

ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES TIME SERIES ANALYSIS

Guillermo A. Corres¹, Alejandra Esteban², Juan Carlos García², Claudia Zárate²

¹Departamento de Administración. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional del Centro. Provincia de Buenos Aires. Tandil. Argentina

²Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar Del Plata. Mar del Plata. Provincia de Buenos Aires. Argentina

RESUMEN

En este trabajo se analiza el error que se comete cuando se pronostican las actividades operativas en una empresa conservera de la zona, utilizando métodos de proyección histórica cuantitativos: determinísticos (suavizado exponencial y variantes), estocásticos (Box -Jenkins) y de proyección enfocada.

Estos métodos se emplearon para analizar las ventas ocurridas en 5 años. Utilizando como criterio de selección el método de menor RMSE se determinó cuál era el mejor modelo para los distintos productos. No se pudo obtener un único método de pronóstico. También se realizó un análisis acerca de los distintos softwares –Crystal Ball y SPSS- que se utilizaron en la obtención de los mismos. Posteriormente se mejoraron las proyecciones obtenidas a través de la alternativa de combinación lineal de los distintos pronósticos y la alternativa de suavizado exponencial de los datos iniciales.

Palabras clave: Pronósticos, SPSS, Crystal Ball, industria conservera

ABSTRACT

In this work it was analyzed the error that is produced when the operations activities are forecasted in a fish conserved industry of this region. It was applied several quantitative methods like exponential smoothing and its different versions, Box Jenkins and the forecasting method that it is used in the industry analyzed.

The sales in a five years were analyzed. Using as criterion to select the method, the minor error (RMSE) it was determined the best method for every product. Its not found a common method for all products. Moreover, it was analyzed the software used to obtain the forecasting –Crystal Ball and SPSS.

Better results were found when the results were combined trough of lineal combination and a previous treatment of dates (exponential smoothing) was performed.

Keywords: Prognosis, SPSS, Crystal Ball, Conning Industry.

INTRODUCCIÓN

Pronosticar consiste en la estimación y el análisis de la demanda futura para un producto en particular, un componente o un servicio, a través de diferentes técnicas de previsión. El pronóstico de la demanda futura es central en cualquier actividad de planificación y de operaciones, en particular en actividades relacionadas a la logística y a la cadena de suministro.

A nivel organizacional, el pronóstico de las ventas es un insumo esencial para cualquier decisión en las distintas áreas funcionales: ventas, producción, compras, finanzas y contabilidad. Los pronósticos también son necesarios en los planes de distribución y aprovisionamientos. La importancia de un pronóstico de ventas con escaso margen de error es fundamental para la eficiencia en el manejo de los inventarios. Esto ha sido en gran parte reconocido por diversos autores (Chu & Zhang, 2003).

El pronóstico es una herramienta básica en la toma de decisiones de la administración y, en particular, es un componente esencial para que cualquier sistema de inventarios tenga éxito, (Hillier & Lieberman 1997).

En la actualidad, la disposición de pronósticos constituye una parte fundamental de la logística, por las implicaciones que una variación en ésta supone en los principales procesos de la cadena de suministro (gestión de stocks, aprovisionamientos, transporte, fabricación, nivel de servicio, etc.), y por los beneficios que proporciona su correcta estimación y control. Considerando a la administración de la cadena de suministro, la incertidumbre puede ser definida como eventos impredecibles que afectan a un comportamiento previsto de la cadena de suministro. Bayraktar et al. (2008) analiza el efecto Forrester o de amplificación de la demanda a lo largo de toda la cadena de suministro, y analiza sus causas, entre las que el pronóstico de la demanda tiene un lugar preferencial.

El pronóstico, en logística, abarca la predicción de la demanda con el objetivo de mejorar el flujo de información de la cadena de suministro de las empresas y, por tanto, preparar a la organización en el sentido de medios técnicos, humanos y financieros para soportar operaciones futuras de la empresa: estimación de compras, producción, necesidades de almacenajes, transportes, etc.

El objetivo de este trabajo es hallar un buen método de pronóstico para las ventas y para la programación de inventarios y producción de una empresa de conservas de la zona, que mejore el proceso que actualmente utilizan, y colaborar en una mejor programación de las operaciones desarrolladas en la misma.

Marco Teórico

Componentes de la demanda

La demanda puede dividirse en 6 componentes: demanda promedio para el período, tendencia, componente estacional, componente cíclico, variación aleatoria y autocorrelación. En la figura 1 se ilustra una curva de demanda y se indican estos componentes.

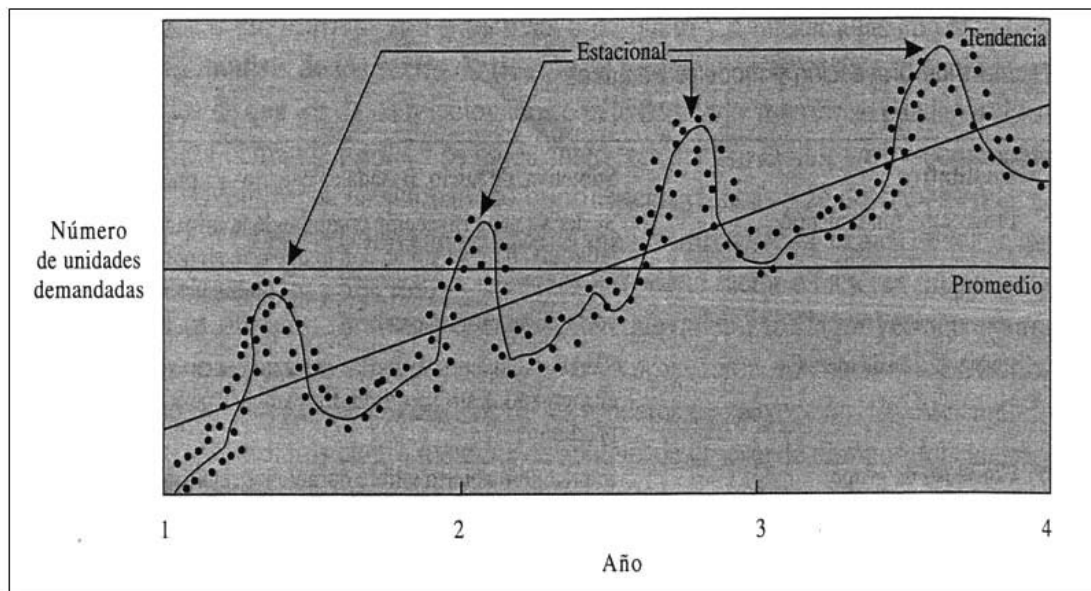


Figura 1: Componentes de la demanda

Tipos de pronósticos

Existen cuatro tipos básicos de proyección: cualitativa, análisis de series de tiempo, de relaciones causales y de simulación.

Las técnicas cualitativas son subjetivas. En el caso de las técnicas cualitativas, un pronóstico es el resultado de juicios u opiniones de uno o más expertos. Se utilizan cuando no existen o no son suficientes los datos históricos o cuando los mismos no son confiables para predecir situaciones futuras. Dentro de este grupo está el método Delphi, encuestas de mercado, analogía de los ciclos de vida, etc. En general, estos métodos son más adecuados para el pronóstico de mediano y largo plazo.

Los métodos cuantitativos definen explícitamente cómo se obtiene el pronóstico. Existen dos categorías básicas de ellos: los modelos causales y los modelos de series de tiempo. Un modelo de pronóstico causal utiliza una ó más variables independientes para pronosticar el valor de una variable dependiente o de respuesta. A partir de información acerca de dichas variables se puede conducir un análisis del modelo que se propone. Los modelos causales pueden ser de naturaleza estadística como es el caso de los modelos de regresión y econométricos o descriptivos como el caso de los modelos de entrada-salida, ciclo de vida y simulación por computadora. Una de las principales dificultades de estos modelos es que resulta difícil encontrar verdaderas variables causales.

Los métodos de proyección histórica o de series de tiempo utilizan un análisis detallado de los patrones de la demanda anterior en el transcurso del tiempo y proyectan (extrapolar) tales patrones hacia el futuro. Existen diversos modelos que se aplican en el análisis de series de tiempo que van desde muy simples a muy complejos. La elección de un método para pronosticar dependerá en principio de:

- el horizonte de tiempo durante el que se quiere pronosticar corto, mediano o largo plazo;
- la cantidad de datos históricos que se dispongan;

- la exactitud requerida;
- los recursos disponibles;
- la disponibilidad y capacitación del personal responsable.

Técnicas de análisis de series de tiempo

Son numerosas las técnicas desarrolladas utilizando los datos históricos.

- Dentro de éstas, tal vez la técnica más útil para el pronóstico a corto plazo sea el ajuste exponencial (Ballou, 2004).

En esta técnica el pronóstico de demanda para el siguiente período estará dado por:

Pronóstico nuevo = α * (demanda real) + (1- α) (pronóstico anterior)

$$(Ec.1) \quad F_{(i+1)} = \alpha * A_i + (1 - \alpha) * F_i$$

Siendo

$F_{(i+1)}$ = Pronóstico para el período "i+1"

α = factor de ponderación o constante de ajuste exponencial

A_i = Las ventas reales en período "i"

F_i = el pronóstico realizado para el período "i"

Derivado de este método, se hallan los modelos de ajuste exponencial corregido por tendencia (Holt), por tendencia y estacionalidad (Holt – Winters).

- Otro método que suele utilizarse por su facilidad de comprensión y aplicación es promedio móvil simple y ponderado.
- La descomposición clásica de las series de tiempo consiste en descomponer la serie histórica en los distintos componentes de demanda, y a partir de éstos realizar la proyección.
- Modelo Box Jenkins: es un método muy complejo de autocorrelación, que permite un análisis del modelo propuesto, más preciso que lo que es posible con otros métodos.

La proyección enfocada: Son reglas sencillas y de sentido común que se integran y luego se prueban para ver si deben conservarse, por ejemplo:

- La demanda de los próximos 3 meses será igual (o superior) a la de los últimos 3 meses
- Lo que se venderá en el próximo bimestre es igual a lo que vendió en el mismo bimestre del año anterior;
- Probablemente la venta del próximo trimestre sea 10% superior a la venta en el mismo trimestre del año anterior
- Etc.

En la práctica, los valores de las proyecciones pueden obtenerse en forma relativamente accesible, utilizando desde una simple planilla Excel hasta diversos softwares diseñados a tal fin como pueden ser SPSS, Crystal Ball, etc. Las diferencias entre estos soportes radica básicamente en los métodos que utilizan para obtener el pronóstico, sus costos y la dificultad en su aplicación. Algunos métodos sencillos como el suavizado exponencial se suelen aplicar utilizando cualquiera de las herramientas mencionadas anteriormente. En el caso de querer aplicar la metodología ARIMA o Box Jenkins, es necesario recurrir a sistemas más sofisticados como el SPSS, dados la magnitud y diversidad de los cálculos necesarios para su obtención.

Error en el pronóstico

Se define error como la diferencia entre el valor del pronóstico y lo que realmente ocurrió en dicho período. A partir del concepto que la demanda tiene un componente aleatorio, todos los pronósticos contienen con certeza algún error.

Denominamos e_i al error del pronóstico que se define como:

$$e_i = A_i - F_i \quad (\text{Ec. 2})$$

A_i = La demanda real en el período "i"

F_i = Pronóstico realizado para el período "i"

Existen varias formas de medir el error acumulativo del pronóstico a largo plazo, durante varios periodos:

- La desviación media absoluta MAD es una forma sencilla y útil de medir el error. Es el promedio de todos los errores de la proyección, independientemente de que los errores sean positivos o negativos.

Se calcula como:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |A_i - F_i|}{n} \quad (\text{Ec.3})$$

Siendo "n" la cantidad de períodos considerados.

- La Raíz Cuadrada de la Media del Error Cuadrático Medio RMSE es otra forma de medir el error en el pronóstico y se obtiene de promediar los residuos al cuadrado.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i - F)^2}{n}} \quad (\text{Ec.4})$$

En la práctica, la MAD se ha utilizado ampliamente en el trabajo de pronóstico, porque es fácil de comprender y de utilizar. No obstante, el RMSE puede ser un mejor indicador que la MAD. Chan *et al.* (1999), así como otros autores utilizan este criterio para seleccionar el mejor pronóstico. A partir de suponer que los errores muy grandes en el pronóstico tienen un impacto más negativo que el efecto positivo generado por un error pequeño y considerando que por el cálculo que se realiza, el RMSE asigna más ponderación a los errores grandes, es que se lo considera mejor criterio al momento de seleccionar el método más adecuado de pronóstico. (Berenson *et al.* 2001; Fogarty *et al.* 1999)

Combinación de pronósticos

La combinación de los pronósticos es un concepto que en el año 1969 fue enunciado por Bates y Granger (citado por Chan *et al.*, 1999). Ellos demostraron que si se realizaba una combinación lineal de dos pronósticos, el resultado era un mejor pronóstico, es decir, un pronóstico con menor error. El concepto es que descartar la información arrojada por un método de pronóstico que no es bueno, a lo mejor se está descartando información valiosa.

Posteriormente, numerosos autores tales como Newbold y Granger, (citado por Chan *et al.* 1999) demostraron que la combinación empírica de los pronósticos mejoraba la salida del mejor método individual. La combinación de pronóstico ha encontrado muchas aplicaciones

en el campo de la meteorología, economía, seguros y pronósticos de ventas. Los métodos que se combinan pueden ser Box Jenkins, Holt Winter y Regresión, entre otros. Siguiendo el desarrollo de Newbold and Granger, estos proponen una combinación lineal tal que:

$$F_t^C = \sum_{i=1}^n k_{it} F_{it}$$

Donde F_{it} es el pronóstico para los distintos métodos i , para el tiempo t y k es el peso para los distintos métodos de pronóstico; $0 \leq k_{it} \leq 1$, y se elige en función de los errores individuales de cada pronóstico.

No obstante, aún no hay una forma definitiva o generalmente aceptada para combinar los pronósticos. No necesariamente una forma más sofisticada de combinarlos produce mejores resultados que un promedio simple de los mismos (Chan *et al.* 1999).

Alisamiento de la serie por suavizado exponencial

Es una metodología que se propone en diversas fuentes que realizan análisis estadístico de los datos (Berenson *et al.* 2001, entre otros). La suavización exponencial, además de ser un método utilizado para realizar pronósticos tal como se indicó anteriormente, sirve para alisar o emparejar la serie de tiempos, proporcionando una serie sin irregularidades y fluctuaciones, a fin de obtener la línea de suavizado como señal clara, libre de variaciones estacionales y óptima para la predicción.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los datos reales de ventas trimestrales de 5 años (2002-2007) de una empresa conservera de la ciudad. La empresa actualmente fabrica y comercializa alrededor de 30 productos distintos de conserva de pescado.

Para el análisis, inicialmente se consideró conveniente realizar una ordenación de dichos productos de acuerdo con un criterio significativo. En consecuencia, se realizó un análisis ABC que organiza los productos en orden creciente según su valor unitario y volumen de ventas.

Posteriormente, sobre dichos productos se aplicaron algunas de las técnicas de pronóstico desarrolladas anteriormente:

- Promedio Móvil, simple y doble;
- Suavizado exponencial, simple y doble
- Suavizado exponencial corregido por estacionalidad, multiplicativo y aditivo
- Holt – Winters, multiplicativo y aditivo
- Box Jenkins (ARIMA)
- Proyección enfocada

Respecto del método de proyección enfocada, fue analizado dado que es el método que regularmente se utiliza en la programación de la producción de la fábrica de análisis.

El modelo de ARIMA se aplicó utilizando el software SPSS; para la obtención de los pronósticos aplicando la proyección enfocada, se confeccionó una planilla Excel; finalmente para la aplicación del resto de los métodos se utilizó el software Crystal Ball

A partir de los distintos pronósticos obtenidos se seleccionaron los mismos a través del método que arrojó menor RMSE para cada uno de los productos.

Posteriormente se realizó un análisis de los resultados, y se intentaron mejorar dichos pronósticos mediante:

1. Una combinación de las distintas técnicas utilizadas.
2. Suavizado previo sobre los datos originales y aplicación de algún método de pronóstico sobre los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis ABC

En el anexo I se presenta la lista de los distintos productos fabricados y comercializados por la empresa, y en la figura 2 se han graficado los resultados del análisis ABC realizado sobre los mismos.

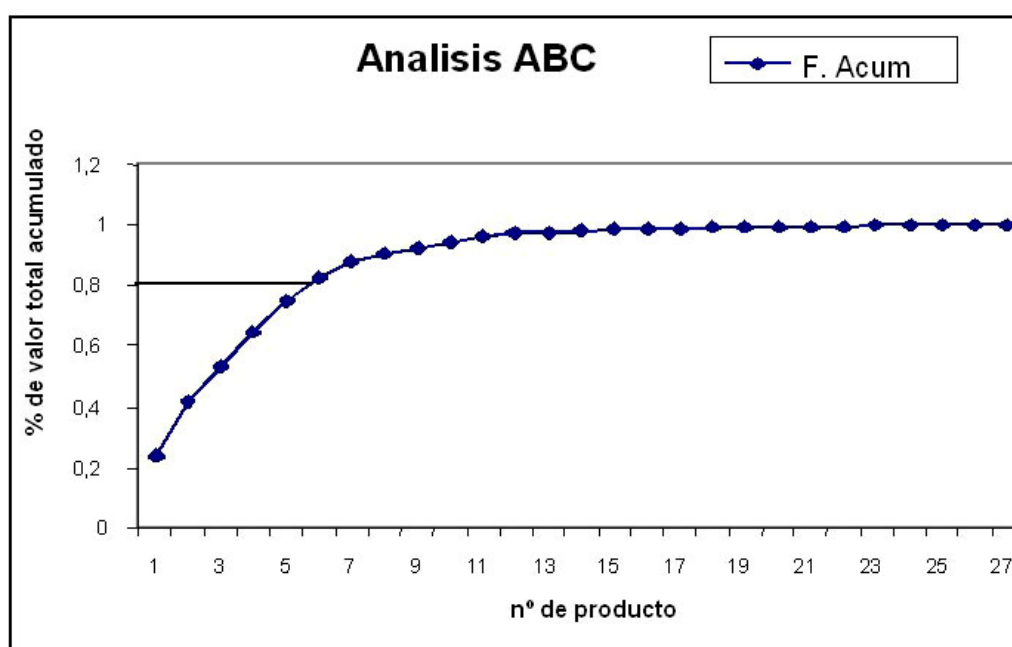


Figura 2: Análisis ABC de los productos que fabrica y comercializa la empresa analizada.

El resultado obtenido hace recomendable trabajar sobre los 5 productos que figuran en la Tabla 1:

Tabla 1: Productos clase "A"

PRODUCTO	ABREVIATURA
ATÚN EN ACEITE	AA
ATÚN AL NATURAL	AN
CABALLA EN ACEITE X 330 GS	CA
CABALLA AL NATURAL X 330 GS	CN
SARDINAS EN ACEITE	SA

Cálculo de pronósticos

Se calcularon los pronósticos según los métodos mencionados. Cabe destacar que:

1. El software Crystal Ball realiza los pronósticos por los métodos mencionados y selecciona el mejor método según el menor RMSE. La Tabla 3 es la salida típica de este software.

Tabla 3: Salida de Crystall Ball para pronóstico de Atún en aceite

	Method	RMSE	MAD	MAPE
Best:	Double Moving Average	339,24	228,12	39,17%
2nd:	Holt-Winters' Additive	352	295,04	60,43%
3rd:	Seasonal Multiplicative	354,4	269,89	47,76%
4th:	Holt-Winters' Multiplicative	354,53	250,89	43,53%
5th:	Seasonal Additive	355,33	284,26	57,55%
6th:	Single Moving Average	369,63	272,68	65,46%
7th:	Single Exponential Smoothing	483,66	372,49	88,58%
8th:	Double Exponential Smoothing	609,99	445,03	91,00%

2. Para el cálculo de la proyección enfocada se utilizaron los valores de ventas del mismo trimestre correspondiente al año anterior y se proyectó fabricar vender un 10% más, es decir:

$$F_i = 1.1 * Vr_{(i-4)} \text{ c.5}$$

3. Los modelos ARIMA se expresan en función de (p, d, q) regular y (P, D, Q)₄ estacional. Estos parámetros fueron obtenidos analizando la serie a través de sus correlogramas (gráficas de autocorrelación), y corroborados por un test de significación de t de Student.

En la Tabla 4, se indican los pronósticos para cada uno de los productos el RMSE y MAD como resultados de aplicar los distintos métodos.

Tabla Nº 4: Pronósticos para cada uno de los productos RMSE y MAD por los distintos métodos.

Atún al natural	RMSE	MAD
Promedio móvil doble	299,76	196,46
ARIMA(1,1,0)(0,1,1) ₄	667,69	348
Proyección enfocada	545,15	394,82
Caballa en aceite	RMSE	MAD
Suavizado exponencial corregido por estacionalidad, multiplicativo	953,75	812,65
ARIMA(0,1,0)(1,1,0) ₄	2319,77	1536,04
Proyección enfocada	1861,92	1490,8
Caballa al natural	RMSE	MAD
Holt Winters Multiplicativo	596,88	463,67
ARIMA(0,1,0)(1,1,0) ₄	24212,93	7531,21
Proyección enfocada	1051,29	821,44
Sardina en aceite	RMSE	MAD
Holt Winters Multiplicativo	792,68	624,05
ARIMA(1,2,0)(1,1,0) ₄	1804,53	1206,11
Proyección enfocada	1263,94	1077,47

En la figura 3 y a título de ejemplo se grafican las ventas reales y el pronóstico obtenido con el método de promedio móvil doble, el mejor método para este producto.

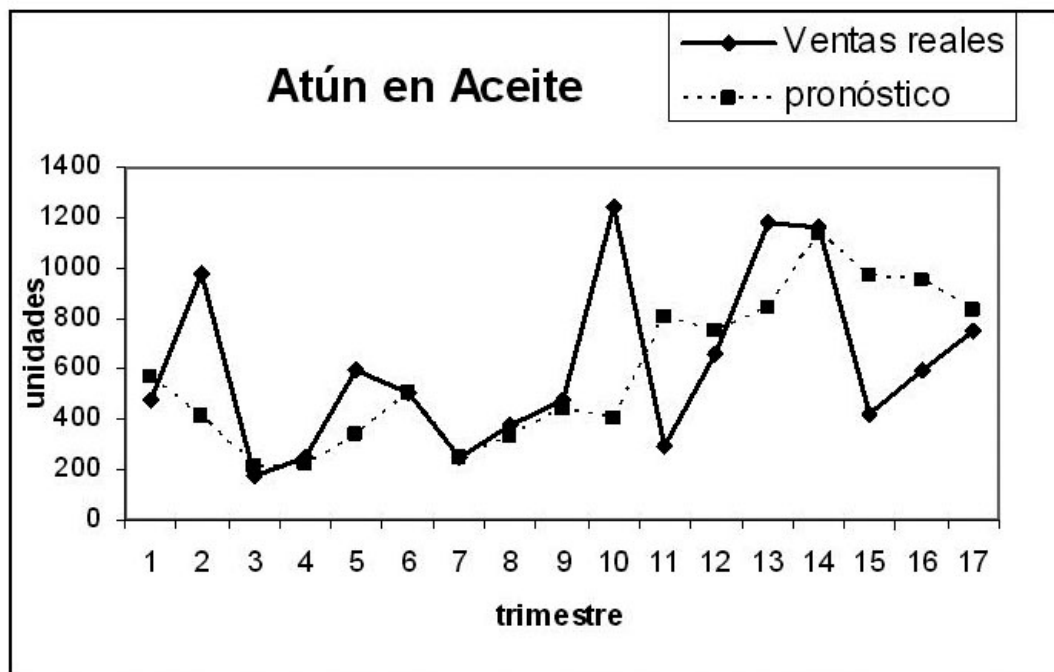


Figura 3: Ventas reales y pronóstico para AA. Método de pronóstico: Promedio móvil doble

Como puede observarse, no se encontró un único método que sea el mejor para todos los productos, aunque sí se puede observar que, para 3 de los 5 productos analizados, los mejores métodos son aquellos que consideran a la estacionalidad dentro del modelo. En un trabajo previo, (Corres *et al.* 2007) realizado sobre productos con características similares (conservas de pescado de empresas de la zona) se encontraron resultados similares, y también se observó la característica del componente estacional dentro de los mejores modelos. Esto se observa también en la figura 3.

Respecto de los resultados obtenidos con la metodología ARIMA, considerando todos los factores que se analizan, y como se ha mencionado, es el método más complejo y más preciso; se esperaba que se obtuvieran, a partir de su aplicación, los mejores pronósticos. No obstante, no arrojó los resultados esperados. Esto puede deberse, otra vez, al fuerte componente estacional de los datos históricos. De acuerdo a Hanke & Wichern, (2006) la estacionalidad provoca que el modelo observe una cantidad de datos sensiblemente menor que los datos originales. Es decir, si tenemos, como en nuestro caso, 24 datos con estacionalidad 4, el modelo sólo ve 6 datos. En consecuencia, y de acuerdo a las hipótesis de aplicación del modelo Arima, se requiere de una cantidad relativamente grande de datos para que él mismo arroje pronósticos precisos. Otros autores (Povinelli, 1999) ya han encontrado también resultados similares, mencionando que esta forma de modelar las series no ajusta bien bajo condiciones de no estacionariedad, y éste es el caso de las series analizadas, si bien la no estacionariedad es salvada con las diferenciaciones y transformaciones.

El pronóstico enfocado es importante analizarlo, dado que es la metodología que la empresa utiliza para programar sus actividades en el mediano y corto plazo. Considerando estos resultados, se puede concluir que dicho proceso puede mejorarse a partir de la utilización de

diversos métodos de pronóstico. Los valores presentados en las tablas 4 revelan la disminución del RSME, utilizando Crystall Ball en un porcentaje que va desde un 34 % (AA) hasta un 49%(CA).

Es importante destacar, además, que seleccionar un método de pronóstico para una determinada actividad no sólo implica elegir el modelo de menor RMSE sino que además hay que considerar otros factores (Schroeder, 2005) entre ellos la complejidad del sistema y la capacitación necesaria del usuario, el tiempo y recursos disponibles para recopilar la información y preparar el pronóstico, el costo del sistema computarizado; etc. En consecuencia, los resultados hallados indican que si se compara el software Crystal Ball respecto del SPSS, además de haber obtenido modelos con menor RSME - para esta empresa analizada en particular- el primero presentó importantes ventajas, tales como:

- su facilidad de manejo
- rapidez en procesamiento de los datos
- accesibilidad en la interpretación de los resultados
- su relativo bajo costo.

Mejora de los resultados encontrados

Si bien se cumplieron los objetivos planteados, y en la misma dirección, se mejoraron los pronósticos considerando distintas alternativas:

1. Combinación de pronósticos: Una forma de combinar en forma sencilla los distintos pronósticos es presentada por Ballou 2004, quien sostiene que es posible ponderar los resultados de acuerdo con el error histórico promedio que produjeron (RSME). De esta forma, ningún resultado del modelo será eliminado, no existiendo dependencia en el resultado del modelo que pareció mejor en forma histórica. Los resultados de esta ponderación se indican en la Tabla 5

Tabla N° 5: Resultados de ponderación para los productos RMSE y MAD de acuerdo al método.

Atún en aceite	RMSE	Ponderación
Promedio móvil doble	339,24	0,45
ARIMA(1,1,0)(0,1,0) ⁴	577,75	0,26
Proyección enfocada	516,01	0,29
Total	1433	1
Atún al natural	RMSE	Ponderación
Promedio móvil doble	299,76	0,5
ARIMA(1,1,0)(0,1,1) ⁴	667,69	0,22
Proyección enfocada	545,15	0,28
Total	1512,6	1
Caballa en aceite	RMSE	Ponderación
Suavizado exponencial corregido por estacionalidad, multiplicativo	953,75	0,52
ARIMA(0,1,0)(1,1,0) ⁴	2319,77	0,21
Proyección enfocada	1861,92	0,27
Total	5135,44	1
Caballa al natural	RMSE	Ponderación
Holt Winters Multiplicativo	596,88	0,63
ARIMA(0,1,0)(1,1,0) ⁴	24212,93	0,01
Proyección enfocada	1051,29	0,36
Total	25861,1	1
Sardina en aceite	RMSE	Ponderación
Holt Winters Multiplicativo	792,68	0,48
ARIMA(1,2,0)(1,1,0) ⁴	1804,53	0,21
Proyección enfocada	1263,94	0,30
Total	3861,15	1

Finalmente, y como resultado de combinar los pronósticos con los pesos calculados en la Tabla 5, se obtiene el RMSE del pronóstico combinado para los 5 productos que se indica en Tabla 6. En la última columna de esta tabla se indica el porcentaje de disminución del indicador, respecto al valor obtenido con el cálculo inicial (Tabla 4).

Tabla 6: RMSE para los 5 productos. Método combinado de pronósticos

Producto	RSME	$\Delta\%$
AA	291,84	14
AN	253,72	15
CA	926,61	3
CN	544,09	9
SA	743,94	6

$\Delta\%$ es la disminución de RSME respecto del RMSE del mejor pronóstico obtenido

Estos resultados indican que a través del promedio ponderado es posible disminuir el error en el pronóstico (9.4% en promedio).

2. Suavizado de las series reales. Se realizó un suavizado exponencial sobre las distintas series de ventas reales teniendo en cuenta el mismo período. Se descompuso la serie mensual inicial y se agruparon los datos de igual mes, se realizó el alisamiento por mes, se utilizó el α que arrojó el menor error para cada período; posteriormente se rearmó la serie alisada y se agruparon los datos por trimestre. Finalmente se calcularon los pronósticos sobre la serie obtenida. Los resultados hallados se transcriben en Tabla 7 y, al igual que en Tabla 6, la diferencia (disminución) respecto al valor de RMSE obtenido con el cálculo inicial del pronóstico.

Tabla 7: RMSE para los 5 productos.

Aplicación de métodos de pronósticos sobre serie suavizada (Crystal Ball)

Producto	Método	RSME	$\Delta\%$
AA	Promedio Móvil Doble	295,95	13
AN	Holt-Winters Multiplicativo	144,52	52
CA	Holt-Winters Multiplicativo	381,7	60
CN	Holt-Winters Multiplicativo	292,52	51
SA	SE Corregido por Estacionalidad, Multiplicativo	742,33	6

Mediante este procedimiento se logró disminuir sensiblemente el error cometido (36.4% en promedio).

Cabe destacar que dicho suavizado exponencial por trimestre se realizó utilizando el software Crystal Ball.

CONCLUSIONES

El análisis ABC permitió identificar 5 productos como tipo A que la empresa debe considerar a la hora de realizar sus principales planificaciones relacionadas con los costos y la producción;

No se encontró un único método que sea el mejor para todos los productos, aunque sí se puede observar que, para el 60% de los productos analizados, los mejores métodos son aquellos que consideran a la estacionalidad dentro del modelo.

La metodología ARIMA resultó ser bastante compleja respecto de las otras analizadas, y sus resultados no fueron los esperados debido al fuerte componente estacional que tienen los datos reales, así como también su falta de estacionariedad

Considerando que el método de proyección enfocada, definido como la expresión (5) es el método de pronóstico que utiliza la empresa, se concluye que utilizando métodos de pronóstico sólo un poco más complejos es posible la reducción del RSME en porcentajes que van desde un 34 % (AA) hasta un 49%(CA)

Los resultados hallados indican que si se compara el software Crystal Ball respecto del SPSS, además de haber obtenido métodos con menor RSME - para esta empresa analizada en particular- el primero presentó importantes ventajas respecto a la facilidad de manejo y de interpretación de los resultados, así como también de sus costos asociados;

La combinación lineal de los resultados de los distintos métodos de pronóstico, considerando la ponderación de los errores correspondientes a cada uno de ellos resultó en una forma muy simple de mejorar los pronósticos, reduciendo la mejor RSME en alrededor del 10%

De la misma forma, el suavizado exponencial de los datos logró disminuir en promedio un 36.4% el RMSE, siendo su obtención tan sencilla como en el modelo de promedios ponderados.

REFERENCIAS

- Ballou, R. (2004).** Logística de los negocios y la cadena de suministros: un tema vital. En *Logística, Administración de la Cadena de Suministro..* Cap. 1. 5^{ta}. ed. Editorial Prentice Hall. pp 32
- Bayraktar, E., Lenny K, S.C., Gunasekaran, A., Sari, K., Tatoglu, E. (2008).** The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM application. *International Journal of Production Economics*, 113, 193-204
- Berenson, M., Levine, D., Krehbiel, T. (2001).** Análisis de Series de Tiempo. En *Estadística para la administración.* Cap. 11. 2^a. ed., Editorial Prentice Hall. pp 66
- Chan, C.K., Kingsman, B.G., Wong, H. (1999).** The value of combinig forecast in inventory management - a case study in banking. *European Journal of Operational Research*, 117, 199-210.
- Chu, CH. & Zhang, G. (2003).** A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. *International Journal of Production Economics*, 86, 217-231
- Corres, G., Esteban, A., García, J., Zárata, C. (2007).** Análisis de stocks de seguridad en un ambiente de fabricación para inventario, 1° Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2007, UNLAM. Argentina.
- Fogarty, D., Blackstone, J., Hoffmann, T. (1999).** *Pronósticos.* En *Administración de la producción e inventarios*”. Cap. 3. 2^a. ed, Editorial CECSA. pp 43
- Hanke, J. & Wichern, D. (2006).** La metodología Box Jenkins ARIMA. En *Pronósticos en los negocios.* Cap. 9 8° ed. Editorial Prentice Hall. pp 88

Hillier, F. & Lieberman, G. (1997). Pronósticos. En *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Cap.18. 6° ed. Editorial Mc Graw Hill.

Povinelli, R. (1999). *Times series data minig: Identifying temporal patterns for characterization and prediction of time series events*. Tesis de doctorado en Filosofía, Marquette Univesity, Milwaukee, Wisconsin. USA

Schroeder, R. G. (2005). Administración de Operaciones. 2ª.ed, Mc Graw Hill Ediciones. Méjico.

