



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

Análisis de tendencias temporales del gasto destinado para la  
adquisición de productos farmacéuticos en los últimos 11 años del  
Hospital Infantil de México Federico Gómez

TESIS

Que para obtener el título de

Licenciado en Economía

P R E S E N T A

DIRECTOR DE TESIS

**Mtro. Benjamín Oliva Vázquez**



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 20 de enero, 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Índice

Introducción-----	6
1.1    Objetivo del trabajo de investigación -----	9
1.2    Hipótesis -----	10
1.3    Principales resultados y hallazgos -----	10
2    Revisión de la literatura-----	12
2.1    El campo de la economía de la salud y la farmacoeconomía-----	12
2.2    La eficiencia en el sector salud -----	14
2.3    Gasto público en salud -----	15
2.4    Gestión de farmacia hospitalaria -----	18
2.4.1    Datos transversales de análisis ABC: -----	20
2.4.2    Datos transversales de análisis utilización de fármacos 90% (DU90%): -----	22
2.4.3    Análisis Vital, Esencial y No esencial (VEN): -----	23
2.4.4    Tendencias de series temporales: -----	24
2.4.5    Análisis de regresión segmentada-----	25
2.4.6    Pronósticos-----	27
2.4.7    Indicadores de razón -----	28
2.5    Conclusión de la revisión de literatura -----	30
3    Metodología-----	31
3.1    Tipo de investigación -----	31

3.2	Fuente de datos y clasificación anatómica terapéutica y química (ATC)	
	34	
3.3	Variables de estudio	45
3.4	Técnicas econométricas	45
3.4.1	Modelos de series temporales no lineales	46
3.4.2	Regímenes determinados por información observable	47
3.4.3	Regímenes determinados por variables no observables	53
3.5	Conclusiones de las metodologías revisadas	56
4	Resultados	57
4.1	Prueba de Raíz unitaria	57
4.2	Modelo de serie temporal con cambio de régimen	59
4.2.1	Graficas de los modelos	60
4.3	Conclusiones las estimaciones de cambio de régimen	76
5	Conclusiones y Recomendaciones	77
5.1	Recomendación	78
5.2	Extensión	78
6	Bibliografía	79
7	Apéndice	82
7.1	Modelos GARCH Lineales	82

## **Agradecimientos**

*A mi Director de tesis, Mtro. Benjamín Oliva Vázquez y a mi Asesor el Dr. Alfonso Reyes López, por la tutoría y asesoría proporcionada a este trabajo y sus oportunas orientaciones en la realización del mismo, y enfrentando las adversidades que la Pandemia nos impuso.*

*De manera muy especial al Dr. Rodolfo Jiménez Juárez, por brindar su apoyo incondicional y trasmitirme ese entusiasmo de superación constante.*

*A la Dra. Olga Magdala Morales Ríos, por su apoyo incondicional en el desarrollo y construcción de la base de datos brindando su orientación para poder realizar este trabajo.*

*Al CP. Elías Hernández Ramírez, que fue la persona que me dio la oportunidad de trabajar en el Hospital Infantil de México Federico Gómez, quien me apoyo incondicionalmente para cumplir con esta meta.*

## **Dedicatoria**

A mi Hermana Joyce Pammela Hernández Olivares,

Pilar fundamental de mi vida, quien se olvidó de sí misma para dedicarse a su hermano, ejerciendo el doble rol, de madre y padre con paciencia y sabiduría.

A mis tíos, Pioquinto Sergio Ramírez Arista y Teresa Del Carmen Hernández López,

Por su apoyo y solidaridad en los momentos que los he necesitado, que con su amor, cariño y comprensión siempre han estado a mi lado.

A mi abuela Catalina López Flores,

Que siempre se preocupó por mí, dándome todo su apoyo, amor, cariño incondicional y la fortaleza para luchar en esta vida.

A mi padre José Hernández López,

Compañero fiel e incondicional, por todos esos momentos, habiendo entendido que el mejor sacrificio ha sido sus resultados y por ser la persona que es.

A mi madre Elda Olivares Monter,

Por darme el ser, por estar presente en vida que, con su amor, cariño y por su comprensión en los momentos que más la necesite y haberme permitido concluir esta valiosa etapa de mi vida.

A mi mejor amigo Omar Adrián Urióstegui Mera,

Por brindarme su amistad y su amor incondicional, cambiado significativamente mi vida. Volviéndose la persona con la que quiero compartir el resto de mi vida.

## **Introducción**

La economía pública forma parte de las ciencias económicas que se ocupa de la actividad económica y el financiamiento que corresponde a las diferentes organizaciones de la administración pública que utilizan un conjunto limitado de recursos para atender necesidades y demandas sociales. Se desprenden dos elementos necesarios para la comprensión de la economía: la escasez y la eficiencia.

En materia de gasto, resulta fundamental conocer y analizar los avances logrados en temas de planeación, programación, presupuestación, seguimiento y evaluación. El seguimiento del gasto requiere implementar metodologías rigurosas que permiten conocer con precisión los resultados e impactos.

Con la finalidad de dar un seguimiento más puntual e implementar mecanismos de evaluación que impulsen el ejercicio del gasto público, cada peso que se ejerce del presupuesto se identifica con claves que permiten conocer y clasificar los recursos.

La clasificación tiene como objetivo identificar en qué se gasta, por lo que agrupa las asignaciones o provisiones del gasto de acuerdo con el objeto que tiene, para ello existe un clasificador por objeto del gasto. Esto con la finalidad de proporcionar un panorama general acerca de los insumos que el gobierno adquiere para su funcionamiento y atender las necesidades sociales a partir de las provisiones de bienes y servicios.

El gasto en productos farmacéuticos del sector de salud público es un tema que ha sido motivo de preocupación debido a su tendencia creciente a lo largo del tiempo y, principalmente, por las restricciones presupuestarias que han sufrido las instituciones públicas de salud en el periodo estudiado, 2008-2019.

Por otro lado, el mercado de productos farmacéuticos en el país adolece de varias externalidades y distorsiones bien reconocidas (diagnostico, medicamento huérfano, tratamiento de una enfermedad, escases del principio activo, etc.), aunque poco estudiadas, las cuales ocasionan fallas de mercado que impide una determinación de precios con base en las leyes de la oferta y la demanda, como sucede en mercados más competitivos (países como: Alemania, Suecia, Francia, entre otros).

A nivel de los tomadores de decisiones resulta fundamental la evolución del comportamiento temporal del gasto en productos farmacéuticos, así como los determinantes de dicho comportamiento, con el fin de que el área de planeación pueda realizar una estructura programática del ciclo presupuestario para alcanzar las metas y objetivos orientando el gasto hacia resultados.

Así mismo, se estaría considerando medidas para racionalizar el gasto, sin afectar el cumplimiento de las facultades y atribuciones que les son conferidas en la normativa aplicable y contar con evidencia para estimar el gasto futuro y pronosticar sus posibles variaciones.

Adicionalmente, la pandemia del virus SARS-COV2 por la que actualmente atraviesa la humanidad ha sumido en una profunda crisis a los sistemas de salud en los países. Los sistemas de salud han tenido que afrontar la emergencia sanitaria con recursos adicionales dirigidos específicamente para la atención de estos pacientes. Sin embargo, los efectos colaterales de la pandemia se circunscriben a la atención que los sistemas de salud han dejado de brindar a otras enfermedades, lo cual repercutirá en una crisis financiera para el sector salud en el mediano y largo plazos; provocado por la prolongación de los tiempos de espera y el agravamiento de los padecimientos que no han recibido la atención oportuna.



Los efectos de la pandemia se ven incrementados cuando existe una notable falta de medicamentos, lo que genera que los pacientes no tengan la atención adecuada y, por lo tanto, requiere que los hospitales recurran a compras emergentes para lograr dar la atención inmediata a las urgencias que se suscitan con frecuencia; excediendo el gasto que se destina para la adquisición de manera significativa. Aunado a lo anterior, también existen situaciones en las que hay presencia de medicamentos caducos, por desconocer las necesidades reales que se tiene en los servicios clínicos, teniendo el riesgo de actividades internas o externas que el hospital no podía controlar.

Por estas y más circunstancias el Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG) tuvo la necesidad de realizar cambios en su forma de comprar los medicamentos con el objetivo de erradicar todas las fugas posibles de recursos y crear las condiciones de la ejecución eficiente de recursos que conforman su gasto y, así poder mejorar la atención a los pacientes.

El HIMFG es un hospital de atención especializada en la salud de los infantes y un instituto de enseñanza e investigación científica perteneciente a la Secretaría de Salud de México. Forma parte de los Institutos Nacionales de Salud, un sistema de 13 institutos de investigación en ciencias biomédicas en los que se brindan servicios de salud pública y docencia a la población en general, destacando entre los mejores de su tipo en Latinoamérica. Fue fundado el 30 de abril de 1943, siendo el primero de los Institutos Nacionales de Salud en el país. A partir de marzo de 2020, debido a la pandemia de enfermedad por coronavirus, se convirtió en un hospital para la atención del COVID-19 y para su detección en laboratorio.

El objetivo del Estado mexicano es mantener a la Institución como un centro de conocimientos mediante la investigación biomédica para impulsar el avance de

la pediatría, así como la formación de recursos humanos de alta calidad capaces de desarrollar investigaciones, además de proporcionar atención médica de alta especialidad en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades de la población infantil sin seguro social y, por lo tanto, con los más bajos recursos socioeconómicos (Gobierno de México, 2021).

El HIMFG fue designado por las autoridades para atender pacientes con COVID-19, en un inicio de todas las edades, disposición que muy pronto se modificó para concentrarse únicamente en la población pediátrica. Recientemente, estas circunstancias inesperadas han ejercido cierta presión sobre el presupuesto institucional, haciendo que los directivos destinen algunas partidas para enfrentar los gastos no planificados. Por esta razón resulta imprescindible un cuidadoso análisis del gasto destinado a los productos farmacéuticos con el fin de proporcionar evidencia suficiente para la proyección futura de dichos gastos.

### **1.1 Objetivo del trabajo de investigación**

Este trabajo de tesis pretende atender a los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar los niveles y tendencias temporales del gasto institucional destinado a la adquisición de productos farmacéuticos en 11 años.

Objetivos particulares

Analizar las propiedades estocásticas de las series temporales del gasto en medicamentos.

Analizar e identificar el comportamiento que presentan en las series de gasto en medicamentos.

## **1.2 Hipótesis**

En este trabajo planteamos que es posible evaluar si los cambios en los procedimientos para la adquisición de medicamentos que ha tomado el HIMFG podrían hacer más eficiente el gasto. Esperando una mejor atención en las áreas terapéuticas conforme a la demanda que tiene de los pacientes que integran los egresos. Así, la hipótesis aquí planteada consiste en identificar si los cambios en las metodologías de compras de productos farmacológicos del HIMFG se han materializado en cambios estadísticamente significativos en la evolución de las series del gasto en productos farmacéuticos.

Lo esperado es que exista una reducción de gasto en los años subsecuentes a los tiempos que se fueron estableciendo dichas metodologías de compras de productos farmacológicos. De esta forma, nuestra hipótesis de trabajo considera que el cambio de política de compras en el HIMFG implica que las series de gastos por medicamentos muestran un comportamiento no lineal de cambio de régimen, el cual obedece al cambio de política de compras.

## **1.3 Principales resultados y hallazgos**

Para este trabajo se solicitaron los datos del gasto en productos farmacológicos, los cuales fueron proporcionados por el área de farmacia del HIMFG. La clasificación de estos medicamentos se realizó conforme a la metodología que aplica *WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology* y sus códigos ATC.

Una vez definido el conjunto de información para realizar el análisis, identificamos qué modelo econométrico es el óptimo para poder analizar dichos datos. Los datos abarcan un período 2008-2019 de 11 años, en los que se registraron los gastos de medicamentos y sus diferentes cambios en la forma o

metodología para adquirirlos. Para tomar una decisión sobre la mejor técnica estadística para analizar los datos, se revisaron las diferentes metodologías que se pueden utilizar con un modelo econométrico. Nuestra conclusión es que la mejor técnica para probar nuestra hipótesis es una modelación de las series de tiempo bajo una técnica no lineal de cambio de régimen.

El tratamiento de los datos se realizó en R-Studio, en donde se aplicaron las pruebas revisadas en la literatura tales como: la prueba de raíz unitaria, se realiza la regresión generando las gráficas del comportamiento del gasto y las pruebas y graficas con cambio de régimen.

El modelo de cambio de régimen que se efectuó es por la organización del HIMFG que orienta diferentes mecanismos para superar las insuficiencias y los desequilibrios en el gasto farmacéutico, que repercuten a la atención de los pacientes para analizar los datos se determinó que es la mejor metodología que se puede emplear, ya que se pretende observar si los cambios que sean implementado son reflejados en el tiempo y la obtención de un beneficio económico y/o administrativo.

En este trabajo identificamos que existen limitaciones en la información utilizada. Identificamos que existe cierto incremento del gasto, el cual se atribuye a la capacidad de atención que implementa el HIFMG. Pero también se podría observar cierta susceptibilidad de los datos, ya que el registro del gasto es de forma irregular, ya que este se presenta en cuanto el proveedor entrega sus facturas en almacén, provocando cierta concentración de los datos por lo que esto nos delimita poder realizar un análisis segmentado, dentro los picos que se presentan en las gráficas y poder considerar algunos puntos estacionarios para poder profundizar con análisis de causas y efectos a la presión de gasto que efectúa el HIMFG.

## **2 Revisión de la literatura**

### **2.1 El campo de la economía de la salud y la farmacoeconomía**

La economía de la salud es una disciplina relativamente joven que surge a finales de los años cincuenta y principios de los sesenta en Estados Unidos de Norteamérica e Inglaterra. Los antecedentes de estudios económicos aplicados a la salud se pueden encontrar a finales del siglo XVII, cuando Sir William Petty estimó el valor de una vida entre 50 y 60 £. Desde finales del siglo XVIII hasta la primera mitad del siglo XX escasearon los trabajos económicos asociados con la salud (González, 2003).

En los años cincuenta, economistas como Kenneth Arrow y Milton Friedman desarrollaron análisis sobre la aplicación de los principios de la economía clásica a la atención en salud, en particular, como ayuda a la toma de decisiones y como vía para asignar los recursos disponibles. Una década después comienzan los primeros estudios descriptivos del costo de la enfermedad y el peso económico de fenómenos como accidentes de tránsito y enfermedades infecciosas, entre otros (González, 2003).

En los años setenta comienzan las primeras aplicaciones del enfoque de costo-beneficio en salud; se desarrollan las metodologías de costo de enfermedad, costo-efectividad y se dan los primeros pasos en los estudios de costo-utilidad (González, 2003).

A partir de los años noventa y hasta hoy día, la economía de la salud se ha extendido incluso a países de menor desarrollo socioeconómico, sus técnicas se han hecho más complejas, han aparecido nuevos indicadores y se incrementa su enfoque multidisciplinario; y por otro lado, aumentan las publicaciones sistemáticas y la docencia (González, 2003).

La economía de la salud integra las teorías económicas, sociales, clínicas y epidemiológicas a fin de estudiar los mecanismos y factores que determinan y condicionan la producción, distribución, consumo y financiamiento de los servicios de salud (Collazo Herrera et al., 2002).

La evaluación farmacoeconómica compara las propiedades terapéuticas de distintos medicamentos y otras formas de tratamiento con los costos de usarlos como métodos alternativos, así como la factibilidad de aplicar conceptos económicos de costo-beneficio para tomar decisiones en el sector farmacéutico y en sistema sanitario (Collazo Herrera et al., 2002).

La farmacoeconomía es una herramienta útil para medir los efectos que tienen las decisiones sobre los recursos disponibles y también las posibilidades de cuantificar su impacto sobre la salud y los costos de una intervención sanitaria determinada (Collazo Herrera et al., 2002).

La economía de la salud, instrumento indispensable para la gestión sanitaria y la asignación de recursos, permite orientar la toma de decisiones para buscar alternativas eficientes y racionales dentro del conjunto de actividades de los servicios y las diferentes tecnologías del sistema nacional de salud (Collazo Herrera et al., 2002).

La economía de la salud, como rama de la economía que estudia la producción y la distribución de salud y de atención sanitaria, suele presentarse con dos enfoques diferentes (Ortún-Rubio et al., 2001).

El primer enfoque: la economía de la salud ha sido algo más que una aplicación de conceptos económicos a problemas de salud y servicios sanitarios, ya que se ha convertido en una rama generadora de avances teóricos en la propia disciplina económica, especialmente en los hábitos de la

teoría del capital humano, medidas de desenlace, economía del seguro, teoría del agente-principal, métodos econométricos, demanda inducida y análisis de costo-efectividad (Ortún-Rubio et al., 2001).

El segundo enfoque: es el que contribuye y participa en la investigación sobre servicios sanitarios en la medida que los resultados de esta investigación puede contribuir a sus conocimientos, habilidades y actitudes (Ortún-Rubio et al., 2001).

## **2.2 La eficiencia en el sector salud**

La eficiencia clínica pasa por la maximización de la calidad de la atención y la satisfacción de los usuarios con los menores costos sociales posibles. El cambio a la eficiencia social pasa por la efectividad clínica (Ortún-Rubio et al., 2001).

Si se concibe a la eficiencia como la relación entre la disponibilidad de recursos y los resultados obtenidos, es posible afirmar entonces que el sistema de salud tiene una alta eficiencia (González, 2003).

Es preciso señalar un elemento adicional que está implícito en el objetivo de elevar la eficiencia, esto es, la necesidad de aplicar métodos de evaluación económica rigurosos desde el punto de vista técnico. La evaluación económica es el nombre genérico que se le otorga a un conjunto de procedimientos o técnicas de análisis, dirigidos a evaluar el impacto de opciones o cursos de acciones alternativos sobre el bienestar de la sociedad (González, 2003).

La evaluación económica se centra en la determinación de la eficiencia, es la relación entre los beneficios obtenidos y los recursos utilizados. La evaluación económica es un instrumento útil para alcanzar la eficiencia social a partir de las decisiones adoptadas (González, 2003).

### **2.3 Gasto público en salud**

La salud en México, como en otros países, es altamente valorada por la población y las sociedades están dispuestas a sacrificar consumo de otros bienes por obtener una vida saludable, más larga y de calidad. En respuesta a esta necesidad, la política gubernamental ha buscado sostener una tendencia creciente del financiamiento de este tipo de servicios (Nelly, 2010). Para lo que existe un Sistema de Cuentas Nacionales de Salud (SICUENTAS) en el cual tiene el manejo del gasto en salud es igual al presupuesto ejercido y no al autorizado o modificado. Este gasto refleja los costos que constituyen las necesidades de bienes y servicios que requiere el sistema de salud.

Las Cuentas Nacionales de Salud tienen un sistema de cómo se estructura el presupuesto para cubrir sus funciones, las cuales son:

- Fuentes: existen 3 tipos de fuentes de ingresos que son las empresas, el gobierno y los hogares. Para las empresas con cuotas, para los hogares son cuotas y para el gobierno se considera contribución.
- Fondos: para este análisis solo se consideran los correspondientes al sector público que son: Los fondos de seguro social están compuestas por las cuotas de las empresas, los hogares y las contribuciones del gobierno. Los fondos para no asegurados estos se encuentran cubiertos subsidiado por el gobierno.
- Prestadores de servicios: para el sector salud existe provisión directa de la seguridad social y provisión de la asistencia pública. Estas ejecutan el gasto o brindan el servicio subrogado.



Para la parte de subrogación en salud es atendida tanto por el sector público como el privado ya que existe un alto nivel de población, por lo que se genera una eficiencia de atención.

El gasto en salud son todas las erogaciones de las actividades cuyo objetivo esencial es el restablecimiento, el mantenimiento, el mejoramiento y la protección de la salud en un país o entidad federativa durante un periodo de tiempo definido (Merino-Juárez et al., 2004).

El SICUENTAS está integrado por cuatro categorías: fuentes, agentes, proveedores de servicios y usos o funciones. Estas permiten integrar los recursos que componen el gasto en salud. Esto nos ayuda a identificar las fuentes de financiamiento y los flujos financieros.

**Tabla 1. Componente de flujos financieros del sistema de salud mexicano**

Fuentes	Agentes	Proveedores	Funciones
Gobierno general	Gobierno federal		Rectoría
Hogares	Gobierno estatal	Oficinas centrales	Servicios de salud a la comunidad
Empresas	Seguro social	Hospitales	Servicios de salud a la persona
Recursos externos	Gasto de bolsillo	Consultorios	Generación de recursos
	Seguro privado	Farmacias	
	ONG		

Fuente: Elaboración del autor con datos del Manual del Sistema de Cuentas Nacionales y Estatales de Salud en México

Por lo que es importante mencionar que el financiamiento consiste en la movilización de sus fuentes, sus agentes y su distribución para la producción o compra de servicios.

Para lo que se establece que los recursos financieros de las instituciones públicas tienen una estructura para brindar la atención a la salud compuestas por:

**Tabla 2. Estructura del financiamiento del sistema de salud mexicano**

Nivel Federal		Nivel Estatal		
Ramo 12: recursos de programas federales, organismos descentralizados y los órganos desconcentrados.	Ramo 33: aportaciones federales	Ramo 19: seguro social (IMSS e ISSSTE)	Cuotas de recuperación: cuotas de familiares aplicadas a instituciones públicas	Ramo 28: aportaciones estatales.

Fuente: Elaboración del autor con datos del Manual del Sistema de Cuentas Nacionales y Estatales de Salud en México

Su estructura de financiamiento se divide por nivel con la finalidad de que sea orientada conforme a la recaudación que se tiene, únicamente para generar un libre flujo y no incrementar gastos administrativos.

A pesar de los esfuerzos realizados para incrementar el gasto en salud de manera sostenida, esto no se refleja en un crecimiento de la misma magnitud de los servicios de atención médica e infraestructura (Nelly, 2010). Podemos decir que las decisiones dependen mucho de hacia donde se encauza la prioridad de ejercer el recurso, qué prioridades tiene como sector salud y hasta que nivel institucional definen sus prioridades: la atención y la calidad del servicio, por lo que se asume el tamaño de la población genera un crecimiento nulo del gasto.

En materia de disponibilidad de equipo diagnóstico de alta tecnología, existen amplios rezagos debido a sus altos costos (Nelly, 2010). Este punto es de alto grado de importancia, ya que la falta de instrumentación para brindar un servicio incrementa de manera exponencial los gastos, puesto que los equipos son rentados generando un gasto constante simplemente para solucionar una parte del servicio.

Uno de los efectos deseables del aumento del financiamiento público es la reducción del gasto privado en salud, ya que permite a las personas dirigir parte de su gasto al mayor consumo de otros bienes (Nelly, 2010).

Hay dos factores, que no son excluyentes y que obstaculizan el desempeño y la efectividad del presupuesto público en salud (Nelly, 2010). El primero se refiere al cambio en el perfil epidemiológico de la población que ha propiciado que se eleven los costos de atención médica. El segundo consiste en el uso ineficiente del financiamiento público, el cual provoca la pérdida de recursos que no llegan a la atención médica (Nelly, 2010).

#### **2.4 Gestión de farmacia hospitalaria**

La gestión es un puente entre la economía y la medicina. La gestión desempeña este papel de puente porque requiere conocimientos teóricos de ambas disciplinas, pues para un buen gestor hay que conocer la clínica y racionalizar el uso de recursos siempre escasos (González García, 2001).

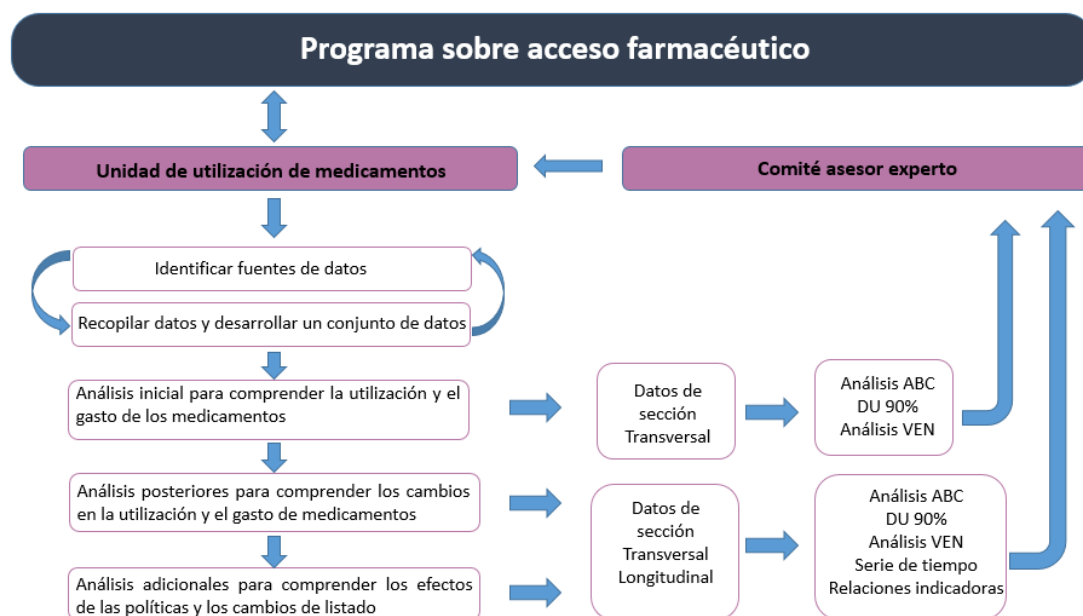
En función de esta definición es válido preguntarse en qué medida las reformas de salud implementadas en América Latina durante las décadas pasadas generaron auténticos cambios en los modelos de gestión. Para analizar esto resulta adecuada la taxonomía formulada por Vicente Ortún Rubio, que

distingue tres niveles de gestión en el sector de la salud (González García, 2001):

- *Macrogestión o gestión pública*, que involucra la intervención del estado para corregir las fallas del mercado y mejorar el bienestar social a través de la modificación de los estilos de vida y la regulación del medio ambiente, tecnología, recursos humanos y servicios sanitarios; la financiación de la sanidad y el establecimiento de los servicios sanitarios de titularidad pública (González García, 2001).
- *Mesogestión o gestión institucional*, que involucra a los centros, hospitales, mayoristas, aseguradoras y otros establecimientos de salud. Estas instituciones asumen objetivos y en ellas el principal desafío de la gestión es coordinar y motivar a las personas para lograr alcanzar dichos objetivos (González García, 2001).
- *Microgestión o gestión clínica*, donde la mayor responsabilidad cabe a los profesionales. Una particularidad del sector de la salud es que el médico es responsable de la asignación del 70% de los recursos a través de millares de decisiones diagnósticas y terapéuticas todas cotidianamente en condiciones de incertidumbre, y para ello gestiona, coordina y motiva a otras personas del propio servicio o de servicios centrales y de apoyo (González García, 2001).

La OMS ha propuesto un mecanismo de gobernanza para llevar acabo el análisis acerca de la utilización y el gasto de medicamentos en los sistemas de salud nacionales, el cual se describe en la Figura 1 (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation*, 2018).

**Figura 1. Métodos para analizar la utilización del gasto en medicamentos y gasto farmacéutico para la implementación de políticas.**



Fuente: Modificado de OMS (2018)

Como se observa en la Figura 1 el proceso de gobernanza inicia en la unidad responsable del control de medicamentos, de donde proviene la decisión de analizar información para identificar el tipo de datos (corte transversal o longitudinal) y con base en ello elegir el enfoque analítico final que arrojará resultados para su utilización por parte del comité asesor. A continuación, se explica cada uno de los enfoques analíticos que propone la OMS en su modelo de gobernanza.

#### 2.4.1 Datos transversales de análisis ABC:

El análisis ABC se puede utilizar para apoyar en la adquisición, control de stock y evaluación del uso óptimo de los medicamentos. Basado en recuentos o

costos totales de medicamentos o clases de medicamentos, se desarrolla una clasificación ABC donde los medicamentos se clasifican como:

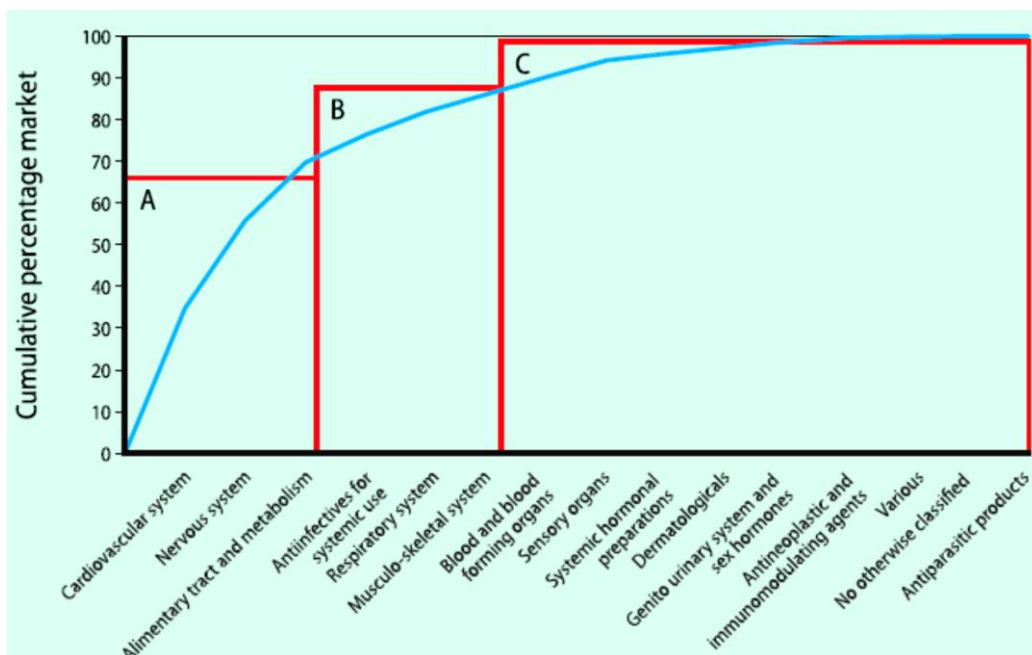
En este apartado se clasifican los medicamentos de mayor uso. Desde el máximo hasta el 19% de los medicamentos que aproximadamente representan dos tercios del costo total o el volumen total (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation, 2018*).

A. En este apartado se encuentran los medicamentos de importancia secundaria. Entre el 20 y el 30% de los medicamentos que aproximadamente representan una cuarta parte del costo total o volumen total (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation, 2018*).

B. En este último apartado se concentran los medicamentos de menor consumo. El 51% al 70% restante de los medicamentos que aproximadamente representan el 10% del costo total o el volumen total (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation, 2018*).

La Figura 2, tomada del manual de la OMS, ejemplifica el esquema del método ABC para la gestión de medicamentos; donde podemos ver que el eje horizontal a parecen los medicamentos de mayor a menor volumen de utilización (ordenados de izquierda a derecha), y en el eje vertical se muestra el porcentaje acumulativo del mercado de fármacos. Esta disposición facilita la identificación de aquellos fármacos que representan los mayores volúmenes.

**Figura 2. Metodología ABC para la priorización de los medicamentos que propone el modelo de la OMS.**

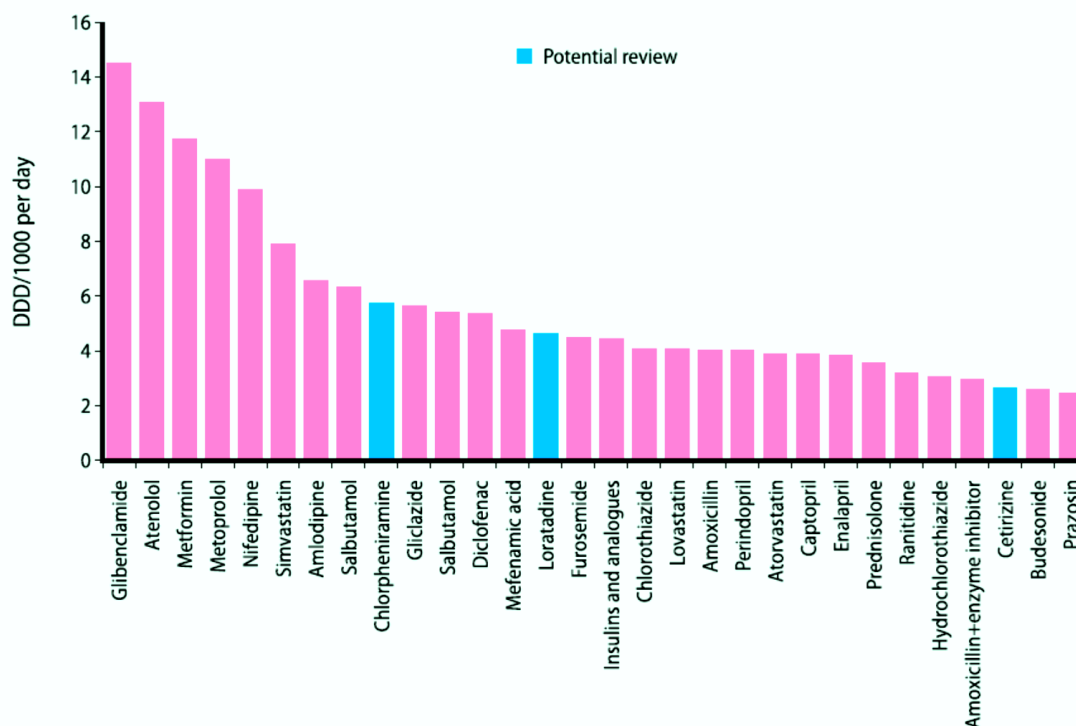


Fuente: Tomado de OMS (2018)

#### 2.4.2 Datos transversales de análisis utilización de fármacos 90% (DU90%):

Este método denominado Drug Utilization 90% (DU90% por sus siglas en inglés), se basa en la medición de la Dosis Diaria Definida por mil días (DDD/1000) y puede ser utilizado para evaluar si los medicamentos más usados (en volumen) son consistentes con los medicamentos recomendados en las directrices del tratamiento estándar. Una variante de este análisis se denomina Drug Cost 90% (DC90% por sus siglas en inglés) que identifica los medicamentos que contribuyen al 90% de los costos totales. En la Figura 3 se despliega un ejemplo del análisis DU90%.

**Figura 3. Metodología DU90% para la priorización de los medicamentos que propone el modelo de la OMS.**



Fuente: Tomado de OMS (2018)

#### 2.4.3 Análisis Vital, Esencial y No esencial (VEN):

Este método permite determinar el volumen de medicamentos o el costo asociado con fármacos vitales, esenciales y no esenciales. Las categorías antes mencionadas se definen de la siguiente forma:

Vitales: Aquellos fármacos necesarios para salvar la vida de los pacientes o cruciales para proporcionar los servicios básicos de salud

Esenciales: Fármacos que se consideran efectivos contra enfermedades menos graves pero significativas, aunque no absolutamente vitales para proporcionar servicios básicos de salud.

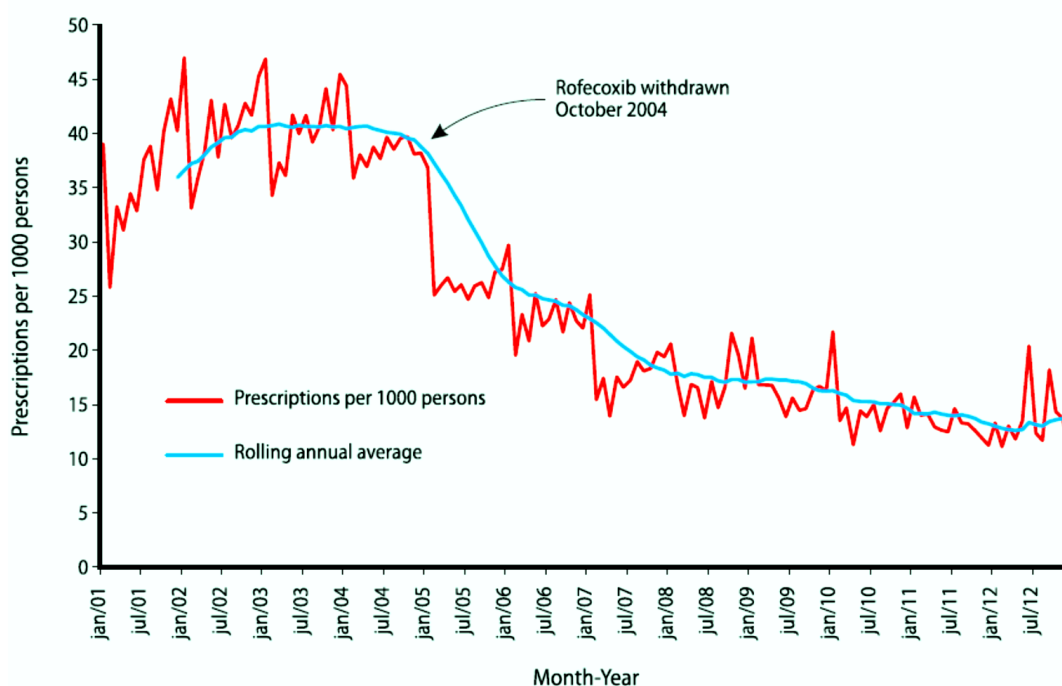


No esenciales: Medicamentos utilizados para enfermedades leves o auto limitadas; estos pueden o no ser tan eficaces, pero tiene una importancia menor en el almacén.

#### 2.4.4 Tendencias de series temporales:

Este tipo de análisis sirve para ver el comportamiento del uso de los medicamentos a lo largo de cierto tiempo. Se utilizan medidas agregadas del uso de medicamentos o el costo por unidad de tiempo (por ejemplo, día, semana, mes, año).

**Figura 4. Serie temporal de medicamentos prescritos mensualmente.**



Fuente: Tomado de OMS (2018)

Las tendencias de las series temporales se pueden crear a partir de cantidades o volúmenes de medicamentos comprados o distribuidos, o la suma de los

costos. Los volúmenes y los costos también pueden ser estandarizados a la población (por ejemplo, recetas por 1000 habitantes). En la Figura 4 se incluye un ejemplo de la tasa mensual de prescripciones por mil personas de medicamentos antiinflamatorios no esteroideos en Australia.

#### 2.4.5 Análisis de regresión segmentada

Esta técnica cuantifica los cambios en el uso de medicamentos en el tiempo por medio de un análisis de serie temporal, permitiendo la comparación en las tendencias en la utilización antes y después de una intervención específica, o el cambio puntual por cuantificarse. Al igual que con las series temporales, se deben calcular medidas agregadas del uso de medicamentos o su costo por unidad de tiempo. Los modelos de regresión segmentada asumen una relación lineal entre el tiempo y la utilización, creando una línea de mejor ajuste (regresión MCO) para la porción de serie temporal antes y después de la intervención puntual. Este enfoque es adecuado para medidas de utilización continuas tales como número de prescripciones o costo. La fórmula general para esto es:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * tiempo_t + \beta_2 * intervención_t + \beta_3 * tiempo post intervención_t + e_t$$

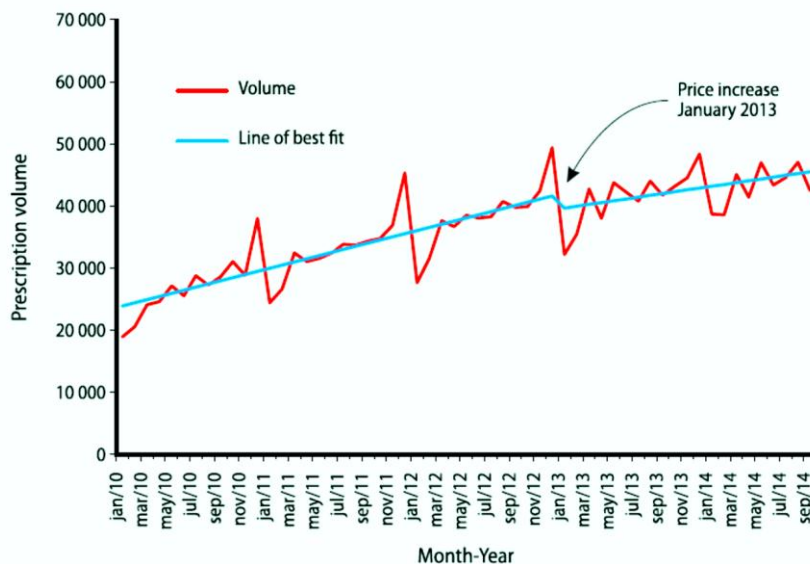
Donde Y es el número (o costo) de prescripciones en el tiempo t, la intervención es una variable binaria que indica el periodo anterior o posterior al cambio puntual; el tiempo post intervención es una variable continua que cuantifica el número de unidades de tiempo des pues del cambio y e es el error aleatorio.

El resultado del análisis de regresión segmentada cuantifica los siguientes:

- El cambio promedio (por unidad de tiempo) en la utilización previa a la intervención puntual.
- El incremento o decremento inmediato de la utilización en el tiempo como resultado de la intervención (cambio de nivel).
- El cambio en la tendencia subyacente (por unidad de tiempo) postintervención comparada con la tendencia preintervención.

La estacionalidad puede incorporarse usando modelos ARIMA o términos rezagados. Cuando se dispone de medidas en escala no continua (ejemplo: tasas ajustadas por la población, DDD/1000 días) son más apropiados los modelos de regresión no lineales. Un ejemplo de este tipo de análisis lo podemos ver en la Figura 5.

**Figura 5. Análisis de regresión segmentada para evaluar el efecto de un cambio en el precio sobre el volumen de prescripciones.**

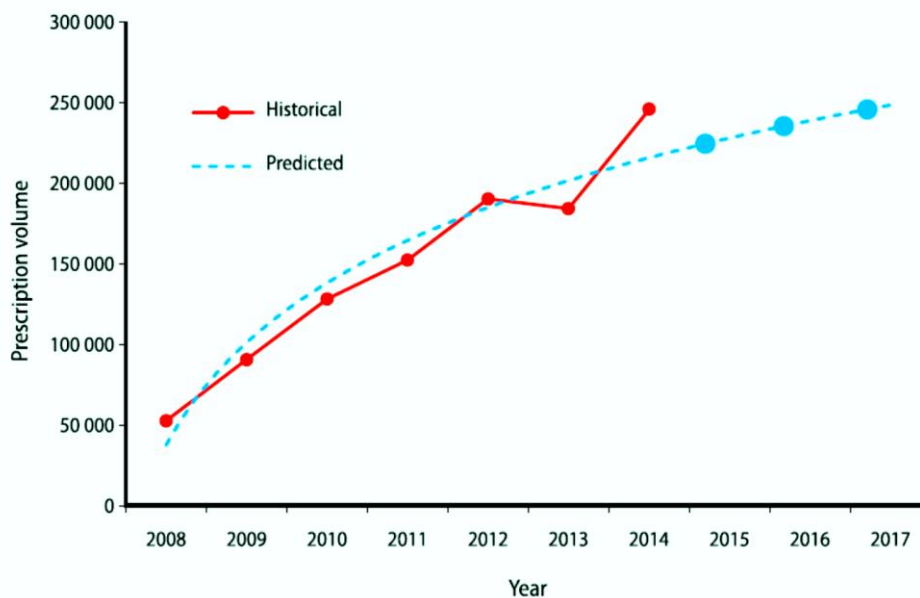


Fuente: Tomado de OMS (2018)

#### 2.4.6 Pronósticos

Los pronósticos se construyen sobre el análisis de series temporales al crear una línea de mejor ajuste para la utilización en un punto en el tiempo (existente) y extrapolando la línea hacia adelante para estimar la utilización futura. Al igual que en el análisis de series temporales se calculan medidas agregadas de uso o costo de medicamentos por unidad de tiempo. La línea de mejor ajuste se puede crear usando regresión lineal simple. Alternativamente se pueden usar modelos que tomen en cuenta la estacionalidad con base en funciones polinomiales, exponenciales o logarítmicas, dependiendo cual representa mejor los datos históricos (determinado por un valor de  $R^2$  cercano a uno) (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation*, 2018).

**Figura 6. Ejemplo de un pronóstico acerca del uso de inhibidores de VEGF en Australia.**



Fuente: Tomado de OMS (2018)

Las predicciones crudas se pueden realizar a partir de la línea de mejor ajuste para puntos en el tiempo que se extiendan más allá de los datos históricos. Los pronósticos también se pueden ajustar para el efecto estimado de los factores predecibles que afectan la utilización, tales como nuevos formularios, eliminación de medicamentos o cambios de política. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de pronóstico del uso de inhibidores del factor de crecimiento vascular endotelial en Australia (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation*, 2018).

#### 2.4.7 Indicadores de razón

Estos se utilizan para monitorear el uso de medicamentos usando medidas de razón, calculadas de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Utilización del medicamento A}}{\text{Utilización del medicamento B}}$$

Con estas medidas se pueden incluir fármacos individuales o bien clases terapéuticas de medicamentos; la utilización se puede evaluar por volumen, costo o unidad estandarizada por la población, así mismo se pueden considerar en un punto del tiempo, o a lo largo del tiempo. Los criterios para seleccionar los indicadores deberían de estar basados en las compras, los precios o las guías de tratamiento estándar, usando un encuadre como el que se describe en seguida. (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation*, 2018)

Uso de medicamentos genéricos

- Donde el medicamento A es de tipo genérico y el B es un producto de patente.

#### Uso de medicamentos costo-efectivos

- Donde el medicamento A es más costo-efectivo que el B cuando se usan para la misma indicación.

#### Selección apropiada de medicamentos

- Donde el medicamento A es la terapia de primera línea y el B de segunda línea tal y como aparecen en las guías de tratamiento estándar. Cuando no se dispone de información sobre una indicación, los tratamientos preferidos pueden ser seleccionados en función de la dosis o forma preferida respecto de otro en todas las circunstancias de uso, o en función del conocimiento que se tiene acerca de la principal indicación en la mayoría de prescripciones.
- Donde el medicamento A es el que está en uso actualmente y el B es el medicamento con la misma indicación y el nivel de uso apropiado.
- Donde el medicamento B está sobre utilizado y el medicamento A tiene la misma indicación y el nivel de uso considerado apropiado.

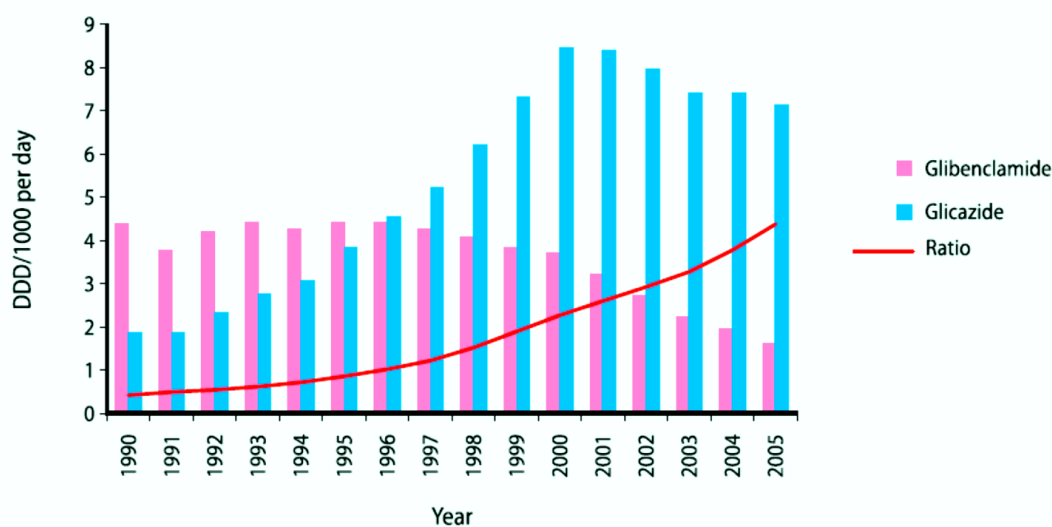
#### Uso de medicamentos eficaces y seguros

- Donde el medicamento A es más seguro que el medicamento B para la misma indicación.
- Donde el medicamento A es más eficaz que el medicamento B para la misma indicación.
- Donde el medicamento A es el producto con mayor fuerza y el medicamento B pertenece a todos los otros productos.

- Donde el medicamento A es el que tiene el régimen más simple y el medicamento B está incluido en todos los otros productos de la misma clase.

Las ventajas de estos indicadores de razón es que pueden ser calculados a nivel micro y macro, y las comparaciones dentro y entre países pueden ser muy informativas. En la Figura 7 tenemos un ejemplo de indicadores de razón de uso de gliclazida con respecto a glibenclamida en Australia (*Methods to Analyse Medicine Utilization and Expenditure to Support Pharmaceutical Policy Implementation*, 2018).

**Figura 7. Razón de uso de gliclazida sobre glibenclamida en Australia**



Fuente: Tomado de OMS (2018)

## 2.5 Conclusión de la revisión de literatura

Al revisar la propuesta que implementa la OMS de cómo realizar un análisis del gasto de medicamentos podemos concluir que los hospitales deben implementar este tipo de análisis con el objetivo de establecer las condiciones

de programar el gasto y mantener un criterio del consumo. De tal manera que se generarían economías.

Es importante identificar a nivel poblacional las personas que ingresan y cuáles son las enfermedades con mayor eventualidad o si existe alguna estacionalidad o llegan a ser pacientes que son enfermedades poco frecuentes, pero pueden llegar a tener un impacto significativo a nivel presupuestal.

Destaca que las herramientas econométricas permiten observar el comportamiento del gasto en el tiempo de tal manera que los tomadores de decisiones les generarían menos incertidumbre y una base para determinar una planeación del gasto destinado a los productos farmacológicos.

Ya que es comúnmente que las áreas administrativas carezcan de conocimiento de los medicamentos que deben utilizarse o cuales no son útiles para el tratamiento de un paciente, la manera de contribuir para mitigar esta falencia es determinar, conforme al comportamiento de las series, una mayor presión del gasto que efectúan para destinar o reservar presupuesto con la finalidad de dar atención digna y completa para cada paciente.

Este control y seguimiento es también útil para el área de farmacia de tal manera que puede tener un mayor control de los insumos que cuenta en stock para cubrir las obligaciones y responsabilidades que adquiere el hospital para dar el servicio.

### **3 Metodología**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Este estudio es realizado a partir de un análisis de bases de datos secundarias correspondientes al gasto en medicamentos del HIMFG en los últimos 11 años, por lo tanto, el diseño es de corte longitudinal, observacional y analítico. El



estudio no requiere la autorización del comité de ética de la institución debido a que no se incluye información de pacientes ni información de carácter confidencial. Sin embargo, se contó con el visto bueno de las áreas administrativas quienes proporcionaron la información financiera que es objeto de este análisis.

Para la correcta clasificación de los fármacos de acuerdo con su respectivo grupo terapéutico se consultó el índice ATC/DDD disponible en la página de internet de *WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology*.(WHO Collaborating Center for Drug Statistics Methodology, 2021). Esta metodología ayudo a identificar el área terapéutica a la cual pertenecen los productos farmacológicos, a fin de identificar las cantidades adquiridas por área y evaluar las de mayor consumo.

Derivado de que el HIMFG tenía un desabasto de claves de medicamentos del 20% aproximadamente, no podía garantizar el tratamiento completo de los pacientes y además de que se llegaron a registrar compras emergentes por 3 mdp (millones de pesos) mensualmente aproximadamente. Asimismo, existía una situación de medicamentos caducos por sobre inventarios en el almacén de farmacia y en los servicios clínicos, teniendo el riesgo apremiante al robo o extravío de medicamentos.

El 15 de agosto de 2012, el HIMFG contrató a una empresa que brindara el abasto de la mayor parte de las claves de medicamentos, y a partir de septiembre de 2013 y hasta mayo de 2020 a través de Licitaciones Públicas y adjudicaciones por excepción a licitación. Adicionalmente, el HIMFG contrató un servicio integral para el suministro de medicamentos con un solo proveedor a través del servicio subrogado de farmacia.

A partir de junio de 2020, en seguimiento a las contrataciones consolidadas realizadas por la Oficialía Mayor de la SHCP, se estableció, por un lado, un contrato del servicio subrogado de farmacia y, por otro, el abasto con diversos proveedores de las claves de medicamentos requeridas por el HIMFG.

Por otra parte para el caso de antibióticos, oncológicos e inmunoglobulinas, considerando la particularidad de ser un hospital pediátrico, lo que conlleva a dosis menores a las de las presentaciones farmacéuticas, habían mermas y contaminación de medicamentos, así como un riesgo inminente durante la preparación de los oncológicos por parte del personal de salud ya que no se contaba con las instalaciones y equipo necesario para garantizar una correcta preparación garantizando la seguridad del producto y del mismo operario.

Lo anterior, motivó al HIMFG para contratar una empresa que contaba con las instalaciones, equipo, personal y cumplía con las normas necesarias, específicamente la NOM 249 SSA1-2010 Mezclas estériles: nutricionales y medicamentosas e instalaciones para su preparación con un abasto de medicamentos a través del servicio subrogado de Central de Mezclas. Su contratación se llevó a cabo a partir del segundo semestre del 2010 y hasta mayo de 2020. Así, de forma similar al resto de claves de medicamentos, a partir de junio de 2020, en seguimiento a las contrataciones consolidadas realizadas por la Oficialía Mayor de la SHCP, el HIMFG contrato el servicio de central de mezclas y el abasto con diversos proveedores de las claves de medicamentos requeridas por el HIMFG.

Adicionalmente a lo anterior, y en el caso específico de algunos medicamentos como son las fórmulas huérfanas, a partir de 2015 y hasta 2019 el Hospital se adhirió a los procesos anuales de compras consolidadas realizado por el IMSS en los que se obtuvieron los beneficios correspondientes a una compra por

volumen sin comprometer el abasto por tratarse de medicamentos de patente o fuente única.

### **3.2 Fuente de datos y clasificación anatómica terapéutica y química (ATC)**

Las bases de datos consultadas fueron las siguientes:

- Concentrado mensual de gasto en productos farmacéuticos por proveedor de HIMFG.
- Concentrado mensual del número de pacientes atendidos en cada servicio clínico y quirúrgico del HIMFG.

Para este análisis se utilizaron las 14 áreas terapéuticas que se describen a continuación:

En el sistema de clasificación anatómica terapéutica y química ATC, los fármacos son clasificados en grupos diferentes de acuerdo a los órganos o sistemas en los cuales actúan, asimismo, sus propiedades químicas, farmacológicas y propiedades terapéuticas (IHSS, 2009).

Los Fármacos son clasificados en grupos de 5 niveles y son divididos en 14 grupos principales (nivel 1), con un subgrupo farmacológico/terapéutico (nivel 2). Los niveles 3 y 4 correspondientes a los subgrupos químicos/farmacológicos/terapéuticos y el nivel 5 es la sustancia química o principio activo. Los niveles 2, 3 y 4 son a menudo usados para identificar los subgrupos farmacológicos cuando ello es considerado más apropiado que el subgrupo terapéutico o químico (IHSS, 2009).

## Principios de la clasificación

- Los fármacos son clasificados de acuerdo a la principal indicación terapéutica del principal ingrediente o principio activo.
- Un fármaco se le puede asignar más de un código si está disponible en dos o más concentraciones o formulaciones con usos terapéuticos diferentes.
- Un producto farmacéutico puede ser usado para dos o más indicaciones igualmente importantes, y el principal uso terapéutico puede diferir de un país a otro.
- El sistema ATC, no es una clasificación estrictamente terapéutica pueden ser asignados de acuerdo a la farmacología del producto.
- Las sustancias clasificadas en el mismo Nivel 4 de la clasificación ATC, no puede ser considerado equivalente fármaco terapéutico, ya que su modo de acción, efecto terapéutico interacciones y reacciones adversas pueden diferir.

(A) Tracto alimentario y metabolismo: La mayor parte de los preparados de este grupo son preparados combinados. La indicación principal para el uso de la combinación, junto con el efecto relativo de los componentes activos, decidirá la clasificación. En el tratamiento del dolor causado por los espasmos.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Preparados estomatológicos
- Medicamentos para los trastornos relacionados con la acidez

- Medicamentos para los trastornos funcionales gastrointestinales
- Antieméticos y antinausantes
- Terapia biliar y hepática
- Medicamentos para el estreñimiento
- Antidiarreicos, antiinflamatorios/antiinfecciosos intestinales
- Agentes
- Preparados contra la obesidad, excl. Productos dietéticos
- Digestivos, incl. Enzimas
- Vitaminas
- Suplementos minerales
- Tónicos
- Anabolizantes de uso sistémico
- Estimulantes del apetito
- Otros productos del tracto alimentario y del metabolismo

Estos fármacos son para atender el aparato digestivo, es decir la transformación de los alimentos para que puedan ser absorbidos y utilizados por las células del organismo.

(B) Sangre y órganos formadores de sangre: Este grupo incluye preparados para uso local y sistémico, y también algunos preparados utilizados para disolver coágulos en catéteres, coágulos hemodiálisis, etc.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Agentes antitrombóticos
- Antihemorrágicos
- Preparados antianémicos
- Sustitutos de la sangre y soluciones de perfusión
- Otros agentes hematológicos

Estos fármacos atienden a la sangre que está compuesta por plasma sanguíneo y los llamados elementos figurados o elementos formes, otros componentes son: los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas.

(C) Sistema cardiovascular: La medicina cardiovascular se refiere a la rama de la atención médica que se especializa en el tratamiento de enfermedades o afecciones que tienen que ver con el corazón y los sistemas vasculares

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Terapia cardíaca
- Antihipertensivos
- Diuréticos
- Vasodilatadores periféricos

- Vasoprotectores
- Agentes beta-bloqueantes
- Bloqueadores de los canales de calcio
- Agentes que actúan sobre el sistema renina-angiotensina
- Agentes modificadores de los lípidos

Estos fármacos se utilizan en el sistema cardiovascular, o aparato circulatorio, del cuerpo se compone del corazón, la sangre y los vasos sanguíneos (arterias y venas).

(D) Dermatológicos: Están desarrollados para el tratamiento y la prevención de diferentes afecciones de tipo cutáneo. Estos incluyen en su formulación compuestos que los convierten en perfectos antifúngicos, antibióticos tópicos, cicatrizantes, efectivos contra las picaduras, antisépticos y eficaces para prevenir callosidades y/o verrugas.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Antifúngicos de uso dermatológico
- Emolientes y protectores
- Preparados para el tratamiento de heridas y úlceras
- Antipruriginosos, incl. Antihistamínicos, anestésicos, etc.
- Antipsoriásicos
- Antibióticos y quimioterapéuticos de uso dermatológico

- Corticosteroides, preparados dermatológicos
- Antisépticos y desinfectantes
- Apósitos medicados
- Preparados antiacné
- Otros preparados dermatológicos

Estos fármacos tratan a las lesiones elementales que se registran en la piel se las pueden dividir en lesiones primarias como: quistes, los abscesos, las ampollas, las ronchas, las pústulas y las vesículas y las lesiones secundarias como: úlceras, las escaras y las costras.

(G) Sistema genitourinario y hormonas sexuales: las hormonas son sustancias producidas por diversas glándulas endocrinas entre ellas las sexuales, ovarios y testículos.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Antiinfecciosos y antisépticos ginecológicos
- Otros ginecológicos
- Hormonas sexuales y moduladores del sistema genital
- Urología

Estos fármacos atienden el aparato urinario o excretor es un conjunto de órganos de mantener la homeostasis del equilibrio ácido-base y del balance hidrosalino, extrayendo de la sangre productos de desecho del metabolismo celular y eliminándolos hacia el exterior del cuerpo.



(H) Preparados hormonales sistémicos, excluyendo hormonas sexuales e insulinas; Este grupo comprende todos los preparados hormonales de uso sistémico, excepto: Las insulinas, Esteroides anabólicos, Catecolaminas, Hormonas sexuales, Hormonas sexuales utilizadas en el tratamiento de enfermedades neoplásicas y Metreleptina utilizada para el tratamiento de las complicaciones del déficit de leptina en pacientes con lipodistrofia generalizada.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Hormonas hipofisarias e hipotalámicas y análogos
- Corticosteroides de uso sistémico
- Terapia tiroidea
- Hormonas pancreáticas
- Homeostasis del calcio

Estos fármacos tratan a las hormonas que son segregadas por ciertas células especializadas localizadas en glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas, o también por células epiteliales e intersticiales.

(J) Antiinfecciosos en general para uso sistémico: este grupo son compuestos o sustancias que combaten las infecciones bacterianas y que matan o ralentizan su extensión, y componen uno de los grupos de medicamentos más importantes para luchar contra las enfermedades infecciosas.

- Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:
- Antibacterianos de uso sistémico
- Antimicóticos de uso sistémico

- Antimicrobianos
- Antivirales de uso sistémico
- Sueros inmunes e inmunoglobulinas
- Vacunas

Los fármacos antiinfecciosos combaten la infección están desarrollados para combatir las bacterias y los hongos que no perjudica a la célula humana infectada.

(L) Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores: En esta categoría se encuentran antineoplásicos, medicamentos para terapia endocrina, inmunoestimulantes y agentes inmunosupresores.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Agentes antineoplásicos
- Terapia endocrina
- Inmunoestimulantes
- Inmunosupresores

Los fármacos antineoplásicos, llamados anteriormente citotóxicos o anticancerosos, tienen la capacidad de matar o detener el crecimiento de las células vivas. Se utilizan en la quimioterapia del cáncer. y un inmunomodulador es una sustancia que modifica (aumenta o disminuye) la capacidad del sistema inmune de ejercer una o más de sus funciones como la producción de anticuerpos, el reconocimiento antigénico, o la secreción de mediadores inflamatorios.

(M) Sistema musculoesquelético: en esta categoría se encuentran medicamentos para el tratamiento de enfermedades óseas y otros medicamentos para desordenes del sistema musculoesquelético.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Productos antiinflamatorios y antirreumáticos
- Productos tópicos para el dolor articular y muscular
- Relajantes musculares
- Preparados antigotosos
- Medicamentos para el tratamiento de enfermedades óseas
- Otros medicamentos para los trastornos del sistema musculoesquelético

Estos fármacos que tiende la función del musculo esquelético incluyen dos grupos: Relajantes neuromusculares: para parálisis musculas y espasmolíticos: usados para disminuir la espasticidad en una diversidad de trastornos

(N) Sistema nervioso: En este grupo se encuentran medicamentos con efecto tranquilizantes, sedantes o hipnóticos.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Anestesia
- Analéfica
- Antiepilépticos
- Medicamentos antiparkinsonianos

- Psicolépticos
- Psicoanalépticos
- Otros medicamentos del sistema nervioso

Los fármacos que ejercen efecto enlenteciendo la actividad cerebral y resultando útiles para manejar la ansiedad, el pánico y los trastornos del sueño.

(P) Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes: en este grupo se subdivide según los tipos de parásitos.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Antiprotozoarios
- Antelmínticos
- Ectoparasiticidas, incl. Escabicidas, insecticidas y repelentes

Estos fármacos son utilizados en el tratamiento de las enfermedades debidas a parásitos.

(R) Sistema respiratorio: Encontramos en este listado preparados contra padecimientos obstructivos de las vías respiratorias.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Preparados nasales
- Preparados para la garganta
- Medicamentos para las enfermedades obstructivas de las vías respiratorias

- Preparados para la tos y el resfriado
- Antihistamínicos de uso sistémico
- Otros productos para el sistema respiratorio

Este tipo de fármacos atienden los pulmones que constituyen el órgano principal de todo este aparato, en compañía de fosas nasales, faringe, boca, laringe y tráquea. Y los pulmones se entrelazan estrechamente con los bronquiolos, bronquios y alvéolos pulmonares.

(S) Órganos de los sentidos: Estos fármacos atienden cinco órganos de los sentidos, que son los ojos, los oídos, la nariz, la lengua y la piel.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Oftalmológicos
- Otológicos
- Preparados oftalmológicos y otológicos

(V) Varios: este grupo comprende diferentes medicamentos, y la asignación es difícil.

Subgrupos terapéuticos o farmacológicos que se concentran son:

- Todos los demás productos terapéuticos
- Agentes de diagnóstico
- Nutrientes en general
- Todos los demás productos no terapéuticos

- Medios de contraste
- Radiofármacos de diagnóstico

### **3.3 Variables de estudio**

Las variables que se emplearon en esta investigación fueron las siguientes:

- Gasto total en productos farmacéuticos: En esta variable se tiene la descripción de cada uno de los medicamentos que fueron adquiridos a lo largo de los años de estudio.
- Área terapéutica: Esta variable se construyó a partir de la revisión del índice ATC/DDD, tomando en cuenta el principio activo o clase farmacológica de cada producto farmacéutico.

### **3.4 Técnicas econométricas**

La elaboración del presente proyecto de investigación contempla utilizar técnicas econométricas para datos de series temporales. Esto permite el análisis a lo largo del tiempo para poder representar la oportunidad de concentrar varias ideas e hipótesis generando criterio analítico, esto dando de manera oportuna al HIMFG una opción que mejore su toma de decisión al ejecutar el recurso en los productos farmacéuticos.

Conforme a la metodología para los análisis econométricos, el propósito es identificar si existe correlación con las variables de análisis esto para entender el grado de asociación lineal entre estas en cuanto se determine que nuestro planteamiento es completamente lineal y las variables explican al modelo.

Para este proyecto de investigación se analiza si una regresión lineal se empleará como método de estimación como primer tratamiento, puesto que se

utiliza de manera frecuente. Los MCO generan estimadores consistentes e insesgados debido a que incorpora toda la información a la vez. (Loría Díaz de Guzmán, 2007). No obstante, dada la información disponible y el objetivo de identificar si existen diferentes escenarios o regímenes en la trayectoria de los precios de compra de los medicamentos del HIMFG.

Como sabemos los datos son de serie temporal estos tienen un comportamiento de forma natural con respecto al tiempo, por lo que existe intercorrelaciones, esto sucede si el intervalo de tiempo entre las observaciones sucesivas es muy corto que sean menores a un año.

#### 3.4.1 Modelos de series temporales no lineales

El cambio de régimen estocástico es importante para las series temporales las autocorrelaciones tienden a ser mayores durante los periodos de baja volatilidad y menores durante los periodos de alta volatilidad. Los periodos de baja y alta volatilidad pueden interpretarse como regímenes distintos. Interpretarse como regímenes distintos o, el nivel de volatilidad puede o, el nivel de volatilidad puede considerarse como el proceso que determina el régimen. Por supuesto, el nivel de volatilidad en futuro no se conoce con certeza. Lo mejor que se puede hacer es una previsión sensata de este nivel y, por tanto, del régimen que se producirá en el futuro. La serie temporal de tiempo se modela con un modelo AR, en el que se permite que los parámetros autorregresivos dependen del régimen o del estado.

Los modelos de cambio de régimen disponibles difieren en la forma en que el régimen evoluciona en el tiempo. A grandes rasgos, se pueden distinguir dos clases principales de modelos.

- Los modelos de la primera clase suponen que los regímenes pueden ser caracterizados (o determinado) por una variable observable. Por lo tanto, los regímenes que han pasado y presente se conocen con certeza (aunque tengan que ser encontrados que encontrar por medio de técnicas estadísticas, por supuesto).
- Los modelos de la segunda clase suponen que el régimen no puede observarse realmente, sino que está determinado por un proceso estocástico subyacente no observable. Esto implica que nunca se puede estar seguro de que un régimen concreto se haya producido en un momento determinado en el tiempo, sino que sólo se pueden asignar probabilidades a la aparición de los distintos regímenes.

#### 3.4.2 Regímenes determinados por información observable

El miembro más destacado de la primera clase de modelos, que suponen que el régimen que ocurre en el momento  $t$  puede ser determinado por una variable observable  $q_t$ , es el modelo autorregresivo de umbral (TAR). El modelo TAR supone que el régimen está determinado por el valor de  $q_t$  con respecto a un valor umbral, que denotamos como  $c$ . Un caso especial surge cuando la variable umbral  $q_t$  se toma como un valor retardado de la propia serie temporal, es decir,  $q_t = y_{t-d}$  para un cierto número entero  $d > 0$ . Como en este caso el régimen régimen está determinado por la propia serie temporal, el modelo resultante se denomina modelo TAR autoexcitado (SETAR).

$$y_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \phi_{1,1} y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } y_{t-1} \leq c \\ \phi_{0,2} + \phi_{1,2} y_{t-1} + \varepsilon_t & \text{if } y_{t-1} > c \end{cases}$$



Donde asumen que  $\varepsilon_t$  es una secuencia de ruido blanco i.i.d.

$$\mathbb{E}[\varepsilon_t | \Omega_{t-1}] = 0$$

El modelo SETAR supone que la frontera entre los dos regímenes viene dada por un valor específico de la variable umbral  $y_{t-1}$ . Una transición más gradual entre los distintos regímenes puede obtenerse sustituyendo la función indicadora  $I[y_{t-1} > c]$  por una función continua  $G(y_{t-1}; c)$ , que cambia suavemente de 0 a 1 a medida que  $y_{t-1}$  aumenta. El modelo resultante se denomina modelo AR de Transición Suave AR (STAR) y viene dado por

$$y_t = (\phi_{0,1} + \phi_{1,1} y_{t-1})(1 - G(y_{t-1}; \gamma, c)) + (\phi_{0,2} + \phi_{1,2} y_{t-1})G(y_{t-1}; \gamma, c) + \varepsilon_t$$

Una función de transición de los regímenes es  $G(y_{t-1}; \gamma, c)$  que toma una forma logística:

$$G(y_{t-1}; \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma[y_{t-1} - c])}$$

Y el modelo resultante se denomina entonces modelo Logistic STAR (LSTAR). El parámetro  $c$  en esta función puede interpretarse como el umbral entre los dos regímenes correspondientes a  $G(y_{t-1}; \gamma, c) = 0$  y  $G(y_{t-1}; \gamma, c) = 1$ , en el sentido de que la función logística cambia monotónicamente de 0 a 1 a medida que  $y_{t-1}$  aumenta, mientras que  $G(c; \gamma, c) = 0.5$ . El parámetro determina la suavidad del cambio en el valor de la función logística y, por tanto, la transición de un régimen a otro. de un régimen a otro.

Una serie temporal no lineal puede tener un único equilibrio (estable o inestable), múltiples o no tener ningún equilibrio. Además, aunque el equilibrio sea único y estable, no es necesariamente igual a la media de la serie temporal.

“Un equilibrio estable es también se denomina atractor, lo que se deriva del hecho de que en ausencia de perturbaciones la serie temporal es atraída por el equilibrio estable. Dado que una serie temporal no lineal puede tener cualquier número de equilibrios estables, se deduce que también puede tener varios atractores.”(Franses and Dijk, 2000)

#### Modelos de orden superior

Aunque los modelos SETAR y STAR con un modelo AR (1) en ambos pueden generar una gran variedad de patrones dinámicos, en la práctica se puede permitir modelos AR de orden superior en los diferentes regímenes.(Franses and Dijk, 2000)

$$y_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \phi_{2,1}y_{t-2} + \dots + \phi_{p_1,1}y_{t-p_1} + \varepsilon_t & \text{if } y_{t-1} \leq c \\ \phi_{0,2} + \phi_{1,2}y_{t-1} + \phi_{2,2}y_{t-2} + \dots + \phi_{p_2,2}y_{t-p_2} + \varepsilon_t & \text{if } y_{t-1} > c \end{cases}$$

mientras que para un modelo STAR se expresa:

$$y_t = (\phi_{0,1} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{p_1,1}y_{t-p_1})(1 - G(y_{t-1}; \gamma, c)) + (\phi_{0,2} + \phi_{1,2}y_{t-1} + \dots + \phi_{p_2,2}y_{t-p_2})G(y_{t-1}; \gamma, c) + \varepsilon_t$$

En los modelos de orden superior, también puede ser relevante considerar la posibilidad de que  $y_{t-d}$  con  $d > 1$  sea la variable de umbral o de transición. En estos modelos de orden superior de orden superior, puede ser bastante difícil establecer la existencia de equilibrios, atractores y/o ciclos límite de forma analítica. Una forma pragmática de investigar las propiedades del esqueleto de un modelo de orden superior es utilizar lo que podría llamarse simulación determinista. Es decir, dados los valores iniciales  $y_0, \dots, y_{1-p}$ , con  $p = \max(p_1, p_2)$ , se calculan los valores que toman  $y_1, y_2, \dots$ , mientras se establece todo  $\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots = 0$ .

## Identificación de las órdenes de rezago

Para determinar los órdenes adecuados  $p_1$  y  $p_2$  en los modelos generales de los diferentes regímenes AR y STAR. Uno de los enfoques que se aplica comúnmente, especialmente en el caso de los modelos STAR, es comenzar por especificar un modelo lineal AR ( $p$ ) para  $y_t$  y suponer que el orden  $p$ , que se basa en las autocorrelaciones (parciales) de  $y_t$  o en un criterio de información como el AIC o el BIC, es el orden apropiado en ambos regímenes del modelo no lineal.

Este procedimiento es bastante arriesgado, en el sentido de que puede ocurrir fácilmente que el orden de retardo que se obtenga de este modo sea inapropiado. Para un modelo bilineal, las series temporales no lineales pueden tener autocorrelaciones en todos los rezagos. Es muy probable que el orden de retardo seleccionado, basado en la inspección de la función de autocorrelación estimada, sea demasiado bajo.

Para los modelos de series temporales no lineales relativamente simples pueden dar lugar a estructuras de autocorrelación bastante complicadas, que sólo pueden ser capturadas por un modelo AR( $p$ ) con  $p$  muy grande.

$$y_t = \text{sing}(y_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Donde  $\text{sign}(x) = 1 = x$  ( $y$ )  $- 1 = -x$ . Nos demuestra que las series temporales de este modelo tienen propiedades de larga memoria.

En el caso del BIC, la mejora en el ajuste de un modelo más elaborado tiene que ser considerable para compensar la penalización que supone la inclusión de parámetros adicionales en el modelo. Este parece ser un problema en la modelización no lineal en particular.

En las aplicaciones de los modelos de cambio de régimen suele ocurrir que la gran mayoría de las observaciones se encuentran en uno de los regímenes. En estos casos, la mejora de la comparación con un modelo lineal es probablemente bastante modesta y no lo suficientemente grande para que el modelo no lineal sea seleccionado por un criterio de información. Se debe tener en cuenta el hecho de que los parámetros en los regímenes adicionales son necesarios para las pocas observaciones. Esto puede lograrse penalizando la inclusión de los parámetros adicionales para todo el tamaño de la muestra, sino sólo para el número de observaciones para las que estos parámetros son funcionales.

Un AIC alternativo para un modelo de 2 regímenes SETAR de dos regímenes como la suma de los AIC de los modelos AR de los dos regímenes, es decir,

$$AIC(p_1, p_2) = n_1 \ln \hat{\sigma}_1^2 + n_2 \ln \hat{\sigma}_2^2 + 2(p_1 + 1) + 2(p_2 + 1)$$

El BIC para el modelo SETAR puede definirse análogamente como:

$$BIC(p_1, p_2) = n_1 \ln \hat{\sigma}_1^2 + n_2 \ln \hat{\sigma}_2^2 + (p_1 + 1) \ln n_1 + (p_2 + 1) \ln n_2$$

### Estacionariedad

Se sabe poco sobre las condiciones en las que los modelos SETAR y STAR generan series temporales estacionarias. Tales condiciones se han establecidas sólo para el modelo de primer orden una condición suficiente para la estacionariedad es  $\max(|\phi_{1,1}|, |\phi_{1,2}|) < 1$ , lo que equivale al requisito de que los modelos AR(1) en los dos regímenes son estacionarios. La estacionariedad del modelo de primer orden se mantiene bajo condiciones menos restrictivas. En particular, el modelo SETAR es estacionario si y sólo si se cumple una de las siguientes condiciones:

1.  $\phi_{1,1} < 1, \phi_{1,2} < 1, \phi_{1,1}\phi_{1,2} < 1$ ;
2.  $\phi_{1,1} = 1, \phi_{1,2} < 1, \phi_{0,1} < 0$ ;
3.  $\phi_{1,1} < 1, \phi_{1,2} = 1, \phi_{0,2} < 0$ ;
4.  $\phi_{1,1} = 1, \phi_{1,2} = 1, \phi_{0,2} < 0 < \phi_{0,1}$ ;
5.  $\phi_{1,1}\phi_{1,2} = 1, \phi_{1,1} < 0, \phi_{0,2} + \phi_{1,2}\phi_{0,1} > 0$ .

La condición (1) permite que uno de los parámetros AR sea menor que -1. Las condiciones (2) y (4) muestran que el modelo AR en uno o incluso ambos regímenes puede contener una raíz unitaria. En tales casos, la serie temporal es localmente no estacionaria. Las condiciones sobre los interceptos  $\phi_{0,1}$  y  $\phi_{0,2}$  son tales que la serie temporal tiene tendencia a volver al régimen estacionario y, por tanto, la serie temporal es globalmente estacionaria. Pruebas de raíces unitarias en modelos SETAR.

La estacionariedad de modelos de series temporales no lineales en general consiste en determinar si el esqueleto es estable. Intuitivamente, si el esqueleto es tal que la serie tiende a explotar para ciertos valores iniciales, la serie no es estacionaria. Esto puede establecerse por simulación.

### Múltiples regímenes

Los modelos SETAR y STAR pueden ampliarse de forma relativamente sencilla para permitir más de dos regímenes. Es útil distinguir dos casos, dependiendo de si los regímenes se caracterizan por una sola variable o por una combinación de varias variables.

El régimen imperante está determinado por una sola variable se puede obtener un modelo SETAR de  $m$  – regímenes definiendo un conjunto de  $m + 1$  umbrales:  $C_0, C_1, \dots, C_m$  tal que:

$$-\infty = C_0 < C_1 < \dots < C_{k-1} < C_m = \infty$$

El equivalente en  $m$  – *regimen* en formula se expresa:

$$y_t = \phi_{0,j} + \phi_{1,j}y_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } C_{j-1} < y_{t-1} \leq C_j$$

Por  $j = 1, 2, \dots, m$ . Para el modelo STAR, se puede seguir un procedimiento similar que se describe como:

$$y_t = \phi_1'x_t + (\phi_2 - \phi_1)'x_t G(Y_{t-1}; \gamma, c) + \varepsilon_t$$

### 3.4.3 Regímenes determinados por variables no observables

Para los modelos de cambio de régimen supone que el régimen que ocurre en el momento  $t$  no puede ser observado, ya que está determinado por un proceso inobservable observable, que denotamos como  $S_t$ . En caso de que sólo haya dos regímenes, se puede suponer simplemente que  $S_t$  puede asumir los valores 1 y 2, de manera que el modelo con un modelo AR(1) en ambos regímenes viene dado por:

$$y_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } S_t = 1 \\ \phi_{0,2} + \phi_{1,2}y_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } S_t = 2 \end{cases}$$

Que se puede abreviar como:

$$y_t = \phi_{0,S_t} + \phi_{1,S_t}y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Para completar el modelo, es necesario especificar las propiedades del proceso  $S_t$ . Para estos casos se utiliza el modelo de conmutación de Markov (MSW), en el que se supone que el proceso  $S_t$  es un proceso de Markov de primer orden. Esto implica que el régimen actual  $S_t$  sólo depende del régimen de un periodo,  $S_{t-1}$ . Por lo tanto, el modelo se completa definiendo las probabilidades de transición para pasar de un estado a otro.

$$P(S_t = 1 | S_{t-1} = 1) = P_{11}$$

$$P(S_t = 2 | S_{t-1} = 1) = P12$$

$$P(S_t = 1 | S_{t-1} = 2) = P21$$

$$P(S_t = 2 | S_{t-1} = 2) = P22$$

Así,  $P_{ij}$  es igual a la probabilidad de que la cadena de Markov pase del estado  $i$  en el momento  $t - 1$  al estado  $j$  en el momento  $t$  - o, dicho de otro modo, la probabilidad de que el régimen  $i$  en el momento  $t - 1$  sea seguido por el régimen  $j$  en el momento  $t$ . Obviamente, para que los  $P_{ij}$  definan probabilidades adecuadas, deben ser no negativas, mientras que también debe cumplirse que

$$P11 + P12 = 1$$

$$P21 + P22 = 1$$

Las probabilidades incondicionales de que el proceso se encuentre en cada uno de los regímenes, de  $P(S_t = i)$  para  $i = 1, 2$ . Utilizando la teoría de las cadenas de Markov ergódicas es sencillo demostrar que para el modelo MSW de dos estados estas probabilidades incondicionales vienen dadas por:

$$P(S_t = 1) = \frac{1 - p_{22}}{2 - p_{11} - p_{22}}$$

$$P(S_t = 2) = \frac{1 - p_{11}}{2 - p_{11} - p_{22}}$$

Un modelo MSW con  $m$  regímenes se obtiene permitiendo que la inobservable cadena de Markov no observable  $S_t$  tome uno de  $m > 2$  valores diferentes, cada uno determinando un régimen particular. Es decir, el modelo se convierte en:

$$y_t = \phi_{0,j} + \phi_{1,j}y_{t-1} + \varepsilon_t \text{ if } S_t = j$$

Para  $j = 1, 2, \dots, m$ , con posibles transiciones

$$p_{ij} \equiv P(S_t = j | S_{t-1} = i), \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

Con satisfacción de  $p_{ij} \geq 0$  por  $i, j = 1, 2, \dots, m$  y que:

$$\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1 \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$$

Procedimiento de especificación empírica

Se considera el uso de modelos de series temporales no lineales para describir las características de una variable concreta. Un procedimiento de especificación empírica para SETAR, STAR y MSW que sigue este enfoque consiste en los siguientes pasos:

1. Especificar un modelo lineal AR apropiado de orden  $p$  [ $AR(p)$ ] para la serie temporal series de tiempo.
2. Probar la hipótesis nula de linealidad frente a la alternativa de no linealidad de tipo SETAR, STAR y/o no linealidad de tipo MSW.
3. Estimar los parámetros del modelo.
4. Evaluar el modelo mediante pruebas de diagnóstico
5. Ajuste del modelo si es necesario.
6. Utilizar el modelo con fines descriptivos o de previsión.



### **3.5 Conclusiones de las metodologías revisadas**

Existen una gran cantidad de modelos de series temporales no lineales, de los cuales se ha realizado una revisión exhaustiva. Con el fin de seleccionar un modelo que permita dar explicación al fenómeno estudiado.

Así, en este trabajo se revisan diferentes metodologías, concluyendo que la mejor opción es la implementación de un modelo de cambio de régimen, que son una extensión del modelo GARCH. Este modelo, bien conocido y aplicado a menudo, explota la regularidad empírica de que las series de tiempo y permite cuestionar, principalmente, la suposición de los diferentes modelos más convencionales de que los parámetros del modelo son constantes a lo largo del tiempo.

Entre las distintas técnicas escogimos el cambio de régimen para retornos con información observable. Ya que este modelo es el único que garantiza o permite incorporar los distintos cambios de metodologías de compras de medicamentos, ya que, como explicamos más adelante, no se tienen identificados de manera específica el momento que se efectúa los cambios.

Sin embargo, es importante señalar, que existen ciertos modelos que podrían ser utilizados como alternativa (como los modelos ARMA O ARIMA con cambio estructural o regresión segmentada). La principal dificultad es que su implementación requiere saber el momento específico en el que ocurre el cambio de política analizada. En este caso, la coyuntura que se presenta en los procesos de compras de medicamentos no permite utilizarlos, por tal motivo se ocupa un modelo SETAR, el cual permite reproducir las características no lineales de la serie con alteraciones en el cambio de régimen y, en algunos casos, elaborar mejores pronósticos.

## **4 Resultados**

### **4.1 Prueba de Raíz unitaria**

Previo a implementar la técnica de cambio de régimen, aplicamos pruebas de raíz unitaria sobre los niveles y las primeras diferencias de las series con el objeto de delimitar si las series son o no estacionarias. Específicamente se aplicaron las pruebas de Dickey-Fuller Aumentada (ADF) y Kwiatkowsky-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Como se puede apreciar, en todos los casos de las series evaluadas, encontramos evidencia robusta de que las series en niveles son estacionarias. De esta forma, consideramos que es adecuado implementar regresiones del tipo de cambio de régimen; considerando las series en niveles.

**Tabla 3. Pruebas de raíz unitaria. ADF y KPSS con 4 rezagos.**

Gasto en USD					
Variable		ADF (4)		KPSS (4)	
		Est. T	Modelo	Est. t	Modelo
Tracto alimentario y metabolismo	Niveles	-2.82 **	B	0.11**	A
	Diferencias	-8.16	A	0.02	B
Sangre y órganos formadores de sangre	Niveles	-5.59**	A	0.09**	A
	Diferencias	-8.30	A	0.019	B
Sistema cardiovascular	Niveles	-6.74**	A	0.04**	A
	Diferencias	-8.81	A	0.018	B
Dermatológicos	Niveles	-5.67**	A	0.028**	A
	Diferencias	-8.42	A	0.017	B
Sistema genitourinario y hormonas sexuales	Niveles	-4.93**	A	0.06**	B
	Diferencias	-8.39	A	0.017	B
Productos hormonales sistémicos, excl. Hormonas sexuales e insulinas	Niveles	-4.42**	A	0.05**	A
	Diferencias	-7.81	A	0.017	B
Antiinfecciosos para uso sistémico	Niveles	-5.22**	A	0.18**	A
	Diferencias	-10.34	A	0.03	B
Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores	Niveles	-5.36**	A	0.15**	B
	Diferencias	-9.24	A	0.027	B
Sistema musculoesquelético	Niveles	-5.73**	A	0.05**	A
	Diferencias	-9.0	A	0.016	B
Sistema nervioso	Niveles	-4.69**	A	0.08**	A
	Diferencias	-7.75	A	0.018	B
Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes	Niveles	-5.09**	A	0.08**	B
	Diferencias	-7.79	A	0.018	B
Sistema respiratorio	Niveles	-5.56**	A	0.07**	B
	Diferencias	-8.05	A	0.018	B
Órganos de los sentidos	Niveles	-5.59**	A	0.080**	B
	Diferencias	-10.67	A	0.019	B
Varios	Niveles	-5.12**	A	0.17**	A
	Diferencias	-10.17	A	0.018	B

Notas: \*\* indica rechazo de la hipótesis nula al 5% de significancia. Los valores críticos al 5% para la prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF), son de -3.42 incluyendo constante y tendencia (modelo A), -2.87 únicamente la constante (modelo B) y -1.95 sin constante y sin tendencia (modelo C). Para la prueba KPSS los valores críticos son: 0.463 (Modelo A) y 0.146 (Modelo B). Periodo 2008(1) – 2019(12).

Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

## 4.2 Modelo de serie temporal con cambio de régimen

Para realizar el análisis de la serie temporal se utilizó un modelo SETAR (*Self-Exciting Threshold Autoregressive*) ya que el comportamiento de nuestra variable particular esta se da por la determinación de los regímenes, ya que es una relación de la misma variable. De esta forma, incorporamos procesos de estimación el efecto de las distintas metodologías de compras.

Los umbrales dependen de la realización de una única variable, el gasto programado para la adquisición de productos farmacológicos, distinta de aquella cuyo comportamiento no lineal busca ser explicado: el mejoramiento del gasto programado o la eficiencia de la programación del gasto.

Donde  $\Delta \ln P_{t-1}$  es la variable cuya relación define el umbral;  $\tau$  es el valor del umbral que delimita el cambio de escenario y  $\varphi_i$  el coeficiente de regresión, medida del grado de *pass-through* de cada escenario.

El objetivo de este procedimiento es en encontrar el valor del gasto rezagado ( $\ln P_{t-1}$ ), para el cual se minimiza la suma de los errores cuadráticos del modelo; que implica seleccionar el modelo que incurre en la menor pérdida de información posible.

Para identificar el valor umbral optimo se utilizó el criterio de información AIC (Criterio de información de Akaike). Consiste en elegir una vecindad de posibles valores umbrales y descartar los valores usando estos criterios.

Opción 1. Para determinar los valores umbrales se consideran de utilidad los gráficos que representan los estadísticos T de los distintos coeficientes autorregresivos en las autorregresiones tipificadas respecto a la variable umbral, ya que los mayores cambios en la pendiente de estos valores T sugieren cambios de régimen.

Opción 2. Para obtener el valor aproximado del umbral se realizaron gráficos de intervalos de confianza para el valor mediante la inversión de las estadísticas de razón de verosimilitud, el cual nos permite determinar la vecindad de posibles valores umbrales.

**Tabla 4. Modelos SETAR con cambio de régimen.**

Gasto USD		
Variable	SETAR model lag (4)	
	Umbral	Cambio de régimen (2)
Tracto alimentario y metabolismo	223.3	Si
Sangre y órganos formadores de sangre	79.03	Si
Sistema cardiovascular	51.88	Si
Dermatológicos	0.1686	Si
Sistema genitourinario y hormonas sexuales	0.5687	Si
Preparados hormonales sistémicos, excluyendo hormonas sexuales e insulinas	18.12	Si
Antiinfecciosos en general para uso sistémico	188	Si
Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores	205.8	Si
Sistema musculoesquelético	5.464	Si
Sistema nervioso	84.7	Si
Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes	1.074	Si
Sistema respiratorio	4.212	Si
Órganos de los sentidos	1.157	Si
Varios	15.26	Si

Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

#### 4.2.1 Gráficas de los modelos

Observando el comportamiento de las gráficas que se realizaron de la clasificación de las áreas terapéuticas conforme al gasto programado de los 11 años que se analizan, podemos decir que cada área se comporta de manera diferente, ya que estas pueden tener un impacto o no en el tiempo relacionado

con enfermedades, las vertientes que existen para poder profundizar en un análisis de regresión segmentada son las siguientes:

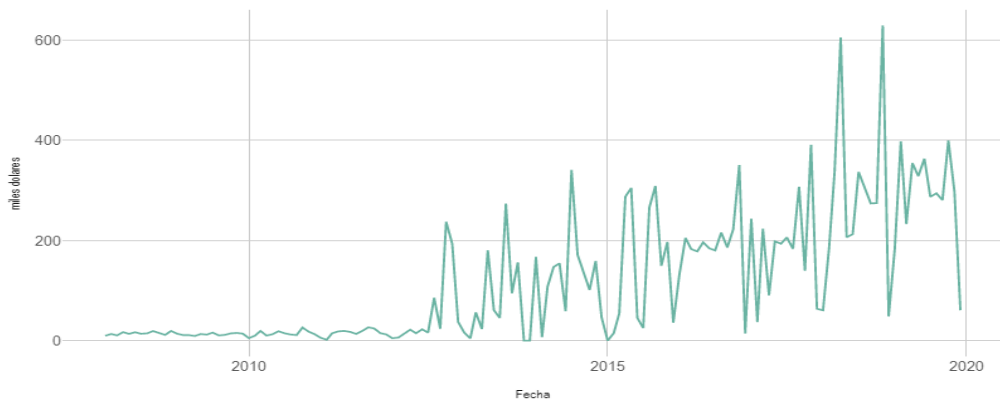
- Los medicamentos para atender enfermedades que pudieran ser estacionarias consisten de ciertos medicamentos específicos que atacan la enfermedad y esta información es un acumulado de estos por lo que no podemos profundizar en eventos específicos.
- El comportamiento es conforme al gasto acumulado en las distintas áreas terapéuticas de los medicamentos que se administran, sin embargo al ser una clasificación general, no logra comprender a los pacientes que se atienden que requieren medicamentos de otras áreas por lo que no podemos explicar el consumo real ya que su estancia Hospitalaria, de Urgencia o Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) es de un área específica pero este puede presentar comorbilidades (más de una enfermedad diagnosticada) por lo que requiere medicamentos que se encuentran en otra clasificación.

Al tener información tan limitada conlleva a que no podamos realizar este tipo de análisis sin embargo se recomienda que se realicen estos tipos de análisis ya que esto podría determinar el costo que genera atender un paciente.

En las gráficas de cambio de régimen que se observan a continuación muestran que la variable tiende a estar por debajo del umbral en el modelo indican que la actividad estaría muy próxima a su nivel potencial, lo que significa que las brechas de gasto prácticamente, se habrían disipado.

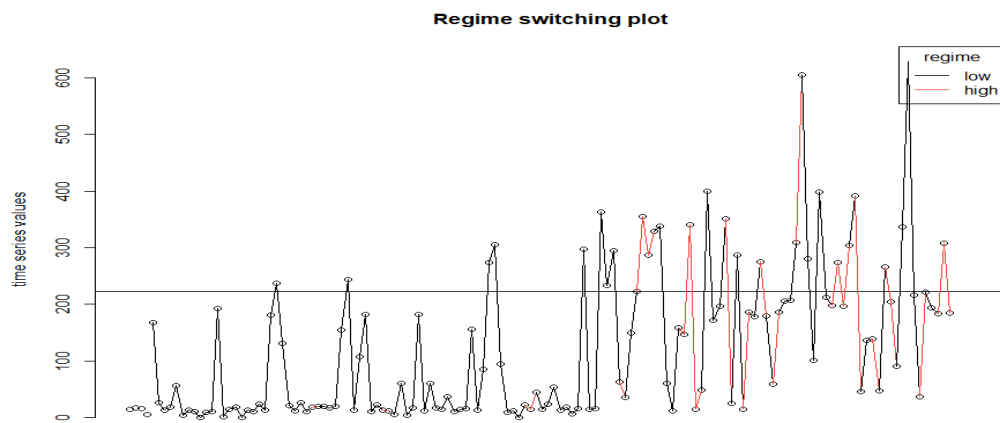
Modelo 1. Tracto alimentario y metabolismo

**Gráfica 1. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Tracto alimentario y metabolismo durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

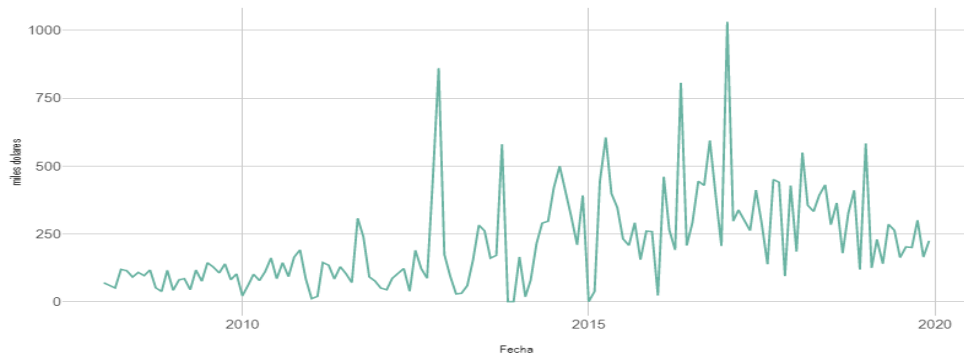
**Gráfica 2. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Tracto alimentario y metabolismo durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

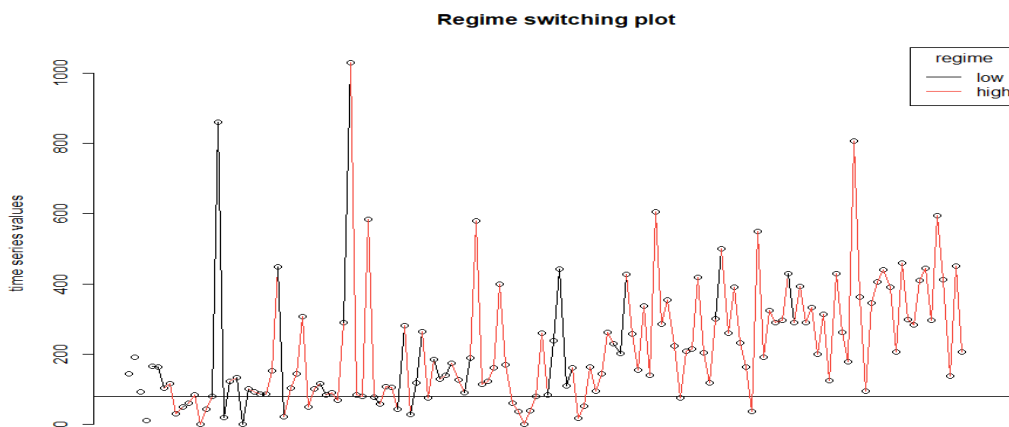
## Modelo 2. Sangre y órganos formadores de sangre

**Gráfica 3. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sangre y órganos formadores de sangre durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMF.

**Gráfica 4. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sangre y órganos formadores de sangre durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG



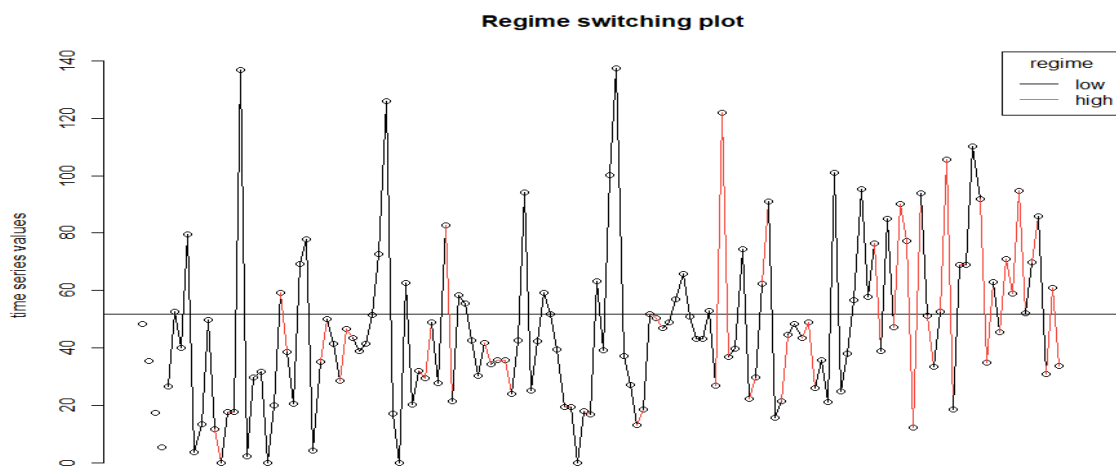
Modelo 3. Sistema cardiovascular

**Gráfica 5. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema cardiovascular durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

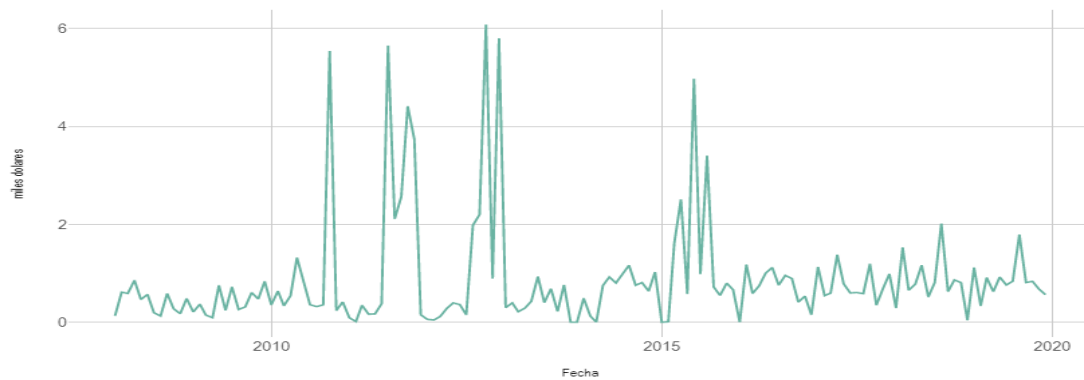
**Gráfica 6. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema cardiovascular durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

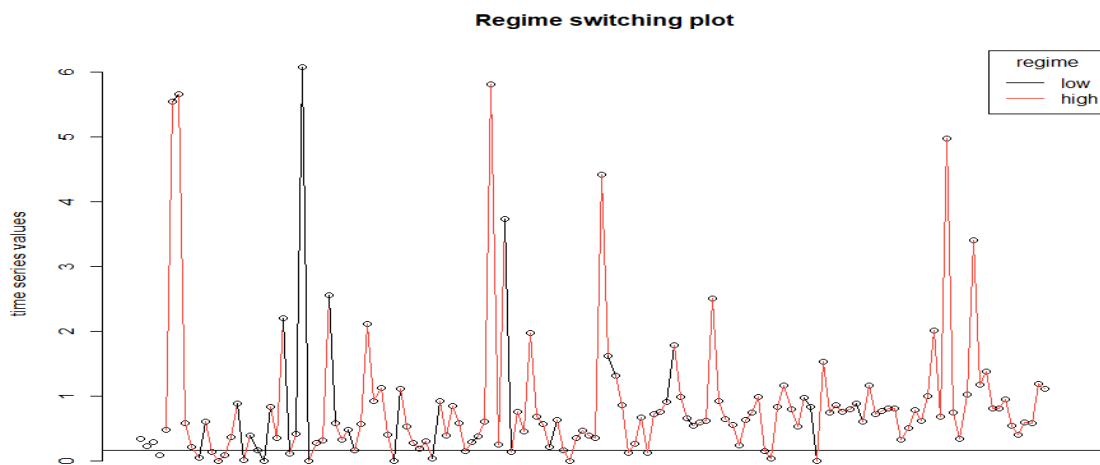
#### Modelo 4. Dermatológicos

**Gráfica 7. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Dermatológicos durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

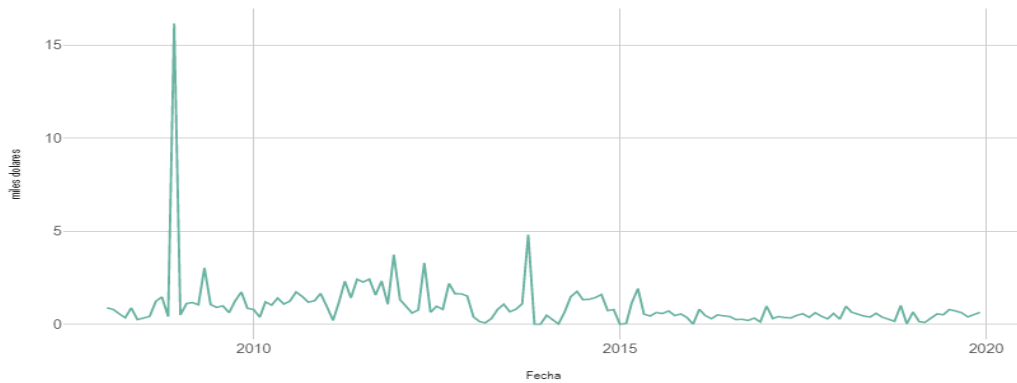
**Gráfica 8. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Dermatológicos durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

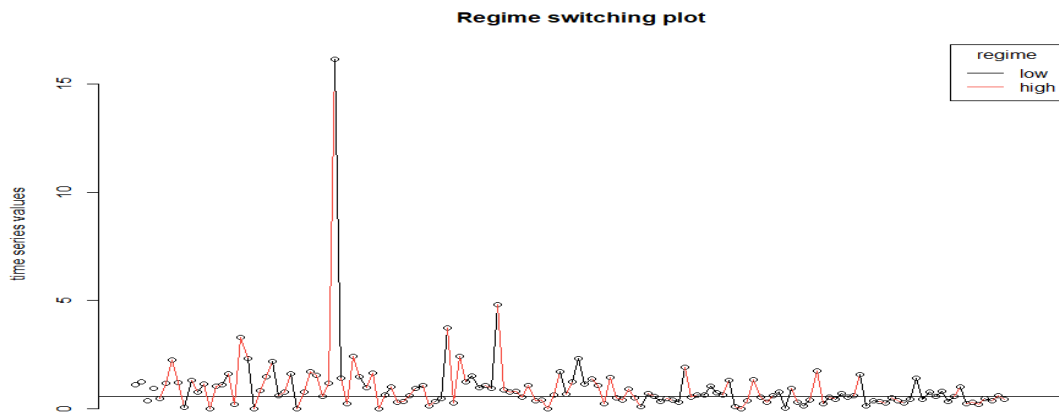
Modelo 5. Sistema genitourinario y hormonas sexuales

**Gráfica 9. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico genitourinario y hormonas sexuales durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

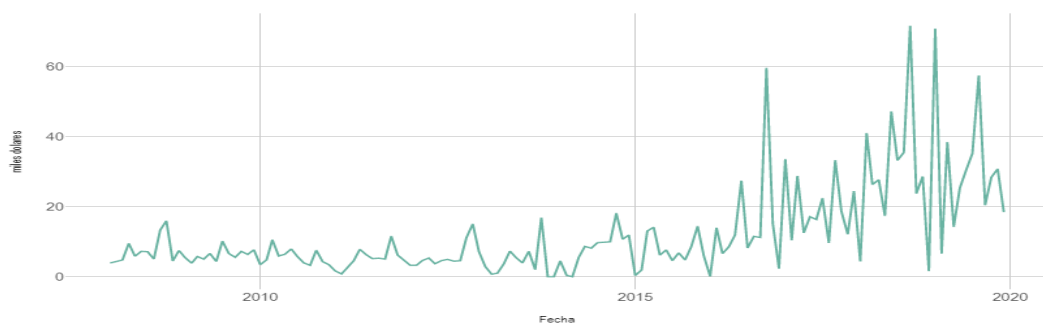
**Gráfica 10. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico genitourinario y hormonas sexuales durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

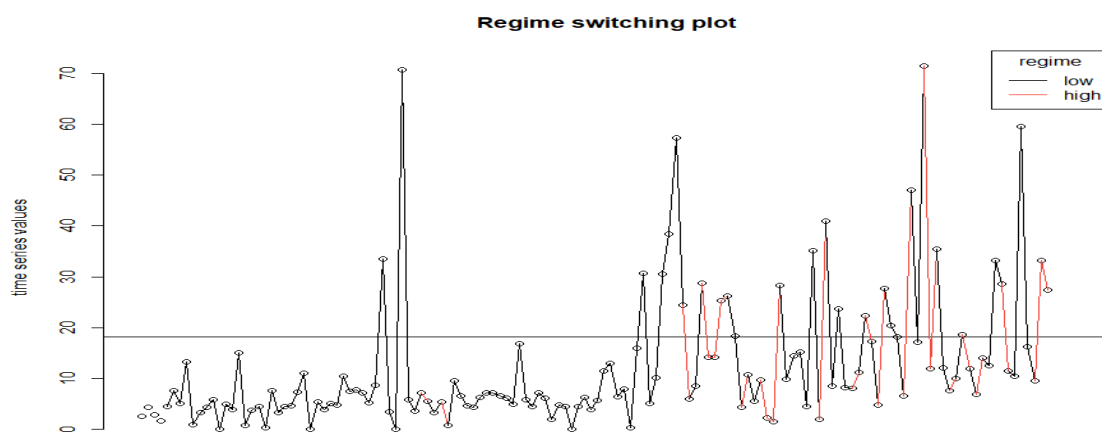
Modelo 6. Productos hormonales sistémicos, excluyendo hormonas sexuales e insulinas

**Gráfica 11. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Productos hormonales sistémicos, excluyendo hormonas sexuales e insulinas durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

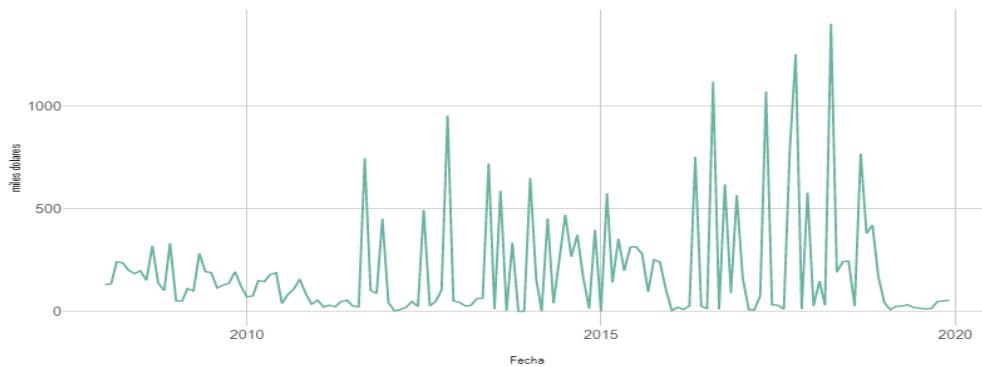
**Gráfica 12. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Productos hormonales sistémicos, excluyendo hormonas sexuales e insulinas durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

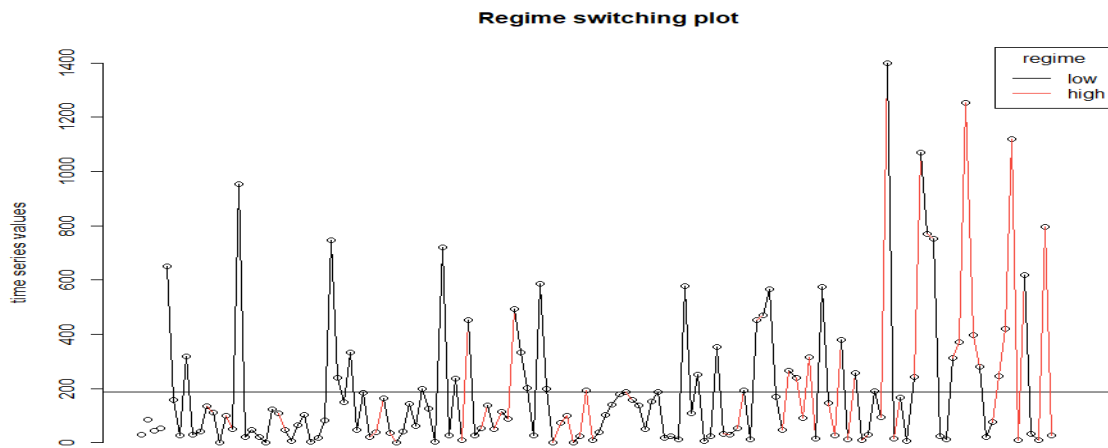
Modelo 7. Antiinfecciosos en general para uso sistémico

**Gráfica 13. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Antiinfecciosos en general para uso sistémico durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

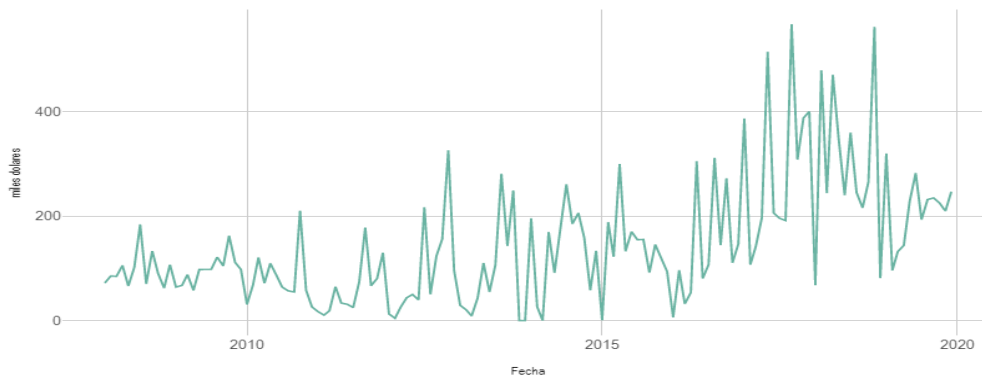
**Gráfica 14. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Antiinfecciosos en general para uso sistémico durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

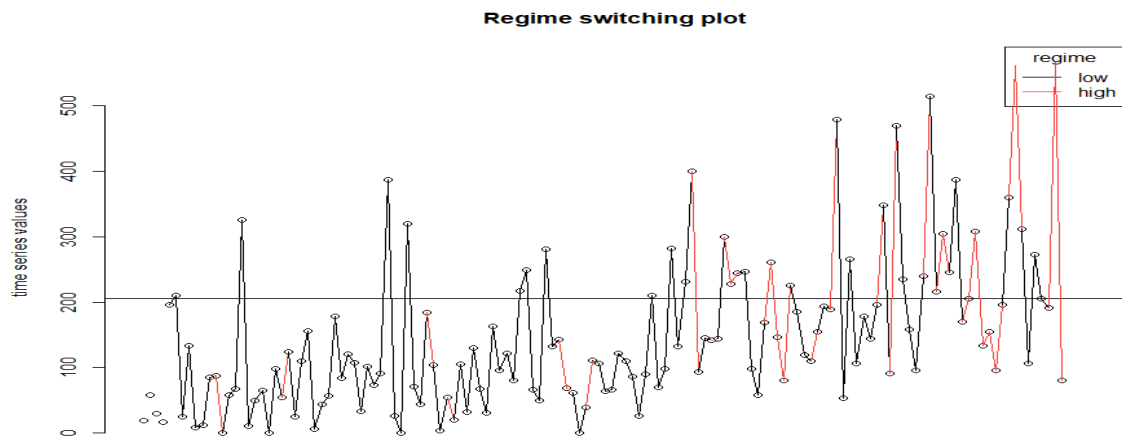
Modelo 8. Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores

**Gráfica 15. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

**Gráfica 16. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Agentes antineoplásicos e inmunomoduladores durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

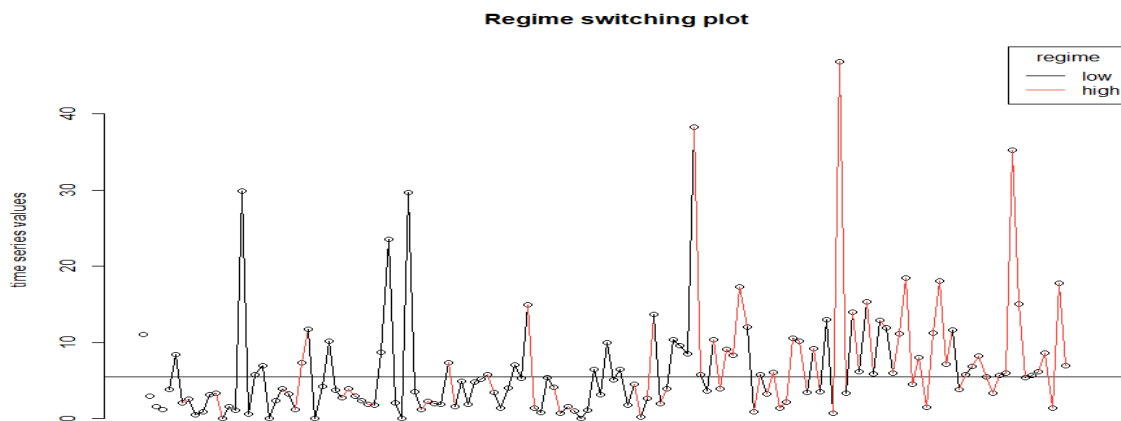
Modelo 9. Sistema musculoesquelético

**Gráfica 17. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema musculoesquelético durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

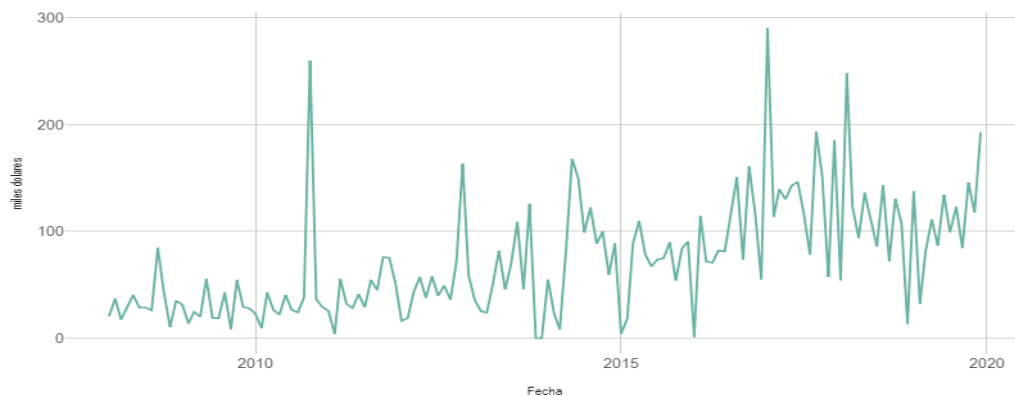
**Gráfica 18. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema musculoesquelético durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

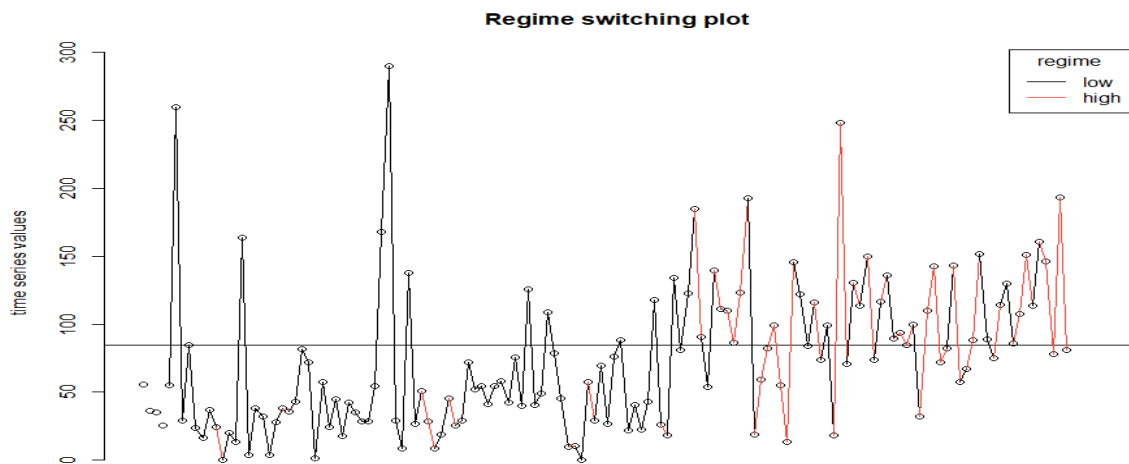
Modelo 10. Área terapéutica Sistema nervioso

**Gráfica 19. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema nervioso durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

**Gráfica 20. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema nervioso durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**

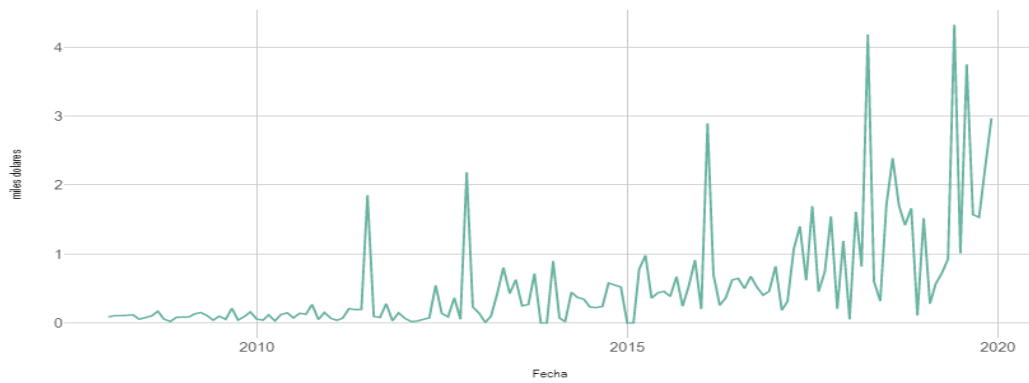


Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG



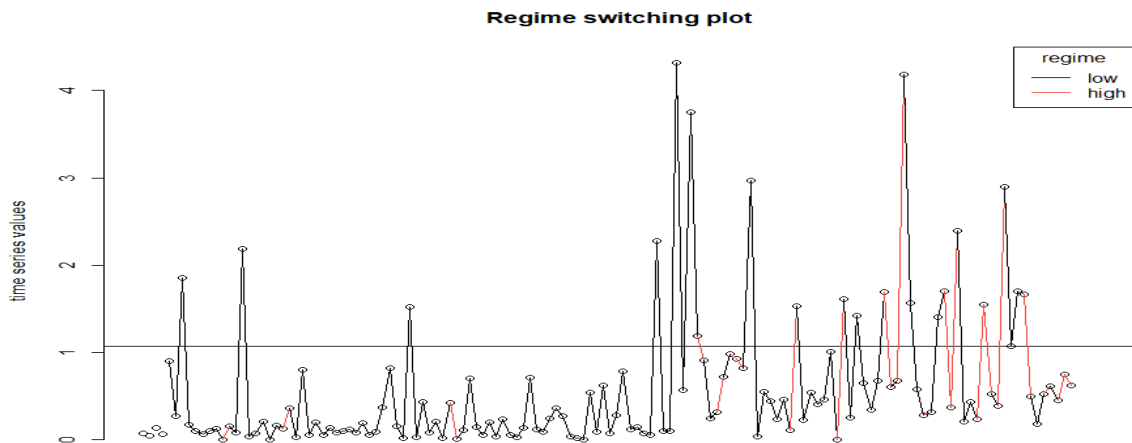
Modelo 11. Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes

**Gráfica 21. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

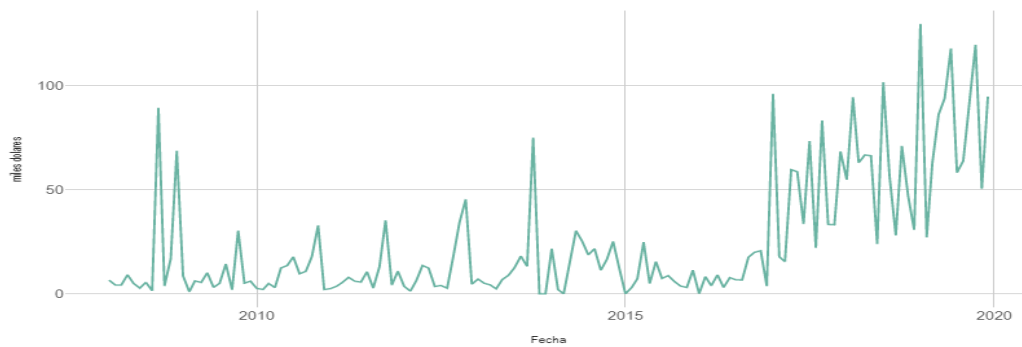
**Gráfica 22. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Productos antiparasitarios, insecticidas y repelentes durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

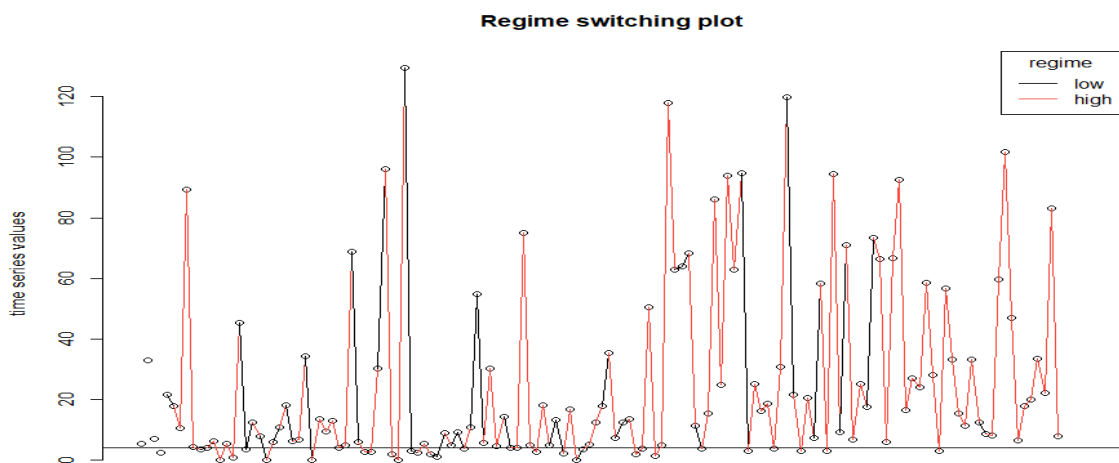
Modelo 12. Sistema respiratorio

**Gráfica 23. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema respiratorio durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

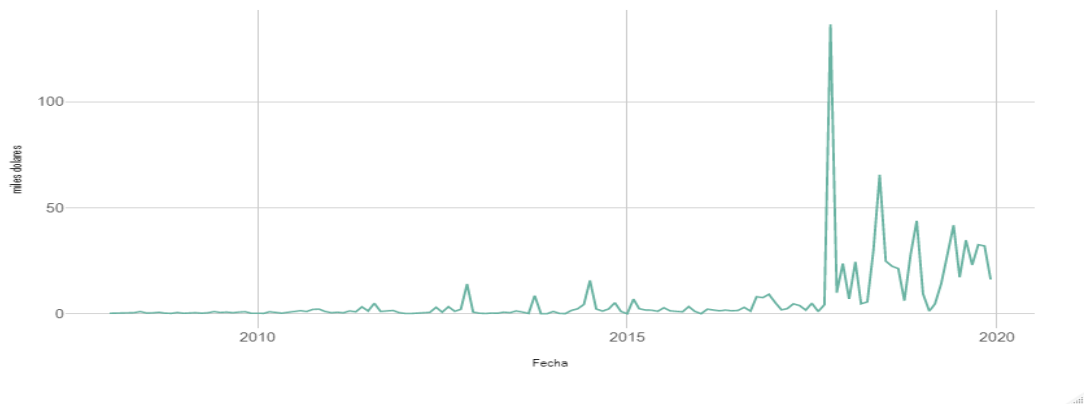
**Gráfica 24. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Sistema respiratorio durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

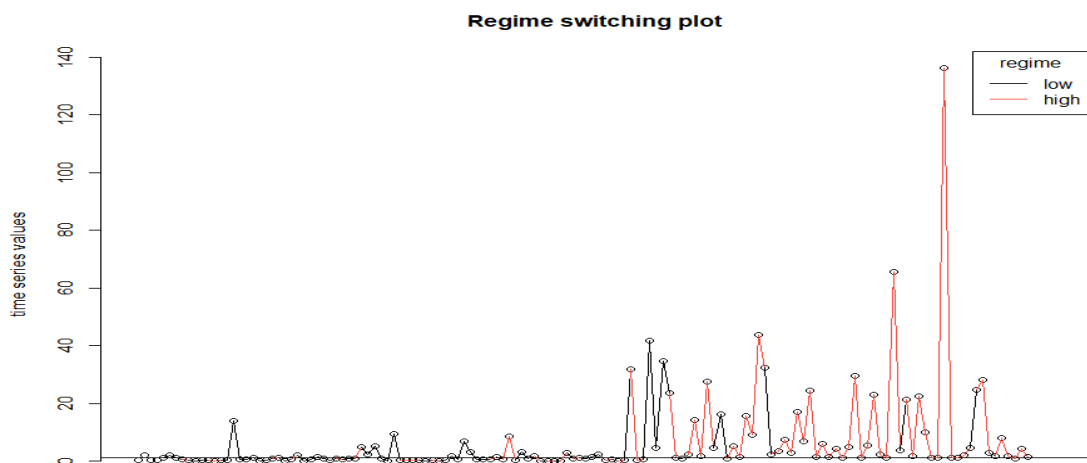
Modelo 13. Órganos de los sentidos

**Gráfica 25. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Órganos de los sentidos durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

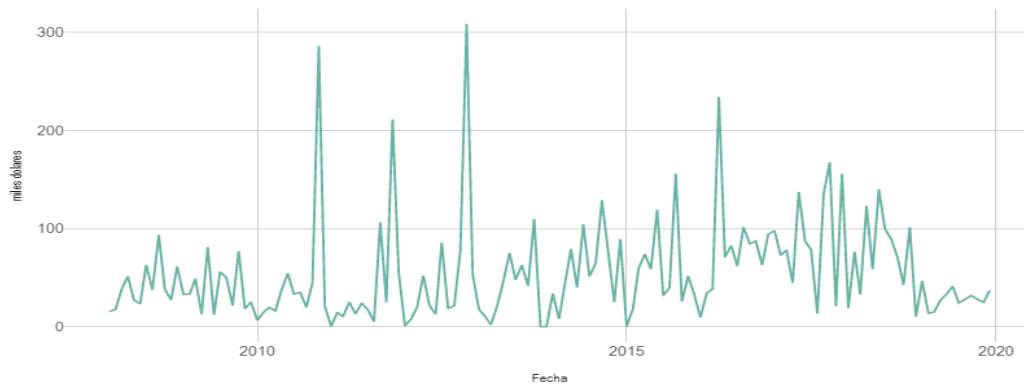
**Gráfica 26. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Órganos de los sentidos durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento predictivo en muestra del modelo SETAR**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

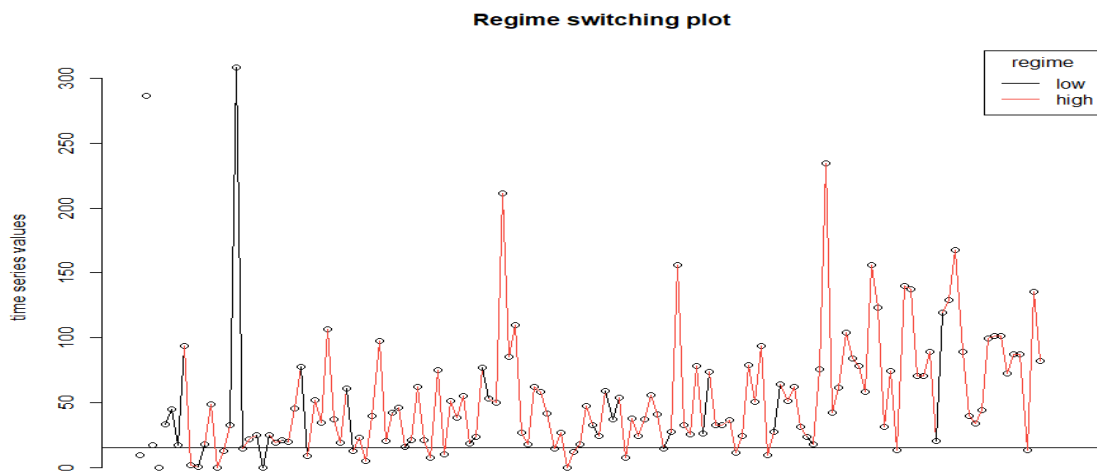
Modelo 14. Varios

**Gráfica 27. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Varios durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

**Gráfica 28. Productos farmacológicos adquiridos por el HIMFG en el uso terapéutico Varios durante los 11 años de estudio del 2008 al 2019 / Comportamiento del gasto**



Fuente: Elaboración del autor con datos del HIMFG

### **4.3 Conclusiones las estimaciones de cambio de régimen**

Podemos observar en cada uno de los modelos planteados en este estudio, que el comportamiento que se presentan, se tiene un cambio de régimen y este se determina por el umbral, sin embargo, es difícil identificar si el punto que se realiza es el cambio de política en la forma de adquirir los productos farmacológicos o realmente es el resultado de dicho cambio. Pero es claro que esta política ha beneficiado al HIMFG para cada uso terapéutico optimizando el gasto a largo plazo.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos aun con sus adversidades que se hacen presentes, este comportamiento es un resultado esperado, ya que las unidades responsables que ejercen los recursos. Son las que enfrentan ciertas complejidades que se presentan a lo largo de cada ejercicio anual tales como: sobre precio, medicamentos de alto costo, sobre población con enfermedades mal diagnosticadas y adquisiciones de manera urgente), que se utilizan para cubrir las necesidades clínicas y hospitalarias de los pacientes que se encuentra en las diferentes áreas terapéuticas, estas circunstancias han obligado a las áreas administrativas de ir tomando ciertas decisiones que los ayude a optimizar el recurso. Por lo que se visualiza en las gráficas el hospital ha logrado obtener un control eficiente del gasto para los productos farmacológicos, ya que son insumos de alta prioridad dentro de las necesidades básicas para el funcionamiento, siendo una parte medular operacional ya que aquí se concentra el 51% del presupuesto asignado,

## **5 Conclusiones y Recomendaciones**

En este trabajo se ajustó un modelo SETAR de dos regímenes del gasto para la adquisición de productos farmacológicos entre 2008 y 2019, con base en la metodología utilizada, los principales resultados muestran evidencia empírica de no linealidad en la serie asociada a los altos o bajos gastos por su rezago.

Podríamos decir que la metodología que utiliza el HIMFG para aplicar el gasto en sus productos farmacológicos tuvieron un alto cambio de régimen por lo que podemos definir que se asocia a un volumen mayor adquirido, ya que se presenta un nivel alto de pacientes egresados determinando que se ha vuelto más eficiente.

Por otro lado, el comportamiento puede explicarse por problemas de entrega ya que el mecanismo de registro es conforme a los bienes entregados por día esto presenta un sesgo significativo ya que las entregas de los bienes pueden tomar un mes o varios meses que propicia la concentración en diferentes momentos por lo que pensaríamos que este cambio no es eficiente.

Las problemáticas mencionadas son muy comunes y no son únicas para el sector salud, sino que la administración pública continuamente presenta estas adversidades para la adquisición de bienes y servicios, muchas veces es por las limitantes del presupuesto asignado y las reducciones que se presentan en el presupuesto modificado situación que se hace todos los años,

Pero es importante señalar que también existe años que no concluyen con sus procesos este motivo que afectan a las instituciones en la distribución del recurso. Y su gran problemática de cubrir sus necesidades sin liquides afectando de manera irremediable a su presupuesto del siguiente ejercicio.

## **5.1 Recomendación**

Simplemente se recomienda que el hospital genere políticas para que las entregas puedan estar controladas y su proceso de concentración de gasto pueda estar de una manera más distribuida.

Y que el cambio de régimen bajo el supuesto que el consumo incrementa bajo las características de los pacientes y lo que se observa con los egresos mensuales. Podemos decir que dicho así existen ciertas circunstancias de época que adolecen a los niños hoy en día y que deben de implementar plan de acción para prevenir estos posibles síntomas. Observando cuales son las sintomatologías que presentan con mayor frecuencia de esta manera podrían controlar el gasto y mantener una sociedad más sana.

## **5.2 Extensión**

Es posible que este análisis pueda profundizar realizando un modelo de Análisis de varianza ANOVA el cual es una clase de modelos estadísticos que estudia las diferencias entre las medias de múltiples poblaciones mediante la participación de la varianza del resultado en fuentes independientes de variaciones debidas a los efector de interés y a la variación aleatoria.

Aplicando el método de los grados de libertad del denominador del ANOVA. Este método es una prueba de un efecto fijo de una variable determinada depende de si esta variable también está incluida en alguna de las ecuaciones de efectos aleatorios. Para los modelos ANOVA tradicionales con diseños equilibrados, este método proporciona distribuciones de muestreo exactas de los estadísticos. Para modelos de efectos mixtos más complejos con datos no equilibrados. Este método suele dar lugar a malas aproximaciones de las distribuciones de muestreo reales de los estadísticos.

## 6 Bibliografía

- Andersson, K., Petzold, M. G., Sonesson, C., Lönnroth, K., and Carlsten, A. (2006). Do policy changes in the pharmaceutical reimbursement schedule affect drug expenditures?: Interrupted time series analysis of cost, volume and cost per volume trends in Sweden 1986–2002. *Health Policy*, 79(2–3), 231–243.
- Angeliki Papana, D. F. ; and A. F. (n.d.). *Forecastinf the consumption and the purchase of a drug*. <https://pdfs.semanticscholar.org/5e46/543b70304c53293a9dfa1a732e0c3a565c86.pdf>
- Canadian Institute for Health Information. (2013). *Drug Expenditure in Canada, 1985 to 2012*. 1–115. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2013/icis-cihi/H115-27-2012-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/icis-cihi/H115-27-2012-eng.pdf)
- Collazo Herrera, M., Cárdenas Rodríguez, J., González López, R., Abreu, R. M., Gálvez González, A. M., and Casulo, J. C. (2002). La economía del la salud:¿ debe ser de interés para el campo sanitario? *Revista Panamericana de Salud Pública*, 12, 359–365.
- DAMODAR, N. G. (1997). *Econometría, 4ta.. edición*. McGraw-Hill.
- Enríquez Rubio, E., and Frati Munari, A. C. (2005). *Hacia una política farmacéutica integral para México*.
- Espin, J., Schlander, M., Godman, B., Anderson, P., Mestre-Ferrandiz, J., Borget, I., Hutchings, A., Flostrand, S., Parnaby, A., and Jommi, C. (2018). Projecting pharmaceutical expenditure in EU5 to 2021:



adjusting for the impact of discounts and rebates. *Applied Health Economics and Health Policy*, 16(6), 803–817.

Franses, P. H., and Dijk, D. V. (2000). *Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance*: Frontmatter.

Gobierno de México. (2021). *Hospital Infantil de México Federico Gómez*. <https://www.gob.mx/salud/himfg>

González, A. M. G. (2003). Economía de la salud en el contexto de la salud pública cubana. *Revista Cubana de Salud Pública*, 29(4), 373–381.

González García, G. (2001). Las reformas sanitarias y los modelos de gestión. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 9, 406–412.

Hartke, P. L., Vermeulen, L. C., Hoffman, J. M., Shah, N. D., Doloresco, F., Suda, K. J., Li, E. C., Matusiak, L. M., Hunkler, R. J., and Schumock, G. T. (2015). Accuracy of annual prescription drug expenditure forecasts in AJHP. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 72(19), 1642–1648.

Hsu, J. C., Lu, C. Y., Wagner, A. K., Chan, K. A., Lai, M.-S., and Ross-Degnan, D. (2014). Impacts of drug reimbursement reductions on utilization and expenditures of oral antidiabetic medications in Taiwan: an interrupted time series study. *Health Policy*, 116(2–3), 196–205.

IHSS, I. H. de S. S. (2009). Cuadro Basico de Medicamentos (CBM).

Katz, J., and CEPAL, N. U. (1997). Apertura económica y desregulación en el mercado de medicamentos. CEPAL.

Kim, K., Lee, C., O’Leary, K., Rosenauer, S., and Mehrotra, S. (2014). Predicting patient volumes in hospital medicine: A comparative study

of different time series forecasting methods. *Northwestern University, Illinois, USA, Scientific Report.*

Koskinen, H., Mikkola, H., Saastamoinen, L. K., Ahola, E., and Martikainen, J. E. (2015). Time series analysis on the impact of generic substitution and reference pricing on antipsychotic costs in Finland. *Value in Health, 18*(8), 1105–1112.

Loría Díaz de Guzmán, E. G. (2007). *Econometría con aplicaciones.*

Merino-Juárez, M. F., Alarcón-Gómez, M., and Lozano-Ascencio, R. (2004). Manual del sistema de cuentas nacionales y estatales de salud. *México, DF: Dirección General de Información En Salud.*

Methods to analyse medicine utilization and expenditure to support pharmaceutical policy implementation. (2018). Geneva: World Health Organization. licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Nelly, A. (2010). Gasto público en salud: en México en el marco de la cobertura universal. México Evalua. 2010.

Ortún-Rubio, V., Pinto-Prades, J. L., and Puig-Junoy, J. (2001). La economía de la salud y su aplicación a la evaluación. *Atención Primaria, 27*(1), 62–64.

WHO Collaborating Center for Drug Statistics Methodology. (2021). *ATC/DDD Index 2021*. [https://www.whocc.no/atc\\_ddd\\_index/](https://www.whocc.no/atc_ddd_index/)

Wikipedia the Free Encyclopedia. (2021). *Hospital Infantil de México Federico Gómez.*

[https://es.wikipedia.org/wiki/Hospital\\_Infantil\\_de\\_México\\_Federico\\_Gómez](https://es.wikipedia.org/wiki/Hospital_Infantil_de_México_Federico_Gómez)

## 7 Apéndice

### 7.1 Modelos GARCH Lineales

Engle (1982) introdujo la clase de modelos autorregresivos condicionalmente heterocedastica (ARCH) para captar la agrupación de la volatilidad de las series temporales. En el modelo ARCH básico, la varianza condicional de choque pasados.

$$h_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$$

Establece que la varianza condicional de  $\varepsilon_t$  es una función creciente del cuadrado del choque que ocurrió en el periodo anterior. Entonces,  $\varepsilon_{t-1}$  es grande (en valor absoluto), se espera que  $\varepsilon_t$  también se grande (en valor absoluto). De tal forma que los choques grades (pequeños) tiende a ser seguidos por grandes (pequeños) choques de cualquier signo.

#### IGARCH

En las aplicaciones del modelo GARCH a series temporales de alta frecuencia, a menudo se encuentra que las estimaciones de  $\alpha_1$  y  $\beta_1$  son tales que su suma es cercana o igual a uno. Conforme al criterio que formula Engle y Bollerslev (1986) el modelo que resulta cuando  $\alpha_1 + \beta_1 = 1$  se denominada comúnmente integral GRACH (IGARCH). La razón es que la restricción  $\alpha_1 + \beta_1 = 1$  implica una raíz unitaria en el modelo ARMA para  $\varepsilon_t^2$  por lo que se puede escribir como:

$$(1 - L)\varepsilon_t^2 = \omega + v_t - \beta_1 v_{t-1}$$

## FIGARCH

Baillie, Bollerslev y Mikkelsen (1996) propone la clase de modelos Fractionally GARCH integral (FIGARCH) se obtiene a partir de IGARCH simplemente añadiendo un exponente  $d$  al operador de primera diferencia  $(1 - L)$  como:

$$(1 - L)^d \varepsilon_t^2 = \omega + v_t - \beta_1 v_{t-1}$$

Ding y Granger (1996) argumentan que las funciones de autocorrelación de la muestra de los rendimientos al cuadrado disminuyen inicialmente de forma más rápida que la exponencial, y que solo en los rezagos más altos la disminución se vuelve más lenta. Este patrón sugiere que la volatilidad puede estar formada por varios componentes, algunos de los cuales tienen una fuerte volatilidad a corto plazo, pero que desaparecen rápidamente, mientras que otros pueden tener un efecto pequeño pero persistente. Para formalizar esta noción, Dig y Granger (1996) proponen el modelo GARCH de componentes:

$$h_t = \gamma h_{1,t} + (1 - \gamma) h_{2,t},$$

$$h_{1,t} = \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + (1 - \alpha_1) h_{1,t-1},$$

$$h_{2,t} = \omega + \alpha_2 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_2 h_{2,t-1}.$$

En este modelo, la varianza condicional se ve como una suma ponderada de dos componentes, uno especificado como un modelo IGARCH y el otro como un modelo GARCH. Jones, Lamont y Lumsdaine (1998) aplican un modelo similar para investigar si las perturbaciones que se producen en días concretos, en los que se produce el cambio pueden ser un factor de riesgo.

## GARCH en media

El modelo GARCH en media (GARCH-M) introducido por Engle, Lielien y Robins (1987) fue diseñado explícitamente para captar esas relaciones directas

entre el rendimiento y el riesgo posible variable en tiempo (medido por la varianza condicional). Esto se establece mediante la inclusión de (una función) de varianza condicional  $h_t$  en el modelo para la media condicional de la variable de interés  $y_t$  como:

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta g(h_t) + \varepsilon_t$$

Donde  $g(h_t)$  es una función de la varianza condicional de  $\varepsilon_t, h_t$ , que supone que sigue un proceso GARCH (posiblemente no lineal).

#### Volatilidad estocástica

En el modelo GARCH, la volatilidad condicional de la serie temporal observada  $y_t$  es impulsada por los mismos choques que su media condicional. Además condicionada a la historia de la serie temporal resumida en el conjunto de información  $\Omega_{t-1}$ , la volatilidad actual  $h_t$  es determinista. Una clase alternativa de modelos de volatilidad que ha recibido considerable atención supone que  $h_t$  está sujeta a un choque contemporáneo adicional. El modelo básico de volatilidad estocástica (SV) introducido por Taylor (1986), viene dado por

$$\varepsilon_t = z_t \sqrt{h_t},$$

$$\ln(h_t) = \gamma_0 + \gamma_1 \ln(h_{t-1}) + \gamma_2 \eta_t,$$

Una interpretación del modelo SV es que el choque  $\eta_t$  representa choques a la intensidad del flujo de información nueva, medida por  $h_t$ , mientras que el choque  $z_t$  representa el contenido (grande/pequeño, positivo/negativo).

Para entender las similitudes y diferencias entre los modelos GARCH y los modelos SV es útil considerar los momentos implícitos y las propiedades de correlación de  $\varepsilon_t$ .

## Modelos GARCH no lineales

La mayoría de los modelos GARCH no lineales están motivados por el deseo de capturar los diferentes efectos de los choques positivos y negativos en la volatilidad condicional u otros tipos de asimetrías.

Una forma conveniente de comparar diferentes modelos GARCH es mediante la curva de impacto de las noticias (NIC), introducida por Pagan y Schewert (1990) y popularizada por Engle y Ng (1993). La NIC mide como se incorpora la nueva información a la volatilidad. El NIC muestra la relación entre perturbación o noticia actual  $\varepsilon_t$  y la volatilidad condicional 1 periodo por delante  $h_{t+1}$ , manteniendo constante el resto de información pasada actual. En el modelo básico GARCH y sus variantes no lineales, la única información del pasado es la varianza condicional actual  $h_t$ . Por lo tanto, el NIC para el modelo GARCH se define como:

$$NIC(\varepsilon_t|h_t) = h_{t+1} = \omega + \alpha_1\varepsilon_t^2 + \beta_1h_t = A + \alpha_1\varepsilon_t^2,$$

Donde  $A = \omega + \beta_1h_t$ , por lo tanto, el NIC es una función cuadrática centrada en  $\varepsilon_t = 0$ . Como valor de la varianza condicional retardada  $h_t$  afecta solo a la constante A, solo desplaza el NIC verticalmente pero no cambia su forma básica. Es común tomar  $h_t$  igual a la varianza incondicional  $\sigma_2$ .

## GARCH exponencial

La primera variante del modelo GARCH que permite efectos asimétricos es el modelo GARCH exponencial (EGARCH), introducido por Nelson (1991). El modelo EGARCH viene dado por:

$$\ln(h_t) = \omega + \alpha_1z_{t-1} + \gamma_1(|z_{t-1}| - E(|z_{t-1}|)) + \beta_1\ln(h_{t-1})$$

Como el modelo EGARCH describe la relación entre las perturbaciones pasadas y el logaritmo de la varianza condicional, no hay que imponer restricciones a los parámetros  $\alpha_1, \gamma_1$  y  $\beta_1$  para garantizar que  $h_t$  sea no negativo. Utilizando las propiedades de  $z_t$ , se deduce que  $g(z_t) \equiv \alpha_1 + z_t + \gamma_1(|z_t| - E(|z_t|))$  tiene media cero y no esta correlacionada. La función  $g(z_t)$  es lineal a trozos en  $z_t$ , ya que puede reescribirse como:

$$g(z_t) = (\alpha_1 + \gamma_1)z_t I(z_t > 0) + (\alpha_1 - \gamma_1)z_t I(z_t < 0) - \gamma_1 E(|z_t|)$$

Por lo tanto, los choques negativos tienen un impacto  $\alpha_1 - \gamma_1$  en la larga variación condicional, mientras que para los choques positivos el impacto es  $\alpha_1 + \gamma_1$ . Esta propiedad de la función conduce a un asimétrico NIC. En particular, el NIC por el modelo EGARCH se escribe como:

$$NIC(\varepsilon_t | h_t = \sigma^2) = \begin{cases} A \exp\left(\frac{\alpha_1 + \gamma_1}{\sigma} \varepsilon_t\right) \text{ para } \varepsilon_t > 0, \\ A \exp\left(\frac{\alpha_1 - \gamma_1}{\sigma} \varepsilon_t\right) \text{ para } \varepsilon_t < 0, \end{cases}$$

Con  $A = \sigma^{2\beta_1} \exp(\omega - \gamma_1 \sqrt{2/\pi})$ .

## GJR-GARCH

Este modelo es introducido por Glosten, Jagannathan y Rukle (1993) ofrece un método alternativo para permitir los efectos asimétricos de las perturbaciones positivas y negativas en la volatilidad. El modelo se obtiene a partir de modelo GARCH suponiendo que el parámetro de  $\varepsilon_{t-1}^2$  depende del signo del choque, es decir:

$$h_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 (1 - I[\varepsilon_{t-1} > 0]) + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 I[\varepsilon_{t-1} > 0] + \beta_1 h_{t-1},$$

Donde usualmente  $I[\cdot]$  Es una función indicadora. Las condiciones para la no negatividad de la varianza condicional son  $\omega > 0$ ,  $(\alpha_1 + \gamma_1)/2 \geq 0$  y  $\beta_1 > 0$ . La condición para la estacionariedad de la covarianza es  $(\alpha_1 + \gamma_1)/2 + \beta_1 < 1$ . Si esta condición se cumple, la varianza incondicional de  $\varepsilon_t$  es  $\sigma^2 = \omega / (1 - (\alpha_1 + \gamma_1)/2 - \beta_1)$ . El NIC para el modelo GJR-GARCH se deduce directamente de y es igual a:

$$NIC(\varepsilon_t | h_t = \sigma^2) = A \begin{cases} \alpha_1 \varepsilon_t^2 & \text{si } \varepsilon_t > 0, \\ \gamma_1 \varepsilon_t^2 & \text{si } \varepsilon_t < 0, \end{cases}$$

Donde  $A = \omega + \beta_1 \sigma^2$ .

#### GARCH de transición suave

El modelo GJR-GARCH se puede interpretar como un modelo de umbral ya que permite que el parámetro correspondiente al choque cuadrado retardado cambie bruscamente de  $\alpha_1$  a  $\gamma_1$  en  $\varepsilon_{t-1} = 0$ . Hagerud (1997) y González-Rivera (1998) aplicaron de forma independiente la idea de transición suave, para permitir un cambio más gradual de este parámetro. El modelo GARCH de transición suave logística (LSTGARCH) viene dado por:

$$h_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 [1 - F(\varepsilon_{t-1})] + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 F(\varepsilon_{t-1}) + \beta_1 h_{t-1},$$

Donde la función  $F(\varepsilon_{t-1})$  su función logística es:

$$F(\varepsilon_{t-1}) = \frac{1}{1 + \exp(-\theta \varepsilon_{t-1})}, \quad \theta > 0.$$

#### GARCH con cambio de volatilidad

Los modelos LSTGARCH y GJR-GARCH suponen que el comportamiento asimétrico de  $h_t$  depende únicamente del signo del choque pasado  $\varepsilon_{t-1}$ . En las aplicaciones se suele encontrar que  $\gamma_1 < \alpha_1$ , de manera que el choque



negativo aumenta la varianza condicional más que un choque positivo del mismo tamaño.

El modelo ESTGARCH asume que la asimetría es causada enteramente por el tamaño de la perturbación Rabemananjara and Zakoïan (1993) señalan que el comportamiento asimétrico de  $h_t$  puede ser más complicado y que tanto el signo como el tamaño del choque pueden ser importantes. Argumentan que los choques negativos aumentan la volatilidad condicional futura más que los choques positivos solo si el choque es grande en valor absoluto. Para el caso de los choques pequeños se observa el tipo opuesto de asimetría, en el sentido de que los pequeños choques positivos aumentan la volatilidad condicional más que los choques negativos.

Fornari y Mele (1996, 1997) discuten un modelo que permite ese complicado comportamiento asimétrico. El modelo es, una generalización del modelo GJR-GARCH, y se obtiene permitiendo que todos los parámetros de la ecuación de varianza condicional dependan del signo del choque  $\varepsilon_{t-1}$ . El modelo GARCH con cambio de volatilidad (VS-GARCH) viene dado por:

$$h_t = (\omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1})(1 - I[\varepsilon_{t-1} > 0]) + (\zeta + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 h_{t-1})I[\varepsilon_{t-1} > 0].$$

Fornari y Mele (1997) muestran que la varianza incondicional de  $\varepsilon_t$  es igual a  $\sigma^2 = [(\omega + \zeta)/2]/[1 - (\alpha_1 + \gamma_1)/2 - (\beta_1 + \delta_1)/2]$ . El cuarto momento incondicional momento de  $\varepsilon_t$ , y por lo tanto la kurtosis, implicada es típicamente mayor que la de un modelo GARCH con parámetros iguales a la media de los parámetros en los dos regímenes del modelo VS-GARCH para la expresión exacta. El NIC para el modelo VS-GARCH viene dado por:

$$NIC(\varepsilon_t | h_t = \sigma^2) = A \begin{cases} \omega + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + \beta_1 h & \text{si } \varepsilon_t > 0, \\ \zeta + \gamma_1 \varepsilon_t^2 + \delta_1 h & \text{si } \varepsilon_t < 0, \end{cases}$$

Se observa que este NIC es una función cuadrática asimétrica centrada en  $\varepsilon_t = 0$ , con pendientes posiblemente diferentes para choques positivos y negativos. Por lo que el NIC del modelo VS-GARCH es idéntico al NIC del modelo GJR-GARCH. Sin embargo, en general  $\omega + \beta_1 h \neq \zeta + \delta_1 h$ , el NIC puede ser discontinuo en  $\varepsilon_t = 0$ . El tamaño del salto en este punto depende de la magnitud de la volatilidad condicional pasada  $h_t = h$ . El modelo VS-GARCH puede describir efectos asimétricos más complicados de las perturbaciones sobre la volatilidad condicional más complicados que los efectos de signo o tamaño.

GARCH asimétrico no lineal de transición suave

Anderson, Nam y Vahid (1999) modifican el modelo VS-GARCH permitiendo que la transición de un régimen a otro sea suave. El resultado es GARCH asimétrico no lineal de transición suave (ANST-GARCH) es dado por:

$$h_t = [\omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}][1 - F(\varepsilon_{t-1})] + [\zeta + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 h_{t-1}]F(\varepsilon_{t-1}),$$

Donde  $F(\varepsilon_{t-1})$  es la función logística. Aunque la correspondiente NIC:

$$NIC(\varepsilon_t | h_t = h) = [\omega + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + \beta_1 h][1 - F(\varepsilon_t)] + [\zeta + \gamma_1 \varepsilon_t^2 + \delta_1 h]F(\varepsilon_t),$$

A primera vista se parece al NIC del modelo VS-GARCH, pero sus propiedades revelan que es bastante diferente. Ya que el NIC del modelo ANST-GARCH es siempre continuo en  $\varepsilon_t = 0$ . Pero no necesariamente alcanza su valor mínimo en este punto (que es el caso del NIC del modelo VSGARH). Puede ser que la mejor noticia, que se define como el choque que minimiza la volatilidad condicional del próximo periodo, sea distinta de cero. El tamaño exacto de la perturbación  $\varepsilon_t$  que constituye la mejor noticia depende de manera no trivial de la volatilidad condicional actual.

## GARCH cuadrático

Sentana (1995) introdujo el modelo GARCH cuadrático (QGRACH) como otra forma de hacer frente a los efectos asimétricos de las perturbaciones en la volatilidad. El modelo QGARCH se especifica como:

$$h_t = \omega + \gamma_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}.$$

El término adicional  $\gamma_1 \varepsilon_{t-1}$  hace es posible para choques positivo y negativo tiene un efecto diferente en  $h_t$ . Este modelo puede describirse como:

$$h_t = \omega + \left( \frac{\gamma_1}{\varepsilon_{t-1}} + \alpha_1 \right) \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$$

## GARCH de comunicación de Markov

Una alternativa es asumir que el régimen está determinado por un proceso de Markov inobservable  $s_t$ . Un GARCH de conmutación de Markov general (MSW-GARCH) el modelo se tiene por:

$$h_t = [\omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}] I[s_t = 1] + [\zeta + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 h_{t-1}] I[s_t = 2],$$

Donde  $s_t$  es una cadena de Markov de dos estados con probabilidades de transición definidas.

## Distribución de error alternativas

Un enfoque alternativo que se ha seguido es considerar alternativas de distribuciones para  $z_t$ . La kurtosis incondicional de  $z_t$  es una función creciente de la Kurtosis de  $z_t$  y, por tanto,  $K_\varepsilon$  puede incrementarse asumiendo una distribución leptocúrtica para  $z_t$ . Siguiendo a Bollerslev (1987) una elección

popular ha sido la distribución estandarizada Student-t con  $\eta$  grados de libertad, es decir:

$$f(z_t) = \frac{\Gamma\left(\frac{\eta+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi(\eta-2)}\Gamma(\eta/2)} \left(1 + \frac{z_t^2}{\eta-2}\right)^{-(\eta+1)/2}$$

Donde  $\Gamma(\cdot)$  es la función Gamma. La distribución Student-t es simétrica en torno a cero (y por tanto,  $E[z_t] = 0$ ), mientras que converge a la distribución normal a medida que aumenta de grados de libertad  $\eta$ . Otra característica de la distribución Student-t es que solo existen momentos hasta el orden  $\eta$ . Por lo tanto  $\eta$  puede tratarse como un parámetro y puede estimarse junto con los demás parámetros del modelo.