



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Estudio del proceso de preparación y administración de  
nimesulida por sonda nasogástrica**

**Tesis**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADA EN FARMACIA**

**P R E S E N T A:**

**Vanessa Domínguez Torres**

**Juana Carolina Santana Escutia**

**ASESOR: LF Miguel Ángel Trejo Rodríguez**

**COASESOR: Dr Juan Manuel Aceves Hernández**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

**Estudio de la preparación y administración de nimesulida por sonda nasogástrica**

Que presenta la pasante: **Vanessa Domínguez Torres**

Con número de cuenta: **311108813** para obtener el Título de la carrera: **Licenciatura en Farmacia**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>M.F.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza</u>	
<b>VOCAL</b>	<u>D.E.S.S. Rodolfo Cruz Rodríguez</u>	
<b>SECRETARIO</b>	<u>L.F. Miguel Ángel Trejo Rodríguez</u>	
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>M.C. Leticia Zúñiga Gómez</u>	
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

**Estudio de la preparación y administración de nimesulida por sonda nasogástrica**

Que presenta la pasante: **Vanessa Domínguez Torres**

Con número de cuenta: **311108813** para obtener el Título de la carrera: **Licenciatura en Farmacia**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M.F.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza	
<b>VOCAL</b>	D.E.S.S. Rodolfo Cruz Rodríguez	
<b>SECRETARIO</b>	L.F. Miguel Ángel Trejo Rodríguez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.C. Leticia Zúñiga Gómez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

**Estudio de la preparación y administración de nimesulida por sonda nasogástrica**

Que presenta la pasante: **Vanessa Domínguez Torres**  
Con número de cuenta: **311108813** para obtener el Título de la carrera: **Licenciatura en Farmacia**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	<u>M.F.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza</u>	_____
<b>VOCAL</b>	<u>D.E.S.S. Rodolfo Cruz Rodríguez</u>	_____
<b>SECRETARIO</b>	<u>L.F. Miguel Ángel Trejo Rodríguez</u>	<u>Trejo Rodríguez Miguel A.</u>
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>M.C. Leticia Zúñiga Gómez</u>	_____
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez</u>	_____

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTILÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTILÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

**Estudio de la preparación y administración de nimesulida por sonda nasogástrica**

Que presenta la pasante: **Vanessa Domínguez Torres**

Con número de cuenta: **311108813** para obtener el Título de la carrera: **Licenciatura en Farmacia**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	M.F.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza	
<b>VOCAL</b>	D.E.S.S. Rodolfo Cruz Rodríguez	
<b>SECRETARIO</b>	L.F. Miguel Ángel Trejo Rodríguez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.C. Leticia Zúñiga Gómez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

**Estudio de la preparación y administración de nimesulida por sonda nasogástrica**

Que presenta la pasante: **Vanessa Domínguez Torres**

Con número de cuenta: **311108813** para obtener el Título de la carrera: **Licenciatura en Farmacia**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M.F.C. Ma. Eugenia R. Posada Galarza	
<b>VOCAL</b>	D.E.S.S. Rodolfo Cruz Rodríguez	
<b>SECRETARIO</b>	L.F. Miguel Ángel Trejo Rodríguez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.C. Leticia Zúñiga Gómez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	<i>Md=hz</i>

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

## Agradecimientos

Mi primer agradecimiento es para la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la casa de estudios que me arropó desde la preparatoria.

Agradezco a mis padres: A mi mamá, por enseñarme que, a pesar de que las situaciones sean adversas o por muy difícil que sea el camino, solo a través del esfuerzo y la dedicación se obtendrán óptimas recompensas. Por todas las noches que pasó en vela a mi lado, acompañándome y animándome, para cumplir con todas y cada una de mis tareas, (que, en más de una ocasión, fueron muchas), por alentarme cuando pensaba que ya no podía más. ¡Gracias por estar presente para entonar juntas mi primer “goya” en el auditorio de la ENP 9! Por contenerme en los días en los que mi estrés y mi cansancio me rebasaron. Por ser mi cómplice en todo lo que me he propuesto; Por alentarme en mi búsqueda para ser una mejor persona y una mujer comprometida con su profesión en todos los ámbitos. ¡Gracias, mamá!

A mi papá, por todo el esfuerzo que cada día realizaba en su trabajo, con la finalidad de que el factor económico no fuera un punto decisivo que impidiera la culminación de mi licenciatura, por su apoyo -que, aunque no fuera verbal- siempre lo he sentido presente, desde el día en que me llevó a mi examen de selección, hasta ahora, que estoy culminando la carrera; Por aconsejarme cuando no tenía tanta fe en mí, diciéndome que no dudara de mi capacidad, ni de mi inteligencia. ¡Gracias, también, por la emoción que expresabas cuando te platicaba todos y cada uno de mis aciertos! ¡Gracias, por estar siempre, papá!

A Bruno, mi hermano, mi cómplice... mi incondicional. Pues, aunque somos polos opuestos y nuestras ideas no siempre concuerdan, nunca me has dejado sola. Te agradezco por soportar el frío de aquellas mañanas cuando me llevabas a la prepa, sin importar que tuvieras que llegar una o dos horas antes al trabajo; También gracias por esa buena actitud, que siempre me contagias y por tu confianza en que juntos lograremos cosas importantes. ¡Gracias, hermano!

Agradezco al EFHC. Miguel Trejo, quien, además de ser mi asesor fue también mi coordinador de carrera, y más que eso fue un apoyo para el desarrollo de mis prácticas académicas, por ser el profesor que despertó mi interés en la farmacia clínica y hospitalaria; No solo fue mi profesor, sino el amigo incondicional, en quien siempre podía apoyarme. Estoy orgullosa y feliz de que me eligiera como una de sus tesis. ¡Gracias, entrañable maestro!

Mi agradecimiento, también está dirigido al Dr. Juan Manuel Aceves, por contagiarme ese gusto por la ciencia y la investigación, por todo el apoyo y el interés que mostró, para que concluyera con este trabajo y lograra titularme, por la confianza que me brindó para hacer uso de los materiales de su laboratorio y por las palabras de aliento que tuvo y tiene para mí, al recordarme una y otra vez, que siempre se puede llegar más lejos de lo que ya uno ha llegado. ¡Gracias, doctor!

Agradezco la solidaria presencia de mi amiga Carolina Santana, presente en mi vida, desde que inicié la licenciatura, gracias por ser cómplice de tantas vivencias en la universidad, por ser mi equipo de trabajo durante toda la carrera, y finalmente, en este trabajo. ¡Gracias porque siempre me acompañaste, no solo en el ámbito académico, sino también en lo personal!

## Dedicatoria especial

Este trabajo está dedicado a ti, Braulio, que cambiaste mi vida por completo, quiero que tomes este logro como un ejemplo de que los sueños siempre se cumplen, y que, por más obstáculos, que encuentres en el camino, si deseas algo con todo el corazón y con toda tu alma, si pones en ello todo tu esfuerzo y toda tu dedicación, todo, absolutamente todo, se puede lograr. Siempre sé positivo e imprime pasión en todo lo que te propongas, no permitas que cualquier situación, por difícil que parezca, borre tu sonrisa, recuerda que todas las cosas, buenas y malas, siempre pasan por algo y cada una nos deja un aprendizaje. Frente a las adversidades y problemas de la vida, da la cara, levántate, una y otra vez, y siempre, siempre, lucha por salir avante.

¡Te amo!

## Índice general

1.	Introducción	5
2.	Hipótesis	6
3.	Objetivos	6
3.1.	General	6
3.2.	Particulares	6
4.	Generalidades	7
4.1.	Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal	7
4.1.1.	Estructuras	7
4.1.2.	Composición y características	14
4.1.3.	Proceso de absorción	16
4.2.	Sondas de administración enteral	19
4.2.1.	Descripción y características	19
4.2.2.	Materiales de elaboración	21
4.2.3.	Calibre de las sondas	23
4.2.4.	Clasificación	23
4.2.4.1.	Sondas quirúrgicas	23
4.2.4.1.1.	Gastronomías	23
4.2.4.1.2.	Yeyunostomía	24
4.2.4.2.	Sondas no quirúrgicas	25
4.2.4.2.1.	Nasogástricas	25
4.2.4.2.2.	Nasoentéricas	28
4.3.	Medicamentos y sondas enterales	31
4.3.1.	Antecedentes	31
4.3.2.	Formas farmacéuticas utilizadas	32
4.3.3.	Técnicas de preparación	34
4.3.4.	Recomendaciones generales	35
4.4.	Problemáticas de la administración de medicamentos por sondas enterales	36
4.4.1.	Interacciones a nivel enteral	36
4.4.1.1.	Interacciones fisicoquímicas	38
4.4.1.2.	Interacción farmacéutica	39
4.4.1.3.	Interacción fisiológica	39
4.4.1.4.	Interacción farmacológica	40
4.4.1.5.	Interacciones con materiales	40
4.5.	Salud y seguridad y clínica	40
4.5.1.	Errores de medicación	40
4.5.2.	Intervención farmacéutica en la administración de medicamentos por sonda	43
4.6.	Nimesulida	44
4.6.1.	Propiedades fisicoquímicas	44
4.6.2.	Clasificación biofarmacéutica	44
4.6.3.	Farmacodinamia	44
4.6.4.	Farmacocinética	45
4.6.5.	Dosis	46
4.6.6.	Tabletas	46
4.6.7.	Suspensión	47
4.7.	Simulación molecular	48
4.7.1.	Química computacional	48
4.7.2.	Geometría molecular	49
4.7.3.	Teoría del funcional de la densidad (DFT)	49
5.	Materiales y métodos	50
5.1.	Especificaciones de materiales	50
5.2.	Método para la preparación y administración de nimesulida	51

5.3.	Método para la cuantificación de nimesulida	53
5.4.	Método para el estudio de la interacción de Nimesulida con polímeros de la sonda nasogástrica	55
5.5.	Validación del método	56
5.6.	Curva de calibración	57
6.	Resultados	59
7.	Análisis de resultados	65
8.	Conclusiones	68
9.	Prospectivas	69
10.	Referencias	70

### Índice de Figuras

1.	Visión general del tracto gastrointestinal	6
2.	Esófago	7
3.	Estómago	8
4.	Intestino delgado	9
5.	Colon y recto	10
6.	Dibujo esquemático del hígado	12
7.	Dibujo esquemático del páncreas	13
8.	Capas componentes del tubo digestivo	14
9.	Anatomía de las vellosidades y microvellosidades	15
10.	Partes de las sondas nasointerales	18
11.	Comparación de la luz de las sondas de silicona y poliuretano	21
12.	Escala francesa de Charrière	22
13.	Gastrostomía percutánea	23
14.	Yeyunostomía percutánea	24
15.	Sonda nasogástrica	25
16.	Tipos de sondas nasogástricas	27
17.	Tipos de sondas nasoentéricas	29
18.	Algoritmo para seleccionar el tipo de sonda	29
19.	Estructura de la nimesulida	57
20.	Estructura de la nimesulida optimizada por Spartan	57
21.	Estructura de Toluen 2,6 disocianato	58
22.	Interacción de nimesulida y 2,6 disocianato	58
23.	Nimesulida y Disocianato interaccionando	59

## Índice de Tablas

1. Descripción de los materiales de las sondas enterales	20
2. Sondas nasogástricas comúnmente utilizadas	26
3. Sondas nasoéntéricas comúnmente utilizadas	28
4. Tipos de errores de medicación	41
5. Parámetros farmacocinéticos de nimesulida	45
6. ANOVA	53
7. Datos de la curva de calibración de nimesulida (analista 1)	53
8. Datos de la curva de calibración de nimesulida (analista 2)	54
9. Resultados de la cunificación de nimesulida en comprimidos administrada por SNG.....	55
10. Resultados de la cuantificación de nimesulida en suspensión administrada por SNG.....	56

## Abreviaturas

CV. Coeficiente de variación

DMT. Transportador de metal divalente

EEI. Esfínter esofágico inferior

EES. Esfínter esofágico superior

EM. Errores de medicación

FF. Formas farmacéuticas

GI. Gastrointestinal

GLUT. Glucotransportadores

LADME. Liberación, absorción, distribución, metabolización y excreción

NE. Nutrición enteral

PVC. Policloruro de vinilo

SGLT. Transporte ligado sodio-glucosa

SNG. Sonda nasogástrica

VIP. Péptido intestinal vasoactivo

## 1. Introducción

La administración de medicamentos vía Sonda Nasogástrica (SNG) es una práctica común en los hospitales. Se administran formas farmacéuticas líquidas; sin embargo, los fármacos no disponibles en esta forma se trituran para su administración. El polvo que resulta de esta trituración es suspendido en agua (la mayoría de las veces no se solubiliza debido a las características del comprimido) se introduce en la jeringa y se administra al paciente a través de la sonda, esta preparación y administración de los medicamentos la realiza el personal de enfermería.

Esta metodología consume mucho tiempo para el personal, que además no cuenta con el conocimiento adecuado para el tratamiento de cada medicamento, aplicándolo en general sin importar si son comprimidos recubiertos, comprimidos sublinguales o si su liberación esta modificada, dando como resultado el cambio de las características de la forma farmacéutica y viéndose a su vez afectada la farmacocinética y farmacodinámica del medicamento.

Pero no sólo eso, el uso de esta metodología también provocar que al paciente se le administre mucho menos dosis de la prescrita, pues el material que se utiliza para realizar la trituración no siempre es el adecuado, y además existe pérdida del polvo durante el procedimiento (Luna, Sorní & Goyache, 2012).

Todo lo antes mencionado es importante debido a que no sólo hay problemas con la preparación, además puede existir obstrucción de la sonda si no se realiza una correcta preparación del medicamento; por lo cual se recomienda que sea el profesional farmacéutico quien supervise estas actividades, sobre todo la preparación, ya que es el experto que conoce mejor las características de los medicamentos, esto con la finalidad de que la terapia sea segura y eficaz para el paciente.

Derivado de lo anterior y con el uso de una metodología validada se midió la cantidad de fármaco que no es administrado al paciente debido a su adherencia a la sonda, también se comparó que forma farmacéutica presenta menos pérdida al administrarse (comprimidos y suspensión) y por último se explica por medio de cálculos teóricos la razón de la pérdida del fármaco en el polímero de la SNG. A continuación, se presenta el diseño de una metodología para la preparación y administración de Nimesulida, que contempla las características del fármaco, es fácil de llevar a la práctica, es reproducible y permite muy pocas pérdidas en la dosis administrada al paciente.

## 2. Hipótesis

La administración de la nimesulida a través de sonda nasogástrica modifica la farmacocinética y por tanto la farmacodinamia de este, viéndose alteradas también las propiedades fisicoquímicas del mismo.

## 3. Objetivos

### 3.1. General

Realizar la administración de nimesulida en dos formas farmacéuticas por Sonda Nasogástrica, utilizando un modelo de simulación con la finalidad de evaluar su estabilidad desde el momento de preparación hasta la administración.

### 3.2. Particulares

- Identificar qué factores influyen en la administración de nimesulida por sonda nasogástrica.
- Conocer las condiciones necesarias para la preparación y administración de nimesulida.
- Establecer una metodología adecuada para la preparación y administración de nimesulida.

## 4. Generalidades

### 4.1. Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal

#### 4.1.1. Estructuras

La tarea del aparato digestivo es la ingesta de alimentos, el transporte, la reabsorción, la digestión, y finalmente la defecación. Consta del esófago, el estómago, el duodeno, el intestino delgado y grueso (Ver Figura 1). Hígado y páncreas dos glándulas importantes que tienen que ser consideradas (Schneider & Feussner, 2017).

La boca constituye la porción inicial del tubo digestivo, en ella tiene lugar la primera transformación de los alimentos que se ponen en contacto, tras la masticación, con las enzimas salivares. Esta primera porción está limitada por los labios, las mejillas, el paladar y la lengua (Centro de Referencia, 2012).

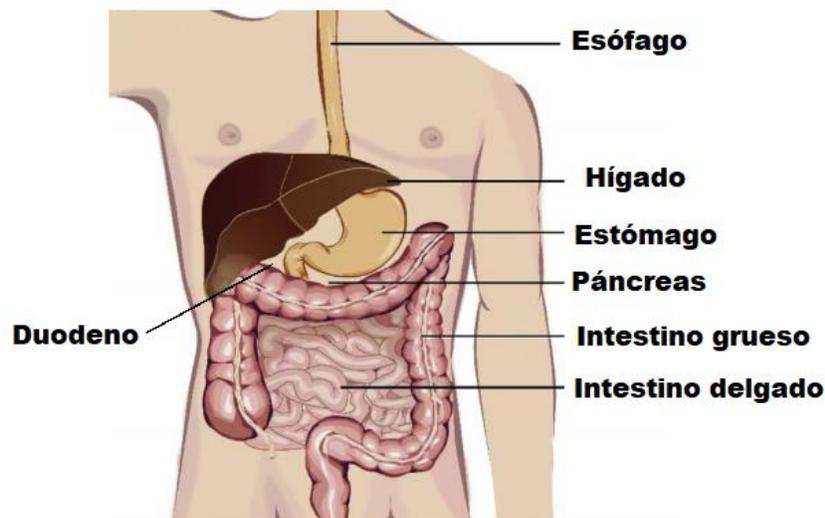


Figura 1. Visión general del tracto gastrointestinal compuesto por: esófago, estómago, duodeno, intestino grueso, intestino delgado, páncreas e hígado. Modificada de: Schneider, A. & Feussner, H.

### Esófago

Es la primera parte del tracto gastrointestinal, comienza en el extremo de la hipofaringe, en el nivel de la sexta vértebra cervical (C6) a la altura del cartílago cricoides (Ver Figura 2), pasa por el pecho por delante de la tráquea y su bifurcación. Permanece por encima de la columna vertebral, que entra en la cavidad abdominal a través del diafragma a aproximadamente el nivel de la décima vértebra torácica (T10) y termina en el cardias, zona de tránsito entre el esófago y el estómago.

La función principal del esófago es el transporte de los alimentos ingeridos en el estómago y la prevención del reflujo. Dos zonas de alta presión ocluyen el esófago que se abre sólo durante la deglución: el Esfínter Esofágico Superior (EES) y el Esfínter Esofágico Inferior (EEI). La función de la parte superior es impedir el paso del aire hacia el tubo digestivo durante la inspiración, además crea una “segunda barrera” contra el reflujo proveniente del esófago. Por otro lado el EEI impide que el contenido gástrico sea regurgitado hacia el esófago.

El EES mantiene una presión de reposo que modifica a través de mecanismos reflejos mediados por la vía vagal para evitar el paso de contenido esofágico a la vía respiratoria o facilitar su paso al exterior; el EEI está formado por diferentes tipos de fibras musculares que generan tono miogénico (por lo que está cerrado con su tono basal), modulado por motoneuronas inhibitoras y excitadoras. Si la persona traga, el alimento ingerido (bolo) entra en el esófago a través del Esfínter Esofágico Superior. Tan pronto como el bolo ha pasado, el esfínter se cierra de nuevo y permanece cerrado hasta que se inicia el próximo acto de deglución.

El bolo ahora avanza a través del esófago tubular a la región de la unión gastroesofágica. Esto se logra mediante la fuerte pared muscular del esófago con sus capas circulares y longitudinales. Tan pronto como el bolo se acerca al Esfínter Esofágico Inferior, este último se relaja permitiendo el tránsito hacia el estómago. Tras el paso del bolo, se cierra de nuevo para evitar el reflujo del ácido del estómago, el cual puede dañar severamente la mucosa esofágica.

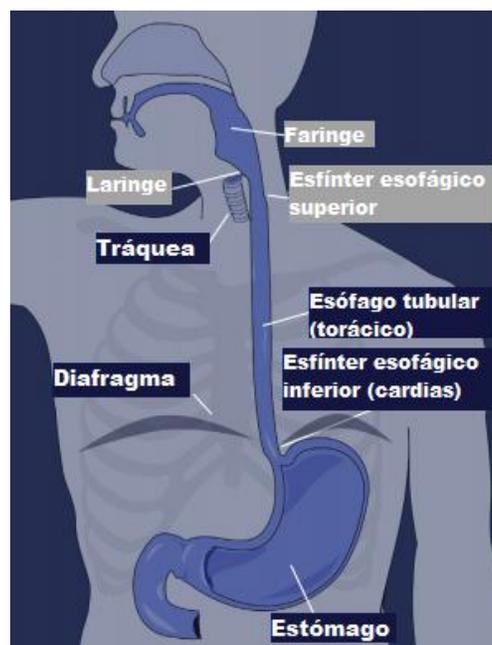


Figura 2. El esófago es un órgano tubular, que se extiende desde la faringe hasta el estómago, por lo que es el único órgano digestivo situado en la cavidad torácica. Modificada de: Schneider, A. & Feussner, H.

## Estómago

El estómago es la sección del tracto GI entre el esófago y el duodeno, que se encuentra debajo del diafragma, en el centro y a la izquierda del abdomen (Figura 3). Es un órgano hueco curvo, el borde derecho se denomina “curvatura menor” y el de la izquierda “curvatura mayor”. El estómago es normalmente cerrado en el esófago por el esfínter esofágico inferior, que se abre durante la deglución, eructos o vómitos.

El estómago se divide en tres partes: La proximal (fondo), el medio (cuerpo), y la distal (antro). La frontera entre el estómago y el duodeno adyacente está marcada por el llamado “píloro”. Esta es otra región del esfínter funcional que regula el tránsito de los alimentos ingeridos en el intestino delgado.

La pared gástrica consiste en una capa muscular fuerte y una mucosa relativamente gruesa. Este último es capaz de producir ácido clorhídrico altamente concentrado, así como proteger la pared gástrica de la autodigestión.

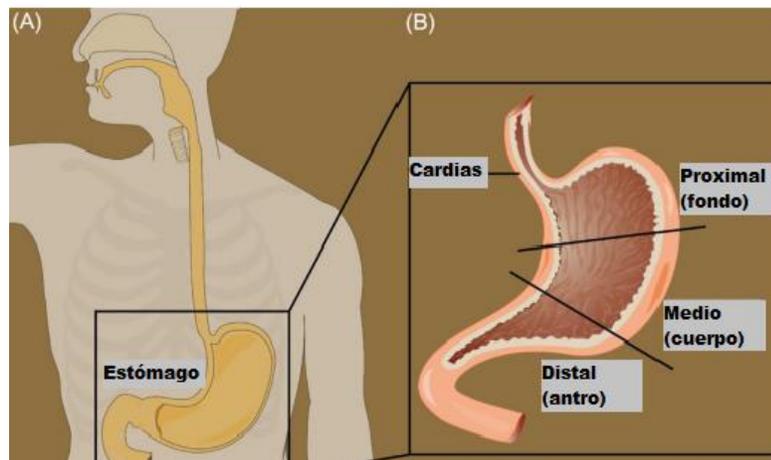


Figura 3. (A) El estómago se localiza en el epigastrio- bajo los arcos costales y el espacio entre el esternón y el ombligo. (B) Por razones prácticas, se divide en tres secciones: La parte superior (oral), la media y la parte distal y. Modificada de: Schneider, A. & Feussner, H.

La tarea principal del estómago es tomar los alimentos ingeridos y entregarlos en cantidades adecuadas en el intestino delgado. También se incluye el pre-procesamiento. La producción de ácido gástrico reduce la contaminación bacteriana y prepara la digestión.

Además, la alteración mecánica tiene lugar, inducido por la rotación continua en la parte distal del estómago. Considerando que la parte proximal tiene principalmente una función receptiva, la parte distal es mecánicamente activa.

### Duodeno e intestino delgado

La siguiente parte del tubo digestivo es el intestino delgado, que se subdivide en el duodeno, el yeyuno y el íleon. El duodeno – directamente adyacente al estómago- tiene un diámetro menor que el estómago (1-3 cm en condiciones normales) y es aproximadamente en forma de C.

Sólo después de la flexión duodenoyeyunal se vuelve móvil. El duodeno está localizado en las cercanías del páncreas, la vena cava y el hígado. El tránsito distintivo en forma de S hacia el yeyuno se denomina flexión duodenoyeyunal.

Mientras que la frontera entre el duodeno y el yeyuno es anatómicamente más definida, no es fácil definir, donde empieza el yeyuno y dónde el íleon. La longitud de estas secciones del tracto alimentario varía considerablemente, dependiendo del estado fisiológico. Por lo general, una longitud de 2-3 metros es citado en la literatura (Figura 4). El final del intestino delgado está claramente definido, es el orificio en el intestino grueso llamado válvula ileocecal (o de Bauhin).

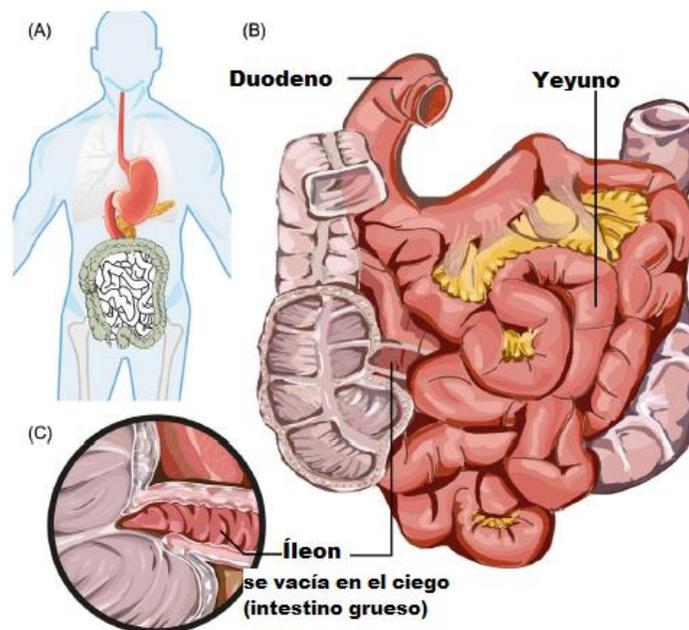


Figura 4. (A) El intestino delgado;(B) El estómago y partes del colon extirpado: Comenzando con el duodeno, el intestino delgado es ahora visible en toda su longitud; (C) El íleon distal se une con el colon: válvula de Bauhin. Modificada de: Schneider, A. & Feussner, H.

Tan pronto como el contenido gástrico ácido sale del estómago, se neutraliza inmediatamente por la mezcla bilis/ jugo pancreático que se inyecta en el lumen intestinal a través de la papila Vater.

El contenido intestinal preprocesado ahora se digiere en el yeyuno y el íleon. Todos los componentes valiosos como grasas, azúcares y proteínas se extraen y se suministran a través del sistema de la vena porta al hígado.

Un complicado patrón de motilidad con transporte hacia delante y hacia atrás conduce a un tiempo de contacto prolongado con la mucosa intestinal para aumentar la eficacia de la absorción. La absorción de los lípidos, incluidas las vitaminas liposolubles, es mejorada por los ácidos biliares, mientras que las enzimas pancreáticas son responsables de la digestión de proteínas, etc.

### Colon y el recto

El colon y el recto es la última parte del tracto digestivo. Comienza con la válvula ileocólica y termina con el esfínter anal. Su esquema general se asemeja a una M o U invertida (con la excepción del recto y colon sigmoide) (Figura 5).

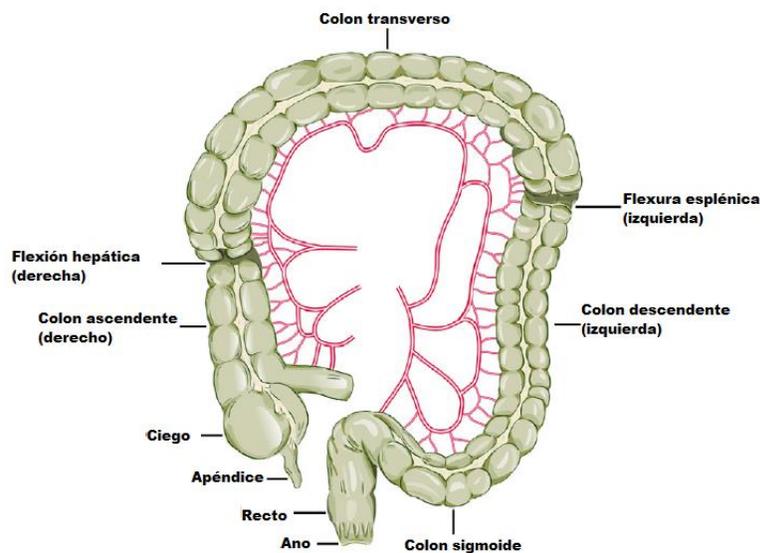


Figura 5. El colon y recto: Empezando con el ciego, la siguiente parte es el colon ascendente en el lado derecho del cuerpo, después de una curva en ángulo agudo (flexión derecha) sigue el colon transverso. La flexura (esplénica) izquierda está formada por la unión del colon transverso y colon descendente. Modificada de: Schneider, A. & Feussner, H.

La longitud del colon es no más de un cuarto de la longitud del intestino delgado. En comparación con el intestino delgado es menos móvil y su posición es mucho más constante. Dos subdivisiones pueden variar considerablemente en forma, longitud y localización: el colon transversal y el sigmoide. La apariencia externa del intestino grueso es bastante característica: tres bandas musculares longitudinales acortan el intestino produciendo así bolsas típicas separadas por surcos transversales.

El diámetro interior del colon disminuye gradualmente desde alrededor de 5 cm en su inicio en el ciego a aproximadamente 2.5 cm en el sigmoide. Si el colon está vacío y en un estado de contracción, la luz es muy pequeña, pero es capaz de un gran aumento. La última parte del tracto GI, el recto. La longitud se define como 15 cm y se divide en la parte superior, media e inferior, que abarca el ano.

La tarea principal del colon y el recto es la reducción de la masa de las heces y permitir un control de la defecación. Se eliminan todos los nutrientes absorbibles restantes, incluida el agua, así como bacterias producidas por bacterias del colon. Al final, las heces se compactan y se almacenan en el recto hasta que puedan ser descargadas a través del recto. El anorrecto y el suelo pélvico proporcionan la continencia y permite la evacuación controlada de la masa indigestible.

### **Hígado / Vesícula**

El hígado es el principal órgano glandular del cuerpo. Está situado en el abdomen superior derecho y se extiende hasta el hipocondrio izquierdo. La superficie convexa se moldea a ambas mitades del diafragma.

En consecuencia, se sube y baja durante la respiración. La anatomía interna difiere de la de otros órganos, ya que el suministro de sangre proviene de dos vasos: la arteria hepática proporciona sangre arterial, y la vena porta lleva la sangre al hígado que ha pasado antes a través del tracto alimentario (incluyendo páncreas, el bazo, y vesícula biliar). Después de circular a través del hígado se devuelve la sangre a la vena cava inferior a través de las venas hepáticas (Figura 6).

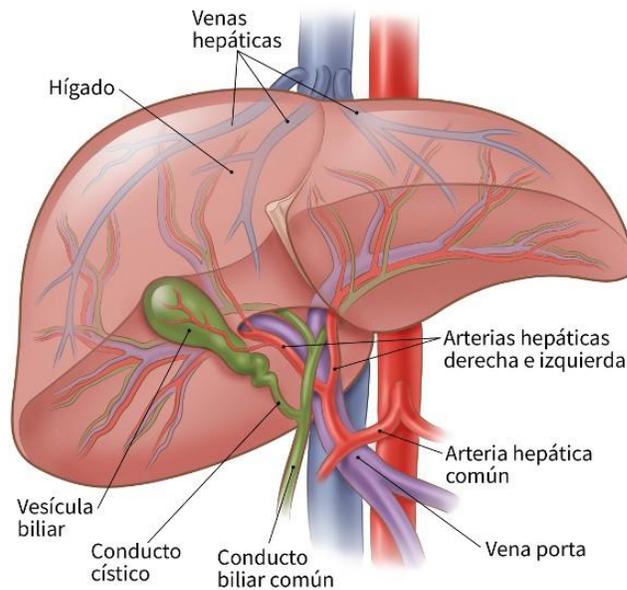


Figura 6. Dibujo esquemático del hígado. Recuperada de: <https://culturacientifica.com/2019/03/11/el-higado-y-la-vesicula-biliar/>

El hígado produce la bilis que se recoge mediante los conductos biliares intrahepáticos. El conducto biliar principal está formado por la unión de estos conductos más pequeños. La bilis fluye a través del conducto biliar común en el duodeno. Inmediatamente antes, el conducto biliar se une con el conducto pancreático. La bilis y el jugo pancreático se mezclan y se inyectan en el duodeno.

La vesícula biliar es una bolsa en forma de pera unida a la superficie inferior del lóbulo derecho del hígado. A través del conducto cístico se conecta al conducto biliar principal.

El hígado es llamado el “laboratorio central” del cuerpo. El hígado sintetiza y almacena glucógeno a través de la glucogénesis y es responsable de la gluconeogénesis para proporcionar glucosa. Además, el metabolismo de proteínas con degradación y la síntesis se encuentran aquí.

Se producen los factores de coagulación, así como la bilis, un líquido de color verde amarillento que es necesario para emulsionar la grasa en el tracto gastrointestinal. La bilis se transporta directamente al duodeno o de forma intermedia se almacena en la vesícula biliar donde se concentra considerablemente.

## Páncreas

El páncreas es una glándula alargada, en forma de hacha, que se encuentra oculta en el cuerpo humano en una posición retroperitoneal detrás del estómago y el colon transverso. Se divide en cabeza, cuerpo y cola (Figura 7). A través de ramas de todos lados, el jugo pancreático se recoge en el conducto pancreático.

La función del páncreas es producir tanto secreciones internas como externas. La secreción externa –el jugo pancreático– contiene varias enzimas como la tripsina y amilasa que se requieren para la digestión de proteínas, carbohidratos y grasas. La secreción interna -la insulina- es el producto de los islotes de Langerhans, un subgrupo especial de células en el parénquima pancreático. La insulina juega un papel clave en el metabolismo de la glucosa.

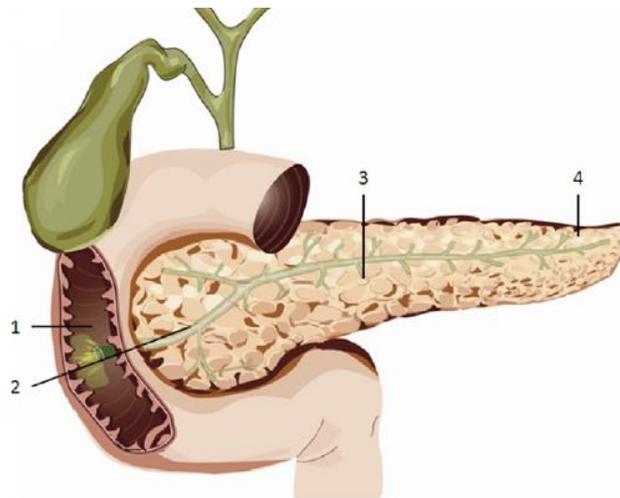


Figura 7. Dibujo esquemático del páncreas: (1) el duodeno; (2) la cabeza del páncreas; (3) cuerpo; (4) cola. Recuperada de: Schneider, A. & Feussner, H.

### 4.1.2. Composición y características

Esquemáticamente, el aparato digestivo está formado por un largo tubo que atraviesa todo el organismo desde la boca hasta el ano. Cada sector constituye un auténtico órgano, con unas funciones propias, pero las acciones de todas las porciones del tubo están perfectamente coordinadas para degradar los alimentos que siguen el recorrido, absorber los principios nutritivos básicos resultantes del proceso digestivo y, finalmente, expulsar al exterior los resultados no asimilables (Cassan, 2014).

El tubo digestivo tiene una estructura que permite digerir miles de comidas:

La *capa externa (serosa)* es una especie de envoltura que protege y aísla el tubo digestivo del resto del organismo. Forma el peritoneo.

La *submucosa* hace que el tubo digestivo sea más flexible. Los vasos sanguíneos que irrigan el tubo digestivo atraviesan la submucosa.

La *túnica muscular* es la responsable de los movimientos del tubo digestivo y de su tonicidad. Está formada por los músculos lisos dispuestos en 2 capas, una circular y otra longitudinal cuyas contracciones permiten la progresión de los alimentos a lo largo del tubo digestivo (tránsito). Este proceso se denomina peristaltismo. Las contracciones de las fibras lisas longitudinales que rodean el tubo digestivo lo acortan, mientras que las contracciones de las fibras lisas circulares lo esfuerzan. La Figura 8 ilustra el peristaltismo esofágico.

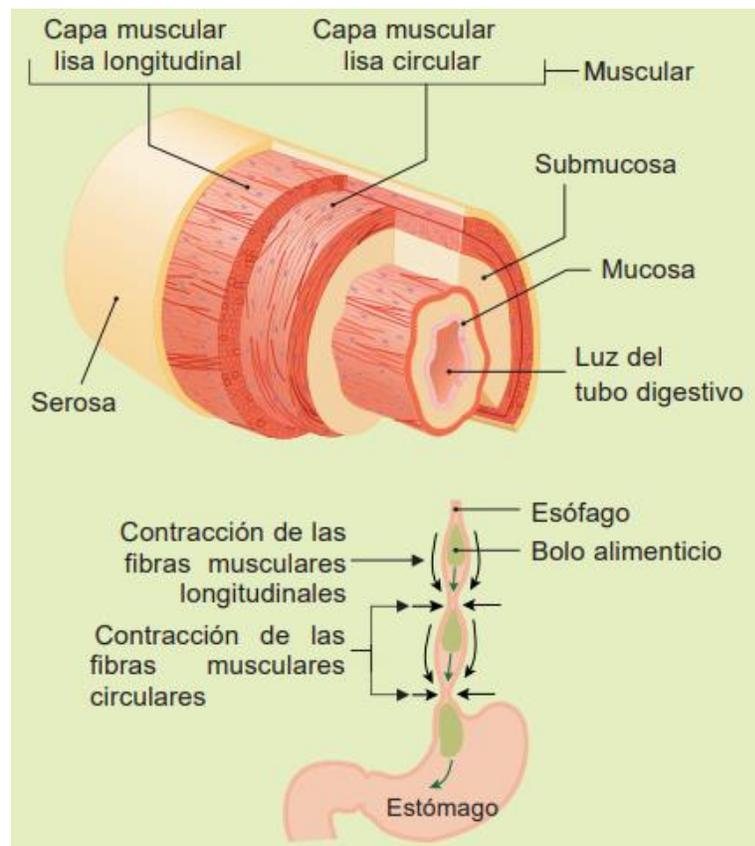


Figura 8. Capas componentes del tubo digestivo e ilustración del peristaltismo esofágico. Recuperada de: ASEM Galicia.

La *mucosa* es la capa más interna del tubo digestivo. Sus células son diferentes en cada parte del mismo y se encargan de una fase específica de la digestión:

- En el estómago, gran parte de las células fabrican jugos digestivos muy ácidos que se encargan de descomponer el alimento y digerir las proteínas. Otras células producen un moco espeso que protege las paredes del estómago contra la acidez.
- En el intestino, la mucosa está formada por numerosos pliegues (vellosidades) recubiertos de células que también tienen pliegues (microvellosidades). Su función es absorber los nutrientes que se producen durante la digestión. Otras células que forman esta mucosa fabrican 1 y 2 litros de jugos intestinales al día (mezcla de moco y agua) para facilitar la absorción de nutrientes (ASEM Galicia, 2017).

#### 4.1.3. Proceso de absorción

La pared del intestino está plegada acanalada de forma diversa para proporcionar una intensa superficie para la absorción: Pliegues de Kerckring, vellosidades y microvellosidades. Las microvellosidades son órganos absorbentes altamente especializados que poseen un núcleo que contiene una red de capilares que derivan de los vasos sanguíneos de la pared del tubo digestivo.

Tanto las vellosidades como los repliegues intestinales contienen músculo liso y los movimientos rítmicos que se producen de esta forma son importantes para poner a las vellosidades en contacto con el contenido intestinal (CEDE, 2012).

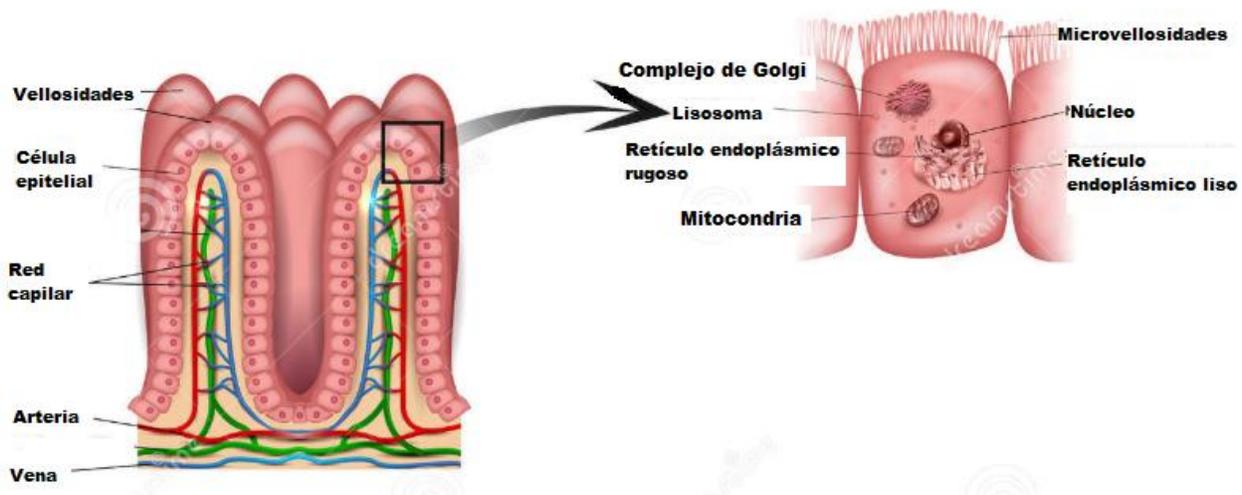


Figura 9. Anatomía de las vellosidades y microvellosidades. Modificada de: <http://ito.mx/LwYh>

Diagrama 1. Absorción de lípidos y proteínas

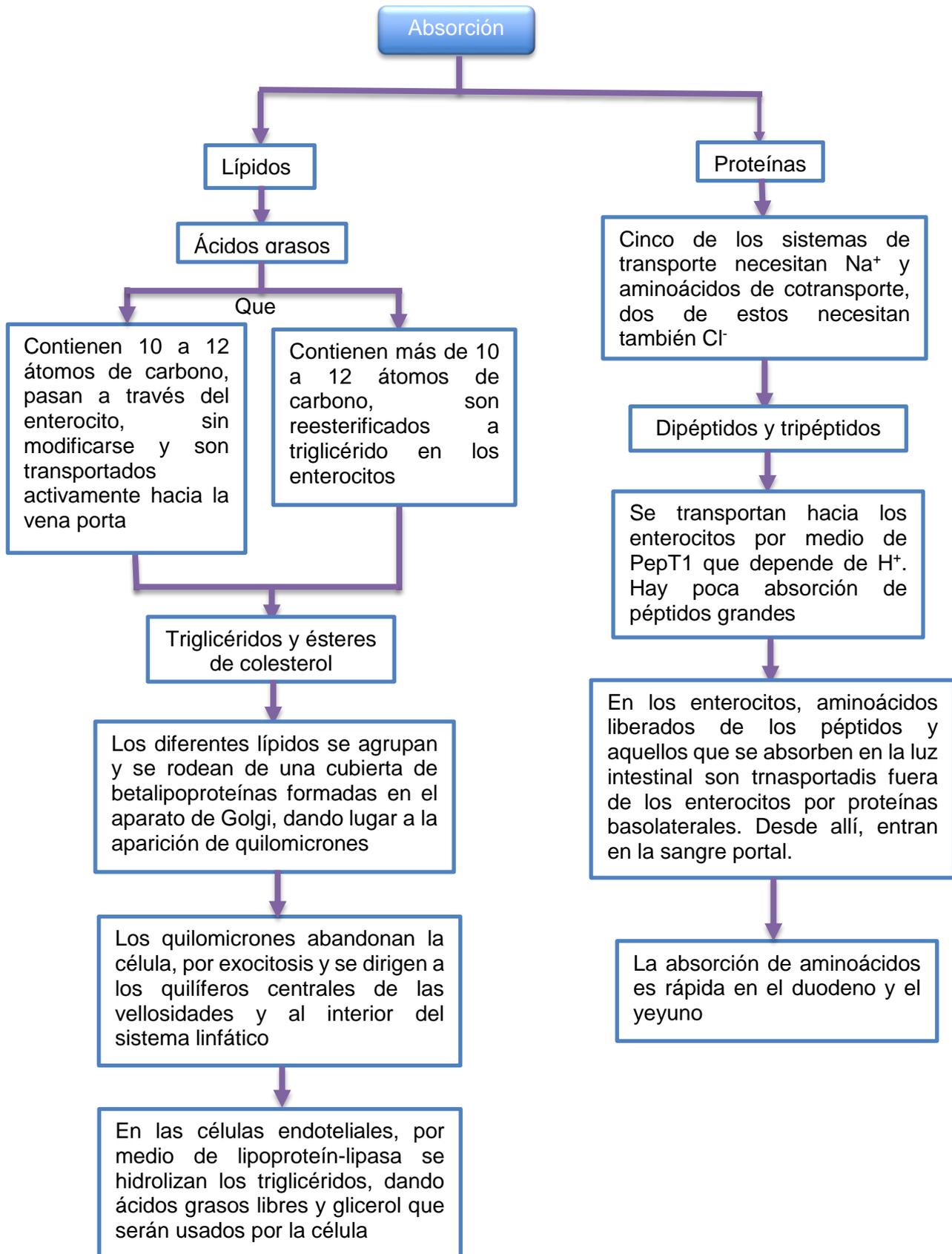
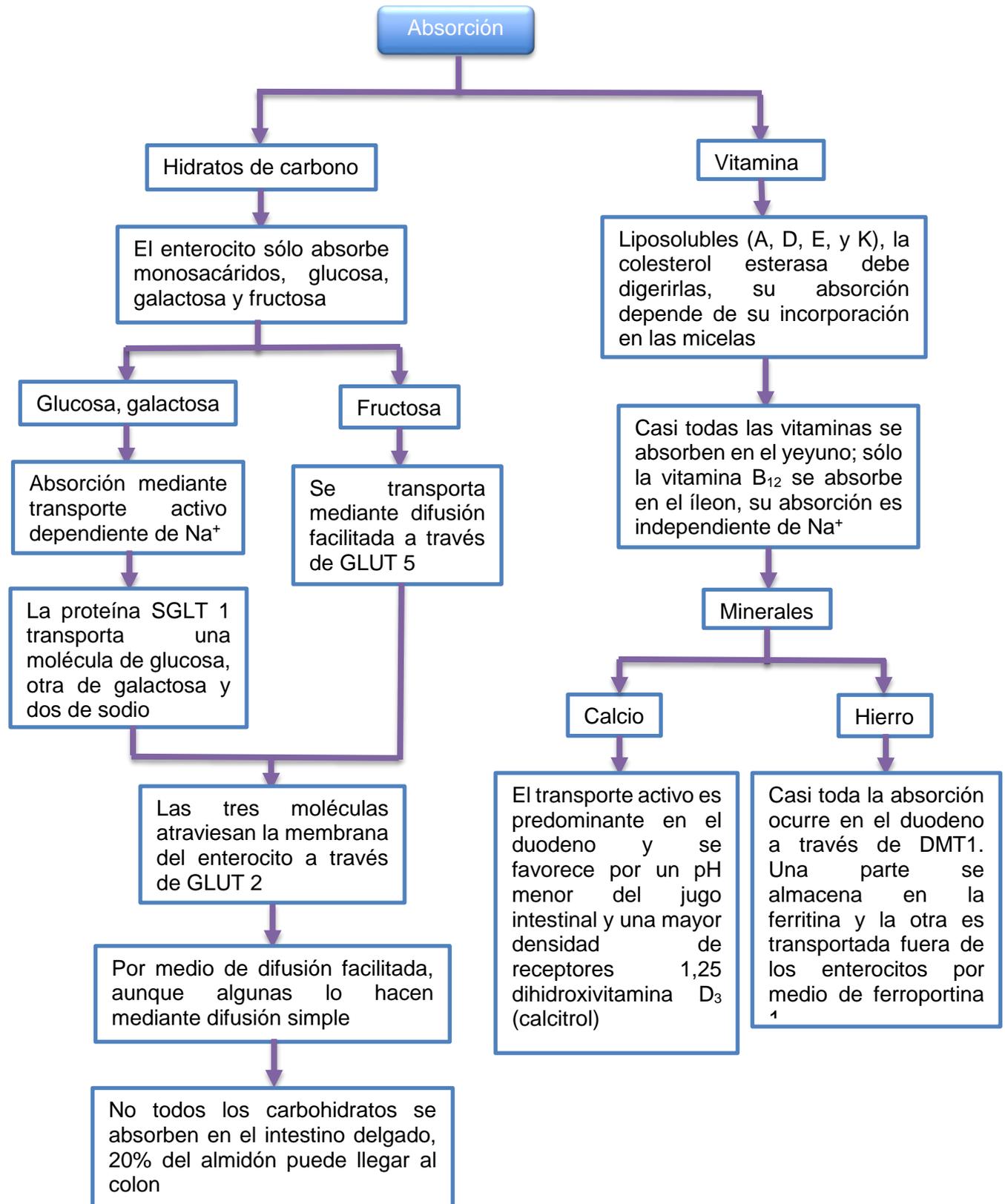


Diagrama 2. Absorción de hidratos de carbono, vitaminas y minerales



## 4.2. Sondas de administración enteral

### 4.2.1. Descripción y características

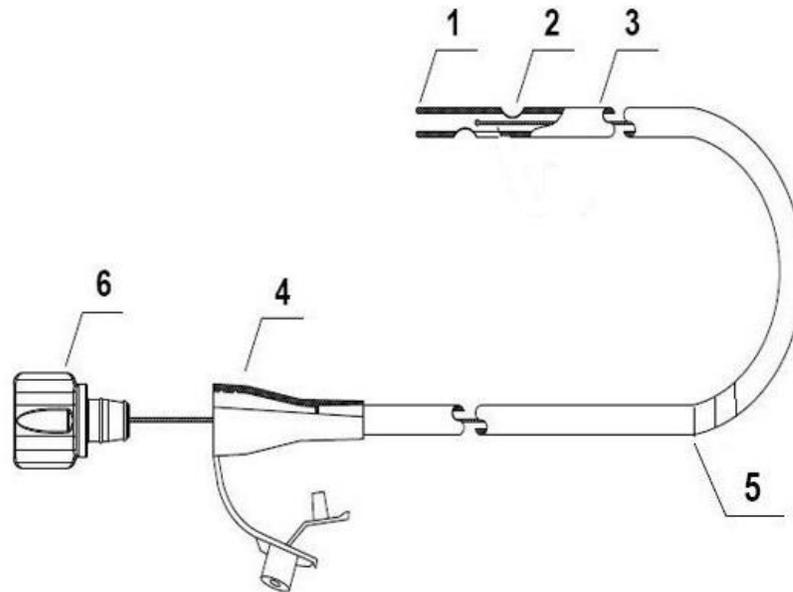


Figura 10. Partes de las sondas nasointestinales. Modificada de: <http://ito.mx/Ln6D>

1

**Longitud.** El diámetro y la longitud de las sondas son variables y su selección dependerán de las necesidades de cada paciente (punto de administración de la NE más adecuado, patología base del paciente, tipo de fórmula a utilizar, etc.). Respecto a la longitud en los niños se utilizan sondas de 38-56 cm y en los adultos de 70-100 para la administración a estómago y de 105-145 para la administración postpilórica.

2

**Orificios.** Poseen numerosos orificios de salida y diferentes terminaciones, habitualmente estos se sitúan en la posición final de la sonda con cierta rotación entre ambos para facilitar la salida de la nutrición.

3

**Materiales.** Se han utilizado distintos tipos de materiales en la elaboración de las sondas nasogástricas y nasoentéricas, intentando buscar siempre que sea atóxico, blando, flexible, que no irrite la parte del tracto digestivo con la que esté en contacto, y que no se deteriore o corra por los jugos gástrico e intestinal.

4

**Conexiones.** Los extremos de las sondas tienen también características dignas de mención. Existen sondas con uno o dos orificios de entrada y diferentes conexiones. Los dobles orificios permiten la administración independiente y concomitante de nutrientes, agua y fármacos sin necesidad de desconectar la fórmula enteral.

5

**Marcas.** Presentan unas marcas de posicionamiento cada 20 o 25 cm que permiten una colocación menos molesta para el paciente y más precisa (Álvarez, Peláez & Muñoz, 2006).

6

**Fiador.** Es un elemento metálico colocado en la luz de la sonda de gran ayuda en el momento de la colocación de la misma. Tienen una punta roma para evitar perforar la propia sonda y suelen ser de acero inoxidable. Casi todas las sondas nasointerales llevan incorporado un fiador de estas características. Después de colocada la sonda el fiador debe ser retirado para permitir el uso adecuado de la sonda.

7

**Opacidad.** La mayoría de las sondas presentan el extremo distal lubricado (con lubricante hidrosoluble o autolubricadas) y poseen a lo largo de la misma, una tira radiopaca que facilita poder visualizar a través de rayos x su posición (Balbás & Gómez, 2012).

## 4.2.2. Materiales de elaboración

**Tabla 1. Descripción de los materiales de la sondas enterales**

Material	Sonda	Características
<b>PVC y Látex</b>	 <p>Recuperada de: <a href="http://ito.mx/Ln6R">http://ito.mx/Ln6R</a></p>	<p>Sólo para corto tiempo de aplicación (pruebas diagnósticas) ya que tienen tendencia al “endurecimiento” al estar en contacto con el contenido gástrico: Riesgo de necrosis, contaminación. Sus calibres van de 12 a 20 Fr para adultos, y para niños de 6 a 12 Fr.</p>
<b>Silicón</b>	 <p>Recuperada de: <a href="http://ito.mx/Ln6P">http://ito.mx/Ln6P</a></p>	<p>Material flexible, pero sensible a colonización por levaduras. Se encuentran en calibres de 6 a 21 Fr.</p>
<b>Poliuretano</b>	 <p>Recuperado de: <a href="http://ito.mx/Ln6S">http://ito.mx/Ln6S</a></p>	<p>Material flexible, blando, máximo diámetro interno, resistente y de larga duración. Sus calibres son: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 Fr.</p>

En la actualidad los dos materiales que se consideran más adecuados son la silicona y el poliuretano (“poliuretano y silicona de grado médico”).

Las principales ventajas de las sondas de PUR y de silicona frente a las de PVC son: mayor flexibilidad que condiciona menor incidencia de lesiones por decúbito; mayor biocompatibilidad que limita la degradación del material ante el contacto con las secreciones digestivas y posibilita tiempos de permanencia más prolongados y menor interferencia en la absorción de fármacos.

Al ser las paredes más finas, el diámetro interno es mayor (a su vez, mayor en las sondas de PUR que en las de silicona) al de las sondas de PVC del mismo calibre externo lo que permite un flujo mayor. Además, están exentas de componentes tóxicos. Las sondas de PUR duran más que las de silicona sin dañarse.

Las desventajas de este tipo de sondas (PUR y silicona) son: su mayor tendencia a colapsarse y obstruirse, la dificultad para la colocación que suele hacer necesario el uso de fiador y su mayor costo (Navas & Blasco, 2011).

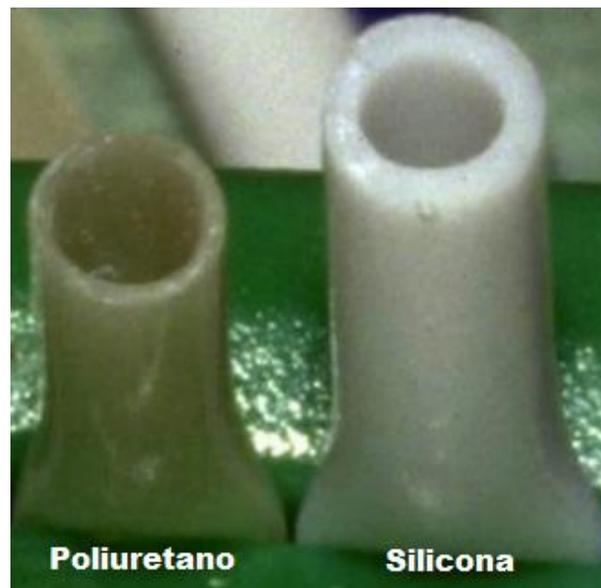


Figura 11. Comparación de la luz de las sondas de silicona y poliuretano. Modificada de: <http://ito.mx/Ln6V>

### 4.2.3. Calibre de las sondas

La escala francesa o escala de Charrière, se pronuncia en inglés French, es una medida que se utiliza para expresar el calibre de diferentes instrumentos médicos tubulares incluyendo sondas y catéteres. La escala francesa se abrevia Ch, CH, Fr, FR simplemente F. Equivale aproximadamente a dividir el valor del diámetro en francés entre 3 para obtener el valor que corresponde en milímetros (STUDYLIB, 2013).

En general el diámetro de las sondas es calibrado en unidades French (1 French= 0.33 mm) que representa el diámetro externo. Existen sondas de calibres entre 5 y 14 French. Cuanto mayor es el calibre más facilidad se tendrá para administrar la NE, pero también podrá suponer mayores incomodidades para el paciente. Las utilizadas más habitualmente son del calibre 5 y 8 en pediatría, y en adultos 8 y 12 (Álvarez et al., 2006).

in	.223	.21	.197	.184	.17	.158	.144	.131	.118	.105	.092	.079	.066	.053	.039
mm	5.7	5.3	5.0	4.7	4.3	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.67	1.35	1
Fr	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
															
															
Fr	18	19	20	22	24	26	28	30	32	34					
mm	6.0	6.3	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0	10.7	11.3					
in	.236	.249	.263	.288	.315	.341	.367	.393	.419	.445					

Figura 12. Escala francesa de Charrière. Equivalencia entre French, milímetros y pulgadas. Modificada de: <http://ito.mx/Ln6W>

### 4.2.4. Clasificación

#### 4.2.4.1. Sondas quirúrgicas

##### 4.2.4.1.1. Gastronomías

Colocación de la sonda nasogástrica. Consiste en acceder a la cavidad gástrica a través de la pared abdominal. Se utilizan dos técnicas de colocación que requieren unas condiciones previas: Percutánea (endoscópica o radiológica) y Quirúrgica: gastronomía de Stamm, de Witzel o de Janeway.

La endoscópica percutánea está indicada en pacientes con dificultad o imposibilidad de deglución de los alimentos, con tubo digestivo normofuncionante y en los que dicha situación se va a prolongar en el tiempo.

La radiológica percutánea se puede utilizar cuando existe imposibilidad de paso del endoscopio o imposibilidad de transiluminación. La quirúrgica está indicada en casos que no se puedan usar técnicas menos invasivas, o cuando se aprovecha el propio acto quirúrgico en una patología que se supone necesitará nutrición enteral durante más de 6 semanas (López & De Ancos, 2008).

Las indicaciones de las gastrostomías de alimentación se centran en pacientes que precisan nutrición enteral prolongada: trastornos de la deglución, tumores de cabeza y cuello y traumatismos cráneo-faciales.

Las complicaciones más frecuentes, para cualquier técnica de colocación, son los episodios de reflujo, que aparecen con frecuencia similar a la de la vía nasogástrica. Las complicaciones infecciosas peritoneales son también comunes y posibles a todas las técnicas de colocación (Gómez & Sastre, 2008).

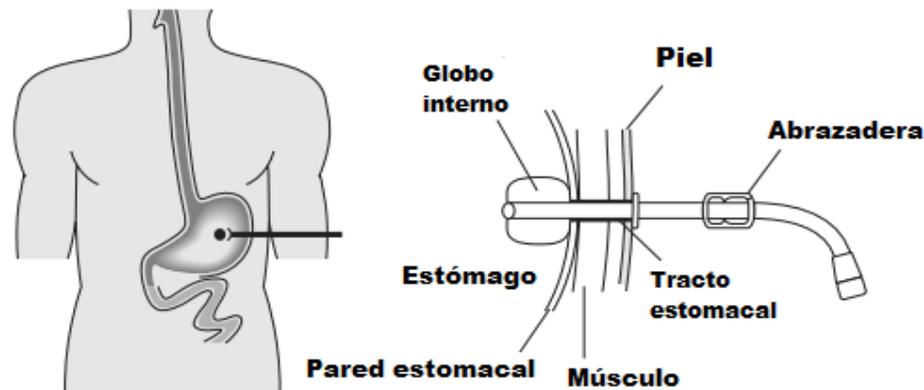


Figura 13. Gastrostomía percutánea. Modificada de: White, R. & Bradnam, V.

#### 4.2.4.1.2. Yeyunostomía

Se trata de la comunicación percutánea del yeyuno con el exterior. Se emplean sondas similares a las de gastrostomías con calibre ligeramente inferior. Su colocación quirúrgica se lleva a cabo según la técnica de Witzel o la yeyunostomía mínima con catéter.

Con el desarrollo de las técnicas endoscópicas, aparecen nuevas sondas de doble luz que permiten, con apoyo endoscópico, dejar una de las sondas como gastrostomía de descarga y hacer progresar la segunda hacia yeyuno para alimentación.

Sus indicaciones son las mismas que para la gastrostomía con la ventaja de una menor incidencia de episodios de reflujo. La complicación más grave es la salida de líquido de nutrición a la cavidad peritoneal con peritonitis consiguiente. Aunque es muy infrecuente con una técnica correcta. Las limitaciones de la técnica endoscópica son las mismas que para la gastrostomía (Figura 18) (Gómez & Sastre, 2008).

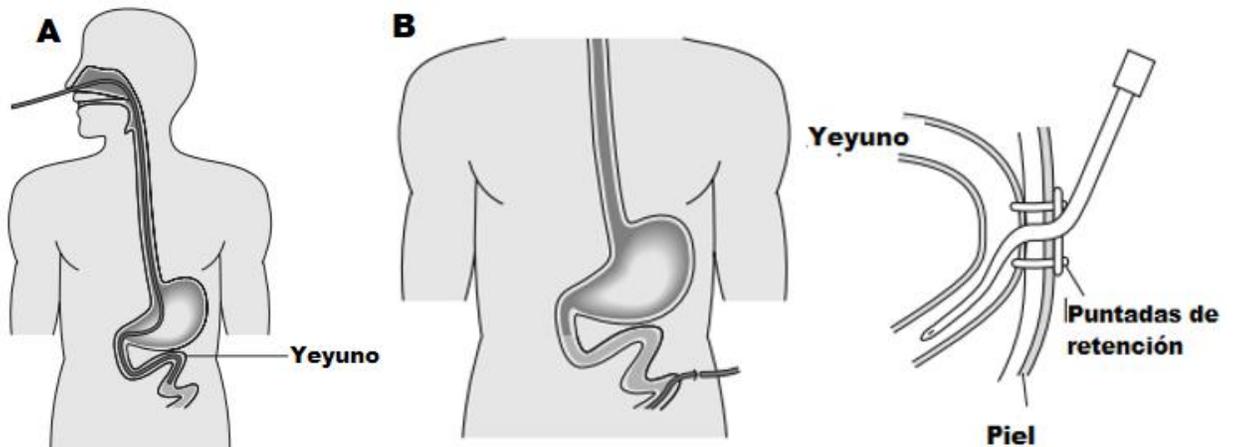


Figura 14. (A) Imagen que demuestra la distancia que ocupa la Sonda para Yeyunostomía. (B) Yeyunostomía percutánea. Modificada de: White, R. & Bradnam, V.

#### 4.2.4.2. Sondas no quirúrgicas

##### 4.2.4.2.1. Nasogástricas

Es el método más simple. Se requieren sondas, actualmente fabricadas en poliuretano o silicona, que son de una tolerancia mucho mejor por parte del paciente, de calibres finos y una longitud de unos 90 cm. Algunas de ellas incorpora un fiador metálico endoluminal que facilita su implantación.

Deben colocarse con el paciente semisentado, bien lubricadas, por pulsión suave, e invitando al paciente, si es posible, a hacer movimientos deglutorios que ayuden a la progresión. Posteriormente se controlará su colocación aspirando contenido gástrico para comprobar la posición. Para su correcto mantenimiento se exige lavar con suero salino o agua, tras cada utilización, a fin de evitar las obstrucciones.

Es una vía indicada para nutriciones de corta duración, no más de 6 semanas. Su principal inconveniente es que resulta molesta para el paciente, física y psicológicamente, sobre todo en nutriciones domiciliarias (Gómez & Sastre, 2008).

No debe nunca iniciarse la nutrición por sonda sin comprobar si el extremo distal se localiza en el estómago. Hay que tener en cuenta que con la utilización de las sondas actuales de calibres finos, con cierta facilidad la sonda puede enclavarse en los bronquios, provocando tos o disfonía.

Se puede administrar por sonda nasogástrica cualquier tipo de dieta (polimérica, oligomérica o específica). Durante su administración debe permanecer la cabecera de la cama elevada como mínimo 30° para evitar el riesgo de broncoaspiración.

Su retirada una vez finalizada la necesidad de sondaje, se debe realizar en ayunas, suavemente realizando movimientos rotatorios para evitar vómitos y posibles escaras de cúbito que se hubieran formado en el trayecto (López & De Ancos, 2008).

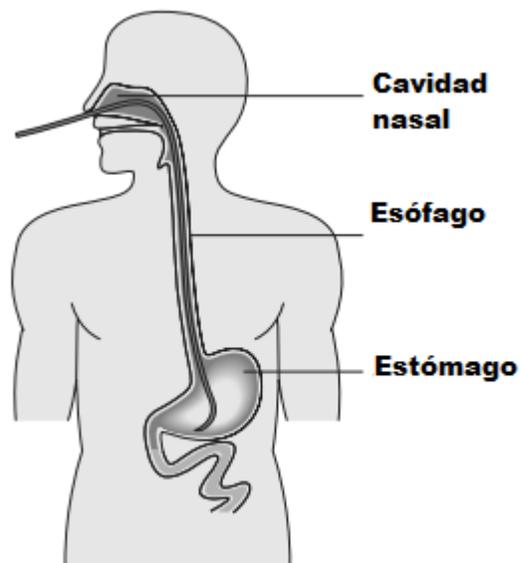


Figura 15. Imagen que demuestra la distancia que ocupa la Sonda Nasogástrica.  
Modificada de: White, R. & Bradnam, V.

**Tabla 2. Sondas nasogástricas comúnmente utilizadas**

Sonda	Descripción
<b>LEVIN</b>	<p>Generalmente fabricadas de cloruro de polivinilo (PVC) o de polietileno transparente, termosensible y duro a la vez que flexible. Dispone de señalizaciones laterales a los 40, 50, 60 y 70 cm (aproximadamente) del extremo distal.</p> <p>En dicho extremo tiene cuatro orificios laterales y uno distal. El extremo proximal o exterior, en algunos modelos, es de diferente color (verde, naranja, rojo, etc.) en función del diámetro externo de la sonda, el cual suele oscilar entre 10 y 18 French. Esta sonda está indicada en aquellos casos en que se precisa obtener muestras del jugo gástrico, para drenar el contenido gástrico, realizar lavados, etc.</p>
<b>SALEM</b>	<p>Similar a la anterior, pero con dos luces, una para la entrada de aire y la otra que actúa como sonda. La entrada de aire impide que la sonda se adhiera a la mucosa gástrica, con la consiguiente lesión y/o obstrucción. Esta especialmente indicada en los casos en que sea preciso drenar el contenido gástrico mediante aspiración continua o intermitente.</p> <p>Algunos modelos van provistos de un conector en bulbo que puede separarse y actúa como tapón cuando es preciso cerrar ambas luces. La longitud de la sonda es de 120 cm y los diámetros externos oscilan generalmente entre 12 y 18 French.</p>
<b>FOUCHER</b>	<p>Sonda de grueso calibre, con un solo orificio en el extremo distal y de una sola luz. Fabricada en látex opaco (existen modelos de otros materiales transparentes). El extremo proximal o exterior es de mayor calibre que las anteriores. La indicación habitual de esta sonda es para realizar lavados gástricos en casos de intoxicaciones. Es de material duro y poco flexible (Sánchez, 1987).</p>

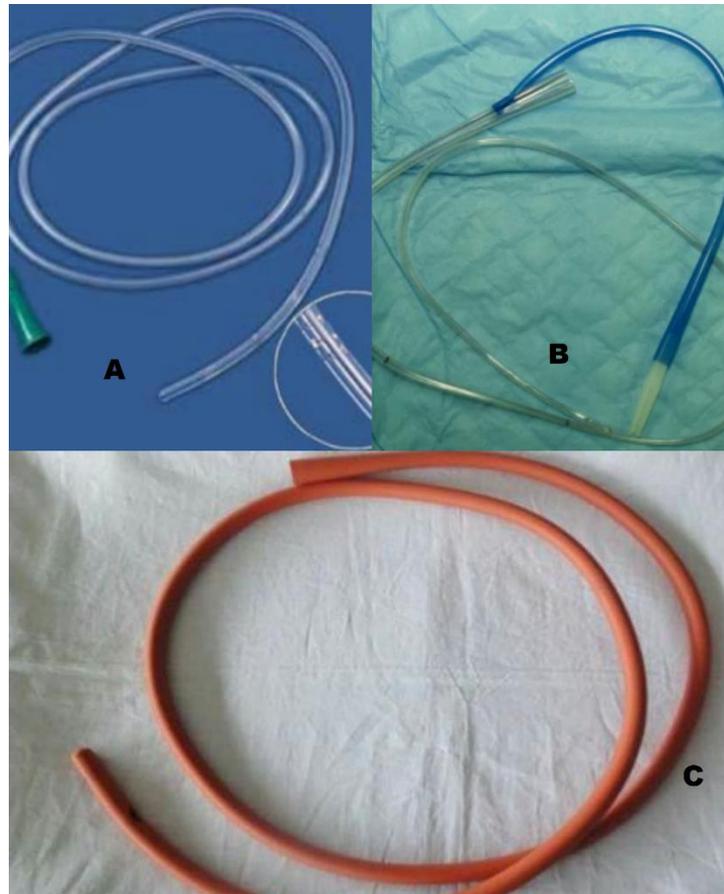


Figura 16. Tipos de sondas nasogástricas. (A) Sonda Levin. (B) Sonda Salem. (C) Sonda Foucher. Modificada de: <http://ito.mx/Ln6X>

#### 4.2.4.2.2. Nasoentéricas

Se colocan en el intestino delgado, mediante técnicas especiales: la endoscopia es sencilla, se realiza a la cabecera del paciente y suele ser eficaz, se debe realizar una radiología abdominal de comprobación. Otra técnica es la fluoroscópica que tiene la ventaja, además de su sencillez que se visualiza directamente el lugar por donde pasa y donde se aloja. La técnica ecográfica se realiza a la cabecera del paciente pero requiere una elevada especialización por parte del radiólogo.

La ubicación habitual es en la segunda o tercera porción de duodeno, o en yeyuno. Está indicado en pacientes con vaciamiento gástrico retardado y/o alto riesgo de broncoaspiración y en patologías que afectan a tramos altos del intestino, como es el caso de la pancreatitis aguda grave y estable, pudiéndose conseguir un reposo absoluto del páncreas.

Son adecuadas para periodos cortos de tiempo, inferiores a 4-6 semanas (López & De Ancos, 2008).

**Tabla 3. Sondas nasointeróricas comúnmente utilizadas**

Sonda	Descripción
<b>Silk</b>	Sonda de pequeño calibre 8 French, disponible en varios tamaños (109 cm el más habitual para adultos), pediátrica, etc. Fabricada en poliuretano flexible y radiopaca. La sonda dispone de un fiador que facilita su colocación. Tiene un solo orificio lateral en la parte distal y se distribuye lubricada y esterilizada. El tiempo de permanencia de la misma puede ser prolongado.
<b>Nutrisoft</b>	Existe en dos tipos: de pequeño calibre (9.6 French/ CH= 2.33 mm diámetro interno y 3.2 diámetro externo), de 125 cm de longitud y de calibre 14.6 French/ CH= 2.8 mm de diámetro interno y 4.9 de diámetro externo, de 105 cm de longitud (estómago/intestino). Fabricadas en caucho siliconado, disponen a su vez de un fiador metálico. Son radiopacas y permiten un tiempo de permanencia prolongado. Se distribuyen esterilizadas y preparadas para su empleo.
<b>Dobbhoff</b>	Sonda de pequeño calibre (9.6 French/ CH), de 130 cm de longitud (estómago/intestino), con dos orificios laterales en la parte distal y fabricada en silicona. Dispone de una cápsula de mercurio en el extremo distal que actúa como lastre, facilitando la colocación. Permite un tiempo de permanencia prolongado.
<b>Nutrison</b>	Sonda de pequeño calibre (8 French/ CH= 1.2 a 1.5 mm diámetro interno), fabricada en PVC transparente y radiopaca. En el extremo distal dispone de los orificios laterales que permiten la entrada de líquido. Requiere mayor habilidad para su colocación, el tiempo de permanencia es limitado (10 días) y resulta económica.
<b>Duo-Tube</b>	Sonda de pequeño calibre, disponible en varios diámetros (5, 6 y 7 French/CH), de 102 cm de longitud, con dos orificios laterales en el extremo distal. Tiene la característica de ser "dos sondas en una", es decir, consiste en una sonda exterior de PVC transparente, suficientemente duro y flexible a la vez, lo que facilita la colocación y la ubicación (estómago, duodeno, etc.). En el interior de esta sonda va introducida otra más pequeña, fabricada en elastómero de silicona de color blanco, muy flexible y blanda (Sánchez, 1988).

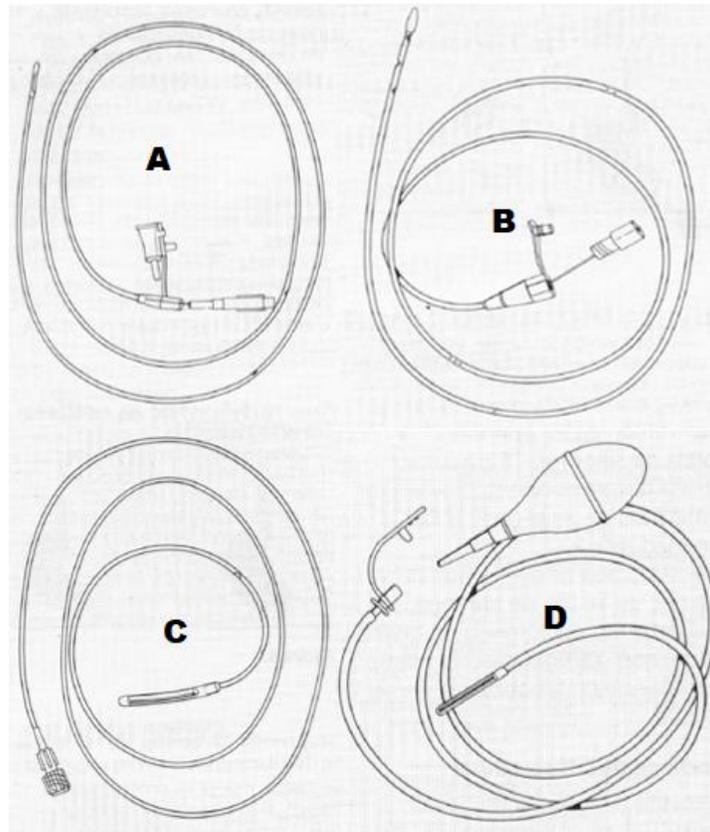


Figura 17. Tipos de sondas nasoentéricas. (A) Sonda Silk. (B) Sonda Nutrisoft, (C) Sonda Dobbhoff. (D) Sonda Duo-Tube. Modificada de: Sánchez, I.

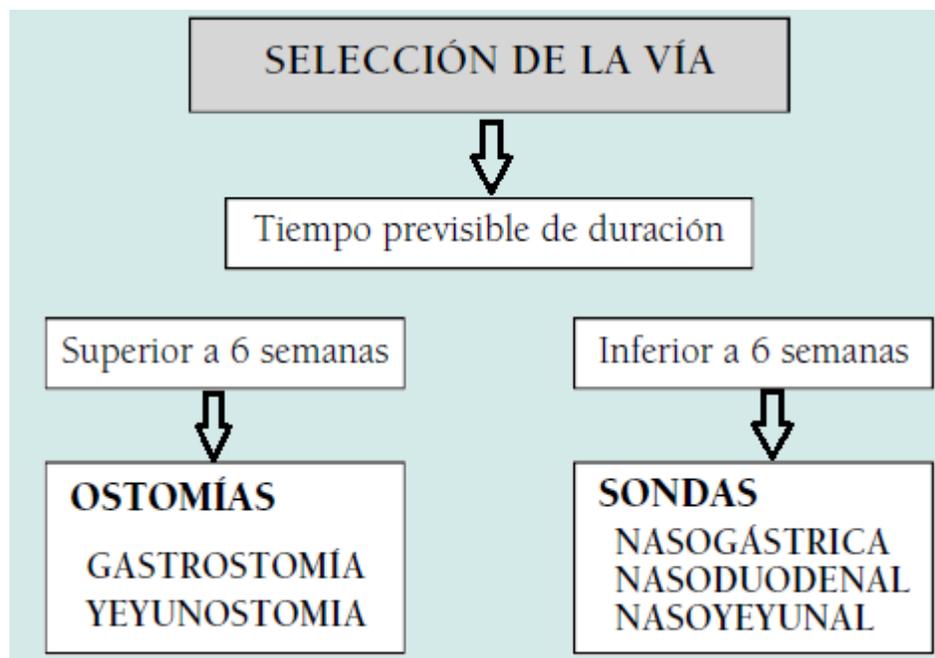


Figura 18. Algoritmo para seleccionar el tipo de sonda de acuerdo con el tiempo de administración de la nutrición. Modificada de: Gómez, J. & Sastre, A.

### 4.3. Medicamentos y sondas enterales

#### 4.3.1. Antecedentes

La Nutrición Enteral se define como la administración de una solución de nutrientes por vía oral o mediante sonda con la intención de contribuir al aprovisionamiento de los requerimientos totales o parciales de los mismos. La NE ha dejado de ser exclusivamente un vehículo de nutrientes para evitar o tratar la desnutrición, y ha adquirido un papel con mayor protagonismo terapéutico relacionado con los conceptos de “alimento-medicamento”, “nutrición órgano-específica” y “nutrición enfermedad-específica”.

El conocimiento más profundo de la fisiopatología de distintas entidades clínicas y la implicación directa de algunos nutrientes específicos como la glutamina, los aminoácidos ramificados, los ácidos grasos de cadena corta, la fibra fermentable, algunos micronutrientes antioxidantes (vitaminas A, C, selenio, zinc, etc.), los ácidos grasos omega 3 (eicosapentanoico, docosaexanoico), ha revolucionado la práctica de la NE permitiendo no sólo nutrir a los pacientes, sino hacerlo implicándose en el manejo terapéutico de la enfermedad base (Álvarez et al., 2006).

La mayor parte de los pacientes que reciben nutrición enteral sufren enfermedades crónicas que precisan tratamiento farmacológico a largo plazo, y en muchos de ellos, este tiene que administrarse mediante la misma sonda al tracto digestivo. Si bien es conocido el hecho de que fármacos y nutrientes pueden interactuar, no son infrecuentes las dudas que surgen cuando un enfermo necesita un determinado preparado farmacéutico para ser infundido por esta vía.

Una administración incorrecta puede originar alteraciones en la eficacia del tratamiento o del soporte nutricional, o comprometer la seguridad del paciente. Complicaciones de otra índole supondrían obstrucción de la sonda por formación de precipitados (Peña & Santiago, 2012).

Los fármacos no siempre están disponibles en forma líquida y por ello frecuentemente se recurre a la trituración de las formas sólidas. Los medicamentos formulados para su administración por vía oral sufren diferentes procesos de biotransformación de la serie LADME (liberación, absorción, distribución, metabolización y excreción).

Cuando se modifican las formas farmacéuticas sólidas (FF) orales de ciertos medicamentos se pueden producir alteraciones en cualquiera de los procesos anteriores, pudiendo verse alterada la acción farmacológica inicial e incrementando el riesgo de efectos secundarios o el potencial de toxicidad.

Las FF, que en principio no deberían triturarse, son las siguientes: aquellas que presentan cubierta entérica, las de liberación retardada, formas para administración sublingual, determinadas grageas con cubiertas que enmascaran sabores y olores desagradables o que evita la irritación de la mucosa y por último aquellas cuyo principio activo es lábil a la luz o la humedad.

Otros preparados que pueden presentar problemas cuando se trituran son los medicamentos con potencial carcinogénico, no tanto porque se modifiquen sus características farmacocinéticas, sino por el riesgo que supone su manipulación (Hidalgo, Delgado & García, 1995).

#### 4.3.2. Formas farmacéuticas utilizadas

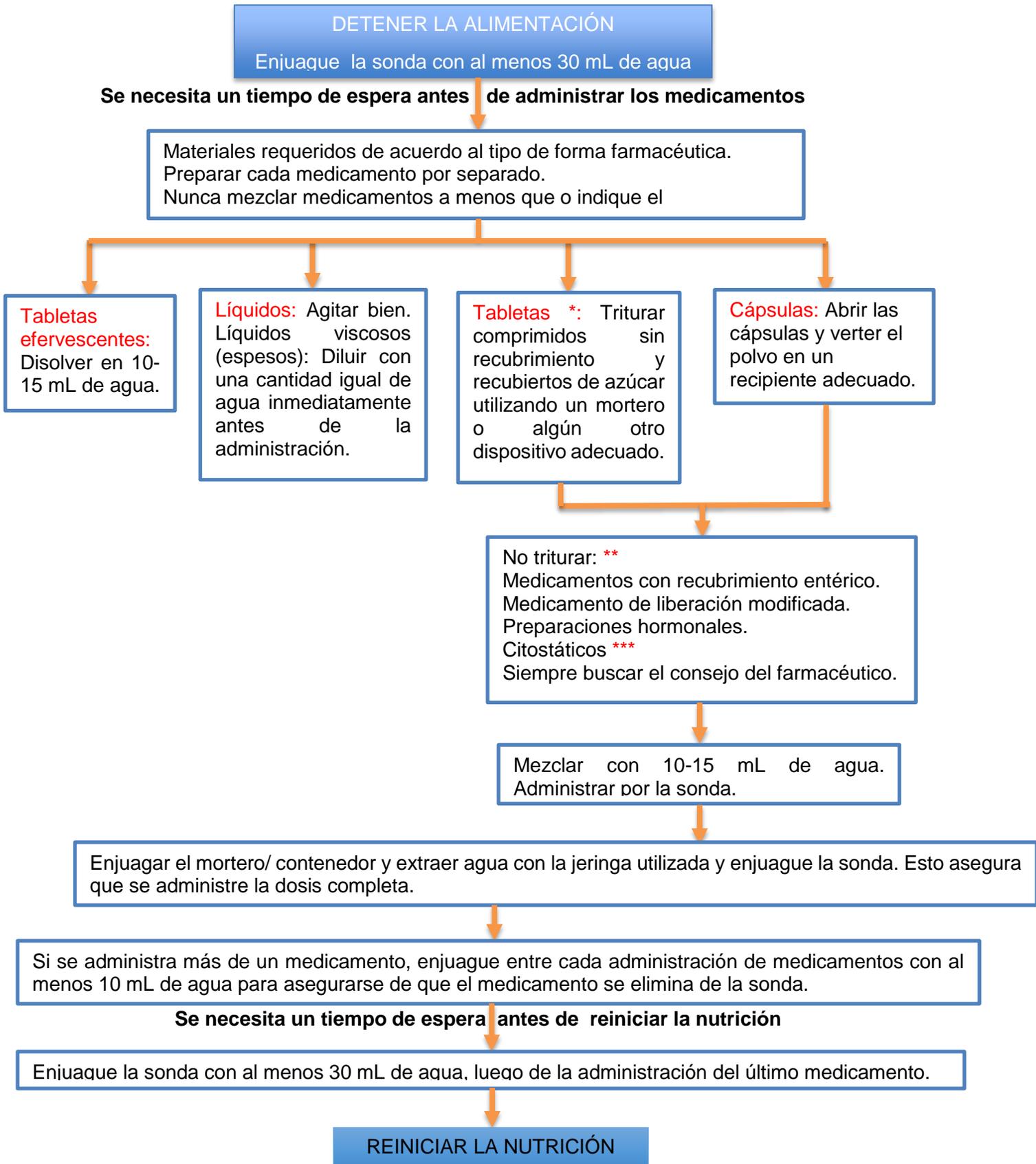
- **Formas farmacéuticas líquidas (Suspensiones, soluciones, jarabes, sobres, gotas).**  
Son las más adecuadas para administrar por sonda, pero para muchos medicamentos no existen comercializadas. A menudo presentan valores de osmolalidad o viscosidad elevados que hace necesaria su dilución para evitar efectos adversos o que queden adheridas a la sonda.

En algunos casos se puede administrar el contenido de las ampollas, aunque no es una opción recomendada de forma general. Para otros fármacos es posible utilizar fórmulas magistrales líquidas preparadas en el Servicio de Farmacia.

- **Formas farmacéuticas sólidas (Comprimidos, grageas, cápsulas).** Se pueden empelar siguiendo ciertas recomendaciones:
  - Comprimidos. Se deben triturar hasta polvo fino.
  - Comprimidos de liberación retardada. No se deben triturar, la trituración produce pérdidas de las características de liberación con riesgo de toxicidad e inadecuado mantenimiento de los niveles de fármaco a lo largo del intervalo terapéutico.
  - Comprimidos con cubierta entérica. No deben triturarse, la pérdida de cubierta puede provocar la inactivación del principio activo o favorecer la irritación de la mucosa gástrica.
  - Comprimidos efervescentes. Disolver y administrar al terminar la efervescencia.
  - Comprimidos sublinguales. Su administración por sonda no es recomendable.
  - Cápsulas de gelatina dura. Abrir la cápsula y disolver su contenido en agua y administrar. En caso de inestabilidad y principios activos muy irritantes no es adecuado.
  - Cápsulas de gelatina dura (contenido de microgránulos de liberación retardada o con cubierta entérica). Los microgránulos no deben triturarse porque perdería sus características. La disponibilidad de la administración por sonda depende en gran medida del diámetro de los microgránulos y del de la sonda (Servicio de Farmacia, 2006).
  - Cápsulas de gelatina blanda. Si el principio activo es estable y no irritante, puede optarse por extraer el contenido con una jeringa, pero no se recomienda porque la dosificación puede ser incompleta, y puede quedar adherido a las paredes de la sonda (Rangel & Fruns, 2008).

### 4.3.3. Técnicas de preparación

Diagrama 3. Técnicas de preparación para la administración de medicamentos por sonda según la forma farmacéutica



\* Las tabletas para triturar o las cápsulas deben considerarse como último recurso.

**\*\* Disleir y disolver.** El comprimido sin necesidad de triturar, se puede introducir directamente en la jeringa (previa retirada del émbolo), se añaden 15-30 mL de agua templada, se agita y se administra por la sonda.

**\*\*\* Comprimidos o cápsulas de medicamentos citostáticos.** Procurar no triturarlos o manipularlos, en algunos casos pueden disgregarse y obtener una suspensión extemporánea de administración inmediata.

Si la trituración o la apertura de las cápsulas es indispensable: Triturar dentro de una bolsa de plástico con precaución para evitar su rotura, utilizar guantes, bate, mascarilla y un empapador en la zona de trabajo; disolverse en agua y administrarse (SF, 2006) (Pickering, 2003).

#### 4.3.4. Recomendaciones generales

1. Consideraciones sobre la vía de administración: Siempre que sea posible administrar fármaco por VIA ORAL.
2. Los fármacos no deben ser añadidos directamente a las dietas de nutrición enteral.
3. Administrar la medicación lentamente con una jeringa.
4. Consideraciones generales sobre el fármaco:
  - a. Relacionar el lugar donde actúa el fármaco con la localización del extremo distal de la sonda: Ejemplo, no administrar antiácidos por Yeyunostomía porque actúan en el estómago.
  - b. Averiguar si se debe administrar con o sin alimentos el fármaco
  - c. Los medicamentos con  $\text{pH} < 3.5$  o  $\text{pH} > 10$  precipitan con la NE y tienden a obstruir la sonda por eso es necesario separar lo máximo posible su administración de la NE.

5. Consideraciones sobre la forma farmacéutica:

- a. Debe procurarse el empleo de formas farmacéuticas LÍQUIDAS, ya que no requieren manipulación. Se deben considerar otros factores antes de administrar una formulación líquida como la viscosidad, contenido de sorbitol y osmolalidad.

Para evitar las complicaciones derivadas de la administración de formulaciones líquidas con alta osmolaridad se puede recurrir a diluir la solución con una cantidad adecuada de agua.

La fórmula que puede emplearse para calcular el volumen necesario de agua es:

$$\text{Volumen final (mL)} = \frac{\text{Volumen de solución (mL)} \times \frac{\text{mOsmo}}{\text{Kg fórmula}}}{\text{Osmolaridad deseada (300 - 500 } \frac{\text{mOsm}}{\text{Kg}})}$$

$$\text{Volumen requerido de agua (mL)} = \text{Volumen final (mL)} - \text{Volumen sol (mL)}$$

*Cuando no se dispone de información acerca de la osmolaridad se recomienda*

*la dilución con al menos 15 – 30 mL de agua*

Si las formas farmacéuticas líquidas no se encuentran disponibles comercialmente consultar al farmacéutico sobre la posibilidad de preparar soluciones extemporáneas en el Servicio de Farmacia

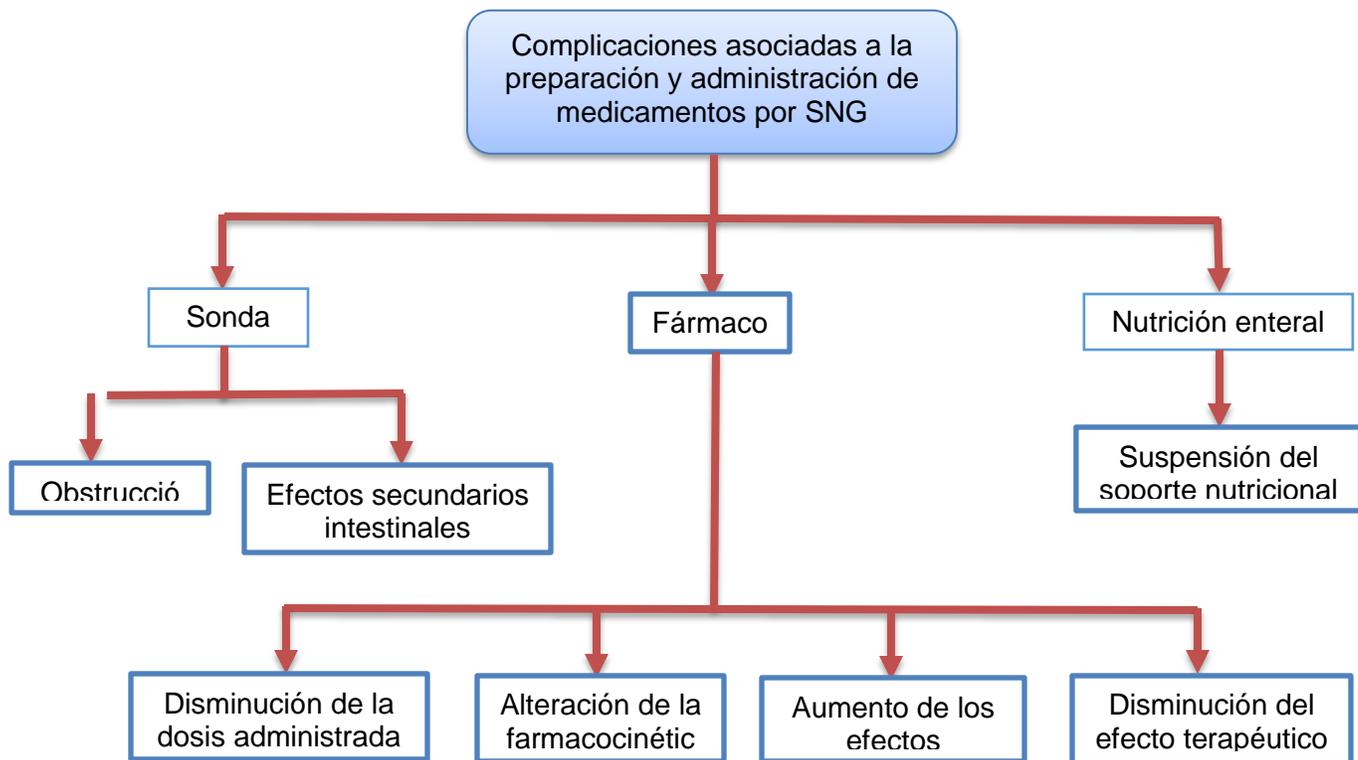
- b. Cuando deba recurrirse a la manipulación de formas farmacéuticas sólidas debe hacerse tras una trituración y disolución adecuada para favorecer la absorción y evitar la obstrucción de la sonda, lavando bien la sonda después de la administración para evitar que las partículas de fármaco queden adheridas. Se debe tener en cuenta las formas farmacéuticas que por sus características no pueden triturarse
- c. Algunos fármacos encapsulados no deben ser extraídos, puesto que con el O<sub>2</sub>, la humedad y la luz pueden alterarse y producir una incorrecta dosificación (Gago, Garzás & Cruces, 2008).

#### 4.4. Problemáticas de la administración de medicamentos por sondas enterales

##### 4.4.1. Interacciones a nivel enteral

Una interacción medicamento-nutriente se define, como la aparición de un efecto farmacológico, de intensidad mayor o menor de la habitual, que surge como consecuencia de la presencia o acción simultánea de los nutrientes y los medicamentos. Cuando el medicamento se administra a través de la Sonda Nasogástrica, en pacientes con nutrición enteral, pueden presentarse en cualquiera de los procesos LADME del medicamento.

Diagrama 4. Problemas derivados de una actuación incorrecta



La administración concomitante de medicamentos, en forma de bolo, con nutrición enteral e introducida directamente en el estómago por sondas nasogástricas o por gastrostomías, permite al estómago funcionar de forma normal y preparar su contenido para su tránsito a lo largo del tracto gastrointestinal. La colocación de sondas enterales más allá del estómago altera el método de disolución de la forma farmacéutica en relación con la administración normal.

Cuando se administra un medicamento en el intestino delgado a través de las sondas de este tipo, se debe tener especial precaución en conocer el diámetro interno de la sonda, la viscosidad del medicamento que se administra y en realizar una limpieza adecuada de la sonda tras la administración. Para que un medicamento atravesando la sonda nasogástrica llegue a su lugar de absorción debe ser capaz de circular por el estrecho lumen de la sonda.

Por ello, en la mayoría de las ocasiones es necesario administrar el medicamento en forma líquida, sin embargo, los fármacos no siempre están disponibles en formas farmacéuticas no agregadas, por lo que con frecuencia, se recurre a modificar la forma farmacéutica original. Este hecho puede conllevar alteraciones de los procesos cinéticos y dinámicos de los principios activos, modificar la respuesta farmacológica e incrementar el riesgo de los efectos adversos (Molina, 2005).

#### 4.4.1.1. Interacciones fisicoquímicas

Se produce cuando la combinación del medicamento con el preparado nutricional conduce a una alteración de las características fisicoquímicas (cambios en la viscosidad o formación de precipitados) del preparado o de la forma farmacéutica. El resultado puede ser la oclusión de la sonda, alteraciones en la biodisponibilidad del fármaco y/o nutrientes, o bien inactivación de los mismos. La interacción fisicoquímica puede producirse por:

- Fenómenos de **adsorción** del fármaco o algún componente del preparado nutricional (frecuentemente fibra) o a la sonda de alimentación.
- Formación de **complejos insolubles** entre el fármaco administrado y minerales presentes en el preparado de NE: quelación de las tetraciclinas, bifosfonatos y fluoroquinolonas con cationes divalentes y trivalentes presentes en la fórmula enteral.
- **Alteraciones en el pH** por la administración de soluciones de fármacos con valores de pH extremos (inferiores a 4 o superiores a 10) junto con la NE. Como consecuencia, puede incrementarse la viscosidad del preparado o formarse un precipitado, con riesgo de oclusión de la sonda. Con frecuencia se cuenta con escasa información acerca del pH de las formas farmacéuticas líquidas empleadas habitualmente.

Además, se debe considerar que en el yeyuno el pH es neutro-alkalino por lo que estará contraindicado administrar formas farmacéuticas con pH ácido.

#### 4.4.1.2. Interacción farmacéutica

Se produce cuando la manipulación de la forma farmacéutica para su administración a través de la sonda, tiene como consecuencia una modificación de la eficacia y/o de la tolerancia del fármaco.

Este tipo de incompatibilidad es especialmente relevante en el caso de formas farmacéuticas especiales tales como formas de liberación sostenida, cubiertas entéricas, etc. Es importante conocer el motivo que justifica dicha formulación:

- El fármaco es inestable en el pH ácido del estómago
- La formulación el pH o la acción específica del propio fármaco son irritantes de la mucosa gástrica
- El fármaco presenta unas características organolépticas desagradables
- La formulación se diseña con la pretensión de conseguir una liberación constante o sostenida del fármaco
- El fármaco es inestable en otras formulaciones

Estos datos pueden dar una idea sobre la posibilidad de manipulación y las consecuencias que tendrá la misma cara a la actividad del fármaco o a sus características farmacocinéticas.

#### 4.4.1.3. Interacción fisiológica

Se produce como resultado de una acción farmacológica del principio activo o alguno de sus componentes y tiene por consecuencia la disminución en la tolerancia al soporte nutricional. Las causas más frecuentes son:

- a. **Osmolalidad elevada.** La osmolalidad es una de las características físicas que más determinan la tolerancia del individuo a una disolución. Valores de osmolalidad próximos al de las secreciones intestinales (100-400 mOsm/Kg H<sub>2</sub>O) son mejor tolerados. Algunos fármacos por su alta osmolaridad pueden producir diarrea, por ejemplo: eritromicina suspensión, fluconazol suspensión, fluoxetina solución, ibuprofeno suspensión, entre otros.

- b. **Contenido en sorbitol.** El sorbitol es un excipiente habitual en formulaciones líquidas, que actúa como saborizante y estabilizante. Cantidades elevadas del mismo (> 10g/ día) pueden provocar aerofagia y distensión abdominal, e incluso si la cantidad es superior a 20 g/día, espasmos abdominales y diarrea.

#### 4.4.1.4. Interacción farmacológica

Aparece una interacción de este tipo cuando el fármaco, por su mecanismo de acción, provoca una alteración a nivel gastrointestinal (pH, motilidad o secreciones gastro-intestinales) que puede alterar la tolerancia o absorción de la nutrición enteral. Entre las manifestaciones clínicas de este tipo de incompatibilidad se encuentran:

- Diarrea.** Puede estar causada por el exceso de fármacos procinéticos (empleados para aumentar la tolerancia a la nutrición enteral), laxantes, citostáticos o fármacos con actividad colinérgica.
- Disminución de la motilidad o velocidad de vaciado.** Opiáceos, fármacos con actividad anticolinérgica, antidepresivos tricíclicos, fenotiazinas o antiparkinsonianos.
- Náuseas.** Opiáceos, citostáticos, levo-dopa.
- Antagonismos.** La vitamina K de la nutrición enteral contrarresta los efectos de los anticoagulantes orales, por lo que se deben evitar grandes variaciones en el aporte y realizar un seguimiento más estrecho de la coagulación (Gago et al., 2008) (Molina, 2005).

#### 4.4.1.5. Interacciones con materiales

Algunos tipos de sonda contienen PVC, este material puede producir una adsorción de determinados PA, disminuyendo su concentración.

### 4.5. Salud y seguridad y clínica

#### 4.5.1. Errores de medicación

El National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCCMERP) define los errores de medicación como: “cualquier incidente prevenible que puede causar daño al paciente o dar lugar a una utilización inapropiada de los medicamentos, cuando éstos están bajo el control de los profesionales sanitarios o del paciente o consumidor.

Estos incidentes pueden estar relacionados con la práctica profesional, con los productos, con los procedimientos o con los sistemas, incluyendo fallos en la prescripción, comunicación, etiquetado, envasado, denominación, preparación, dispensación, distribución, administración, educación, seguimiento y utilización” (Gamundi, 2002). Los errores de medicación se clasifican en diferentes tipos según su naturaleza. En la Tabla 4 se muestran los tipos de errores de medicación.

**Tabla 4. Tipos de errores de medicación. Adaptación española de la clasificación del National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCCMERP)**

1. Medicamento erróneo
  - 1.1. Selección inapropiada del medicamento
    - 1.1.1. Medicamento no indicado/ apropiado para el diagnóstico que se pretende tratar
    - 1.1.2. Historia previa de alergia o efecto adverso similar con el mismo medicamento o con otros similares
    - 1.1.3. Medicamento contraindicado <sup>a</sup>
    - 1.1.4. Medicamento inapropiado para el paciente por su edad, situación clínica o patología subyacente
    - 1.1.5. Duplicidad terapéutica
  - 1.2. Medicamento innecesario <sup>b</sup>
  - 1.3. Transcripción/dispensación/ administración de un medicamento diferente al prescrito
2. Omisión de dosis o de medicamento <sup>c</sup>
  - 2.1. Falta de prescripción de un medicamento necesario <sup>d</sup>
  - 2.2. Omisión en la transcripción
  - 2.3. Omisión en la dispensación
  - 2.4. Omisión en la administración
3. Dosis incorrecta
  - 3.1. Dosis mayor de la correcta
  - 3.2. Dosis menor de la correcta
  - 3.3. Dosis extra
4. Frecuencia de administración errónea
5. Forma farmacéutica errónea
6. Error de preparación, manipulación y/o acondicionamiento
7. Técnica de administración incorrecta <sup>e</sup>
8. Vía de administración errónea
9. Paciente equivocado
10. Hora de administración incorrecta <sup>f</sup>
11. Paciente equivocado
12. Duración del tratamiento incorrecta
  1. Duración mayor de la correcta
  2. Duración menor de la correcta <sup>g</sup>
13. Monitorización insuficiente del tratamiento

- 13.1.Falta de revisión clínica
- 13.2.Falta de controles analíticos
- 13.3.Interacción medicamento-medicamento
- 13.4.Interacción medicamento-alimento

**14. Medicamento deteriorado <sup>h</sup>**

**15. Falta de cumplimiento por el paciente**

**16.Otros**

<sup>a</sup> Incluye interacciones contraindicadas.

<sup>b</sup> Prescribir/ administrar un medicamento para el que no hay indicación.

<sup>c</sup> Excluye aquellos casos en que el paciente rehúsa voluntariamente tomar la medicación.

<sup>d</sup> Incluye la falta de profilaxis, así como el olvido de un medicamento al escribir la orden médica.

<sup>e</sup> Incluye fraccionar o triturar inadecuadamente formas sólidas orales.

<sup>f</sup> Incluye la administración del medicamento fuera del intervalo de tiempo programado en cada institución para la administración horaria de la medicación.

<sup>g</sup> Incluye retirada precoz del tratamiento

<sup>h</sup> Incluye medicamento caducado, mal conservado, etc (Giménez & Herrera, 2004).

Las causas de los EM son muy complejas. En la mayoría de los casos los errores son multifactoriales, debido a que resultan de múltiples factores o fallos, tanto presentes en el sistema, relacionados con la organización, procedimientos de trabajo, medios técnicos, condiciones de trabajo, etc., como relacionados con los profesionales que están en contacto directo con los procesos.

Además, los EM son multidisciplinarios, pues pueden afectar a varios procesos, y por lo tanto, a los diferentes profesionales implicados en la cadena terapéutica. Recomendaciones generales para reducir los errores de medicación:

1. Adoptar una cultura de seguridad enfocada a la mejora del sistema.
2. Estandarizar la prescripción médica.
3. Estandarizar otros procedimientos: horarios de administración, límites de dosis, envasado y etiquetado, almacenamiento, etc.
4. Estandarizar los equipos de infusión.
5. Suministrar los medicamentos intravenosos de alto riesgo preparados desde el Servicio de Farmacia.
6. Desarrollar protocolos de usos y procedimientos especiales para manejar medicamentos de alto riesgo.

7. Asegurar la disponibilidad continuada de asistencia farmacéutica.
8. Incorporar un farmacéutico clínico al equipo asistencial.
9. Hacer accesible la información más relevante sobre el paciente en todas las unidades asistenciales.
10. Asegurar la disponibilidad de información actualizada sobre medicamentos.
11. Educar a los pacientes sobre su tratamiento.
12. Establecer un sistema de distribución de medicamentos en dosis unitarias.
13. Establecer la prescripción electrónica y a ser posible la prescripción asistida.
14. Implementar nueva tecnologías que permitan mejorar los procesos de dispensación y administración (Gamundi, 2002).

#### 4.5.2. Intervención farmacéutica en la administración de medicamentos por sonda

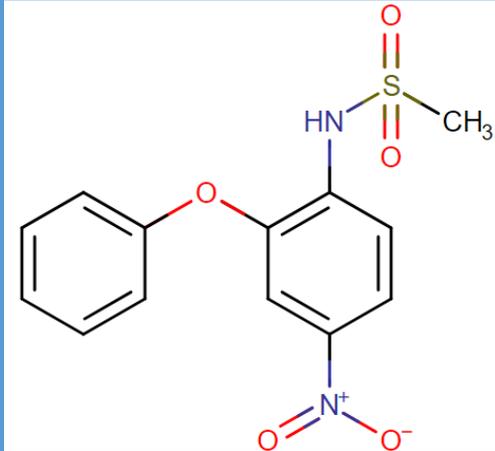
La identificación de interacciones medicamento-nutriente potenciales es una actividad del Farmacéutico y proporciona una contribución única al cuidado nutricional del paciente. También se sabe que el tratamiento nutricional puede tener algún efecto sobre el tratamiento medicamentoso. Los alimentos pueden interferir con la absorción de muchos medicamentos.

Otras consideraciones para el farmacéutico especialista en nutrición son: tratamiento medicamentoso alterado secundario al estado nutricional, fallo fármaco terapéutico debido a nutrientes (por ejemplo Warfarina y productos enterales que contengan y productos enterales que contengan grandes cantidades de vitamina K) y reacciones adversas a medicamentos causadas por nutrientes (por ejemplo, inhibidores de la monoaminoxidasa y alimentos que contengan tiramina).

Considerando el aumento en los conocimientos acerca de las interacciones potenciales medicamento-nutriente, el farmacéutico deberá monitorizar muy de cerca el tratamiento farmacológico concomitante al apoyo nutricional (Gamundi, 2002).

## 4.6. Nimesulida

### 4.6.1. Propiedades fisicoquímicas



**Nomenclatura IUPAC:** N-(4-nitro-2-fenoxifenil) metanosulfonamida

**Fórmula molecular:** C<sub>13</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>S

**Peso molecular:** 308.31 g/mol

**Estado físico:** Polvo cristalino de color amarillo (Santa Cruz Biotechnology, 2015).

**Punto de fusión:** 143- 144.5 °C

**Coefficiente de partición:** 2.22, **pKa:** 6.86

**Solubilidad en agua:** 0.0182 mg/mL (DRUGBANK, 2007).

**Solubilidad en metanol:** 8.812 mg/MI (Rainsford, 2006).

### 4.6.2. Clasificación biofarmacéutica

La nimesulida, un fármaco antiinflamatorio no esteroideo ácido débil es muy poco soluble en agua. La nimesulida se considera de clase II (poco soluble y altamente permeable) según el sistema de clasificación biofarmacéutica, su escasa solubilidad acuosa y la humectabilidad dan lugar a dificultades en las formulaciones farmacéuticas, lo que conduce a una biodisponibilidad variable. Además, su absorción está limitada por la velocidad de disolución (Mehta, Agarwal & Narang, 2008).

### 4.6.3. Farmacodinamia

Inhibidor selectivo de la ciclooxigenasa-2 y como consecuencia de la biosíntesis de prostaglandinas mediadoras de la inflamación; adicionalmente ha demostrado tener otras propiedades bioquímicas como la inhibición de la traslocación de la fosfodiesterasa tipo IV e inhibición de la liberación de histamina de los basófilos y células cebadas.

Neutraliza al ácido hipocloroso, el cual es el agente más tóxico generado por los neutrófilos durante el proceso inflamatorio; en osteoartritis evita la degradación de diversas proteínas del tejido conectivo como la elastina, colágena y proteoglicanos a través de la prevención de la inactivación del inhibidor de la  $\alpha$ -1-proteinasa. Reduce la degradación de la matriz cartilaginosa por inhibición de la síntesis de las metaloproteasas (colagenasa y estromelisin) (VADEMECUM, 2015).

La acción antiinflamatoria de nimesulida es producida al limitar la acción de los radicales superóxido que provocan daño tisular. El efecto antipirético se debe a que reduce la vasodilatación. La acción analgésica se deriva de la inhibición de la síntesis de prostaglandinas, reduciendo así el dolor.

El mecanismo de acción de nimesulida sobre el radical superóxido, confiere a la molécula un diferente perfil terapéutico con respecto de aquellos fármacos antiinflamatorios que funcionan únicamente como inhibidores de la biosíntesis de las prostaglandinas. Con nimesulida se logra el control de la inflamación y del dolor, ya que permite mejoría clínica a partir de la primera dosis (PLM, 2016).

#### 4.6.4. Farmacocinética

**Tabla 5. Parámetros farmacocinéticos de nimesulida**

Parámetro	Valor	Unidad	Vía de administración
<b>Absorción</b>	Se absorbe rápidamente después de la administración oral; la comida tiene poco efecto sobre la absorción de nimesulida		
<b>Distribución</b>			
<b>Volumen de distribución</b>	0.18-0.4	L/Kg	Oral
<b>Unión a proteínas plasmáticas</b>	99	%	
<b>Metabolismo</b>	La nimesulida es metabolizada predominantemente en el hígado a un metabolito 4-hidroxi (que también parece ser biológicamente activo)		
<b>Vida media en plasma</b>	2-5	h	Oral
<b>Aclaramiento</b>	31-106	mL/h/Kg	Oral
<b>Rutas de eliminación</b>	La nimesulida se elimina en bilis y orina. Menos del 0.1% se excreta sin cambios en la orina (DRUGBANK, 2007) (Valentovic, 20017).		

#### 4.6.5. Dosis

La nimesulida es un fármaco antiinflamatorio no esteroideo (AINE) relativamente selectivo de COX-2 con propiedades analgésicas y antipiréticas. Sus indicaciones aprobadas son el tratamiento del dolor agudo, el tratamiento sintomático de la osteoartritis y la dismenorrea primaria en adolescentes y adultos mayores de 12 años.

##### ▪ **Tabletas**

*Adultos:* La dosis consistirá en 100 mg cada 12 horas que puede ser aumentada a 200 mg cada 12 horas, dependiendo de la sintomatología de la enfermedad y la respuesta del paciente.

*Dismenorrea:* Se recomienda tomar 100 mg cada 12 horas por 10 días iniciando el tratamiento cinco días antes del sangrado.

*Padecimientos respiratorios, musculoesqueléticos, traumatismos, intervenciones quirúrgicas,* pudiéndose aumentar la dosis según la severidad del caso, sin embargo, en pacientes ancianos se debe reducir y ajustar de acuerdo con su función renal: 100 mg 2 veces al día.

##### ▪ **Suspensión**

*Infecciones del tracto respiratorio superior, traumatismo, intervenciones quirúrgicas y fiebre:* Niños > 2 años. 3 a 5 mg/Kg divididos en 2 tomas. La duración del tratamiento depende de la indicación y no deberá exceder de 7 días (Facultad de Medicina, 2007) (Accessmedicina, 2017).

#### 4.6.6. Tabletas

Cada TABLETA contiene:

Nimesulida..... 100 mg

Excipiente, c.b.p. 1 tableta

Algunas formulaciones de comprimidos de nimesulida llevan lactosa como excipiente, y aunque la cantidad total ingerida probablemente no sea suficiente para provocar cambios importantes, debe ser tenido en cuenta en pacientes intolerantes a la lactosa.

Se recomienda ingerir los comprimidos enteros, sin masticar y acompañados con un vaso de agua (Portal Farma, 2002).

Las ventajas de utilizar esta forma farmacéutica son:

- Estabilidad
- Fácil manejo

Las desventajas de utilizar esta forma farmacéutica son:

- Hay que modificar la forma farmacéutica por completa.
- Biodisponibilidad comprometida.

#### 4.6.7. Suspensión

SUSPENSIÓN:

Nimesulida..... 1g

Vehículo, c.b.p. 100 mL

Las ventajas que presenta utilizar esta forma farmacéutica son:

- Principalmente y la más importante en este caso se puede administrar cuando el paciente presenta dificultades para deglutir.
- No es necesario realizar una modificación a la forma farmacéutica para su administración.

Las desventajas que presenta utilizar esta forma farmacéutica son:

- Presenta una menor estabilidad que las formas farmacéuticas sólidas.
- Al ser administrada, su efecto no es inmediato.

## 4.7. Simulación molecular

### 4.7.1. Química computacional

Es la disciplina que comprende todos aquellos aspectos de la investigación en química que se benefician de la aplicación de las computadoras. Esta definición incluye desde la aplicación del cómputo para controlar los equipos con los que se realiza investigación, como un espectrofotómetro de infrarrojo, hasta el manejo de bancos de información, pasando por supuesto por las aplicaciones que impactan la descripción de la estructura de las moléculas.

En un sentido más restrictivo, el núcleo de la química computacional implica el uso de modelos matemáticos para la predicción de propiedades químicas y físicas de compuestos, empleando computadoras.

La descripción de un sistema químico por métodos computacionales requiere de la formulación de un modelo físico de un modelo físico cuya complejidad está determinada por el sistema en estudio entendiéndose por “sistema” a una molécula o conjunto de ellas que pueden interactuar o no.

Si se está interesado en las propiedades de una molécula con pocos electrones, como un radical libre pequeño o un ión, especies que pueden catalizar una reacción, entonces se pueden emplear métodos *ab initio* o de primeros inicios, y se refiere a que en este tipo de cálculos se emplean constantes fundamentales de la física como la carga y la masa del electrón y de las partículas nucleares, la rapidez de la luz, la constante de Planck, etc.

Por otro lado, si se está interesado en propiedades de un material, como defectos cristalinos o las propiedades termodinámicas de fluido, se deben aplicar métodos estadísticos. Para realizar un estudio estadístico es necesario conocer las interacciones entre al menos un par de átomos o moléculas, las cuales pueden obtenerse a partir de cálculos de primeros principios (Cuevas, 2005).

#### 4.7.2. Geometría molecular

La implementación y aplicación de la química computacional nos permite investigar múltiples propiedades y comportamientos moleculares como la geometría molecular que además de distancias y ángulos de enlace, es posible caracterizar la forma y tamaños de todo tipo de moléculas y macromoléculas. La energía de todo tipo de especies químicas, incluyendo intermedios, estados de transición, estados excitados, etc. Es posible estimar magnitudes termodinámicas tanto en fase gas como en disolución (Cantudo, 2018).

La optimización geométrica es un procedimiento que intenta hallar la configuración espacial de los núcleos de mínima energía de la molécula. El procedimiento calcula la función de onda y la energía a partir de la geometría inicial (entiéndase por geometría a una dada distribución espacial de los átomos en la molécula) y luego procede a buscar una geometría de menor energía. Esto se repite hasta que la geometría de menor energía encontrada. Es decir se calcula la fuerza sobre cada átomo evaluando el gradiente (primera derivada) de la energía con respecto a las posiciones atómicas (Ferraro, 2006).

#### 4.7.3. Teoría del funcional de la densidad (DFT)

Esta teoría propone que la energía de una molécula se puede determinar a partir de la densidad electrónica en lugar de en su función de onda, esta teoría se originó a partir de un teorema creado por Hohenberg y Kohn. Estos métodos utilizan aproximaciones que permiten hacer más fáciles los cálculos para sistemas con gran número de átomos pesados (Cantudo, 2018).

## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Especificaciones de materiales

- Sondas: Sonda gastrointestinal modelo Levin cal 12fr. Acotada a los 46, 56 ,66 y 76cm. F-709. Diámetro externo de 4.0mm y longitud 127cm.

<b>Registro: 0512C99 SSA</b>	<b>Clave: 060 168 2305</b>
	Lote: 031732
	Fab: Mar-17
	Cad: Mar-22

- Fármacos

#### Nimesulida (comprimidos)

Nombre comercial	Severin ®N. F
Nombre del principio activo	Nimesulida
Contenido del principio activo	100 mg
Laboratorio	Chinoi
Lote	AHE339
Caducidad	May-21

#### Nimesulida (suspensión)

Nombre comercial	Severin ®N. F
Nombre del principio activo	Nimesulida
Contenido del principio activo	1.0 g / 100mL
Laboratorio	Chinoi
Lote	AHD322
Caducidad	ABR-21

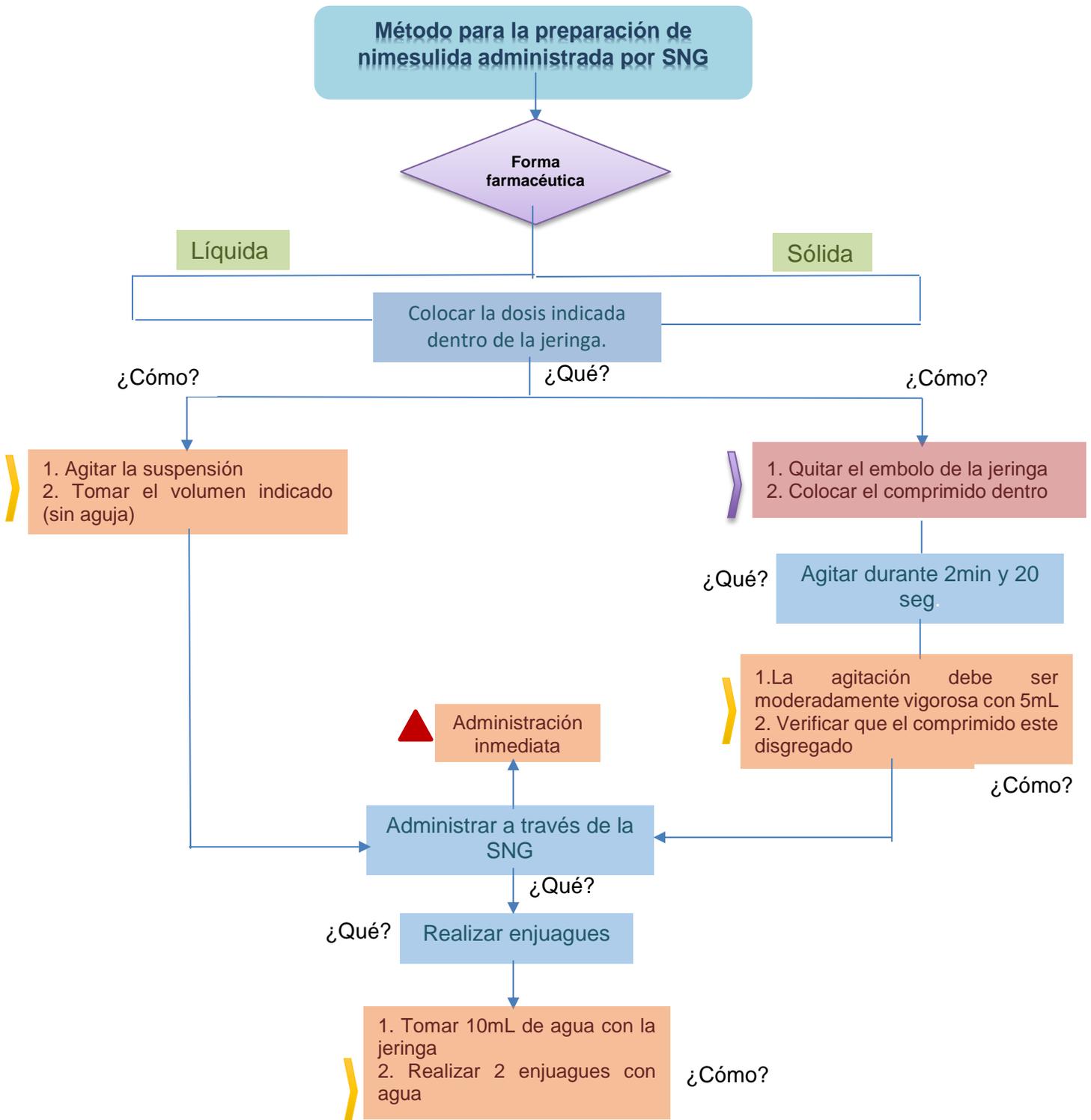
- Equipo

#### Espectrofotómetro:

<b>Marca</b>	<b>Thermo Scientific</b>
<b>Modelo</b>	Genesys 10s
<b>Fuente de luz</b>	Lámpara halógena de tungsteno
<b>Detector</b>	Fotodiodo de silicio

## 5.2. Método para la preparación y administración de nimesulida

Diagrama 5. Método para la preparación de nimesulida administrada por sonda nasogástrica



Preparación de acuerdo a la forma farmacéutica:

1. Forma farmacéutica líquida (suspensión). Agitar la suspensión y tomar la dosis recomendada con la jeringa, es decir 10 mL y administrar de manera inmediata de la siguiente manera: colocar el pivote de la jeringa dentro de la luz de la sonda asegurándose de que no haya salida del medicamento, empujar el émbolo de la jeringa lentamente hasta asegurarse de haber administrado el volumen por completo, asegurarse de no introducir aire (formación de burbujas) dentro de la sonda.

En un recipiente limpio colocar 20 mL de agua destilada, con la misma jeringa utilizada para administrar la suspensión tomar 10 mL de agua y colocar el pivote de la jeringa dentro de la luz de la sonda a manera de no derramar líquido y a continuación realizar el primer enjuague teniendo la precaución de que no se formen burbujas mientras se hace el enjuague, una vez colocado el volumen por completo tomar los otros 10 mL restantes de agua y repetir el procedimiento antes mencionado.

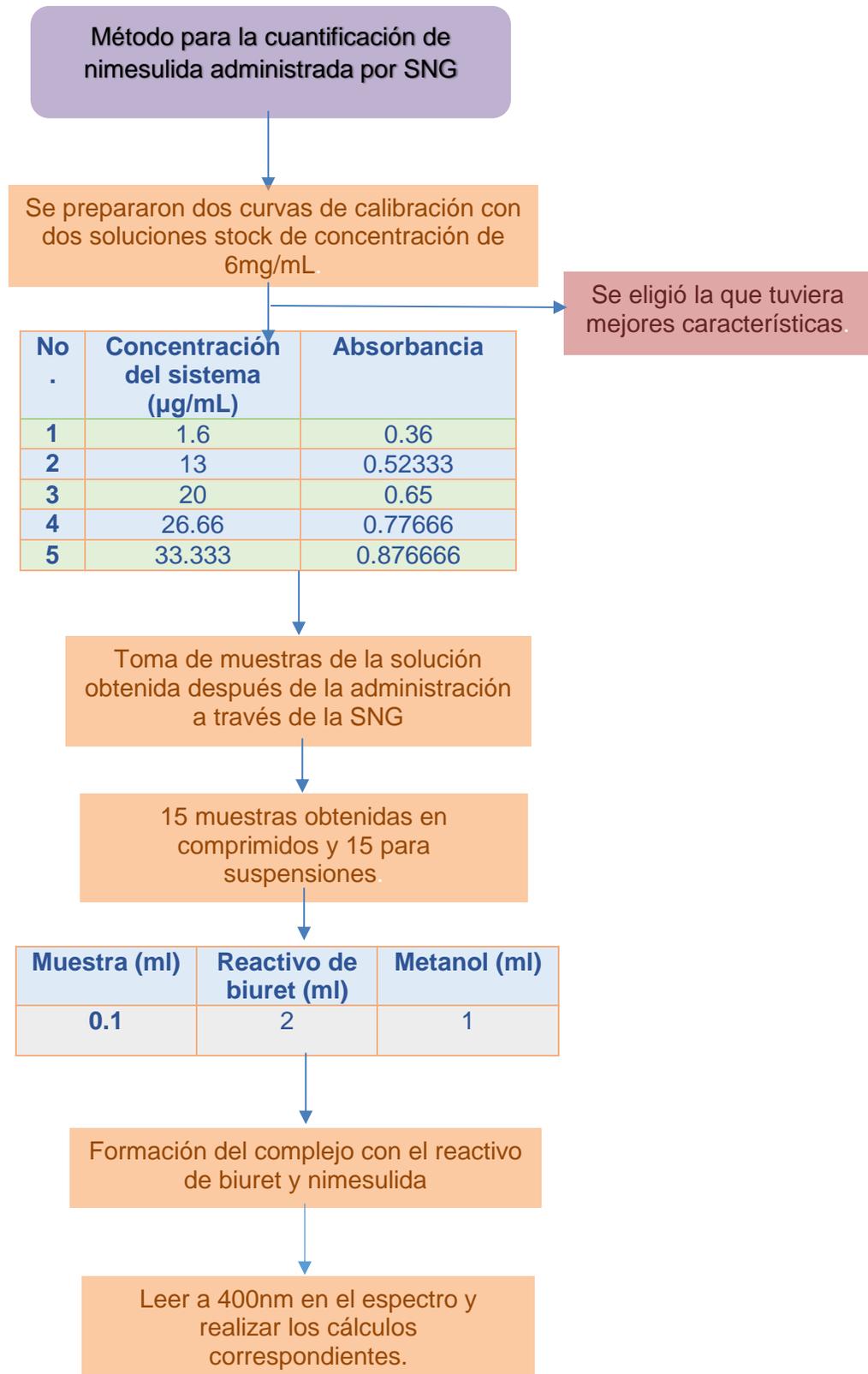
Con estos 20 mL se cumplen con los enjuagues cuya finalidad es la de ayudar a que el fármaco no se quede adherido a la sonda y que la mayoría de la dosis llegue al sitio de absorción.

2. Forma farmacéutica sólida (tabletas). Quitar el émbolo de la jeringa, colocar la dosis recomendada 100 mg que corresponden a una tableta, tomar 5 mL de agua destilada y colocar nuevamente el émbolo, una vez hecho esto agitar de manera vigorosa durante 2 minutos y 20 segundos (el tiempo es importante), finalmente verificar que el comprimido este disgregado y administrar de manera inmediata colocando el pivote de la jeringa dentro de la luz de la sonda y verter el volumen de manera lenta y teniendo especial precaución de que no se formen burbujas.

Una vez que se haya administrado esta preparación se deben realizar los enjuagues como anteriormente se mencionaron con 20 mL de agua, primero deben tomarse 10 mL con la misma jeringa con que se administró el medicamento y posteriormente tomar los 10 mL restantes y con ellos realizar el segundo enjuague.

### 5.3. Método para la cuantificación de nimesulida

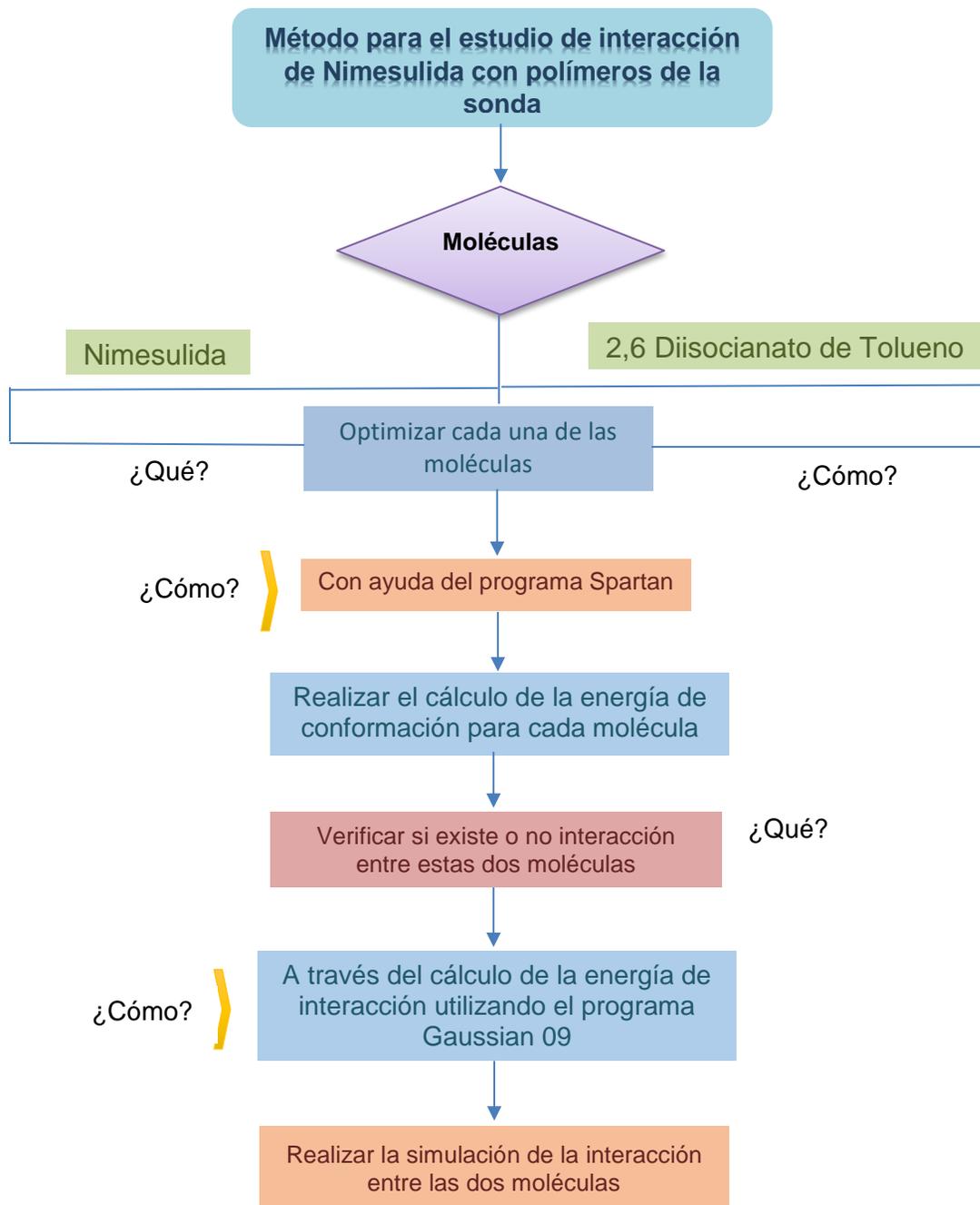
Diagrama 6. Método para la cuantificación de nimesulida administrada por sonda nasogástrica



1. Se realiza la preparación de dos soluciones stock cada una con una concentración de 6 mg/mL, a partir de las cuales se prepara 1 curva de calibración con cada una.
2. Cada curva de calibración tiene al menos 5 puntos y de ellas se eligió la que contara con mejores características es decir que fuera lineal y  $R^2$  mayor o igual a 0.99.
3. Después de realizar las administraciones se toman las muestras de la solución obtenida para lo cual se necesita 15 muestras de cada una las formas farmacéuticas.
4. Se realiza la preparación del reactivo de Biuret ya que es esencial para la cuantificación.
5. Se toman 0.1 mL de cada muestra y se le añaden 2 mL de reactivo de Biuret y 1 mL de metanol.
6. Con la ayuda del reactivo de Biuret se realiza la formación del complejo que ayuda por medio del cual se cuantifica la Nimesulida.
7. Cada muestra se lee a 400 nm y con la obtención de la absorbancia se calcula la concentración de cada una de estas muestras.

#### 5.4. Método para el estudio de la interacción de Nimesulida con polímeros de la sonda nasogástrica

Diagrama 7. Método para el estudio de interacción nimesulida con polímeros de la sonda



Primero debe realizarse la optimización de cada una de las moléculas, es decir la Nimesulida y el 2,6 Diisocianato de Tolueno, esta optimización permite antes que nada conocer la configuración espacial, la distancia y los ángulos de enlace. Con la optimización también es necesario conocer la energía de conformación que más adelante es de ayuda para conocer si de verdad existe una interacción entre estas dos moléculas.

Posterior a ello se realizó el cálculo de la energía de interacción utilizando para ello las energías de Nimesulida y de 2,6 Diisocianato de Tolueno. Además de ello se realizó una simulación donde ambas moléculas se encontrarán juntas y donde se pudiera apreciar su conformación espacial, lo que dio como resultado observar la formación de puentes de hidrógeno que comprobaban una interacción.

### 5.5. Validación del método

#### **Precisión intermedia**

Participaron 2 analistas, en 2 días diferentes, en el mismo laboratorio. Se analizaron por triplicado en cada caso muestras equivalentes al 100 % de nimesulida. Se calculó el CV total. Criterio de aceptación:  $CV < 2\%$ .

Adicionalmente se realizaron otras pruebas para evaluar la influencia del analista y el día en los resultados analíticos, estas fueron:

- Prueba F de Snedecor: se utilizó para determinar si existían diferencias significativas entre los resultados de los analistas que emplearon el mismo método y entre los días en que se realizaron los análisis.
- Se calculó el valor de  $F_{exp}$  y se comparó con  $F_{tab}$  para  $\alpha = 0,05$ ,  $F_1 = n-1$  grados de libertad del numerador y  $F_2 = n-1$  grados de libertad del denominador. Si  $F_{exp} < F_{tab}$  no existe diferencia significativa entre la precisión alcanzada por los analistas, en 2 días de trabajo.

DIA 1	Analista A	Analista B
	92.383	91.476
	91.478	92.444
92.220	92.224	
DIA 2	91.547	92.386
	92.374	92.444
	92.348	92.220

<b>DIA 1</b>	<b>276.081</b>	<b>276.144</b>	<b>552.225</b>
<b>DIA 2</b>	276.269	277.05	<b>553.319</b>
<b>SUM</b>	<b>552.35</b>	<b>553.194</b>	<b>1105.544</b>

**Tabla 6. ANOVA**

FV	gL	SC	CM	F	FT
A	i-1 2-1=1	0.029679	0.029679/1 = 0.029679	0.029679/2546.3848 = $1.16 \cdot 10^{-5}$	1/20= 4.351
D	j-1 2-1=1	27409.92663	27409.92663/1 = 27409.92663	27409.92663/2546.3848 = 10.7642	
AD	(i-1)(j-1) (2-1)(2-1)=1	731.94612	731.94612/1 =731.94612	731.94612/2546.3848 = 0.2886	
	(k-1)(ij) (6-1)(2*2)=20	50927.69782	50927.69782/20 = 2546.3848		

$$n-1 = 24-1 = 23$$

## 5.6. Curva de calibración

Tabla 7. Datos de la curva de calibración de nimesulida (analista 1)

Curva de calibración 1		
Concentración (µg/mL)	Absorbancia	Absorbancia promedio
1.6	0.36	0.356666667
	0.35	
	0.36	
13	0.52	0.52
	0.51	
	0.53	
20	0.65	0.643333333
	0.64	
	0.64	
26.66	0.78	0.77
	0.77	
	0.76	
33.333	0.92	0.92
	0.93	
	0.91	
Promedio	0.642	
desviación	0.0083094	
CV	1.364981	

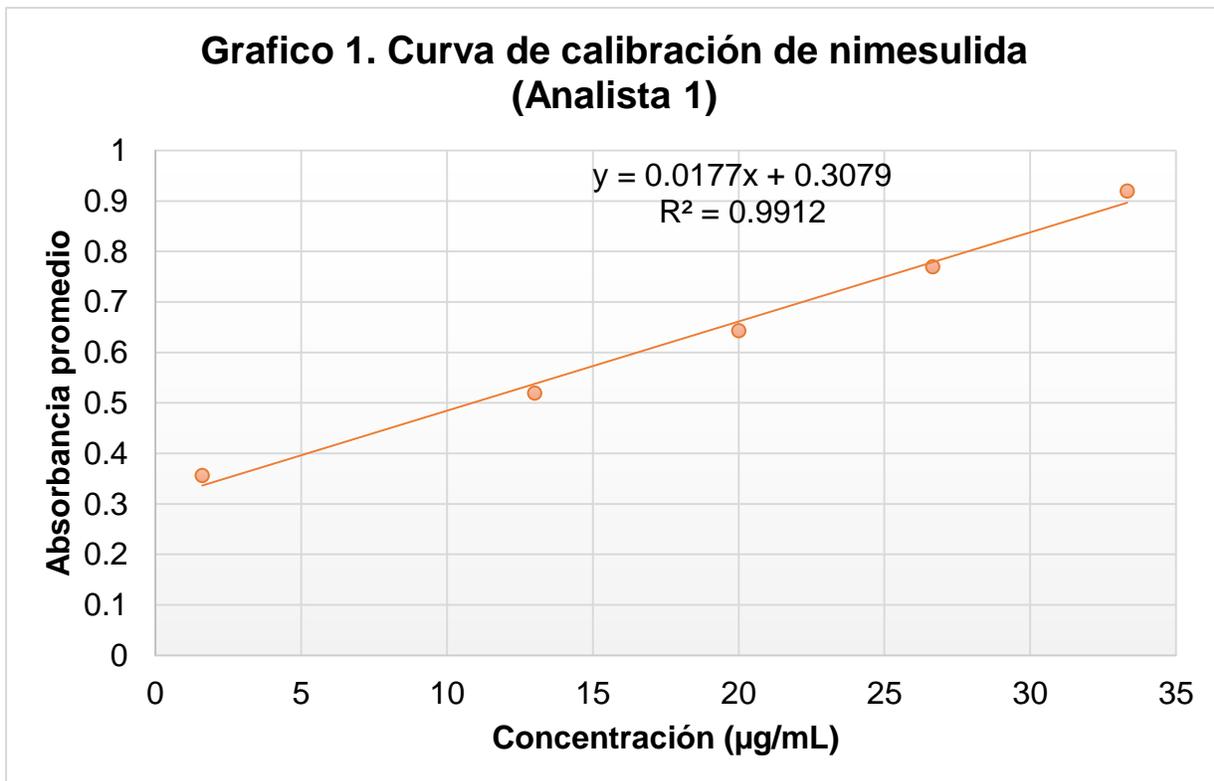
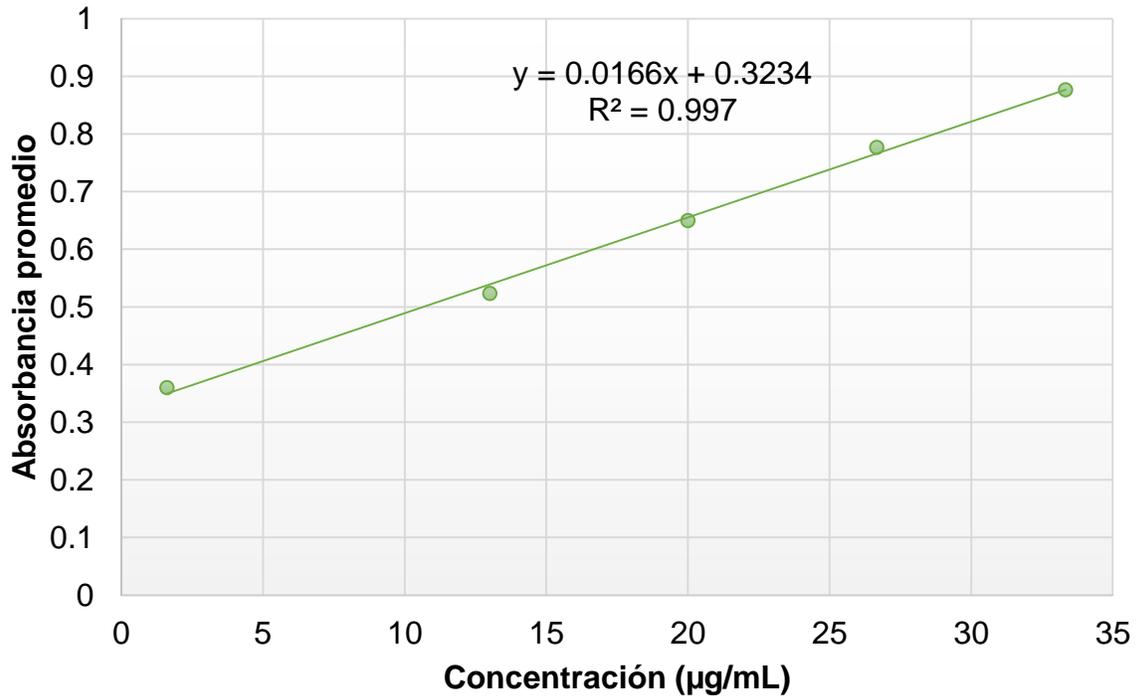


Tabla 8. Datos de la curva de calibración de nimesulida (analista 2)

Curva de calibración 2		
Concentración (µg/mL)	Absorbancia	Absorbancia promedio
1.6	0.36	0.36
	0.37	
	0.35	
13	0.52	0.5233333333
	0.52	
	0.53	
20	0.65	0.65
	0.66	
	0.64	
26.66	0.78	0.776666667
	0.77	
	0.78	
33.333	0.92	0.876666667
	0.93	
	0.93	
Promedio	0.637333333	
desviación	0.0074641	
CV	1.36428006	

Grafico 2. Curva de calibración de nimesulida (Analista 2)



## 6. Resultados

### 6.1. Resultados de tabletas

**Tabla 9. Resultado de la cuantificación de nimesulida en comprimidos administrada por SNG.**

Muestra	Absorbancia	%Recuperación	%Perdido
1	0.63	92.383	7.617
2	0.61	86.356	13.644
3	0.63	92.383	7.617
4	0.62	89.370	10.63
5	0.62	89.370	10.63
6	0.63	92.383	7.617
7	0.61	86.356	13.644
8	0.62	89.370	10.63
9	0.63	92.383	7.617
10	0.60	83.343	16.657
11	0.63	92.383	7.617
12	0.62	89.370	10.63
13	0.62	89.370	10.63
14	0.61	86.356	13.644
15	0.63	92.383	7.617
<b>Promedio</b>	0.6206	89.5706	10.4294

En esta tabla es posible apreciar el porcentaje de recuperación que se refiere al porcentaje obtenido de Nimesulida después de su administración por sonda nasogástrica, para el cual el valor más alto es el de 92.383% que se repite en varias ocasiones, mientras que el valor más bajo es de 83.343% que sólo se presenta una vez y un promedio de 89.5706%; así mismo se cuenta con el porcentaje perdido cuyo valor más alto es de 16.657% y el valor más bajo 7.617% y por último un promedio de 10.4294% que comparándolo con el de recuperación es mucho menor, lo que demuestra que hay muy poca pérdida del fármaco en esta forma farmacéutica.

## 6.2. Resultados de suspensión

**Tabla 10. Resultado de la cuantificación de nimesulida en suspensión administrada por SNG.**

Muestra	Absorbancia	%Recuperación	%Perdido
1	0.59	80.330	19.67
2	0.58	77.317	22.683
3	0.58	77.317	22.683
4	0.59	80.330	19.67
5	0.60	83.343	16.657
6	0.58	77.317	22.683
7	0.59	80.330	19.67
8	0.59	80.330	19.67
9	0.58	77.317	22.683
10	0.60	83.343	16.657
11	0.59	80.330	19.67
12	0.58	77.317	22.683
13	0.59	80.330	19.67
14	0.60	83.343	16.657
15	0.60	83.343	16.657
<b>Promedio</b>	0.5893	80.1291	19.8708

Al igual que en la tabla anterior aquí se muestran tanto el porcentaje de recuperación como el perdido después de la administración de Nimesulida por sonda nasogástrica. El valor más alto para el porcentaje de recuperación es de 83.343%, mientras que el más bajo es de 77.317% y un promedio de 80.1291%; en cuanto al porcentaje perdido el valor mayor es 22.683%, el más bajo 16.657% y un promedio final de 19.8708% que comparado con el de recuperación es menor que este pero aun así es significativo para esta forma farmacéutica.

Si comparamos el porcentaje de recuperación de ambas formas farmacéuticas veremos que es mayor para las tabletas, por tanto hay más pérdida del fármaco si se administra en suspensión.

### 6.3. Interacción de Nimesulida con polímeros de los diferentes tipos de sonda nasogástrica

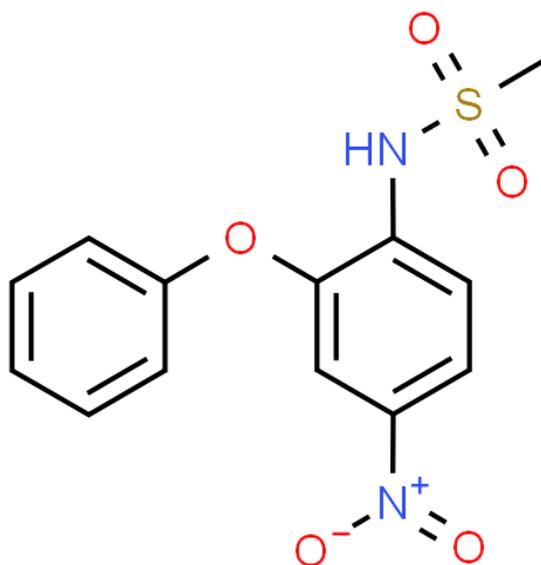


Figura 19. Estructura de la Nimesulida. Recuperado de: DrugBank

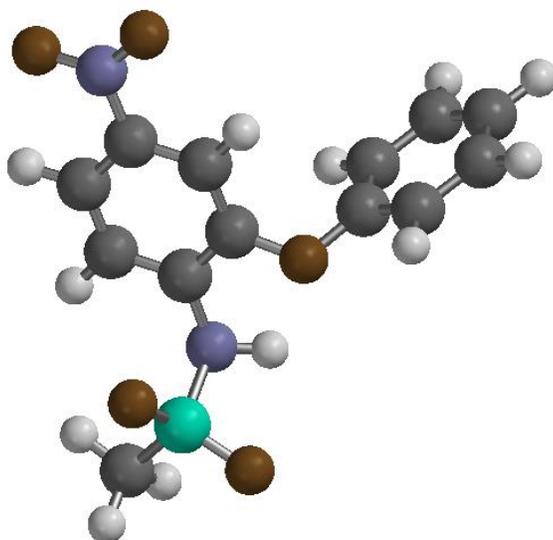


Figura 20. Estructura de la Nimesulida optimizada con Spartan. Energía de conformación 22.7728 kcal/mol

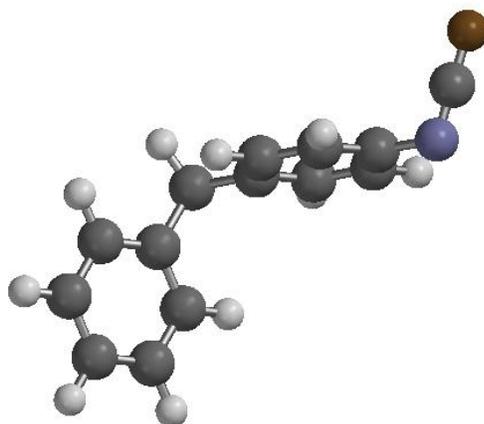


Figura 21. Estructura de 2,6 Diisocianato de Tolueno, monómero del poliuretano. Energía de conformación 39.8550 kcal/mol

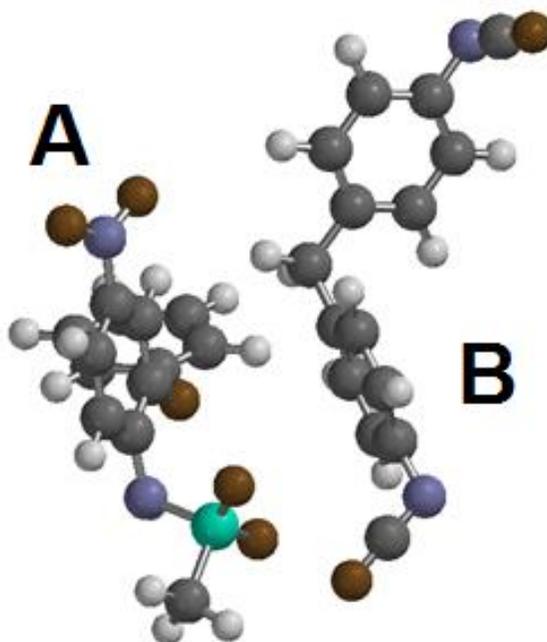


Figura 22. Interacción de Nimesulida (A) y 2,6 Diisocianato de Tolueno (B). Energía de conformación 48.8836 kcal/mol

Lo cual indica que la energía de interacción es igual a:

$$\begin{aligned} & \text{Energía}_{(\text{Nimesulida} + \text{Toluen 2,6 disocianato})} - (\text{Energía}_{\text{Nimesulida}} + \text{Energía}_{\text{Toluen 2,6 disocianato}}) \\ & = 48.8836 - (22.7728 + 39.8550) = -13.7442 \text{ kcal/mol} \end{aligned}$$

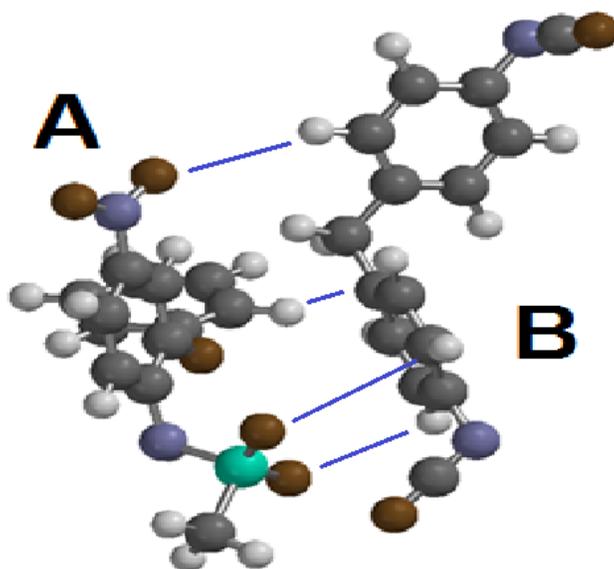


Figura 23. (A) Nimesulida y (B) Disocianato interaccionando. Donde se muestran los puentes de hidrógeno (líneas azules), indicando la razón por la cual el fármaco se adsorbe sobre el tubo de polímero, de la sonda nasogástrica.

Este estudio de interacción se llevó a cabo usando los paquetes de software, Spartan y Gaussian 09, en la supercomputadora Miztli, de la dirección general de Tecnologías de la información y comunicación, DGTIC.

## 7. Análisis de resultados

El método analítico basado en la formación de un complejo de la nimesulida con el reactivo de Biuret, el sulfato de cobre hidratado proporciona iones de Cu (II) que forman el complejo. Los iones Cu (II) le dan al reactivo su característico color azul. La solución de hidróxido de potasio proporciona el medio alcalino y el tartrato de sodio y potasio ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) estabiliza el complejo.

La reacción de Biuret se ha estudiado ampliamente y se ha encontrado reactivo activo en la determinación de acidamidas, imidas de ácidos y amidinas.

La nimesulida es una sulfoanilida y, por lo tanto, se aprovechó la ventaja de cuantificar este fármaco basándose en la reacción previa del reactivo con la naturaleza similar de los compuestos. El reactivo Biuret es de color azul claro, la solución se vuelve verdosa cuando se mezcla con el fármaco nimesulida (Muhammad & Muhammad, 2012).



Las condiciones (pH, solvente, longitud de onda óptima, etc) a las cuales se llevó acabo la realización del método analítico se estimaron contemplando las características de nimesulida.

Por otra parte, la metodología de preparación se respalda propiamente en el método analítico, que al final era la idea principal, encontrar una metodología adecuada donde se demostrara que esa es la mejor para la administración de fármacos a través de SNG, aunado a ello es difícil garantizar que después de la preparación va a llegar el 100% de dosis ya que en ello influyen factores que son imposibles de controlar.

La metodología de preparación es una parte importante en la administración ya que no existe un documento donde se indique como debe realizarse adecuadamente y que esté a su vez este respaldado en base algún proceso científico.

Ahora bien, además de que la metodología tiene un respaldo científico y cuenta además con un respaldo estadístico donde se validó el método de preparación y con ello el método de cuantificación, estadísticamente se demostró lo siguiente:

- Ho se rechaza no hay diferencia significativa, por tanto el método es reproducible y repetible
- El método cumple con los criterios de aceptación tanto como el CV así como el rechazo de Ho por lo cual esto respalda que el método es confiable.

Si bien, se sabe que el preparar un medicamento que ya está previamente acondicionado modifica totalmente las propiedades de este mismo, tal como es triturar una tableta, disolver solamente el polvo que está dentro de una cápsula, etc. son situaciones que alteran completamente que el fármaco o principio llegue a su sitio de absorción y posterior a ello siga la farmacocinética correspondiente, por ello es conveniente el desarrollo de metodologías para cada fármaco, con ello se sabe que se van a alterar propiedades de tipo físico químicas y farmacológicas tales como farmacodinámicas y farmacocinéticas.

Se realizó la administración de dos formas farmacéuticas del medicamento Nimesulida, esto con la finalidad de comparar con cuál de las dos habría una menor pérdida después de realizarse la administración. En la mayoría de los documentos consultados se recomienda como primera opción utilizar formas farmacéuticas líquidas, ya que estas no necesitan ser modificadas para su administración, sin embargo en la Tabla 10 que muestra los resultados de la cuantificación para la suspensión y comparándolos con los obtenidos para los comprimidos se observa que hay un menor porcentaje de recuperación para la suspensión.

Esto debido a las características que presenta esta forma farmacéutica, una de las más relevantes es la viscosidad puesto que esta origina obstrucciones en la sonda, al administrar la suspensión Severin NF se observó que fluía de una manera más lenta comparada con la administración del comprimido disuelto, y había zonas de la sonda que se veían opacas, aún después de realizar el lavado, esto debido a que la suspensión se queda adherida, además su viscosidad hace más difícil que fluya dentro de la sonda.

En cuanto a los resultados obtenidos para los comprimidos se observa que hay un mayor porcentaje de recuperación, el cual se ve influenciado por la metodología al prepararlos para su administración puesto que en ella no se realizó una modificación drástica (triturar) de los comprimidos, al disolverlos dentro del mismo dispositivo utilizado para su administración se asegura que haya una menor pérdida del medicamento, por tanto el porcentaje de pérdida se atribuye a que también hay adherencia del fármaco en la sonda.

Para realizar la administración se utilizó una sonda tipo Levin que generalmente están fabricadas de PVC y este material puede producir adsorción de algunos principios activos, disminuyendo así su concentración, por lo cual este pudo haber sido otro factor que provocó la disminución del porcentaje recuperado, dentro de los resultados se muestra el estudio de la interacción de Nimesulida y el 2,6 toluendiisocianato este último es un monómero del poliestireno material que se usa en la fabricación de las sondas, en donde se observa que interaccionan formando puentes de hidrógeno, lo cual sería una manera de comprobar que el fármaco se queda adherido a la sonda.

Para realizar la administración de este o de cualquier otro medicamento por sonda nasogástrica, es importante tomar en cuenta las propiedades de cada forma farmacéutica y del fármaco, en este caso se pudo realizar la comparación de comprimidos y suspensión ya que ambos están disponibles para Nimesulida, sin embargo hay fármacos que solo se encuentran en una forma farmacéutica sólida.

Pero se deben evitar lo mayor posible aquellos medicamentos: recubiertos, de liberación controlada, prolongada pues estos de ninguna manera pueden ser modificados, sin embargo si no hay otra opción pueden utilizarse utilizando la metodología que anteriormente se detalla esto con la finalidad de dañar lo menos posible el medicamento.

El porcentaje de recuperación impacta directamente en la dosis (generalmente de 100 mg cada 12 horas), de acuerdo a los resultados obtenidos se demuestra que hay una disminución de la dosis administrada, lo cual afectaría el efecto terapéutico del fármaco, pues este no se podría lograr ya que no se administró la dosis completa, originando problemas en el paciente como poca o ninguna mejoría de la función, poco o ningún alivio de la sintomatología, reacciones adversas derivadas de administrar mucho más medicamento del prescrito o recomendado con la finalidad de cumplir con los objetivos de la terapia.

Lo recomendado de acuerdo con los resultados obtenidos sería administrar 10 mg más de la dosis prescrita por el médico esto con la finalidad de completar aquello que se pierde y que de esta manera se pueda cumplir con el efecto terapéutico del medicamento, además se debe seguir tal y como es la metodología es decir tomar en cuenta la temperatura y el tiempo de mezclado para evitar mayores pérdidas de la dosis, considerando que la metodología antes descrita es fácil de realizar y no implica el uso de muchos materiales ni tiempo por parte del personal de enfermería que es para quien está dirigido.

Recordar que siempre que sea posible se debe pedir el consejo del farmacéutico pues es el profesional adecuado para hablar de medicamentos y además es un integrante importante en el equipo de salud y esto puede ayudar a evitar los errores de preparación y administración que comúnmente ocurren en este tipo de prácticas.

## 8. Conclusiones

1. Se identificaron los principales factores que se ven influenciados con la administración de nimesulida a través de sonda nasogástrica, tales como el volumen para disolver el fármaco, forma farmacéutica y tiempo.
2. Al preparar y administrar la nimesulida se identificaron condiciones tales como temperatura y tiempo de mezclado que influyen en que la preparación sea adecuada.
3. Se logró establecer una metodología adecuada considerando factores externos para la preparación y administración de nimesulida a través de SNG, esta metodología cuenta con las características para ser repetible, accesible y de fácil entendimiento.
4. Se reconoció la importancia clínica de realizar una adecuada preparación y administración, ya que con esto aumenta la posibilidad de que el paciente reciba la dosis completa y por tanto se obtenga el efecto terapéutico deseado, así como evitar complicaciones como la obstrucción de la sonda.
5. Es importante recalcar el papel del farmacéutico como un profesional importante en el equipo de salud donde su principal tarea es informar y resolver problemas respecto a los medicamentos utilizados; por ello es necesario que se reconozca en el ámbito hospitalario ya que cuestiones de este tipo referente al tema manejado en la tesis son de suma importancia y todo con el fin de dar una terapia mejor y segura al paciente.

## 9. Prospectivas

Es importante que se preste atención al uso de medicamentos por sonda nasogástrica ya que ocurren problemas durante la preparación y la administración, por tanto, debe considerarse que medicamentos son más empleados, las formas farmacéuticas disponibles, las características tanto del fármaco como del medicamento y el material de la sonda utilizada.

Se sugiere que se realicen este tipo de estudios a los diferentes fármacos empleados en este tipo de administración ya que no hay un documento que nos indique cómo realizarlo y mucho menos que se encuentre respaldado científicamente.

Por otra parte, es conveniente realizar estudios de interacción fármaco y nutrición enteral asimismo la interacción de los materiales de la sonda respecto con el fármaco y su adherencia.

## 10. Referencias

- Accessmedicina. (2017). *Nimesulida*. México: McGraw-Hill. Recuperado de:  
[https://accessmedicina.mhmedical.com/data/AccessMedicina/Vidal/FT\\_M01AX17.html](https://accessmedicina.mhmedical.com/data/AccessMedicina/Vidal/FT_M01AX17.html)
- Álvarez, J., Peláez, N. & Muñoz, A. (2006). Utilización clínica de la Nutrición Enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 87-99.
- ASEM Galicia.(2017). *Informe científico de Función digestiva y enfermedades neuromusculares* (7). Recuperado de: [http://www.asemgalicia.com/wp-content/uploads/Funci%C3%B3n\\_Digestiva-y-Enfermedades-Neuromusculares\\_Saber-y-Entender\\_Informe.pdf](http://www.asemgalicia.com/wp-content/uploads/Funci%C3%B3n_Digestiva-y-Enfermedades-Neuromusculares_Saber-y-Entender_Informe.pdf)
- Balbás, V. & Gómez, A. (2012). *Nutrición Enteral: Proceso de atención de enfermería en la malnutrición del paciente geriátrico*. Cantabria, España: Enfermería Cantabria. Recuperado de: <http://ito.mx/Ln6V>
- Barrett, K. & Barman, S. (2012). *Ganog. Fisiología Médica*. Ciudad de México, México: McGrawHill.
- Cantudo, R. (2018). *Introducción a las técnicas de simulación molecular y su potencial aplicación en el ámbito de la ingeniería química* (tesis de pregrado). Universidad de Cantabria, Cantabria, España.
- Cassan, A. (2014). *Atlas básico de fisiología*. Recuperado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2012/atlas/2.pdf>
- Centro de Referencia. (2012). *Procedimientos sanitarios y asistenciales: Anatomofisiología de la ingestión, digestión y absorción de alimentos*. Madrid, España: CEDE. Recuperado de: [https://www.serina.es/empresas/cede\\_muestra/307/TEMA%20MUESTRA.pdf](https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/307/TEMA%20MUESTRA.pdf)
- Cuevas, G. (2005). *Química computacional*. México, Ciudad de México: UNAM. Recuperado de: [https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/56\\_2/quimica\\_comutacional.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/56_2/quimica_comutacional.pdf)
- DRUGBANK 5.13. (2007). *Nimesulide*. Canada: DRUGBANK. Recuperado de: <https://www.drugbank.ca/drugs/DB04743>
- Facultad de Medicina. (2007). *Nimesulida*. Ciudad de México, México: UNAM. Recuperado de: [http://www.facmed.unam.mx/bmd/gi\\_2k8/prods/PRODS/Nimesulida.htm](http://www.facmed.unam.mx/bmd/gi_2k8/prods/PRODS/Nimesulida.htm)
- Ferraro, M. (2006). *Estructura de la materia 3*. Recuperado de: [http://users.df.uba.ar/gpagola/e3pc2006/practicacomputacional1\\_v2.pdf](http://users.df.uba.ar/gpagola/e3pc2006/practicacomputacional1_v2.pdf)

- Gago, A., Garzas, M. & Cruces, M.(2008). *Guía de Administración de Fármacos por Sonda Nasogástrica*. Andalucía, España: Servicio Andaluz de Salud. Recuperado de: [https://www.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hrs3/fileadmin/user\\_upload/area\\_atencion\\_alprofesional/comision\\_farmacia/boletines/guia\\_admon\\_sng.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hrs3/fileadmin/user_upload/area_atencion_alprofesional/comision_farmacia/boletines/guia_admon_sng.pdf)
- Gamundi,M.(2002). Errores de medicación. En M. Otero & R. Martín (Ed.), *Farmacia Hospitalaria Tomo I* (pp. 714-747). Madrid, España: SEFH.
- García, P. & López, G. (2007). Evaluación de la absorción y metabolismo intestinal. *Nutrición hospitalaria*, 22(2), 5-13.
- Giménez, J. & Herrera, J. (2004). Errores de medicación: Concepto y evolución. *Farmacia Profesional, Volumen 18* (99), 44-50.
- Gómez, C. & Sastre, A. (2008). *Soporte Nutricional en el paciente oncológico*. Recuperado de: <https://seom.org/seomcms/images/stories/recursos/infopublico/publicaciones/soporteNutricional/index.htm>
- Hidalgo, F., Delgado, E. & García, D. (1995). Guía de Administración de Fármacos por Sonda Nasogástrica. *Farmacia Hospitalaria*, 19(5), 251-258.
- López, M. & De Ancos, F. (2008). Productos sanitarios en nutrición enteral. *Panorama Actual*,32(318), 1237-1244.
- Luna, T., Sorn, I., & Goyache, M.(1998). Técnica para la administración de medicamentos por sonda nasogástrica. *Farmacia Hospitalaria*, 22(5), 257-260.
- Mehta, A., Agarwal, S. & Narang, R. (2012). Preparation and evaluation of solid dispersioaqn of nimesulide for enhancing the solubility. *Intenational Journal of Pharmaceutical Sciences*,4(1), 1871-1876.
- Molina, F. (2005). *Estudio in vitro de los cambios fisicoquímicos que experimentan las formas farmacéuticas sólidas que se administran por sonda nasogástrica en pacientes con nutrición enteral total* (tesis de pregrado).Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Muhammad, B. & Muhammad, H.(2012). Development and Validation of Spectrophotometric Method for the Determination of Nimesulide in Bulk and Tablet Dosage Forms by Biuret Reagent Method. *J.Chem.Soc.Pak*,34(3), 713-716.
- Navas, V. & Blasco, J. (2011). Material. *Nutrición Hospitalaria Suplementos*, 4(1), 11-22.

- Peña, J. & Santiago, A. (Ed.). (2012). *Guía de Administración de Medicamentos por Sondas de Alimentación Enteral*. Madrid, España: Hospital Clínico San Carlos.
- Pickering, K. (2003). The administration of drugs via enteral feeding tubes. *Nutrition Times*, 99(46), 46-49.
- PLM. (2016). *Nimesulida*. México: SMDP Recuperado de: [http://www.medicamentosplm.com/home/productos/nimesulida\\_tabletas/2655/101/52548/210](http://www.medicamentosplm.com/home/productos/nimesulida_tabletas/2655/101/52548/210)
- Portal farma. (2002). *Ficha de información al paciente: Nimesulida*. Recuperado de: [https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/backup/Documentacion/Documentos/FICHAS%20PACIENTE/Antiinflamatorios%20no%20esteroidicos%20sistemicos%20\(AINEs\)/4729%20Nimesulida.PDF](https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/backup/Documentacion/Documentos/FICHAS%20PACIENTE/Antiinflamatorios%20no%20esteroidicos%20sistemicos%20(AINEs)/4729%20Nimesulida.PDF)
- Rainsford, K. (Ed.). (2006). *Nimesulide Actions and Uses*. Berlín, Alemania: Springer Science & Business Media.
- Rangel, I. & Fruns, I. (2008). *Guía de Administración de Fármacos por Sonda*. Badajoz, España: Gerencia del Área de Salud de Badajoz. Recuperado de: [http://www.areasaludbadajoz.com/Farmacia/Documentos/Protocolos/Guia\\_Admon\\_Medicamentos\\_por\\_Sonda\\_v1.1.0\\_Gerencia\\_Area\\_Badajoz.pdf](http://www.areasaludbadajoz.com/Farmacia/Documentos/Protocolos/Guia_Admon_Medicamentos_por_Sonda_v1.1.0_Gerencia_Area_Badajoz.pdf)
- Sánchez, I. (1988). Sonda nasogástrica (II). Sondas de alimentación. *Revista ROL de Enfermería*, 118, 75-80.
- Sánchez, I. (1987). Sonda nasogástrica (SNG) (I). *Revista ROL de Enfermería*, 117, 61-65.
- Santa Cruz Biotechnology. (2015). *Ficha de Datos de Seguridad: Nimesulida*. Texas, Estados Unidos: Santa Cruz Biotechnology. Recuperado de: <http://datasheets.scbt.com/sds/eghs/es/sc-200623.pdf>
- Schneider, A. & Feussner, H. (2017). *Biomedical Engineering in Gastrointestinal Surgery*. doi: 10.1016/b978-0-12-803230-5.00002-6
- Servicio de Farmacia. (2006). *Guía de Administración de Medicamentos por Sonda Nasogástrica*. Madrid, España: Servicio de Farmacia. Recuperado de: [http://www.dep20.san.gva.es/especializada/servicios/farmacia/guias/guia\\_adm\\_medicamentos.pdf](http://www.dep20.san.gva.es/especializada/servicios/farmacia/guias/guia_adm_medicamentos.pdf)
- STUDYLIB. (2013). *Escala francesa de Charrière catéteres*. California, Estados Unidos: STUDYLIB. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/690388/escala-francesa-de-charri%C3%A8re-cateteres>

- VADEMECUM. (2015). *Monografías de Principio Activo. Nimesulida*. Madrid, España: VIDAL GROUP. Recuperado de: <https://www.vademecum.es/principios-activos-nimesulida-m01ax17>
- Valentovic, M. (2007). Nimesulide. *xPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference* [Versión electrónica]. Virginia, Estados Unidos: Marshall University, <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.62283-4>
- White, R. & Bradnam, V. (2015). *Handbook of Drug Administration via Enteral Feeding Tubes*. Londres, Reino Unido: Pharmaceutical Press.