



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Predicción de Precios de Productos Primarios Usando el Modelo
Holt-Winters

REPORTE DE TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIO

P R E S E N T A :

MISAEAL ASael FABIÁN MARTÍNEZ

TUTORA:

DRA. LIZBETH NARANJO ALBARRÁN



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

Ciudad Universitaria, CDMX, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Fabián
Martínez
Misael Asael
55 65 14 75 18
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Actuaría
309023759

2. Datos del tutor

Dra.
Lizbeth
Naranjo
Albarrán

3. Datos del sinodal 1

Mat.
Margarita Elvira
Chávez
Cano

4. Datos del sinodal 2

Dra.
Ruth Selene
Fuentes
García

5. Datos del sinodal 3

M. en C.
Jaime
Vázquez
Alamilla

6. Datos del sinodal 4

Dra.
Sofía
Villers
Gómez

7. Datos del trabajo escrito

Predicción de Precios de Productos Primarios Usando el Modelo Holt-Winters
54 p
2019

Agradecimientos.

A la Dra. Lizbeth Naranjo Albarrán por sus comentarios y aportaciones a este trabajo, su disposición, paciencia y amabilidad durante toda la elaboración, mi admiración y respeto siempre. Gracias.

A mi mamá, Araceli Martínez, por todo tu esfuerzo y entrega, por tu cariño incondicional, paciencia y soportar mi carácter, por siempre dar todo para mí y para mis hermanos para poder conseguir nuestras metas, reconozco todo tu trabajo y dedicación para sacarnos adelante, porque por ti soy lo que soy y este logro es debido a ti. Te amo.

A mi papá Juan Manuel Fabián por todo tu esfuerzo y trabajo para que nunca faltara nada en nuestra casa y poder continuar con nuestros estudios. Te amo.

A mis hermanos, Jonatan por tu ejemplo, cuidados y enseñanzas, y a Osvaldo por tu cariño, complicidad y buen humor que ayuda a sobrellevar los malos días. Los quiero.

A mis abuelos por sus sabios consejos y cariño inigualable.

A mis tíos Ricardo Martínez, por tu apoyo e interés en que siguiera con mis estudios y siempre estar dispuesto a compartir tus conocimientos y tiempo para enseñarme y aconsejarme, a mi tío Armado Martínez, por tu cariño y consejos y por ser parte importante en que llegara siempre a tiempo y con bien a la Facultad. Este logro es parte de ustedes.

A mis amigos, porque ya son parte también de mi familia, Alba, por tu apoyo, cariño, amistad y entusiasmo, y ser la amistad más antigua que conservo y que siempre ha estado conmigo, a mis amigos de la prepa y en especial Abraham y Gricelda porque compartimos este camino como estudiantes universitarios en nuestras diferentes carreras y pudimos apoyarnos a seguir adelante con consejos y ánimos, a mis amigas de la Universidad y en especial, Nayeli, Yoshelin y Sandra, compañeras de tareas, trabajos y risas, por su apoyo y amistad. Los quiero amigas y amigos.

A la UNAM por abrirme sus aulas y ser el mejor lugar para aprender.

¡Gracias!

Índice general

1. Introducción	1
2. Series de Tiempo	3
2.1. Introducción a las Series de Tiempo	3
2.2. Estacionalidad y Tendencia	3
2.2.1. Tendencia	4
2.2.2. Estacionalidad	4
2.2.3. Modelos Aditivo y Multiplicativo	5
2.3. Procesos Estacionarios	5
2.4. Función de Autocovarianza (ACV) y Autocorrelación (ACF) .	6
2.5. Función de Autocorrelación Parcial (PACF)	7
2.6. Ruido Blanco	8
3. Modelo Holt-Winters	9
3.1. Métodos de Suavizamiento Exponencial	9
3.2. Método de Holt	11
3.3. Formulación del Modelo Holt-Winters	13
3.3.1. Modelo Holt-Winters en STATA	15
3.4. Comparación entre Modelos	17
4. Aplicaciones en la FND	22
4.1. La FND	22
4.2. El Panorama de Productos	23
4.2.1. Desarrollo del Panorama de Productos	23
4.2.2. Pronóstico de Precios de Productos Primarios con el Método Holt-Winters en STATA	26
4.2.3. Resultados	28
4.3. El Sistema de Monitoreo LUCI	31

4.3.1.	Descripción y Objetivos del Sistema de Monitoreo LUCI	31
4.3.2.	Estimación de Precios para Generar Alertas con el Modelo Holt-Winters en STATA	33
4.3.3.	Resultados y Utilidad para la FND	40
5.	Conclusiones	43
	Anexos	46
A.	Panorama de Productos	46
B.	Códigos en STATA	50
	Bibliografía	54

Capítulo 1

Introducción

Existen diversas instituciones financieras que tienen la necesidad de saber el comportamiento futuro de índices, precios, tasas, ingresos, etc., esto con el objetivo de prevenir cierto riesgo en el futuro, o simplemente para planificar una correcta toma de decisiones. En la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND), dependencia de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), se presenta esta necesidad de querer conocer eventos en el futuro para poder prevenir pérdidas económicas. En específico el comportamiento futuro de los precios agrícolas y ganaderos ayudará para tomar una correcta decisión de colocar o no crédito a cierto producto. El precio en el futuro ayudará a conocer a la FND si corre el riesgo de que exista la falta de pago por parte del acreditado, lo que representaría una pérdida económica para la institución.

Los trabajadores de la FND usamos modelos matemáticos para poder predecir la tendencia de estos precios. Con los precios obtenidos a lo largo del tiempo se construye una historia que nos ayudará a hacer un pronóstico del comportamiento de los precios. Con los modelos de series de tiempo, y toda la teoría desarrollada en este tema, se obtienen las herramientas para poder aplicar los conceptos teóricos en los problemas prácticos de la institución.

La FND cuenta con grandes bases de datos de información de una diversa cantidad de productos primarios, para poder trabajar con ellas, se cuenta con un software estadístico llamado STATA, que ayuda al fácil manejo de las bases de datos, además de ser de utilidad para programar los modelos matemáticos utilizados, elaborar tablas y gráficas. Todos estos resultados

mostrarán la información final de una manera adecuada y entendible para los diversos profesionistas dentro de la FND, quienes le dan uso al trabajo que realizamos.

El análisis de las series de tiempo permite conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos que ocurren en el tiempo. En este trabajo se mostrará la definición y los elementos que conforman las series de tiempo, así como un breve resumen de los conceptos teóricos alrededor de ella.

El modelo Holt-Winters es uno de los modelos más usados en series de tiempo, y es utilizado para hacer predicciones de datos de series de tiempo que presentan tendencia y ciclos estacionales. En el presente trabajo se mostrará la teoría alrededor del modelo Holt-Winters y cómo es utilizado para realizar predicciones con la ayuda del software estadístico STATA, además de mostrar una breve comparación con otros modelos de series de tiempo y las razones por las cuales se eligió este modelo en particular.

Entre los trabajos que se realizan en la FND, se utiliza la estadística para obtener información de las grandes bases de datos con las que cuenta, en el caso particular de este trabajo se mostrará cómo y para qué es utilizado el modelo de Holt-Winters, y se presentarán los resultados que la FND utiliza en algunas áreas para la toma de decisiones.

La finalidad del presente trabajo será dar a conocer un ejemplo de cómo es el ejercicio de la carrera profesional como Actuario en la práctica laboral y mostrar cómo esto ayuda de cierta manera a la sociedad.

Capítulo 2

Series de Tiempo

2.1. Introducción a las Series de Tiempo

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones $x_1, x_2, x_3, \dots, x_t$ que se van presentando en determinado momento y que están ordenadas en el tiempo T y de esta forma los datos dependen entre sí.

Entre los objetivos de las series de tiempo está el predecir las observaciones en un tiempo futuro, y son utilizadas en economía para proyecciones de precios y ventas de algún producto, en finanzas para predecir movimientos de acciones o tasas, en demografía para proyecciones de número de habitantes, en medicina en los electrocardiogramas, entre otras.

En otras palabras, una serie de tiempo es la realización de un proceso estocástico $Z(\omega, t)$, donde $\omega \in \Omega$ es el espacio muestral y $t \in T$ el tiempo. Ya que para un t fijo, $Z(\omega, t)$ resulta una variable aleatoria, y para un ω fijo, $Z(\omega, t)$ es la realización de un proceso estocástico. A este conjunto de realizaciones del proceso la llamamos serie de tiempo. Se denota como Z a la variable aleatoria $Z(\omega)$ y al proceso estocástico realizado $Z(\omega, t)$, se le denota $Z(t)$ o Z_t . Se consideran series de tiempo equiespaciadas dada $T \subseteq \mathbb{Z}$ y $Z_t \in \mathbb{R}$.

2.2. Estacionalidad y Tendencia

Una serie de tiempo puede estar compuesta por una tendencia m_t , estacionalidad o ciclo estacional s_t y una componente aleatoria Y_t .

Existen dos modelos para definir a una serie de tiempo y que incorporan las tres componentes antes mencionadas, estos son el modelo aditivo y el multiplicativo.

2.2.1. Tendencia

La tendencia es una de las componentes de las series de tiempo la cual es un movimiento que se puede observar en un largo plazo, este es importante ya que con este movimiento se puede determinar la dirección de la variable. En un largo plazo se puede percibir si la variable presenta una estabilidad, un crecimiento o un decrecimiento. Se puede identificar la tendencia con un movimiento suave de la serie de tiempo en un largo plazo.

Se consideran dos formas para poder determinar la tendencia en una serie de tiempo, los cuales son el enfoque global y el enfoque local. En el enfoque global se estima la tendencia de manera constante en todo el periodo de tiempo y este enfoque es utilizado para realizar predicciones a largo plazo. El enfoque local la estimación de la tendencia cambia cada vez que se añaden nuevas observaciones en la serie de tiempo y es usado cuando se desean predicciones a corto plazo.

2.2.2. Estacionalidad

La estacionalidad, o variaciones estacionales, es aquella que afecta a las series de tiempo y puede ser resultado de un fenómeno físico o un hecho por el hombre. Las variaciones estacionales son periódicas y se repiten en el tiempo, este periodo puede ser un año, una semana, un mes o un trimestre, en otras palabras, es una variación que va presentando un cierto patrón en el tiempo, y tiende a repetirse en un lapso del tiempo. Con las variaciones estacionales es posible establecer un patrón en la serie que se generó en tiempos pasados, esto ayuda a comparar intervalos en el tiempo que de otra forma serían muy diferentes, es decir, si se desea conocer cierta información en un tiempo específico, se puede analizar el modelo estacional en un tiempo diferente. De igual manera nos ayuda a tener una predicción de cómo se comportará la serie en un periodo similar, pero en el futuro.

En el análisis de series de tiempo se puede medir el efecto estacional o eliminarlo. Para eliminar la estacionalidad se puede hacer por el método de diferencias estacionales, el cual consiste en hacer una nueva serie en la cual se

eliminará esta componente. Si la serie sigue el modelo aditivo y el componente estacional es tal que $s_t = s_{t-s}$ y los componentes estacionales suman cero, la serie resulta como $Z_t = y_t - y_{t-s}$, de esta forma se elimina la estacionalidad, ya que s_t son igual a cero al restarse, por lo que la nueva serie solo contiene la componente de tendencia y la componente aleatoria. Con esto no se elimina la tendencia de la serie original sino de una nueva serie.

2.2.3. Modelos Aditivo y Multiplicativo

Dependiendo del esquema de agregación elegido para la tendencia y la componente estacional se habla del modelo aditivo o multiplicativo. Este esquema de agregación es el que nos indica si las componentes de la serie de tiempo son sumadas o multiplicadas.

En el esquema aditivo las observaciones son la suma de las componentes, la variación residual es independiente de las demás componentes. El modelo aditivo se expresa de la siguiente forma:

$$Z_t = m_t + s_t + Y_t$$

El modelo multiplicativo supone que las observaciones se generan a partir del producto de las componentes, es decir:

$$Z_t = m_t \times s_t \times Y_t$$

En este modelo no se cumple la independencia de la variación de los errores con las demás componentes.

Existen otros modelos que combinan el esquema aditivo y multiplicativo, por ejemplo multiplican tendencia y estacionalidad y suman la componente aleatoria, o puede ser que se sume la tendencia y la estacionalidad y se multiplica por la componente aleatoria o cualquier combinación entre las tres componentes.

2.3. Procesos Estacionarios

Una serie de tiempo puede ser estacionaria, es decir, si su media y su varianza son constantes en el tiempo, el valor de la covarianza no depende del tiempo en que se ha calculado y sólo depende de la distancia entre los periodos de tiempo. Con estas características se dice que el proceso estacionario es

débil a diferencia de los procesos estacionarios fuertes donde las funciones de distribución conjuntas son invariantes con respecto a un desplazamiento en el tiempo.

Definimos la función de distribución conjunta de $Z(\omega, t)$ como:

$$F_{Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}}(z_{t_1}, z_{t_2}, \dots, z_{t_n}) = P[\omega : Z(\omega, t_1) \leq z_{t_1}, \dots, Z(\omega, t_n) \leq z_{t_n}]$$

Se define un proceso estacionario de primer orden si:

$$F(Z_{t_1}) = F(Z_{t_1+k})$$

y de orden n si: $F(Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}) = F(Z_{t_1+k}, Z_{t_2+k}, \dots, Z_{t_n+k})$ para cualquier conjunto de dimensión n , k entero y (t_1, t_2, \dots, t_n) . El concepto de estacionariedad implica que la distribución de un conjunto de observaciones en t_1, t_2, \dots, t_n es la misma distribución si observamos este conjunto de datos en las unidades de tiempo posteriores, es decir en $t_1+k, t_2+k, \dots, t_n+k$. Un proceso se dice estrictamente estacionario si la anterior distribución es cierta para cualquier n .

Definimos los siguientes conceptos:

- i) Esperanza: $\mu_t = E(Z_t)$.
- ii) Varianza: $\sigma_t^2 = E[(Z_t - \mu_t)^2]$.
- iii) Covarianza: $\gamma(t_1, t_2) = E[(Z_{t_1} - \mu_{t_1})(Z_{t_2} - \mu_{t_2})]$.
- iv) Función de correlación: $\rho(t_1, t_2) = \frac{\gamma(t_1, t_2)}{\sqrt{\sigma_{t_1}^2} \sqrt{\sigma_{t_2}^2}}$.

En los procesos estacionarios la media y la varianza son constantes en el tiempo t , y dado t y $t+k$ tenemos que $\gamma(t, t+k)$ y $\rho(t, t+k)$ sólo dependen de k .

2.4. Función de Autocovarianza (ACV) y Autocorrelación (ACF)

Dado un proceso estacionario $\{Z_t\}$ con su media μ y sus varianzas constantes las funciones de autocovarianza y autocorrelación se definan de la siguiente manera:

- i) Función de Autocovarianza: $\gamma_k = Cov(Z_t, Z_s) = E[(Z_t - \mu)(Z_s - \mu)],$
 $|s - t| = k.$
- ii) Función de Autocorrelación: $\rho_k = \frac{Cov(Z_t, Z_s)}{\sqrt{Var(Z_t)}\sqrt{Var(Z_s)}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}.$

Para todo proceso estacionario se cumplen las siguientes propiedades:

- a) $\gamma_0 = Var(Z_t), \forall t.$
- b) Como $|\gamma_k| \leq \gamma_0$ tenemos que $|\rho_k| \leq 1.$
- c) Con $\gamma_k = \gamma_{-k}$ y $\rho_k = \rho_{-k}, \forall k.$

La función de autocorrelación es útil para conocer características de los procesos estacionarios.

2.5. Función de Autocorrelación Parcial (PACF)

La función de autocorrelación parcial mide la correlación entre dos variables Z_t y Z_{t+k} separadas por k periodos cuando no se considera la dependencia lineal entre las variables intermedias $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$. Esta correlación está dada por:

$$\phi_{kk} = Cor(Z_t, Z_{t+k} | Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1})$$

Podemos plantear el resultado anterior de manera que sea más sencillo para calcular los valores de ϕ_{kk} para cualquier valor de k . Planteamos un modelo de regresión donde Z_t se pone en función lineal de las variables de rezago $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k}$ de la siguiente forma:

$$Z_t = \phi_{k1}Z_{t-1} + \phi_{k2}Z_{t-2} + \dots + \phi_{kk}Z_{t-k} + \epsilon_t$$

donde ϕ_{ki} indica el coeficiente de la variable Z_{t-i} en el modelo de regresión y ϵ_t es el error con media cero y varianza constante. Ahora se multiplica la igualdad por Z_{t-j} y obtenemos:

$$Z_t Z_{t-j} = \phi_{k1}Z_{t-1}Z_{t-j} + \phi_{k2}Z_{t-2}Z_{t-j} + \dots + \phi_{kk}Z_{t-k}Z_{t-j} + \epsilon_t Z_{t-j}$$

y calculamos la esperanza:

$$\gamma_j = \phi_{k1}\gamma_{j-1} + \phi_{k2}\gamma_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\gamma_{j-k}$$

ya que la $E(Z_{t-i}Z_{t-j}) = \gamma_{j-i}$ por suponer que el proceso tiene media cero y la esperanza de los errores son igual a cero ya que los errores no tienen correlación con el proceso. Ahora dividimos entre la varianza para obtener el siguiente resultado:

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \phi_{k2}\rho_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_{j-k}$$

aplicamos los valores de $j = 1, 2, \dots, k$, para obtener el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \phi_{k1}\rho_0 + \phi_{k2}\rho_1 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-1} \\ \rho_2 &= \phi_{k1}\rho_1 + \phi_{k2}\rho_0 + \dots + \phi_{kk}\rho_{k-2} \\ &\vdots \\ \rho_k &= \phi_{k1}\rho_{k-1} + \phi_{k2}\rho_{k-2} + \dots + \phi_{kk}\rho_0 \end{aligned}$$

Usando las propiedades de la función de autocorrelación, se puede resolver el anterior sistema de ecuaciones usando la regla de Cramer para obtener los valores de ϕ_{kk} :

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \dots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

2.6. Ruido Blanco

Un proceso $\{a_t\}$ es denominado Ruido Blanco si existe una sucesión de variables aleatorias no correlacionadas y su media $E(a_t) = \mu$ y varianza $Var(a_t) = \sigma^2$ son constantes, y $\gamma_k = Cov(a_t, a_{t+k}) = 0$. El proceso de ruido blanco es fundamental en la estimación de los modelos de series de tiempo ya que es la base de cualquier modelo de series de tiempo, las variables de tiempo no influyen en este proceso, y al no existir dependencia entre las variables no se pueden predecir.

Capítulo 3

Modelo Holt-Winters

El modelo Holt-Winters es un método que se basa en el suavizamiento exponencial que se puede aplicar en series de tiempo que presentan una tendencia aproximadamente lineal y con influencia de la componente estacional. Existe el modelo aditivo y multiplicativo. El modelo de Holt es utilizado para desarrollar la teoría del modelo de Holt-Winters, ya que éste es una extensión del modelo de Holt.

3.1. Métodos de Suavizamiento Exponencial

Existen distintos métodos de pronóstico, entre los más utilizados se encuentran los promedios móviles, los promedios móviles ponderados y el suavizamiento exponencial. Estos métodos tienen como objetivo suavizar los cambios aleatorios ocasionados por las componentes de las series de tiempo. Con los métodos de suavizamiento por lo general se obtienen buenos pronósticos a corto plazo y no requiere una gran cantidad de datos. El suavizamiento exponencial es una técnica que se basa en atenuar los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de ellos de manera exponencial, es decir, se ponderan los valores de la serie de tiempo dando un mayor peso a los valores más recientes y menor peso a los valores más antiguos. Si se considera un proceso con un modelo constante μ e incluye un ruido aleatorio ϵ_t :

$$Z_t = \mu + \epsilon_t$$

donde ϵ_t tiene un valor promedio de cero. Es probable que μ cambie en diferentes partes de la serie de tiempo que estén muy alejadas unas de otras,

pero en datos continuos, un solo valor puede proporcionar un buen modelo. Si se desea estimar ese coeficiente se debe dar más importancia a la observación actual que a las obtenidas tiempo antes. Las medias móviles se usan por esta razón, y por lo tanto se usa el promedio móvil como una estimación del coeficiente en un modelo constante. Si se tiene una sucesión de observaciones y su promedio es M un estimador del coeficiente es $\hat{\mu} = M$ y se obtiene de la siguiente forma:

$$M_t = \frac{z_t + z_{t-1} + \dots + z_{t-N+1}}{N}$$

Este es el promedio actual de las N observaciones más recientes, calculadas en el tiempo t , este valor es útil como un estimador de μ . Si se agregara una observación más al cálculo de los promedios móviles, el promedio M cambiaría de valor, pero si promediamos con los valores más recientes, es decir, con N sin cambiar su valor, M se podría calcular como:

$$M_t = M_{t-1} + \frac{z_t - z_{t-N}}{N}$$

Cuando la serie es constante se puede elegir N grande, y si es muy cambiante, N debe ser pequeña.

Por otra parte, puede suceder que se pierda parte de la información histórica, pero podemos obtener tener la media M_k calculada con algunos valores de la serie. Ahora tenemos la siguiente observación x_k después de esta pérdida de datos, y obtenemos el promedio móvil en el tiempo k de la siguiente forma:

$$M_k = M_{k-1} + \frac{x_k - x_{k-N}}{N}$$

el problema se presenta con x_{k-N} por ser desconocido, ya que es el anterior valor que no se registró debido a la pérdida de información. Un mejor estimador para z_{k-N} sería el promedio de todos los datos, es decir, $\hat{z}_{k-N} = M_k$. Ahora para estimar M_t se calcularía:

$$\begin{aligned} \widehat{M}_{s+1} &= M_s + \frac{z_t - M_s}{N} \\ &= \frac{1}{N}z_t + \left(1 - \frac{1}{N}\right)M_s \end{aligned}$$

Es importante decir que M es un estimador ya que no se calculó de la misma manera como se había definido anteriormente. A esta operación

realizada en cualquier observación consecutiva de la serie de tiempo se le denomina suavización exponencial (*exponential smoothing*) $S(x)$ y la función suavizada de las observaciones es:

$$S_t(x) = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1}(x)$$

Donde la constante de suavización α puede ser igual o no a $\frac{1}{N}$ en una media móvil. El suavizamiento exponencial se puede explicar como un nuevo valor suavizado, que es igual al valor suavizado anterior más una fracción alfa de diferencia entre la nueva observación y el valor suavizado anterior. Se puede sustituir el valor suavizado anterior por la ecuación con la que se obtuvo el anterior valor también suavizado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} S_t(x) &= \alpha x_t + (1 - \alpha)[\alpha x_{t-1} + (1 - \alpha)S_{t-2}(x)] \\ &= \alpha x_t + \alpha(1 - \alpha)x_{t-1} + (1 - \alpha)^2[\alpha x_{t-2} + (1 - \alpha)S_{t-3}(x)] \\ &= \alpha x_t + \alpha(1 - \alpha)x_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 x_{t-2} + \dots \\ &+ \alpha(1 - \alpha)^n x_{t-n} + \dots + (1 - \alpha)^t x_0 \\ &= \alpha \sum_{k=0}^{t-1} (1 - \alpha)^k x_{t-k} + (1 - \alpha)^t x_0 \end{aligned}$$

La función $S_t(x)$ es una combinación lineal de todas las observaciones pasadas y el peso que se les da a las observaciones anteriores decrece con el tiempo. Con esto se tiene una nueva forma de estimar el valor del coeficiente del modelo constante $\hat{\mu} = S_t(x)$.

El suavizamiento exponencial requiere valores previos para la función cuando el proceso inicia, se puede comenzar con S_{t-1} si existen datos en el pasado. Así la mejor forma de iniciar es con promedios móviles con las N observaciones más recientes donde $S_{t-1} = M_{t-1}$.

A esta función se le llama suavización exponencial de primer orden, existe también el segundo orden o también conocido como Método de Holt, y de tercer orden o Método Holt-Winters.

3.2. Método de Holt

Previo al desarrollo del modelo de Holt-Winters servirá mencionar el modelo de Holt, o también conocido como modelo de doble suavizamiento exponencial, que usa dos parámetros para suavizar de formas directa la tendencia.

Debido a que el suavizamiento exponencial simple no resulta ser de mucha utilidad con modelos que muestran tendencias crecientes o decrecientes y que además tienen estacionalidad en los datos, Holt desarrolló un modelo que toma en cuenta las tendencias lineales en una serie de tiempo. Cuando la serie de tiempo tiene una tendencia se requiere estimar la pendiente y el nivel en el tiempo t , el método de Holt suaviza el nivel de la pendiente de una manera directa con constantes de suavizamiento α y β , con estas constantes se estima el nivel y la pendiente se adapta en el tiempo conforme aparecen nuevas observaciones.

Las ecuaciones son las siguientes:

$$L_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.1)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.2)$$

Para calcular la predicción en el periodo $t + p$, se tiene la siguiente ecuación:

$$Z_{t+p} = L_t + pT_t$$

donde:

- α es el parámetro de suavizamiento para el nivel y $0 < \alpha < 1$.
- β es el parámetro de suavizamiento para la tendencia y $0 < \beta < 1$.
- L_t es el nuevo valor suavizado o estimado del nivel al tiempo t .
- T_t es el estimado de la tendencia en el tiempo t .
- Z_t es el valor de la serie de tiempo en t .
- p es el número de periodos que se desean pronosticar.
- Z_{t+p} es el valor del pronóstico estimado en el futuro en el tiempo $t + p$.

Se puede observar que para calcular L_t de la expresión (3.1) es muy similar al suavizamiento exponencial simple, sólo se incorpora el término T_{t-1} para actualizar el nivel cuando hay una existencia de tendencia, es decir, L_t se calcula al tomar el promedio ponderado de la observación actual Z_t y el otro al sumar la tendencia anterior T_{t-1} y el valor suavizado anteriormente L_{t-1} .

Para suavizar la tendencia de la expresión (3.2) se usa la constante β y para estimarla al igual que para el nivel se usan dos promedios ponderados, uno dado por el cambio del nivel entre el tiempo $t - 1$ y t , es decir, L_t y L_{t-1} , y el otro dado por la tendencia suavizada en el tiempo $t - 1$ anterior T_{t-1} .

Los valores de las constantes α y β pueden ser seleccionados minimizando el error cuadrático medio pronosticado *mean squared error (MSE)*. Los valores más cercanos a 1 generan cambios más rápidos en L_t o T_t y esto generará que los valores de suavizamiento sigan más a los datos, mientras que valores más cercanos a cero generan cambios menos rápidos y los valores de suavizamiento seguirán a los valores de suavizamiento anteriores. Es conveniente el uso de algún software, ya que éste se encarga de encontrar las constantes más adecuadas.

Una manera de obtener los primeros valores de L y T es fijar el primer valor suavizado igual al primer valor en la serie de tiempo y se estima que la tendencia al inicio es igual a cero.

3.3. Formulación del Modelo Holt-Winters

El modelo de Holt-Winters, o también conocido como método de triple Suavizamiento Exponencial, consiste en tres ecuaciones con las cuales se suaviza el factor asociado con cada uno de los componentes de la serie de tiempo (tendencia, estacionalidad y la componente aleatoria), por lo que se utilizan tres constantes de suavizamiento, α , β y γ que toman valores en el intervalo $[0, 1]$.

Se denota como S_t a la serie suavizada y a α como su parámetro de suavizamiento y $0 < \alpha < 1$. Se calcula S_t como:

$$S_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)S_{t-1}$$

donde $S_1 = Z_1$.

Con ello podemos ver que la serie suavizada es dependiente de los valores anteriores.

La fórmula de suavizamiento exponencial se aplica en una serie con una tendencia y componente estacional constante utilizando el método aditivo o

multiplicativo. Se usa el método aditivo cuando las variaciones en la estacionalidad son aproximadamente constantes, mientras que se usa el método multiplicativo cuando estas variaciones cambian proporcionalmente al nivel de la serie.

En este caso mostraremos las 3 ecuaciones antes mencionadas para el modelo multiplicativo.

Se definen como:

$$\begin{aligned} a_t &= \alpha \frac{Z_t}{S_{t-p}} + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}) \\ b_t &= \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \\ s_t &= \gamma \frac{Z_t}{a_t} + (1 - \gamma)S_{t-p} \end{aligned}$$

donde:

- α , β y γ son los parámetros de suavizamiento.
- a_t es la atenuación de la serie en el tiempo t .
- b_t es el cambio en la tendencia en el tiempo t .
- s_t es el valor suavizado estacional en el tiempo t .
- Z_t es el valor de la serie de tiempo en t .
- p es el número de periodos que se desean pronosticar.

Para calcular la predicción en el tiempo $t + \tau$, se tiene la siguiente ecuación:

$$Y_{t+\tau} = (a_t + \tau b_t)s_t$$

se denota $Y_{t+\tau}$ a la observación pronosticada. Es necesario tener valores iniciales y estos son calculados como:

$$s_1 = \frac{Z_1}{a_p}, s_2 = \frac{Z_2}{a_p}, \dots, s_p = \frac{Z_p}{a_p}$$

Los valores necesarios para iniciar los cálculos son $p + 2$ que corresponden a los p factores estacionales en el periodo anterior de la serie de tiempo, a la primera observación y al nivel y pendiente del periodo en 0.

Las constantes α , β y γ toman valores de tal manera que el error cuadrático medio de los errores sea minimizado y es calculado como:

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{Valor Real} - \text{Valor Pronosticado})^2}{\text{Cantidad De Valores Pronosticados}}}$$

Como vemos en las ecuaciones del modelo de Holt-Winters, es necesario tener valores iniciales para a_t , b_t y s_t para poder resolver las ecuaciones del método. Para ello no existe una forma exacta de obtenerlos, sin embargo, existen algunos estudios realizados de manera empírica que muestran que el método que se utiliza para obtener los valores con que se iniciará el método, tienen poco efecto sobre la exactitud de las predicciones obtenidas por el método de Holt-Winters.

Se sugiere iniciar el nivel de la serie con la siguiente igualdad: $a_t = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_k}{k}$ donde k es el periodo del tiempo, que en nuestro caso es mensual es decir $k = 12$ meses, para la tendencia se sugiere usar $b_t = \frac{Z_k + (1 - Z_1)}{k}$ y para la estacionalidad $s_i = \frac{Z_i}{a_k}$ con $i = 1, 2, \dots, k$.

3.3.1. Modelo Holt-Winters en STATA

STATA¹ es un paquete de software estadístico con el que se pueden trabajar con el análisis y el manejo de grandes bases de datos, realiza gráficos y tablas para la fácil visualización de los datos. Contiene herramientas estadísticas, tanto métodos estándar como son modelos ARIMA, ANOVA, regresión lineal, suaviazamiento de series de tiempo, etc., y técnicas más avanzadas como análisis Bayesiano, modelos multivariados, datos de encuesta, etc.

Es utilizado por instituciones académicas y empresariales dedicadas a la investigación, especialmente en economía, sociología, ciencias políticas, medicina, matemáticas, educación, salud pública, etc. Es un software que requiere el pago de una licencia de uso, es decir, no es un software de libre uso.

Con el comando *tssmooth shwinters* se puede aplicar del modelo de Holt-Winters en STATA donde se puede elegir el modelo multiplicativo o aditivo y se puede especificar los valores iniciales y los valores de los parámetros

¹<https://www.stata.com/why-use-stata/>

α, β y γ o STATA se puede encargar de mostrar los valores óptimos para tener una correcta estimación. La manera en que STATA calcula el valor de la componente de tendencia es con los primeros m años el cual contiene n temporadas, por defecto m se establece en el número de temporadas en la mitad de la muestra.

El valor inicial para la tendencia está dado por:

$$b_0 = \frac{\bar{Z}_m - \bar{Z}_1}{(m-1)n}$$

donde \bar{Z}_m es el promedio de Z_t en el año m y \bar{Z}_1 es el promedio de Z_t en el primer año.

Para el valor inicial del nivel, STATA lo calcula de la siguiente manera:

$$a_0 = \bar{Z}_1 - \frac{n}{2}b(0)$$

Para el valor inicial para la estacionalidad primero calcula los valores de la desviación ajustada como:

$$S_t = \frac{Z_t}{\bar{Z}_i - \left(\frac{(n+1)}{2} - j\right)b(0)}$$

donde i es el año que corresponde al tiempo t , j es la temporada que corresponde al tiempo t y Z_i es el promedio de Z_t en el año i . Luego para cada temporada $1, 2, \dots, n$ se define \bar{s}_l como el promedio de S_t en los años transcurridos

$$\bar{s}_l = \sum_{k=0}^{m-1} S_{l+kn}$$

con $l = 1, 2, \dots, n$. Finalmente el valor inicial para la estacionalidad está dado por:

$$s_{0l} = \bar{s}_l \left(\frac{n}{\sum_{l=1}^n \bar{s}_l} \right)$$

para $l = 1, 2, \dots, n$, y estos valores son usados para completar $S(1-n), \dots, S(0)$.

En el caso de los parámetros α, β y γ , en ocasiones se encuentran en el límite del intervalo $[0, 1]$ y para mantenerlos dentro del intervalo los valores se parametrizan de la siguiente manera:

$$\frac{\exp(\alpha)}{1 + \exp(\alpha)}$$

así del mismo modo para β y γ .

La manera en que STATA calcula los valores α , β y γ es minimizando el error cuadrático medio. STATA cuenta con un manual dentro del software que indica la metodología que usa y las funciones de los comandos necesarios para hacer uso de sus herramientas, para ello solo se pone el código ***help tss-mooth shwinters*** y direccionará directamente a los documentos de ayuda de STATA.

3.4. Comparación entre Modelos

Existen diversos métodos de suavizamiento para hacer proyecciones o estimaciones además del modelo de Holt-Winters. Muchas veces la elección del método puede ser por las características de los datos que conforman la serie de tiempo, es decir, existen modelos que funcionarán de una manera más efectiva para hacer los pronósticos de nuestros datos si éstos presentan o no estacionalidad o tendencia, de igual manera existen algunos métodos más complejos que otros, pero la manera de elegir un método que sea óptimo para los datos que se desean pronosticar, es aquel método el cual su error sea el más pequeño.

Usamos el modelo de Holt y el filtro de promedios móviles para hacer pronósticos de nuestra serie de precios y compararlos con el modelo de Holt-Winters y se calculará el error de cada método para determinar cuál es el modelo más eficiente, a través de un análisis con los errores.

Para hacer el análisis de los errores se utilizará el error absoluto medio (MAE,) la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el porcentaje de error medio absoluto (EPAM) que se definen de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |z_t - \hat{z}_t| \\ \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (z_t - \hat{z}_t)^2} \\ \text{EPAM} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|z_t - \hat{z}_t|}{z_t} \end{aligned}$$

Se realizaron proyecciones de los precios de algunos productos primarios

de la base de precios de la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND), estos productos son los utilizados en algunos de los informes que realiza la institución y son algunos de los productos más comunes de la canasta básica. Los modelos que se compararon son el Filtro de medias móviles (MA), el modelo estacional Holt-Winters (H-W) y el modelo de doble suavizamiento exponencial o de Holt (H). El valor de los errores se muestra en la tabla 3.1.

Aguacate				Cebada		
	MA	H-W	H	MA	H-W	H
RMSE	5.87	3.48	5.58	154.98	174.30	195.89
MAE	4.43	2.39	3.95	118.88	131.12	148.49
EPAM	0.1645	0.0824	0.1435	0.0311	0.0340	0.0387
Arroz				Frijol		
	MA	H-W	H	MA	H-W	H
RMSE	298.06	233.06	243.38	1489.51	1321.92	1573.25
MAE	232.10	178.98	189.68	1014.76	969.76	979.63
EPAM	0.0397	0.0320	0.0347	0.0712	0.0718	0.0812
Garbanzo				Maíz		
	MA	H-W	H	MA	H-W	H
RMSE	1999.16	2272.81	2286.78	164.67	224.45	257.70
MAE	1183.77	1445.29	1432.57	125.01	150.90	153.32
EPAM	0.0505	0.0694	0.0706	0.0299	0.0371	0.0378
Sorgo				Soya		
	MA	H-W	H	MA	H-W	H
RMSE	137.80	171.11	200.16	410.95	455.82	519.06
MAE	107.96	124.97	130.30	309.36	358.41	391.39
EPAM	0.0315	0.0356	0.0381	0.0409	0.0482	0.0536
Café				Algodón		
	MA	H-W	H	MA	H-W	H
RMSE	2065.37	2345.88	2269.11	1359.02	1836.58	1466.40
MAE	1310.82	1694.64	1469.10	988.64	1387.87	1131.25
EPAM	0.0438	0.0564	0.0510	0.0403	0.0538	0.0467

Tabla 3.1: Comparación entre modelos.

Los tres son modelos de suavizamiento y para el filtro de promedios móviles se usaron 3 rezagos para calcularlos. Como se puede observar, los errores más pequeños se encuentran con el modelo de Holt-Winters y en el Filtro de medias móviles para algunas de las series de tiempo de precios. Una de las desventajas que presenta el filtro de medias móviles es que solo da peso a las observaciones más recientes sin tomar bastante en cuenta los valores en el pasado, además se decide tomar un número de periodos a promediar sin alguna justificación ya que esto es elección de la persona que este realizando el trabajo. Entre menos datos sean promediados el valor será más aproximado al valor real, por otro lado si se toma una cantidad grande de valores, estos se alejarán más de los valores originales. Como se muestra en las gráficas de las figuras 3.1 y 3.2 se tomaron 3, 6 y 12 observaciones para elaborar los promedios y como se puede observar, mientras se tomen observaciones más antiguas, la línea se va alejando de la serie de tiempo original.

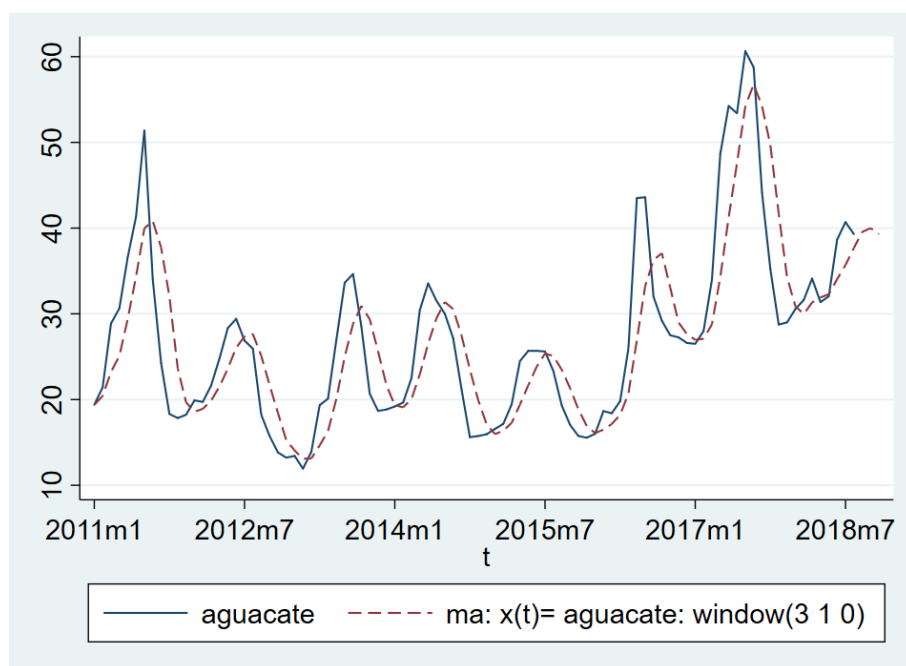


Figura 3.1: Promedios Móviles 3 observaciones.

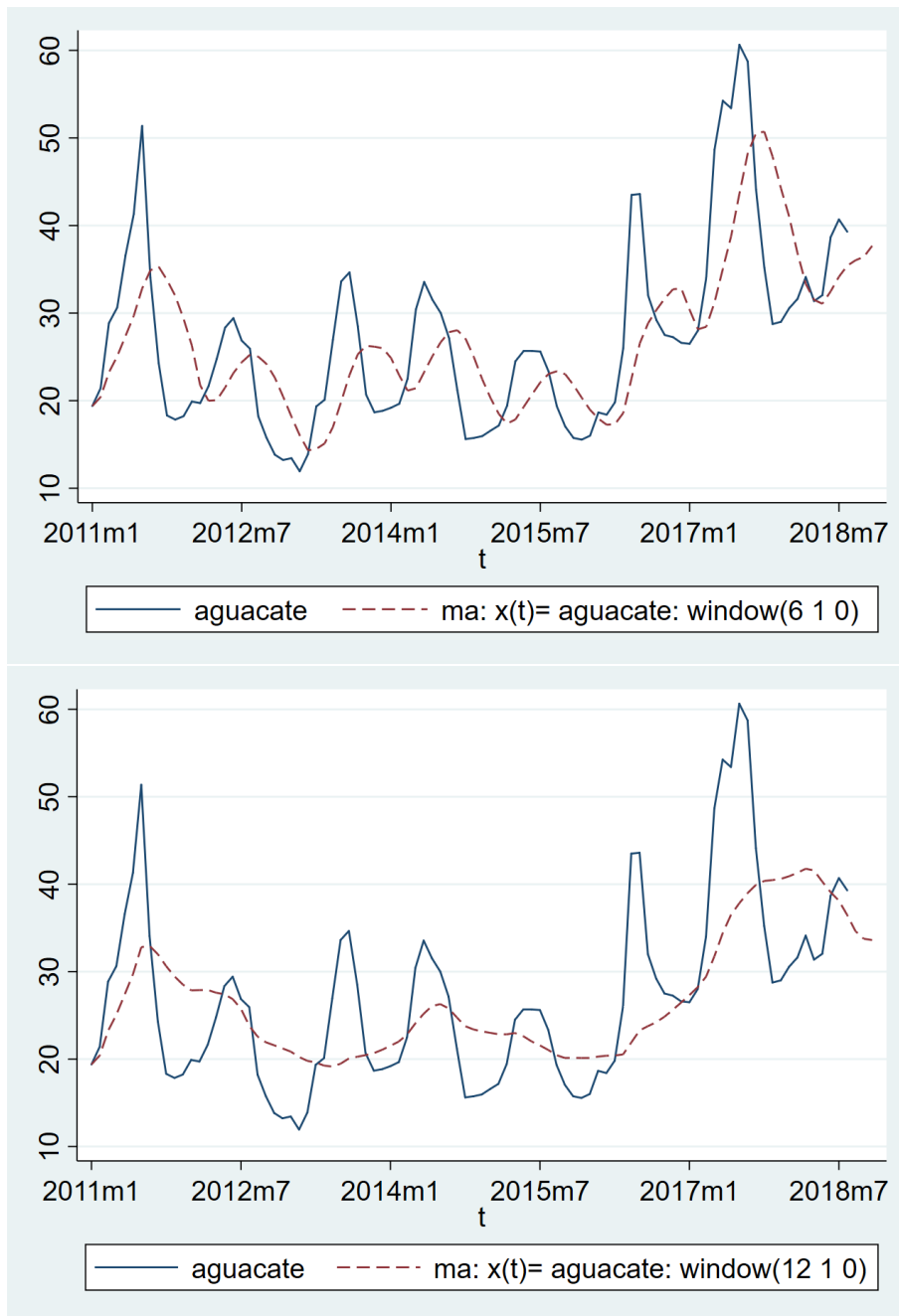


Figura 3.2: Promedios Móviles 6 y 12 observaciones.

Es por ello que el Filtro de Medias Móviles le da más peso a las obser-

vaciones más recientes para tener menos error en la serie de tiempo original, pero eso hace a un lado las observaciones del pasado que también resultan ser de utilidad para tener una mejor predicción.

El modelo de Holt-Winters resulta más intuitivo en su interpretación y con el cálculo de los pronósticos. Se dice que es intuitivo ya que las series de tiempo tienen los elementos de estacionalidad, pendiente y nivel, y se combinan para dar origen a la serie de tiempo y su cálculo es sencillo de hacer a través de un software estadístico. Por ello y a pesar de que otros modelos tienen errores más pequeños y resultarían más exactos sus pronósticos, se usa el modelo Holt-Winters por su exactitud en la elección de parámetros a través del software y no elegirlo al azar como sería el caso de las medias móviles.

Capítulo 4

Aplicaciones en la FND

4.1. La FND

La Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesquero (FND) es una banca de desarrollo del Gobierno que entre sus funciones está otorgar financiamiento al sector rural del país, esta institución tiene un papel en el desarrollo económico de México gracias a los créditos que otorga. Así, los trabajadores del sector primario pueden obtener un apoyo para poder impulsar un pequeño negocio a través de sus productos, y a su vez generar empleos y desarrollo económico en el país, y atender a un sector de la economía importante para México.

La FND cuenta con distintas coordinaciones y direcciones que trabajan conjuntamente para poder realizar este trabajo. Una de esas áreas es la Gerencia de Investigación que, entre sus principales funciones, realiza estudios de mercado para apoyar al área de riesgos y de finanzas a tomar decisiones acerca de otorgar o no crédito, dependiendo de los resultados de este estudio. En la Gerencia de Investigación se elaboran documentos que dan a conocer a estas áreas información acerca de producción, comercio exterior y **proyecciones de precios**.

Como trabajador de la FND una de las actividades como profesionista de la carrera de Actuaría es aplicar modelos estadísticos para la estimación de precios, ya que este tema es de interés para ciertas áreas, porque esto da un panorama acerca del pago del crédito otorgado que es de interés conocer porque en diversas ocasiones, dependiendo de si es bien vendido el producto por un buen precio, se puede esperar recuperar el crédito otorgado al produc-

tor. Para elaborar estas proyecciones se trabaja con el modelo de Holt-Winters a través del software estadístico STATA; para obtener pronósticos de precios mensuales de productos de la canasta básica o productos que son solicitados por agricultores para que se les coloque crédito.

En este informe expondremos dos de estos trabajos, El Panorama de Productos y el Sistema de Monitoreo LUCI.

4.2. El Panorama de Productos

El Panorama de Productos es un documento que se desarrolla a petición o necesidad de las Coordinaciones Regionales o por el Área de Crédito, que es el área a donde llegan las solicitudes de crédito por parte de los ciudadanos. El Área de Crédito solicita este documento para conocer información del producto del cual se está solicitando el crédito, y con el uso de esta información tomar la decisión de otorgar el crédito o no otorgarlo o existe también la opción de otorgar cierta cantidad si el producto tiene un nivel medio de riesgo. Estas decisiones se toman con base en la información de comercio exterior, producción y precios de los productos.

Este documento contiene entre su información una sección de proyecciones de precios en el futuro, los cuales se elaboran con una base histórica de precios de distintas ciudades productoras que proporciona un proveedor externo contratado por la FND.

4.2.1. Desarrollo del Panorama de Productos

Para el informe mostraremos el Panorama de Productos para el Frijol, que es uno de los productos más comunes, es parte de la canasta básica y uno de los que más solicitan crédito a la FND.

La FND cuenta con una base de precios de frijol de distintas variedades como son, negro, claro, pinto, azufrado etc, y de diversos orígenes, ya sea estados o ciudades; con ellos se trabaja para hacer las estimaciones usando la herramienta del software STATA.

Una vez que alguna área solicita la elaboración del documento, trabajamos con la base de precios dada en pesos por tonelada, esta base es semanal y está disponible para algunos productos y algunas ciudades en el país.

En este caso es solicitada la variedad de frijol claro azufrado en el estado de Sinaloa, en específico para Culiacán y Los Mochis, ya que en el mes de

mayo de 2018 los productores reportaron un rezago del cultivo en sus almacenes y por ello una baja de precios, la FND realizó este estudio para encontrar la manera de ayudar a la comercialización del producto, y para ello solicitó este estudio.

Tenemos los precios del frijol claro azufrado desde el mes de enero del 2006 al mes de mayo del 2018, y se desea saber los precios estimados hasta el mes de diciembre del 2018.

En las figuras 4.1 y 4.2 observamos las gráficas de los precios en el tiempo para el frijol claro azufrado en Culiacán y en Los Mochis Sinaloa respectivamente.

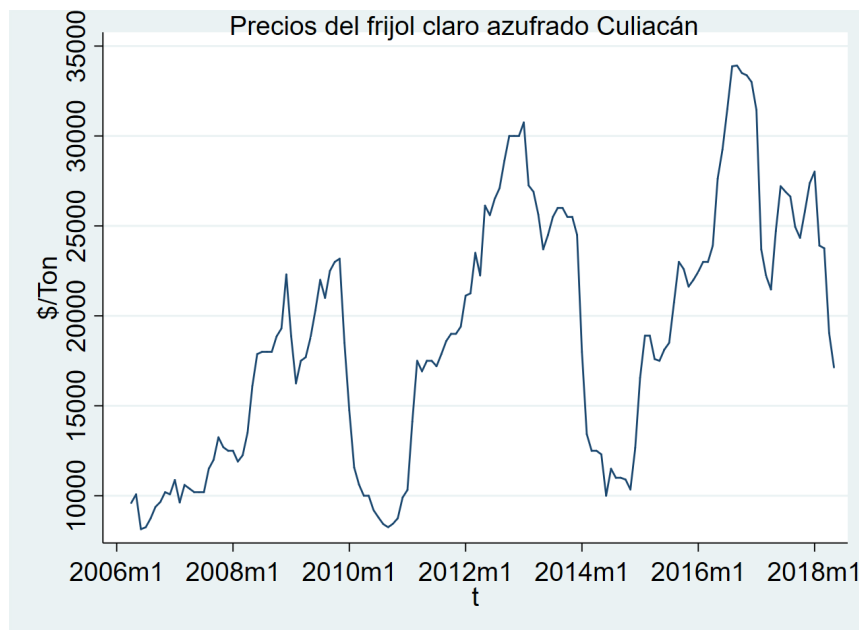


Figura 4.1: Precios del frijol claro azufrado en Culiacán Sinaloa.

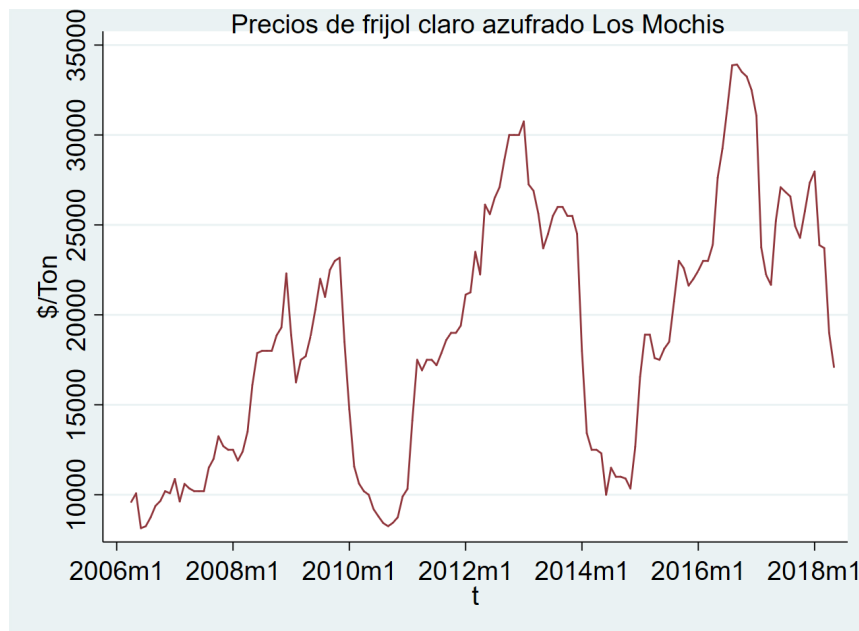


Figura 4.2: Precios del frijol claro azufrado en Los Mochis Sinaloa.

Cuando se refiere a precios de cultivos agrícolas, es común encontrar cierta estacionalidad, y esto se explica ya que hay ciertos meses del año donde se siembra y se cosecha, y esto ocurre siempre en las mismas temporadas del año, además que cuando es temporada de cosecha al haber más producto el precio baja. Aunque esto no se puede generalizar para todos los productos, por ejemplo, el huevo, no tiene este caso ya que este no tiene temporadas tan específicas donde se coseche más. La tendencia en los precios de este tipo de cultivos se da por factores económicos, por ejemplo la inflación. El precio tiene una tendencia ligera a subir ya que otros factores influyen en el costo de producirlo, como son los combustibles para los tractores, el precio de la semilla, la compra y mantenimiento de los sistemas de riego, etc. En las gráficas de las figuras 4.1 y 4.2 se puede observar una tendencia aproximadamente lineal y una estacionalidad cada cierto periodo.

Al existir tendencia aproximadamente lineal y una estacionalidad, se puede utilizar el método de Holt-Winters para realizar las proyecciones de precios, además en este caso se usa el modelo multiplicativo ya que observamos en las gráficas que las componentes se están multiplicando, ya que la magnitud del patrón estacional aumenta a medida que los valores de los datos se incrementan.

Cabe mencionar que el documento Panorama de Productos, además de contener la información de precios, contiene información de producción en toneladas mensuales a nivel nacional, información de comercio exterior y, en algunas ocasiones, noticias sectoriales nacionales para dar un contexto más amplio y que el documento sea de utilidad para las diversas áreas. En este documento nos enfocaremos sólo al pronóstico de precios ya que es la sección donde se aplican los conocimientos en series de tiempo.

4.2.2. Pronóstico de Precios de Productos Primarios con el Método Holt-Winters en STATA

Una vez que identificamos qué modelo podemos usar acorde a las características de la serie de tiempo, se utiliza el software STATA para facilitar los cálculos del método de Holt-Winters y realizar el suavizamiento de los datos. Para empezar a desarrollar el método necesitamos la siguiente línea de código:

```
tssmooth shwinters hwfrijol_pinto_mochis=losmochis , iterate(100)
forecast(7)
```

En la línea de código podemos especificar, si así se desea, los valores para α , β y γ . En este caso, no contamos con dichos valores y por defecto STATA los determinará a manera de minimizar los errores. STATA realiza 16,000 iteraciones para buscar los valores óptimos, pero muchas veces no es necesario muchas iteraciones ya que en la pantalla de resultados de STATA muestra cuando ya se minimizó el error. Muy a menudo no se necesitan más de 100 iteraciones. También en esta línea se indica el número de pronósticos que deseamos obtener, para este caso tenemos precios hasta el mes de mayo y se desea pronosticar los siguientes meses hasta diciembre. Ejecutamos la línea de código para obtener los valores estimados y las constantes para α , β y γ , y la pantalla de resultados nos muestra la siguiente salida:

```
. tssmooth shwinters hwlosmochis=losmochis , iterate(100)
forecast(7)
computing optimal weights
```

```
Iteration 0: penalized RSS = -1.032e+09 (not concave)
Iteration 1: penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 2: penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 3: penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 4: penalized RSS = -4.392e+08
```

```

Iteration 5:   penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 6:   penalized RSS = -4.392e+08 (not concave)
Iteration 7:   penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 8:   penalized RSS = -4.392e+08
Iteration 9:   penalized RSS = -4.392e+08

```

Optimal **weights**:

```

                                alpha = 0.9999
                                beta  = 0.0001
                                gamma = 0.5874
penalized sum-of-squared residuals = 4.39e+08
sum-of-squared residuals         = 4.39e+08
root mean squared error          = 1734.444

```

La pantalla de resultados nos muestra, después de hacer las iteraciones, los valores óptimos para α, β y γ a través del penalized RSS (*Penalized Residual Sum of Squares Errors*) que se calcula, $RSS = \sum_{t=1}^n (z_t - \hat{z}_t)^2$, aunque podemos observar en la misma pantalla que a la séptima iteración se han encontrado los valores más adecuados. Con $\alpha = 0.9999$, $\beta = 0.0001$ y $\gamma = 0.5874$ obtenemos los valores de $Y_{t+\tau}$ junto con los pronósticos del mes de Junio a Diciembre que podemos graficar para observar qué comportamiento tendrán los precios en esos meses y esto se muestra en la variable que se definió llamada “hwlosmochis”. El mismo procedimiento se tendría que elaborar para los precios correspondientes a Culiacán y se muestran en la variable “hwculiacan”.

4.2.3. Resultados

Al finalizar se grafican los valores estimados con el método de Holt-Winters y los valores reales de los precios de Los Mochis, y obtenemos el gráfico que nos muestra los precios promedio del frijol claro azufrado.

De igual manera se obtienen los resultados para la plaza de Culiacán, como se muestra en la figuras 4.3 y 4.4.

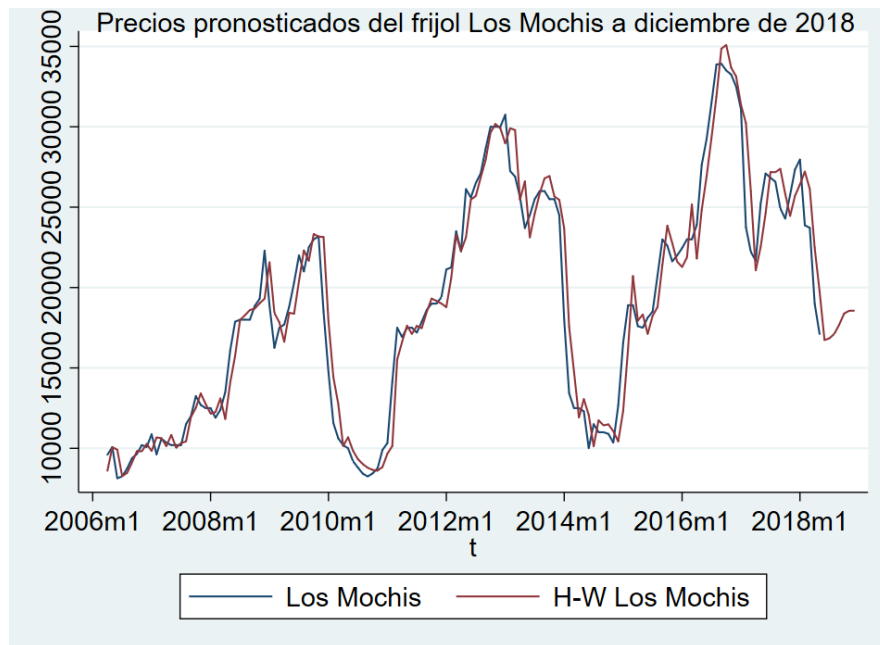


Figura 4.3: Estimación del modelo Holt-Winters para los precios del frijol claro azufrado en Los Mochis Sinaloa.

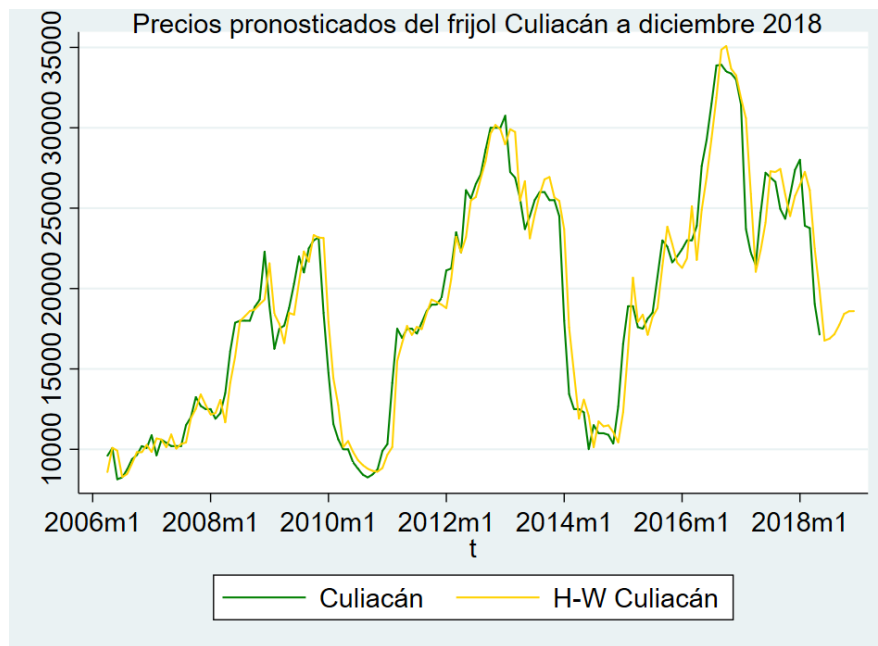


Figura 4.4: Estimación del modelo Holt-Winters para los precios del frijol claro azufrado en Culiacán Sinaloa.

En la tabla 4.1 se muestran los precios proyectados por el método de Holt-Winters para poder visualizar de manera exacta los valores que el modelo pronosticó para los precios del frijol claro azufrado.

Proyección de precios promedio		
Mes	Culiacán, Sinaloa	Los Mochis, Sinaloa
Jun-18	18,874.04	18,807.58
Jul-18	18,999.48	18,932.88
Ago-18	19,281.89	19,214.80
Sep-18	19,923.63	19,854.75
Oct-18	20,673.13	20,602.04
Nov-18	20,840.69	20,769.87
Dic-18	20,770.43	20,701.22

Tabla 4.1: Proyección de precios promedio para ventas de frijol claro azufrado.

Podemos observar a través de los resultados obtenidos que los precios a partir de junio y hasta noviembre tendrán un comportamiento creciente tanto en Los Mochis como en Culiacán, representando un aumento del 8%, mientras que en diciembre podría bajar aproximadamente 70 pesos, lo que representa -0.4% respecto al mes de noviembre. Los precios de ambas plazas son muy similares, ya que es el mismo estado y la misma variedad de frijol, aunque el de Culiacán es ligeramente más alto.

La FND cuenta con 5 coordinaciones regionales que son la Norte, Noroeste, Sureste, Sur y Centro-Occidente. La Regional Noroeste, que abarca el estado de Sinaloa, solicitó el documento de dicha variedad de frijol, ya que se percataron que existía un rezago del frijol en los almacenes, los precios estaban bajando y el frijol no se vendía, los productores estaban solicitando apoyo a la FND ya que requerían recursos para comprar semilla para comenzar con la nueva siembra y no tenían debido a la falta de ventas de su frijol de la cosecha pasada. La causa de la baja de precios en estas dos plazas, Los Mochis y Culiacán, fue debido a que un frijol de importación entró a la región, posicionándose en mejor precio y afectó a la venta local.

De acuerdo el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, SIAP-SAGARPA, el estado de Sinaloa es el principal productor de esta variedad de frijol, produciendo en 2017, 138,428 toneladas de esta variedad, y para la FND era de suma importancia apoyar al productor para que el estado de Sinaloa continuara en esta posición. Sin embargo, era arriesgado otorgar un crédito si no existía un sustento para pagarlo por parte de los productores ya que el frijol de la cosecha anterior estaba rezagado y no se vendía en el mercado, y debido a esto mucho producto estaba perdiendo calidad por el tiempo almacenado.

El documento sirvió de apoyo para poder tomar una decisión acerca de si la FND debía otorgar el crédito. Como podemos ver en las proyecciones, en los siguientes meses el frijol subiría de precio y esto sería conveniente para ambas partes, para los productores que obtendrían el crédito y para la FND que podría obtener el pago del crédito, y con ello poder ayudar al desarrollo de la producción del frijol.

Este documento ayudó a tener un panorama del movimiento de los precios del frijol en un tiempo futuro, que, aunque existen otros factores que pueden influir en el precio, en condiciones normales se puede observar que los precios subirán, y por tanto no se verá afectado más el cultivo. De manera análoga este documento da una referencia al área de crédito para tomar decisiones con la colocación de créditos.

Con este documento la Gerencia de Investigación aporta con información estadística elaborada por el equipo de trabajo, conformada por actuarios y economistas, para ayudar a la FND con su toma de decisiones.

Así como este documento, otros panoramas de productos son solicitados para otros cultivos, ya sea agrícolas, pecuarios o pesqueros, dependiendo de las distintas necesidades que se presenten para la FND.

Es muy común la solicitud de este trabajo en productos que no suelen ser muy comunes o de la canasta básica, por ejemplo, productos como la litchi, la berenjena o las berries, que son productos que han pedido colocación de crédito a la FND, que son nuevos clientes para la institución y se requiere un estudio de mercado previo para tomar la decisión de dar o no el crédito ya que no se cuenta con un antecedente de ellos que pueda utilizarse como referencia para saber si será o no un buen cliente. Es importante para la FND dar impulso a este tipo de cultivos, que, si bien algunos no son mayormente consumidos en México, pueden ser exportados y generar buenos ingresos a los productores. Es por estas razones que el Panorama de Productos tiene un impacto importante en el trabajo de la Financiera Nacional de Desarrollo.

En el anexo se muestra el documento final del Panorama de Productos que se obtiene para entregarlo al área que lo solicita en la FND.

4.3. El Sistema de Monitoreo LUCI

El Sistema de Monitoreo LUCI es un documento que se desarrolla de manera mensual, todo el personal de la FND tiene acceso a él a través de la página del intranet. En este producto se muestra una tabla con los precios actuales y proyectados al mes siguiente de algunos productos primarios, y sus variaciones respecto al precio proyectado. Generará una alerta a variaciones muy altas o muy bajas en los precios. Es utilizado por algunas áreas para detectar oportunidades de negocio, para detectar posibles riesgos en los pagos de los clientes y para tener una perspectiva más amplia acerca de los precios de los cultivos más producidos, más acreditados y más comunes en el país.

4.3.1. Descripción y Objetivos del Sistema de Monitoreo LUCI

El Sistema de Monitoreo LUCI es un documento que muestra una tabla con los precios del maíz, frijol, sorgo, aguacate, café, algodón, arroz, cebada,

garbanzo y soya, que son productos previamente seleccionados por el Área de Planeación y Estrategia, ya que son muy producidos en México, algunos son parte de la canasta básica y son los productos más comunes a los que se les coloca crédito por parte de la FND.

Este documento muestra el precio que presentaba el producto en el mes que recién finalizó, pero un año atrás, el precio al cierre del mes, y el precio proyectado al mes siguiente. También se muestran las variaciones en porcentaje de la proyección respecto al mes del año anterior y la variación con el mes actual.

La alerta se genera si existen precios mayores o iguales al 8% como alerta amarilla, y con variaciones mayores o iguales al 15% una alerta roja, si el precio no tuvo una variación significativa no se mostrará la celda de ningún color indicando que no hay alerta.

Resulta de interés saber qué sucederá con el precio en el mes futuro ya que algunas áreas dan seguimiento al comportamiento de éstos como oportunidad de negocio, es decir, al notar que los precios se comportan de una manera estable para ciertos productos pueden ser una oportunidad para que la FND otorgue un crédito y así tener un nuevo producto para apoyar, y con ello obtener más clientes a quien otorgar crédito y así contribuir al desarrollo del país. Al igual, como se muestran productos de la canasta básica, y al ser muy comunes y muy producidos en México, es muy probable que la financiera tenga colocado crédito en alguno de esos productos y esto sirve para dar un seguimiento a los precios de los productos que tienen crédito y en caso de que se presente una gran variación en el precio, poder estar alerta para prevenir o encontrar una solución y que el producto colocado pague el crédito, o bien, permite generar y emitir alertas preventivas para que no se dispersen recursos a clientes que presenten un nivel de riesgo alto o que se encuentren en la cartera vencida de la FND. Con esto el área de riesgo mantiene monitoreados los precios de los productos a los que se les coloca mayor cantidad de financiamiento.

Es importante para el área de riesgos mantener monitoreados los precios de estos productos, su importancia está en que la mayoría de los estados produce estos cultivos y por ello hay millones de pesos en crédito para dichos productos, y será de suma importancia darles un seguimiento para que la FND no tenga pérdidas. Otros productos, como por ejemplo el aguacate, es un cultivo de suma importancia para el país ya que México es el principal exportador de aguacate en el mundo, exportando 1,889,354 de toneladas en 2016 según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimen-

tación (FAO) y, además de ser el principal productor en todo el mundo, por esta razón se monitorea el precio, no solo para tomar la decisión de colocar crédito, sino también para estar al cuidado de este cultivo que representa a nuestro país y genera grandes ingresos para la economía. Si se observa una anomalía en los precios que pueda dañar la producción de este cultivo, la FND trabaja en conjunto con otras instituciones gubernamentales que pueden apoyar a estabilizar el precio.

De esta forma el documento tiene utilidad a nivel interno en la institución, pero puede que sea utilizado como información relevante divulgada por la FND en otras instituciones gubernamentales.

4.3.2. Estimación de Precios para Generar Alertas con el Modelo Holt-Winters en STATA

La FND cuenta con un proveedor externo de precios que los envía de forma semanal, para el caso de algunos otros cultivos, las bases de datos de precios se obtienen del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM)¹, de la Secretaría de Economía, que es una dependencia que muestra precios diarios de algunos productos del Sector Primario. Como primer paso se debe descargar y elaborar una base de datos con los precios de algunos productos que nos brinda el proveedor externo y éstas son manejadas a través de STATA.

Como el Sistema de Monitoreo LUCI no es un documento de texto, no muestra gráficas ni comentarios con texto, sólo es un cuadro que muestra un resumen de la información de los precios y los precios proyectados, se usa la herramienta de Excel para obtener una mejor edición y diseño de dicha tabla, ya que en STATA no se cuenta con esas facilidades. Aún con ello todos los cálculos y las bases de datos se trabajan en STATA porque su uso es más práctico y eficiente para realizar el modelo.

Una vez actualizados los precios para el mes correspondiente de cada uno de los productos, se realiza la estimación del precio al mes siguiente. Para este ejercicio tenemos precios al cierre del mes de agosto del 2018 y se realizará la estimación con el método de Holt-Winters para el mes de septiembre del mismo año para los 10 cultivos antes mencionados.

La pantalla de resultados de STATA nos mostrará las constantes más óptimas para minimizar el error como se muestra en la tabla 4.2.

¹<http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>

Constantes más óptimas			
Producto	Coefficiente	Producto	Coefficiente
Aguacate	$\alpha = 1.0000$	Cebada	$\alpha = 0.9185$
	$\beta = 0.0000$		$\beta = 0.0000$
	$\gamma = 0.0019$		$\gamma = 1.0000$
Arroz	$\alpha = 0.8880$	Frijol	$\alpha = 1.0000$
	$\beta = 0.0000$		$\beta = 0.0014$
	$\gamma = 1.0000$		$\gamma = 0.0013$
Garbanzo	$\alpha = 0.8880$	Maíz	$\alpha = 1.0000$
	$\beta = 0.0000$		$\beta = 0.0014$
	$\gamma = 1.0000$		$\gamma = 0.0013$
Sorgo	$\alpha = 1.0000$	Soya	$\alpha = 1.0000$
	$\beta = 0.0093$		$\beta = 0.0000$
	$\gamma = 0.0014$		$\gamma = 0.0000$
Café	$\alpha = 0.8776$	Algodón	$\alpha = 0.8822$
	$\beta = 0.0000$		$\beta = 0.0000$
	$\gamma = 1.0000$		$\gamma = 1.0000$

Tabla 4.2: Coeficiente de suavización.

Una vez obtenidos los coeficientes, obtenemos cada uno de los pronósticos para el mes siguiente.

A pesar de que las gráficas no se muestran en el Sistema de Monitoreo LUCI, son elaboradas para observar el comportamiento de la serie de tiempo real y la proyectada por el método de Holt-Winters y de esta manera visualizar el comportamiento de los precios. En ocasiones se hacen comentarios acerca de un evento fuera de lo común que haya afectado al precio como un evento climático por ejemplo, y que esto pueda afectar a la proyección del precio, se da a conocer en una pequeña nota al pie del cuadro.

Las gráficas con los valores reales y los proyectados con el modelo de Holt-Winters al mes de septiembre del 2018 se muestran en las figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9.

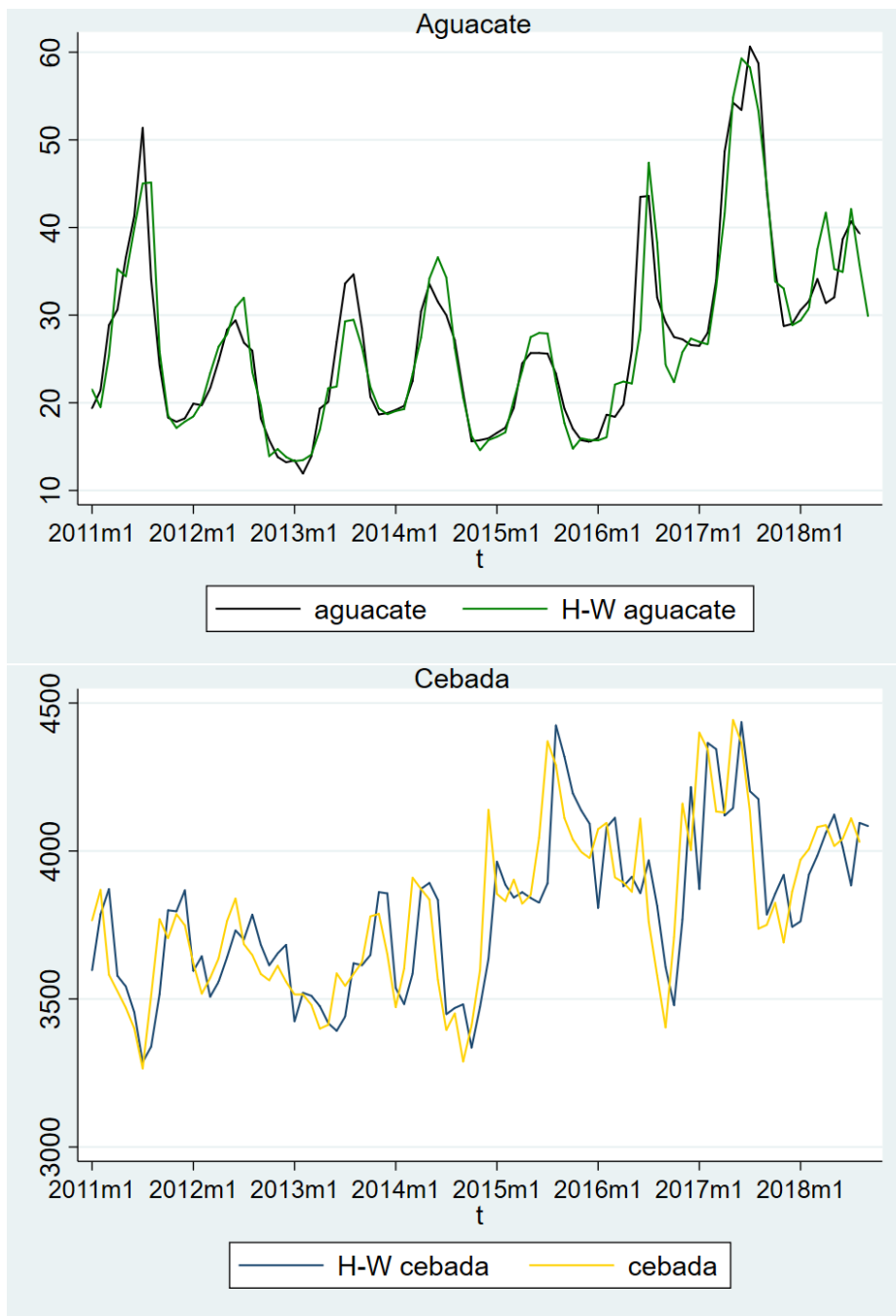


Figura 4.5: Precios proyectados para los cultivos del Sistema de Monitoreo LUCI.

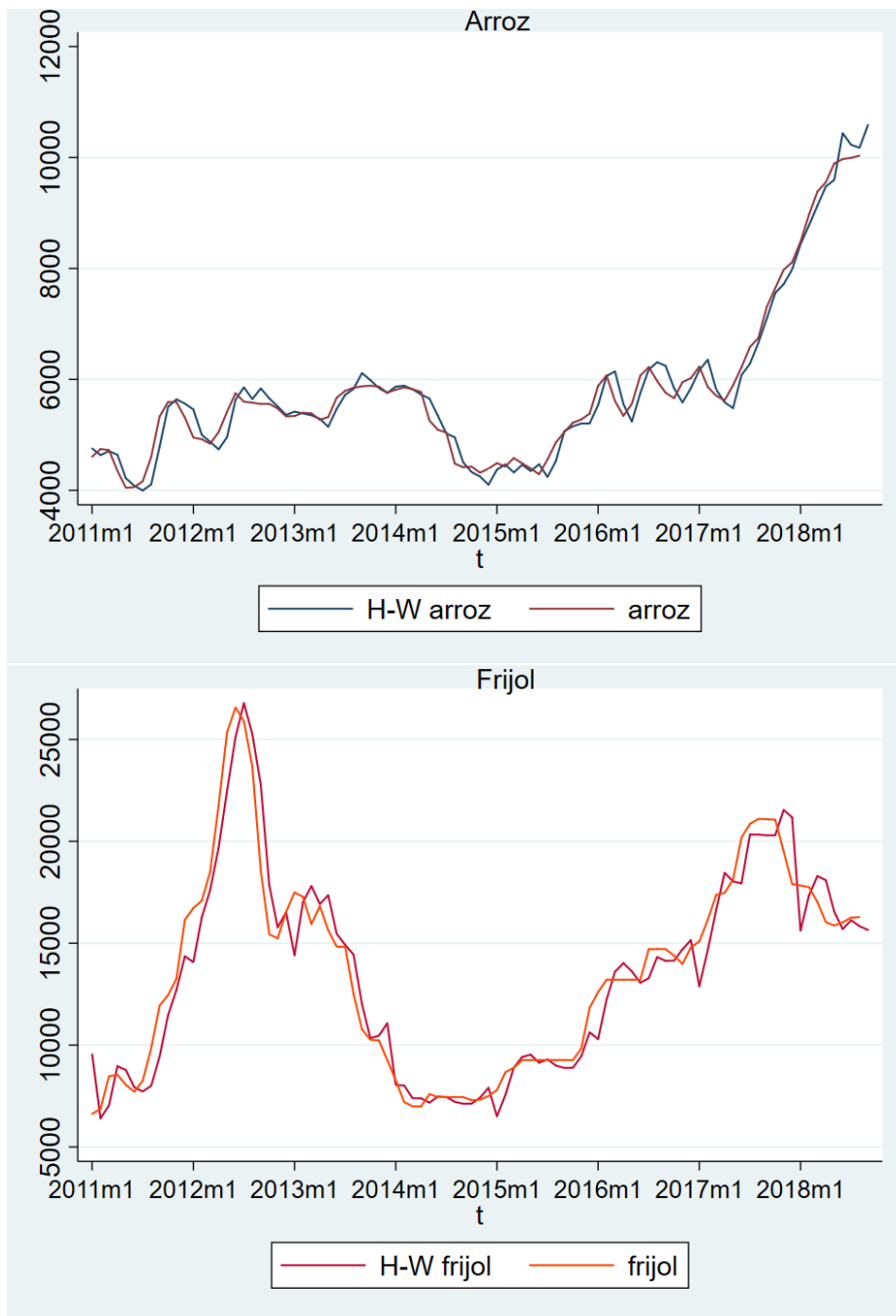


Figura 4.6: Precios proyectados para los cultivos del Sistema de Monitoreo LUCI.

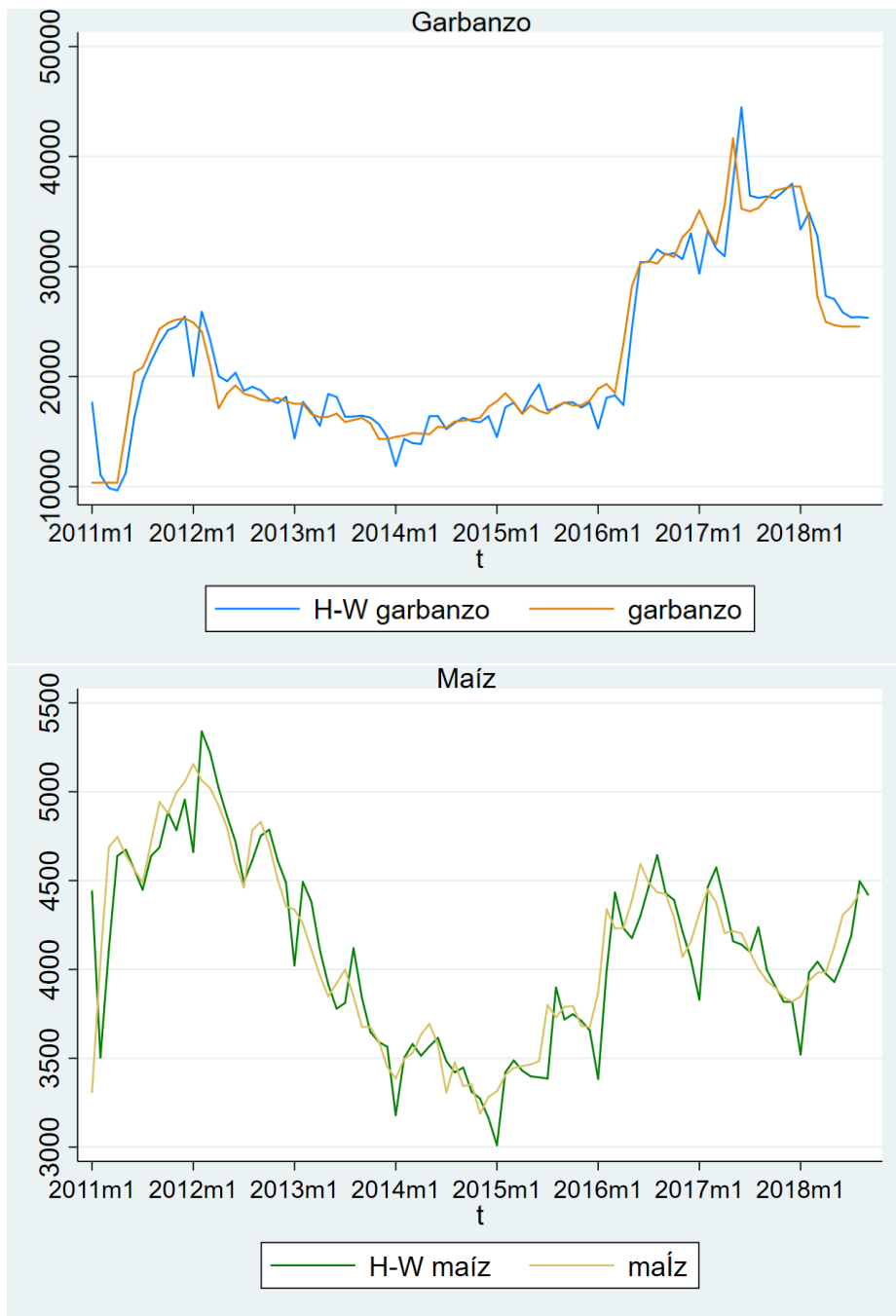


Figura 4.7: Precios proyectados para los cultivos del Sistema de Monitoreo LUCI.

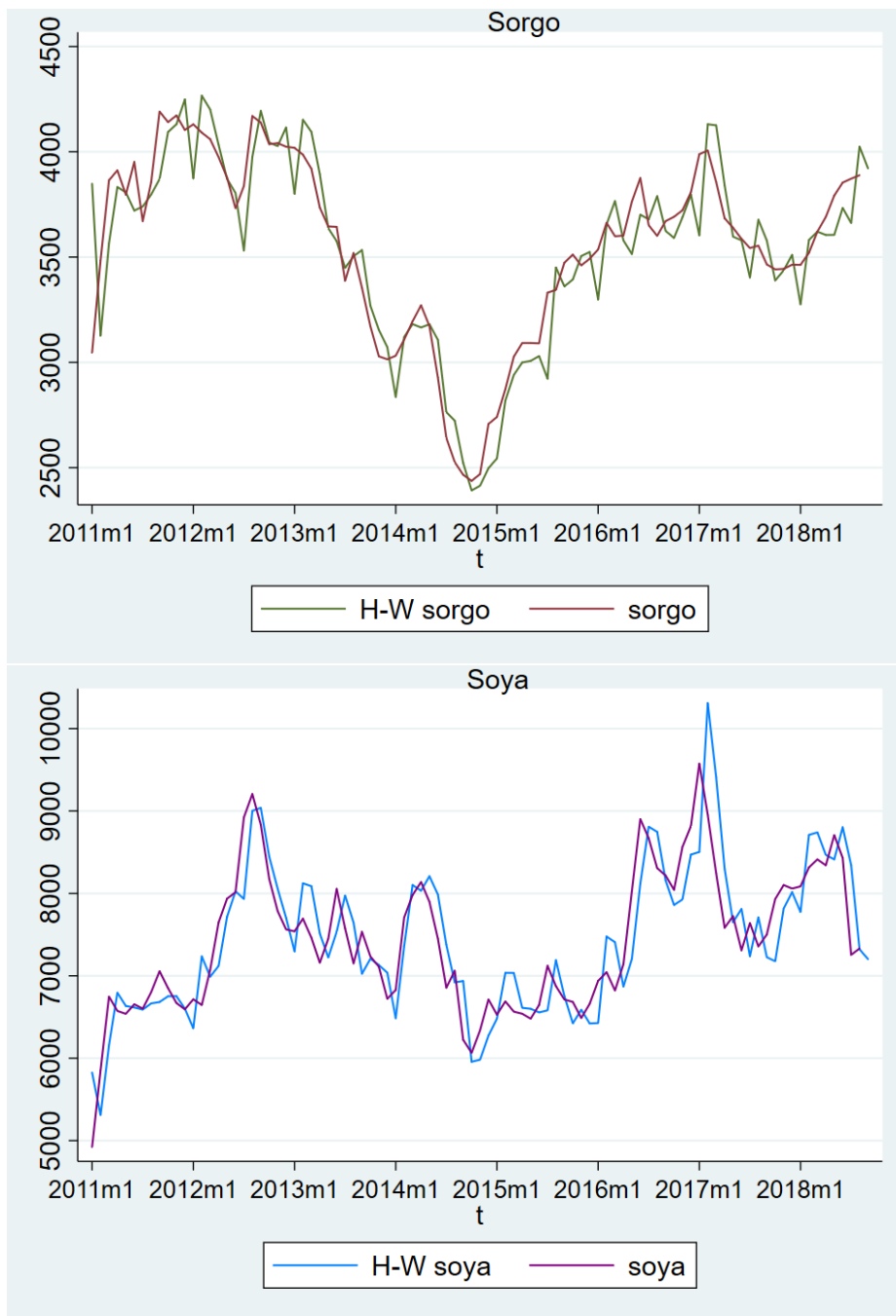


Figura 4.8: Precios proyectados para los cultivos del Sistema de Monitoreo LUCI.



Figura 4.9: Precios proyectados para los cultivos del Sistema de Monitoreo LUCI.

Una vez que se calcularon las proyecciones de precios se capturan los datos de los precios y las proyecciones obtenidas en el cuadro resumen, para que con la ayuda de Excel muestre las alertas de las variaciones de precios.

4.3.3. Resultados y Utilidad para la FND

Debido a que el Sistema de Monitoreo LUCI no es un documento de texto, no muestra gráficos ni comentarios extensos, solo es una tabla que muestra un resumen de la información de los precios y los precios proyectados, se usa la herramienta de Excel para obtener una mejor edición y diseño de dicha tabla, ya que en STATA no se cuenta con esas facilidades, aún con ello todos los cálculos y las bases de datos se trabajan en STATA porque su uso es más práctico para realizar los cálculos del modelo.

En la Tabla 4.10 se muestran los resultados obtenidos de las variaciones anuales, mensuales y las variaciones respecto al mes de enero correspondientes al año en curso. La razón del interés de mostrar las variaciones del precio con respecto al primer mes del año es porque la financiera se fija metas anuales, y de esta manera se monitorea cómo posiblemente podría afectar una variación en un precio de un producto colocado a la meta anual que fija la FND. El principal uso del Sistema de Monitoreo LUCI es el hacer pronósticos sobre los precios en el futuro que serán importantes en la toma de decisiones en el presente. Los precios de los productos primarios causan cierta inquietud ya que estos pueden tener un efecto en el pago del préstamo, o quizá en el desempeño de la economía del país, ya que estos productos seleccionados para ser monitoreados son los que aportan y ayudan en parte al desarrollo de la economía del país. Es de suma importancia tener los precios de los productos primarios estables, ya que al haber una gran inflación o deflación de los precios afecta al poder adquisitivo de los compradores o vendedores. La FND no puede mantener una estabilidad de los precios, pero puede, a través de otros medios, apoyar para mantener cierta estabilidad y esto lo hace previniéndose con el comportamiento de los precios.

El resultado se muestra en la siguiente Figura 4.10, que es el cuadro final que se carga al Intranet de la FND para la consulta de las áreas que tengan algún interés.

Se muestran en particular los precios del mes de agosto y la proyección al mes de septiembre. Quise mostrar este mes en específico ya que la variación del precio del aguacate para el mes de agosto y en comparación su proyección a septiembre tuvo una variación de más del -20% . Sumado a que en ese mes

en Michoacán fué el mayor estado productor, esa alerta mostraba que se estaban presentando algunos problemas en temas de la sanidad de la fruta por una plaga que desde el mes anterior estaba dañando los árboles de la mencionada fruta, razón por la cual se veía afectada la calidad del producto y muchos países rechazaban la entrada del cultivo y se veía rezagada gran cantidad de la fruta en el país. Adicionalmente, en meses anteriores también se presentaba el problema de la Política Arancelaria de Estados Unidos con México, esto por el desacuerdo en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Si se observa la variación con el año anterior, es decir septiembre del 2017, el producto no tiende a tener un precio tan bajo en ese mes, es por ello que la FND brindó un apoyo extra a esta región y a los productores para la compra de pesticidas y algunos fertilizantes para tratar de contrarrestar el problema. En este caso situaciones externas estaban afectando al precio del producto y se tenía que encontrar una solución.

Como resultado, al siguiente mes se pudo tener una mejor calidad de la producción para que el cultivo pasara el control de calidad y hubiera más cantidad de exportación, y que el aguacate no se depreciara aún más. Además, los acuerdos con Estados Unidos mejoraron y esto también ayudó a no empeorar la situación con el precio del producto.

Con lo anterior podemos ver que con la ayuda del Sistema de Monitoreo LUCI, y conociendo el entorno económico del país, se puede tomar una decisión anticipada para el beneficio de los productores y a su vez para no afectar los grandes ingresos que aporta este cultivo a la economía del país.

Coordinación General de Análisis Sectorial, Planeación Estratégica y Comunicación Social
PROYECCIONES MENSUALES DE PRECIOS DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA LUCI

Producto	Año anterior 2017-sep	Línea base 2017-ene	Mes actual 2018-ago	Proyección 2018-sep	Variación vs. año anterior *	Variación vs. línea base**	Variación vs. mes actual***	
Aguacate	44.12	26.50	39.30	30.34	-29.87%	16.76%	-21.27%	
Algodón	37,216.67	31,197.44	36,825.83	36,495.21	-1.94%	16.98%	-0.90%	
Arroz	7,308.38	6,230.69	10,031.75	10,548.86	44.34%	69.30%	5.15%	
Café	46,250.20	45,552.78	42,871.33	38,398.03	-16.98%	-15.71%	-10.43%	
Cebada	3,750.56	4,400.11	4,031.35	3,996.50	6.56%	-9.17%	-0.86%	
Frijol	21,085.63	15,085.94	16,282.19	15,690.01	-25.59%	4.00%	-3.64%	
Garbanzo	36,183.80	35,111.59	24,550.00	25,096.19	-30.64%	-28.52%	2.22%	
Maíz	3,935.35	4,317.34	4,433.31	4,401.34	11.84%	1.95%	-0.72%	
Sorgo	3,465.28	3,988.55	3,888.80	3,969.05	14.54%	-0.49%	2.06%	
Soya	7,501.93	9,574.38	7,332.50	6,418.11	-14.45%	-32.97%	-12.47%	
Niveles de alerta:	Variación $\pm 8\%$							
	Variación $\pm 15\%$							
MES ACTUAL							2018-ago	05-sep-18

Fecha de elaboración:

* / La variación del año anterior corresponde al Mes de la proyección / Mismo mes del año anterior.

**/ La variación LÍNEA BASE, corresponde al Mes de la proyección / Enero 2017

***/ La variación del MES ACTUAL, corresponde al Mes de la proyección / Mes actual

Figura 4.10: Sistema de Monitoreo LUCI.

Capítulo 5

Conclusiones

El desarrollo de la profesión como Actuario es muy importante en diversos ámbitos de la sociedad, por ejemplo, en las instituciones financieras un profesionista con una formación sólida en temas como matemáticas y finanzas resulta de gran utilidad para desarrollar algunas de las funciones de la institución. La Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND) es una de estas instituciones financieras que con el apoyo de distintos profesionistas ayuda a dar un impulso al campo mexicano, el cual es una de las actividades económicas más importantes y que genera una gran riqueza para el país. En particular, el desarrollo de la carrera de Actuaría en la institución se presenta con el uso de las bases de datos con las que cuenta la institución para obtener información de utilidad que ayude a alcanzar sus objetivos. Con estas bases de datos que contienen una información histórica de precios de productos del sector primario se pueden aplicar modelos matemáticos para obtener información específica que ayude a conocer, a tomar decisiones o ampliar el panorama acerca de la situación de algún producto. Con los trabajos presentados que se desarrollan en la FND se muestran los conocimientos aplicados de la profesión a situaciones en la vida real, mostrando de esta forma cómo un profesionista de la carrera de Actuaría se desarrolla en el ámbito laboral aportando con sus habilidades y conocimientos adquiridos en la Facultad para ayudar a la sociedad y a la institución en su toma de decisiones, evitando riesgos y ampliando el panorama económico alrededor de un producto.

Las series de tiempo son un conjunto de observaciones en el tiempo, con ellas se puede explicar el comportamiento de esta variable en el tiempo y con ello se pueden estimar pronósticos futuros de dicha variable. Por esto el uso

de las series de tiempo es de vital importancia para la planeación de toma de decisiones en el futuro que dependen de la variable involucrada en la serie de tiempo y así se disminuye el riesgo, implementandose medidas o acciones futuras alrededor del resultado futuro que se obtenga.

Existen diversas formas de poder hacer estos pronósticos como se muestra anteriormente en el documento, la elección de qué modelo es conveniente utilizar resulta ser el primer paso para poder realizar los pronósticos correctamente. A través del análisis de los errores como son el error cuadrático medio y el error absoluto medio, se puede encontrar el modelo que minimice estos errores y éste será el más adecuado. En la comparación se muestran los valores de los errores, donde para algunos casos Holt-Winters tiene el menor error, para ciertos productos el Filtro de Medias Móviles tiene un menor error que el Modelo de Holt-Winters, y para el caso específico del café y el algodón el modelo de Holt-Winters resulta tener el error más grande. La elección del uso del modelo de Holt-Winters para la realización de los trabajos de la FND a pesar de estos resultados, es porque dicho modelo resulta más sencillo de comprender e interpretar, y el uso de STATA proporciona las constantes más óptimas, y de esta manera se optimiza el tiempo trabajo en la FND ya que en diversas ocasiones el trabajo es de carácter urgente y entre menos sea el tiempo ocupado resulta más eficiente. Aunque gracias a los resultados de comparar los modelos se puede presentar una propuesta a la Gerencia para cambiar el método de pronóstico para ciertos productos.

El Panorama de Productos nos muestra una de las aplicaciones del uso de las proyecciones de precios por medio del modelo de Holt-Winters. Con este documento podemos observar una de las aplicaciones que se le da al uso de estos modelos matemáticos en la Institución, ya que gracias a ellos se puede hacer un análisis de qué sucedía con los precios del frijol en el estado de Sinaloa, que es un importante productor y que es necesario brindar un apoyo. Gracias a que la proyección dio a conocer que los precios tendrían un comportamiento alcista, la financiera puede tomar la decisión para esta situación sin verse afectado. Además de utilizar otros factores para tomar decisiones y evitar riesgos, utilizar como punto de referencia las proyecciones de precios han resultado una herramienta muy útil para la FND en esta toma de decisiones. Gracias a la elaboración de este documento por profesionistas con estos conocimientos se contribuye al cumplimiento de una de las misiones como institución de la FND.

Con el sistema de Monitoreo LUCI, a través de las predicciones de precios que se muestran en él de manera mensual, aclara el panorama acerca del

comportamiento del precio en el mes venidero, y ayuda a mantener alerta a la institución acerca de los precios de los productos, ya sea para poder prevenir un riesgo de que algún producto tenga un precio a la baja, o como una oportunidad de encontrar clientes que produzcan determinado cultivo que su precio sea conveniente para otorgar crédito.

Podemos ver en el informe cómo se aplican los conocimientos que se adquieren como profesionista en estos dos ejemplos de documentos de trabajos en una institución financiera del gobierno, los conocimientos en estadística son aplicados en estos trabajos para ayudar al desarrollo de la institución ya que con los pronósticos de precios se tiene una planeación estratégica y se puede estar preparado para los eventos inciertos del futuro en nuestro presente. La aplicación de los conocimientos con los que cuenta un Actuario se conjuntan con los conocimientos de otros profesionistas y se complementan para lograr los objetivos de la empresa, que a su vez tiene objetivos con el desarrollo de la sociedad. Con los conocimientos que adquiere un Actuario, es más sencillo poder elaborar y entender el uso de ciertos modelos matemáticos que son utilizados para los negocios financieros y poder aplicarlos con distintas herramientas como son los softwares estadísticos.

Claramente podemos observar cómo sirven a la institución los resultados expuestos a través de este informe y con ello se refleja la importancia de la profesión de un Actuario para el desarrollo de este tipo de temas, como son el uso de las series de tiempo en las instituciones financieras.

Anexos A

Panorama de Productos

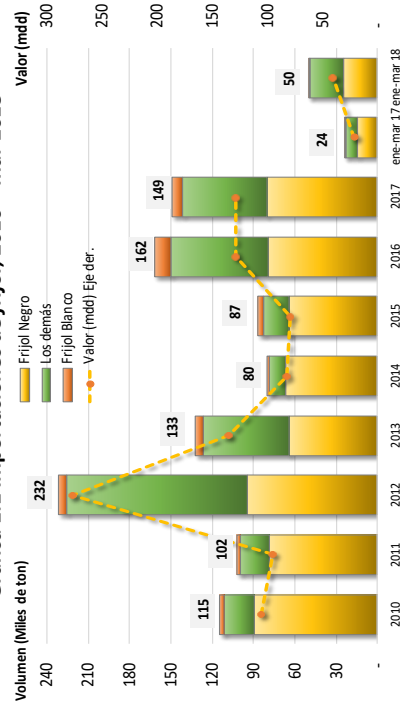
PANORAMA DEL FRIJOL EN MÉXICO

Fecha de elaboración: mayo 2018

1. Comercio exterior¹

- En 2016, se superó el volumen de importación total de 2015 (87,142 toneladas), con una diferencia de 74,845 ton (85.9%). Este incremento en las importaciones se debió al desabasto que generó la caída de la producción de 2015.
- Al cierre de 2017 las importaciones descendieron en 7.8% respecto al año previo debido al repunte de la producción en 2016 y mejores expectativas para 2017.
- Durante el primer trimestre de 2018 se ha importado lo doble de frijol, respecto al mismo periodo de 2017, pasando de 24 a 50 mil toneladas, siendo Estados Unidos el principal proveedor (89%).

Gráfica 1.1 Importaciones de frijol, 2010 – mar 2018



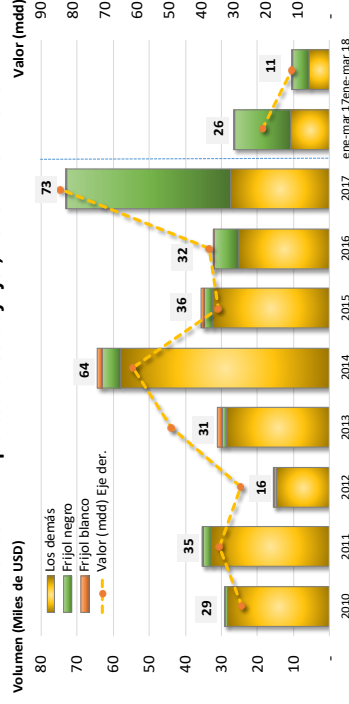
Fuente: elaboración propia con datos del SIAVI-Secretaría de Economía.

Cuadro 1.1 Importaciones de frijol (2010 – mar 2018)

Año	Valor		Volumen		Precio implícito	
	mdd	Var. anual (%)	Miles de ton	Var. anual (%)	(USD/ton)	Var. anual (%)
2010	105		115		920	
2011	95	-10.3	102	-10.7	924	0.4
2012	277	192.4	232	126.6	1,192	29.0
2013	135	-51.1	133	-42.9	1,021	-14.4
2014	82	-39.2	80	-39.3	1,022	0.1
2015	79	-4.0	87	8.3	906	-11.3
2016	129	63.2	162	85.9	795	-12.2
2017	128	-0.5	149	-7.8	858	7.9
ene-mar 17	21		24		877	
ene-mar 18	40	89.1	50	109.1	794	-9.5

Fuente: elaboración propia con datos del SIAVI-Secretaría de Economía.

Gráfica 1.2 Exportaciones de frijol, 2010 – mar 2018



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAVI-Secretaría de Economía.

¹ El SIAVI no presenta información de frijol por variedad, sólo a nivel de las siguientes fracciones: 7133302 (frijol blanco), 07133303 (frijol negro) y la fracción 07133399 (que incluye a los demás frijoles).

Cuadro 1.2 Exportaciones de frijol (2010 – mar. 2018)

Año	Valor		Volumen		Precio implícito (USD/ton)	Var. anual (%)
	mdd	Var. anual (%)	Miles de ton	Var. anual (%)		
2010	27		29		934	
2011	34	25.8	35	19.5	983	5.3
2012	28	-19.3	16	-55.0	1,762	79.3
2013	49	78.0	31	97.8	1,585	-10.0
2014	61	24.4	64	106.6	955	-39.8
2015	35	-43.4	36	-44.4	973	1.8
2016	38	7.9	32	-10.3	1,169	20.2
2017	84	123.6	73	127.2	1,151	-1.6
ene-mar 17	21		26		796	
ene-mar 18	12	-43.5	11	-60.2	1,130	42.1

Fuente: elaboración propia con datos del SIAVI-Secretaría de Economía.

De esta forma al cierre de 2017 se presenta una reducción del déficit comercial con un incremento más que proporcional de las exportaciones respecto a las importaciones.

2. Precios nacionales del frijol por variedad

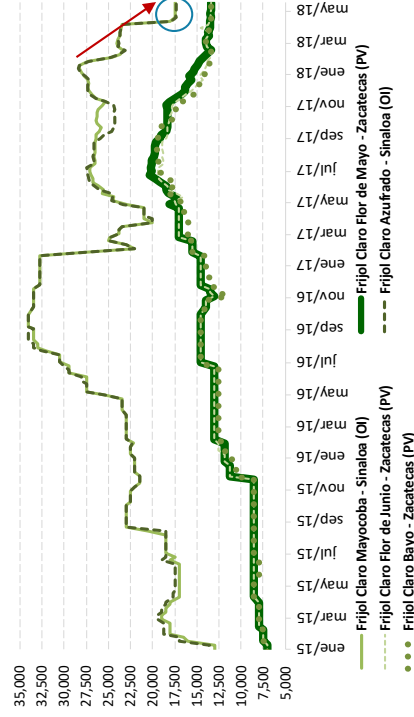
Los precios del frijol de los tres grupos de variedades han venido aumentando desde principios de 2014, alcanzando en todos los casos, los niveles que tenían a principios de 2013 y, en el de las variedades negras, superando incluso los elevados niveles observados en 2012 (véase gráfica 2.2), cuando se cayó la producción nacional.

Usualmente, las variedades claras y las pintas registran mayor volatilidad que las variedades de frijol negro, cuyos precios se han sostenido a pesar de las abruptas caídas de las variedades claras y pintas; pero también cuando los precios de éstas registran incrementos extraordinarios.

En los últimos seis meses, los precios del frijol claro azufrado y frijol claro mayocoba han sido muy similares, con un diferencial de ±230 pesos/ton.

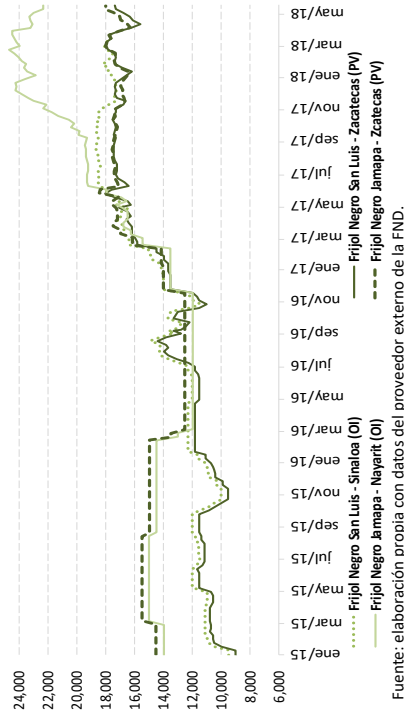
Los precios de frijol claro azufrado, en las plazas de Culiacán y Los Mochis, Sinaloa, disminuyeron 39% de inicios de enero a la tercera semana de abril de 2018, aunque, en las cinco semanas siguientes se ha mantenido entre los \$17,326/ton y \$17,432/ton.

Gráfica 2.1 Precios del frijol claro
Precios semanales - 2015 al 18 de mayo 2018
(Pesos por tonelada)



Fuente: elaboración propia con datos del proveedor externo de la FND.

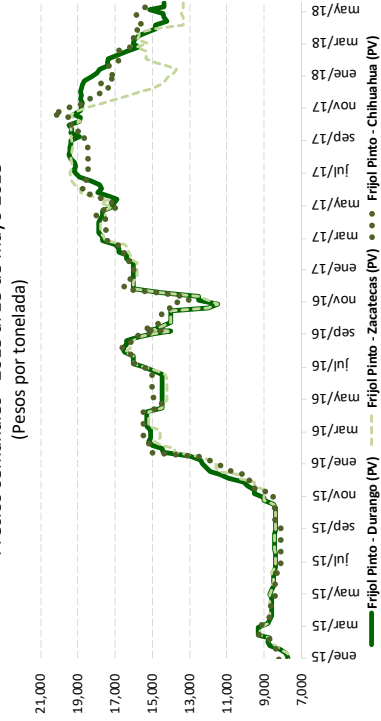
Gráfica 2.2 Precios del frijol negro
Precios semanales - 2015 al 18 de mayo 2018
(Pesos por tonelada)



Fuente: elaboración propia con datos del proveedor externo de la FND.

Gráfica 2.3 Precios del frijol pinto

Precios semanales - 2015 al 18 de mayo 2018



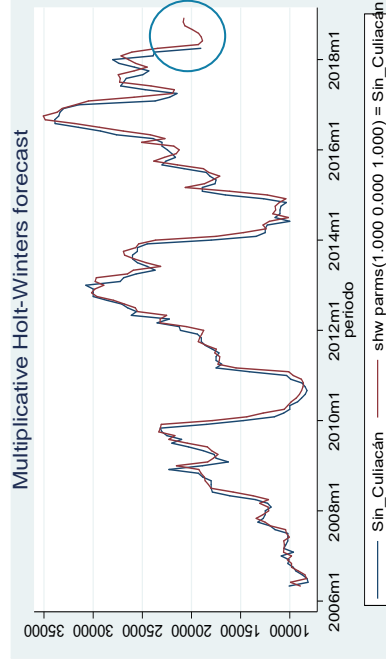
Fuente: elaboración propia con datos del proveedor externo de la FND.

3.1. Proyección de precios promedio para ventas de frijol claro azufrado

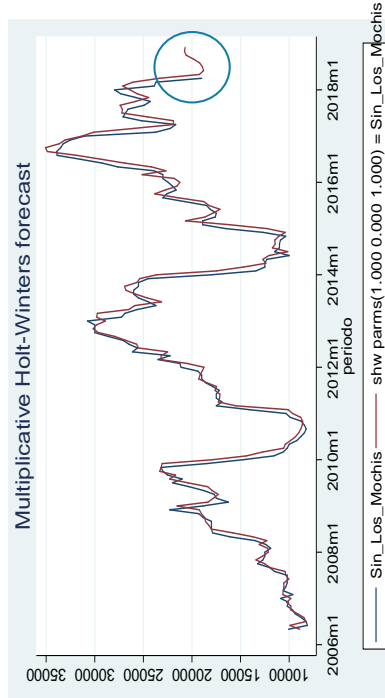
(pesos/ton)

Mes	Culiacán, Sin	Los Mochis, Sin
jun-18	18,874.04	18,807.58
jul-18	18,999.48	18,932.88
ago-18	19,281.89	19,214.80
sep-18	19,923.63	19,854.75
oct-18	20,673.13	20,602.04
nov-18	20,840.69	20,769.87
dic-18	20,770.43	20,701.22

Multiplicative Holt-Winters forecast



Multiplicative Holt-Winters forecast



3. Expectativa de precios para junio-diciembre 2018

La perspectiva de precios del frijol claro azufrado de Culiacán y de Los Mochis, Sinaloa, se observa con proyecciones basadas en las cotizaciones semanales que proporciona el proveedor externo de la FND (de mayo de 2006 al 18 de mayo de 2018), considerando el precio promedio nacional LAB y utilizado el método de Holt-Winters.

Éstas estimaciones pueden variar en función de las cotizaciones de futuros, tipo de cambio y bases que se registren al momento en que se concrete la operación de venta. Los cálculos son para precios de venta en lugar de destino, por lo que no están descontados ni el costo de los fletes, ni los costos por gastos financieros, de almacenaje y seguros en los que podría incurrir el cliente.

De junio a noviembre, se espera una tendencia a la alza para los precios tanto en Culiacán como en Los Mochis con un aumento del 8%, mientras que, en diciembre podría bajar 70 pesos/ton, es decir, -0.4% respecto a noviembre. El precio de Culiacán es ligeramente más alto que el de Los Mochis.

Anexos B

Códigos en STATA

```
clear

*Se abre la base de datos con los precios
use "C:\Users\mafabian\Desktop\Informe\Trabajos_FND\precios_
sinaloa_frijol.dta"

*generamos la variable al t-1
gen newt=tm(2006m4)+t-1
*formato de mes
format newt %tm
*serie de tiempo
tsset newt

*graficar para ver el comportamiento
tsway(tslines culiacan)
*mejores parametros modelo estacional holt winters
tssmooth shwinters hwculiacan=culiacan , iterate(100) forecast(7)

**parametro 1 0 1

tssmooth shwinters hwculiacan=culiacan , parms(1 0 1)
tsway(tslines culiacan hwculiacan)
*pronostico
tssmooth shwinters hw2=losmochis , parms(1 0 1) forecast(7)
tsway(tslines losmochis hw2)
*****Medias M viles*****
clear

*Se abre la base de datos con los precios
use "C:\Users\mafabian\Desktop\Informe\Trabajos_FND\precios_
```

```

luci.dta"

*generamos la variable al t-1

gen newt=tm(2011m1)+t-1
*formato de mes
format newt %tm
*serie de tiempo
tsset newt
tsappend, add(3)
*mejores parametros medias moviles AGUACATE
tssmooth ma maaguacate=aguacate, window(3 1 0)
tway(tsline aguacate maaguacate)

*mejores parametros medias moviles CEBADA
tssmooth ma macebada=cebada, window(3 1 0)
tway(tsline macebada cebada)

*mejores parametros medias moviles ARROZ
tssmooth ma maarroz=arroz, window(3 1 0)
tway(tsline maarroz arroz)

*mejores parametros medias moviles FRIJOL
tssmooth ma mafrijol=frijol, window(3 1 0)
tway(tsline mafrijol frijol)

*mejores parametros medias moviles GARBANZO
tssmooth ma magarbanzo=garbanzo, window(3 1 0)
tway(tsline magarbanzo garbanzo)

*mejores parametros medias moviles MAIZ
tssmooth ma mamaiz=maiz, window(3 1 0)
tway(tsline mamaiz maiz)

*mejores parametros medias moviles SORGO
tssmooth ma masorgo=sorgo, window(3 1 0)
tway(tsline masorgo sorgo)

*mejores parametros medias moviles SOYA
tssmooth ma masoya=soya, window(3 1 0)
tway(tsline masoya soya)

*****
clear

```

```

use "C:\Users\mafabian\Desktop\Informe\Trabajos\FND\precios_luci
_2.dta"

gen newt=tm(2012m1)+t-1
*formato de mes
format newt %tm
*serie de tiempo
tsset newt
tsappend, add(3)
  *mejores parametros medias moviles CAFE
tssmooth ma macafe=cafe, window(3 1 0)
tway(tsline macafe cafe)

  *mejores parametros medias moviles ALGODON
tssmooth ma maalgodon=algodon, window(3 1 0)
tway(tsline maalgodon algodon)
*****M todo de Holt*****
clear

*Se abre la base de datos con los precios
use "C:\Users\mafabian\Desktop\Informe\Trabajos\FND\precios_
luci.dta"

*generamos la variable al t-1

gen newt=tm(2011m1)+t-1
*formato de mes
format newt %tm
*serie de tiempo
tsset newt

*mejores parametros modelo de Holt AGUACATE
tssmooth dexponential deaguacate=aguacate, forecast(1)
tway(tsline aguacate deaguacate)

  *mejores parametros modelo de Holt CEBADA
tssmooth dexponential decebada=cebada, forecast(1)
tway(tsline decebada cebada)
*****C digo para Sistema de Monitoreo LUCI*****
clear

*Se abre la base de datos con los precios
use "C:\Users\mafabian\Desktop\Informe\Trabajos\FND\precios_
luci.dta"

```

```

*generamos la variable al t-1

gen newt=tm(2011m1)+t-1
*formato de mes
format newt %tm
*serie de tiempo
tsset newt

*mejores parametros modelo estacional holt winters AGUACATE
tssmooth shwinters hwaguacate=aguacate, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline aguacate hwaguacate)

*mejores parametros modelo estacional holt winters CEBADA
tssmooth shwinters hwcebada=cebada, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwcebada cebada)

*mejores parametros modelo estacional holt winters ARROZ
tssmooth shwinters hwarroz=arroz, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwarroz arroz)

*mejores parametros modelo estacional holt winters FRIJOL
tssmooth shwinters hwfrijol=frijol, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwfrijol frijol)
*mejores parametros modelo estacional holt winters GARBANZO
tssmooth shwinters hwgarbanzo=garbanzo, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwgarbanzo garbanzo)

*mejores parametros modelo estacional holt winters MAIZ
tssmooth shwinters hwmaiz=maiz, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwmaiz maiz)

*mejores parametros modelo estacional holt winters SORGO
tssmooth shwinters hwsorgo=sorgo, iterate(100) forecast(1)
tway(tsline hwsorgo sorgo)

```

Bibliografía

Bibliografía

- Brockwell, P. J. and Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer, 2nd edition.
- Chatfield, C. (2003). *The Analysis of Time Series. An Introduction*. Chapman & Hall/CRC, 6nd edition.
- Eppen, G. D., Gould, F. T., Schmidt, C. P., Moore, J. H., and Weatherford, L. R. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. Prentice-Hall, 5nd edition.
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Ord, J. K., and Snyder, R. D. (2008). *Forecasting with Exponential Smoothing*. Springer.
- Kendall, M. G. and Ord, J. K. (1990). *Time Series*. Edward Arnold, 3nd edition.
- Montero Lozano, J. M. (2007). *Estadística Descriptiva para Ciencias Sociales*. Thomson Paraninfo.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., and Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Wiley, 2nd edition.
- StataCorp (2017). *STATA Base Reference Manual. Release 15*. College Station, TX: StataCorp LLC, <http://www.stata.com/manuals/r.pdf>.
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*. Pearson, 2nd edition.