). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112018001200004
29. So D, Whelan K, Rossi M, Morrison M, Holtmann G, Kelly JT, Shanahan ER, Staudacher HM, Campbell KL. Dietary fiber intervention on gut microbiota

- composition in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr.*;[Internet];2018;[citado en julio 2023];107(6). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29757343/>
30. Paramsothy S, Paramsothy R, Rubin DT, Kamm MA, Kaakoush NO, Mitchell HM, Castaño-Rodríguez N. Faecal Microbiota Transplantation for Inflammatory Bowel Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Crohns Colitis.* ;[Internet] ; 2017;[citado en julio 2023];11(10). Disponible en : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28486648/>
 31. Biao Zou, Sheng-Xuan Liu, Xue-Song Li, Jia-Yi He, chen Dong, Meng-Ling Ruan, Lei Xu, Tao Bai, Zhi-Hua Huang, Sai-Nan Shu. Long-term safety and efficacy of fecal microbiota transplantation in 74 children: A single-center retrospective study [Internet]; 2022; [citado en julio 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9595213/>
 32. Rachel Kimble, Phebee Gouinguenet, ammar Ashor, Christopher Stewart, Kevin Deighton, Jamie Matu, alex Griffiths, Fiona C. Malcomson, Abraham Joel, David Houghton, Emma Stevenson, Anne Marie Minihane, Mario Siervo, Oliver M. Shannon, John C. Mathers. Effects of a Mediterranean diet on the gut microbiota and microbial metabolites:A systematic review of randomized controlled trials and observational studies [Internet]; 2022; [citado en julio 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2022.2057416>