

# **Apuntes de Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración**

**Ignacio Vélez Pareja  
Decano  
Facultad de Ingeniería Industrial  
Politécnico Grancolombiano  
Bogotá, Colombia  
Octubre, 2002**

## Métodos de pronóstico

*...Aureliano saltó once páginas para  
no perder el tiempo en hechos demasiado  
conocidos, y empezó a descifrar  
el instante que estaba viviendo,  
descifrándolo a medida que lo vivía,  
profetizándose a sí mismo en el acto  
de descifrar la última página  
de los pergaminos,...*

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ, CIEN AÑOS DE SOLEDAD

La Humanidad ha tratado siempre de predecir el futuro. Basta recordar todos los intentos de las tribus primitivas de controlar -prediciendo- los fenómenos naturales o el oráculo de Delfos en Grecia. Así mismo, los decisores se enfrentan día a día con la necesidad de tomar decisiones hoy con consecuencias futuras; desearían, sin duda, tener, como Aureliano Buendía, los pergaminos de Melquíades que les describieran, hoja por hoja, día por día, las consecuencias de sus decisiones del momento. Sin embargo, esto no ha sido posible hasta ahora, pero hay quienes ofrecen bolas de cristal y muchos otros métodos mientras aparecen los pergaminos.

Las técnicas de pronóstico son una herramienta necesaria para la planeación macro y microeconómica. Para el caso del gerente su quehacer básico es la toma de decisiones con consecuencias futuras y por lo tanto debe elaborar estimativos de lo que sucederá en el futuro. Por otro lado, debe prever escenarios que le permitan anticiparse a las posibles

eventualidades que le indicarán la conveniencia o inconveniencia de una alternativa. En particular para analizar decisiones de inversión es necesario hacer estimativos de muy diversas variables: precios, tasas de interés, volúmenes de venta o de producción, etc., por lo tanto, es necesario que el analista conozca, por lo menos la existencia de ciertas técnicas que le ayuden en esta tarea.

Para elaborar pronósticos se pueden encontrar dos grandes clases de modelos: causales y de series de tiempo. Los primeros tratan de encontrar las relaciones de causalidad entre diferentes variables, de manera que conociendo o prediciendo alguna o algunas de ellas, se pueda encontrar el valor de otra. En el segundo caso no interesa encontrar esas relaciones, sino que se requiere solamente encontrar los posibles valores que asumirá una determinada variable. En todos los casos siempre se hace uso de la información histórica, ya sea para predecir el comportamiento futuro o para suponer que el comportamiento histórico se mantendrá hacia el futuro y sobre esta base hacer los estimativos. Aquí se estudiarán algunos métodos de pronóstico de series de tiempo. No se pretende ser exhaustivo sobre el tema porque el alcance de este texto no lo considera y porque además, existen textos especializados sobre pronósticos (ver bibliografía al final del capítulo).

Se debe tener presente que no existe ningún método de pronóstico infalible; lo que hacen estos procedimientos es estimar un valor posible, pero siempre sujeto a errores. Si el fenómeno que se va a pronosticar fuera determinístico, solo bastaría utilizar la ley matemática que lo rige y predecir con exactitud el resultado; este sería el caso de fenómenos físicos, como por ejemplo la caída libre de un cuerpo. En el proceso de toma de decisiones se involucra el comportamiento humano, por ejemplo, a través de las decisiones de los individuos a quienes está dirigida un determinado producto o servicio; las decisiones del mercado están compuestas por muchísimas decisiones individuales, imposibles de predecir con exactitud.

La mayoría de los datos incluyen combinaciones de estas tendencias y se deben generar procedimientos para separarlos. Existen otras clases de pronósticos denominados cualitativos o de pronóstico tecnológico, tales como el Método Delphi. Este método busca, a través de múltiples rondas o iteraciones donde se comparte la información, encontrar consenso sobre valores o escenarios posibles.

Se hace énfasis en que no hay un método de pronóstico perfecto, aunque se podría construir un modelo que ajuste perfectamente los datos que se tienen de un fenómeno; sin embargo, esto no es recomendable puesto que el elemento aleatorio o de error siempre estará presente y será

impredecible y es mejor identificar los patrones predecibles y asumir el error que se presente que tratar de introducir en el modelo el elemento error que, se repite, es completamente impredecible e inevitable. En otras palabras, cualquier estimativo implica un cierto grado de error inevitable.

Existen muchos métodos de pronóstico y en esta nota no se hará una revisión exhaustiva de ellos. Además, para calificar la bondad de cada uno de ellos se debe acudir al método de los mínimos cuadrados, esto es, se considera el mejor método aquel que minimiza la suma de los cuadrados de los errores (diferencias entre el valor estimado y el observado).

#### *Métodos de Suavización*

Dentro de los métodos de suavización se pueden considerar tres categorías: a) Promedios móviles, b) suavización exponencial y c) otros.

##### *Promedios móviles.*

Esta técnica consiste en tomar un grupo de valores observados, calcularle el promedio y utilizarlo como pronóstico para el siguiente período. Sólo sirve para pronosticar un sólo período: el siguiente. Se debe especificar el número de observaciones que se tomarán; se llama móvil porque siempre se toman las  $N$  últimas observaciones para hacer el pronóstico.

Se pueden considerar promedios móviles simples y promedios móviles lineales. En el primer caso se toman los N últimos datos y se calcula el promedio; en el segundo caso se construyen además promedios de los promedios y con ellos se establece una ecuación lineal que permite elaborar el pronóstico.

Para el caso de los promedios móviles simples, algebraicamente se representa así:

$$F_{t+1} = (X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1})/N$$

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-N+1}^t X_i}{N}$$

Este método puede utilizarse cuando se sabe que los datos son estacionarios. La ventaja sobre el promedio total es que permite ajustar el valor de N para que responda al comportamiento de los datos.

Ejemplo:

Compras realizadas por los clientes que entran a una tienda. Se va a utilizar el promedio móvil con N= 3.

AÑO	COMPRAS	PRONOSTICO
1970	10	
1971	11	10.00
1972	15	10.50
1973	11	12.00
1974	15	12.33
1975	11	13.67
1976	9	12.33
1977	14	11.67
1978	11	11.33
1979	16	11.33
1980	12	13.67
1981	14	13.00
1982		14.00

### **Suavización exponencial**

Existen muchos métodos de suavización exponencial: simple, de tasa de respuesta de adaptación, método de Brown de un solo parámetro, método de Holt de dos parámetros, método cuadrático de Brown, etc. Aquí se considerarán un método de suavización: suavización exponencial simple.

#### **Suavización exponencial simple.**

Este método consiste en asignar un peso a la última información (dato) disponible y al último pronóstico, el cual, a su vez, contiene la información pasada, así:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1-\alpha) F_t$$

Para  $F_2$ , se tiene:

$$F_2 = F_1$$

Otra forma de expresar el pronóstico es:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha e$$

donde  $e$  es el error incurrido en el último pronóstico.

Ejemplo: Datos de demanda de un producto Se utilizará suavización exponencial simple con  $\alpha = .3$

CLIENTE	DESPACHOS	PRONOSTICO
1970	628	
1971	424	628.00
1972	613	566.80
1973	620	580.66
1974	974	592.46
1975	550	706.92
1976	487	659.85
1977	408	607.99
1978	691	547.99
1979	872	590.90
1980	738	675.23
1981	767	694.06
1982		715.94



Los métodos hasta aquí presentados son muy adecuados para pronosticar el siguiente período; no se recomiendan para hacer predicciones a largo plazo.

#### Otros métodos de suavización

Solo se mencionarán otros métodos de suavización existentes y no menos importantes: método de control de adaptación de Chow, método de suavización de tres parámetros de Box y Jenkins, método multiplicativo de Winter y el sistema de monitoreo de Trigg.

#### *Métodos de Tendencia*

Uno de los métodos más conocidos, pero también de los más mal utilizados es la regresión lineal. En cualquier curso de Presupuesto es tema obligado. Sin embargo, como se mencionó, se tiende a utilizar este procedimiento. En cualquier caso en que se utilice un modelo, es necesario validarlo: esto es, verificar si los supuestos del modelo coinciden con la realidad. Y esto no es lo que hace la mayoría de los usuarios. La regresión lineal implica por lo menos, distribución normal de los errores de la variable dependiente, que no están correlacionados y para utilizarlo con validez estadística, además debe contarse con un tamaño de muestra  $n$  de por lo menos 30 datos históricos. ¡¡¡Cuántos cursos de finanzas y de presupuestos en particular no se hacen invitando a los estudiantes a utilizar la regresión lineal con 3 ó 5 datos!!! Otro supuesto obvio es que la

tendencia observada de los datos puede ser descrita por una recta. Sin embargo, este supuesto se puede obviar haciendo las substituciones necesarias, por ejemplo, si se considera que una variable tiene un comportamiento exponencial (no lineal), estos datos podrían “linealizarse” calculando el logaritmo de los datos y proyectar el logaritmo. Después se halla el antilogaritmo y esa sería la proyección.

La idea de la regresión lineal es hallar una recta que cumpla con un requisito básico común para muchos métodos de pronóstico: la suma de los cuadrados de la diferencia entre el valor estimado y el observado es mínima. Por eso se llama también método de mínimos cuadrados.

En general, se trata de encontrar (en el caso de la regresión lineal), una recta que cumpla esa condición y que se expresa así:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n + e$$

Donde

$Y$  = variable dependiente

$X_j$  = variable independiente

$e$  = error

$a$  = intercepción con el eje de las abcisas ( $y$ )

$b_j$  = coeficiente de cada variable  $X_j$

El caso particular de una variable independiente la “fórmula” será:

$$Y = a + bX + e$$

Excel presenta varias alternativas para calcular proyecciones de variables que tienen un comportamiento lineal.

### *Métodos de Descomposición*

Un método de pronóstico es el de descomposición, para analizar series de tiempo. Un paso importante en el proceso de determinar el método de series de tiempo adecuado es considerar los diferentes patrones que se encuentran en los datos. Se pueden identificar cuatro patrones típicos: horizontal o estacionaria, estacional, cíclico y de tendencia.

- Se presenta un patrón horizontal o estacionario (H) cuando los datos fluctúan alrededor de un valor promedio constante. Las ventas que no aumentan ni disminuyen con el tiempo, es un ejemplo de este tipo de comportamiento.
- Se presenta un patrón estacional (E) cuando los datos están afectados por factores que se repiten con cierta frecuencia (trimestral, mensual o en determinadas fechas, por ejemplo, Navidad, Semana Santa, etc.).
- Un patrón cíclico (C) se presenta debido a efectos económicos de largo plazo y generalmente asociados con el ciclo económico. La construcción de vivienda puede ser un ejemplo de este tipo.

- Existe un patrón de tendencia (T) cuando existe un aumento o disminución secular de los datos. Las ventas de la mayoría de las firmas presentan este comportamiento.

Los métodos de descomposición suponen que los datos contienen patrones estacionales, cíclicos y de tendencia; una función que representa esta relación puede ser la siguiente:

$$\text{dato} = \text{patrón} + \text{error}.$$

$$= f(\text{tendencia, estacionalidad, ciclo}) + \text{error}.$$

$$X_t = f(T_t, E_t, C_t, Er_t)$$

donde

$X_t$  es el dato al período  $t$ .

$T_t$  es el componente de tendencia en el período  $t$ .

$E_t$  es el componente o índice de estacionalidad del período  $t$ .

$C_t$  es el componente cíclico del período  $t$ .

y  $Er_t$  es el error del período  $t$ .

El procedimiento general para aislar los diversos componentes es el siguiente y se aplica a los diferentes métodos de descomposición.

1) Con los datos disponibles calcule el promedio con un  $N$  igual a la longitud de la estacionalidad (12 meses, 6 meses, 4 trimestres, o 7 días,

por ejemplo). Con esto se elimina la estacionalidad y el error, por lo tanto en el promedio móvil se encuentra sólo la tendencia y el ciclo.

2) Separe el resultado de 1) -el promedio móvil- de los datos. Lo que queda es la estacionalidad y el error.

3) Aísle los factores estacionales promediándolos para cada período que constituyen el período completo de estacionalidad (cada mes, semestre o trimestre, por ejemplo).

4) Identifique la forma de la tendencia con los resultados de 1) (lineal, exponencial, etc.) y calcule su valor para cada uno de los períodos para los cuales se tienen datos.

5) Separe el resultado de 4) de los resultados de 1) para obtener el factor cíclico.

6) Separe la estacionalidad, la tendencia y el ciclo de los datos para obtener el error.

Este método es útil cuando se considera que existe una tendencia y estacionalidad. La estacionalidad se puede identificar en los datos si se observan ciertos "picos" o "baches" en los datos con regularidad; por ejemplo, si encuentra que el consumo de gaseosa es siempre mayor en los días sábados y domingos y menor en los días jueves, se podría sospechar que existe una estacionalidad asociada a esos días de la semana. Por otro lado, se puede llegar a la conclusión acerca de la existencia de la

estacionalidad deduciéndola a partir del comportamiento del negocio; por ejemplo, antes de examinar cualquier dato, se podría pensar que la venta de juguetes o de calendarios y agendas van a presentar picos en los tres últimos meses del año. Obsérvese que se habla de estacionalidad cuando los períodos de análisis son menores de un año. Por ejemplo, semestres, trimestres o meses en relación con un año; quincenas, décadas o semanas en relación con mes; días de la semana con relación a la misma. Esto es, si los datos son anuales, por ejemplo, no tiene sentido pensar en la existencia de un patrón estacional.

Uno de los modelos de descomposición más utilizados es el multiplicativo, o sea,

$$X_t = T_t \times E_t \times C_t \times Er_t$$

Al aplicar los seis pasos propuestos se tiene:

1) y 2) Calcule el promedio móvil y aíse los factores estacionales:

$$M_t = T_t \times C_t$$

$$\frac{X_t}{M_t} = \frac{T_t \times E_t \times C_t \times Er_t}{T_t \times C_t}$$

La expresión anterior aísla la estacionalidad y el error.

3) El siguiente paso es eliminar el error de los valores obtenidos con la última expresión. Los modelos clásicos de descomposición utilizan el enfoque del promedio medial. Para calcular el promedio medial se toman todos los datos de promedio móvil para cada período (mes, trimestre, etc.) y se eliminan los valores extremos, con los datos restantes se calcula el promedio. Los datos obtenidos para cada período se ajustan al 100% multiplicando el promedio medial por  $100 \times \text{número de períodos} / \text{suma de todos los promedios mediales}$

4) y 5) Los pasos finales es el de calcular la tendencia y separarla del ciclo. Se identifica el patrón de la tendencia y se calcula el valor de ella para cada uno de los períodos para los cuales se tienen datos. En este modelo se elimina así:

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t \times C_t}{f(a, b, c \dots t)} = C_t$$

donde a,b,c... son las constantes de la regresión y t es el período correspondiente.

En el caso de una regresión lineal se tendría:

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t C_t}{a + b(t)} = C_t$$

6) Con estos factores, estacionalidad, tendencia y ciclo, se puede estimar el error.

$$Er_t = \frac{X_t}{T_t \times E_t \times C_t}$$

Ejemplo:

Se va a estudiar el comportamiento del Índice de Ventas a Precios Corrientes del Comercio Detallista Alimentos y Bebidas 1975-1983 y se va a hacer una proyección utilizando el método de descomposición. (Los datos están tabulados más adelante). Se va a fraccionar la información de 1975 a 1982 para hacer una proyección de los siguientes doce meses (de 1983), para evaluar la bondad del método.



**INDICE DE VENTAS A PRECIOS CORRIENTES DEL COMERCIO  
DETALLISTA<sup>1</sup>  
ALIMENTOS Y BEBIDAS 1975-1982**

Dato real	Mes	Indice (1)	Dato real	Mes	Indice (1)	Dato real	Mes	Indice (1)	Dato real	Mes	Indice (1)
1	Ene 75	1,738	25	Ene 77	2,939	49	Ene 79	5,236	73	Ene 81	10,058
2	Feb	1,983	26	Feb	3,320	50	Feb	6,037	74	Feb	10,997
3	Mar	2,240	27	Mar	3,623	51	Mar	6,608	75	Mar	12,133
4	Abr	2,138	28	Abr	3,765	52	Abr	6,426	76	Abr	12,182
5	May	2,330	29	May	3,812	53	May	6,614	77	May	12,916
6	Jun	2,333	30	Jun	4,157	54	Jun	6,986	78	Jun	13,032
7	Jul	2,320	31	Jul	4,100	55	Jul	7,017	79	Jul	13,379
8	Ago	2,364	32	Ago	4,135	56	Ago	7,322	80	Ago	13,955
9	Sep	2,463	33	Sep	4,220	57	Sep	7,658	81	Sep	14,185
10	Oct	2,579	34	Oct	4,313	58	Oct	7,661	82	Oct	14,984
11	Nov	2,545	35	Nov	4,440	59	Nov	8,070	83	Nov	14,825
12	Dic	4,091	36	Dic	6,909	60	Dic	10,877	84	Dic	18,964
13	Ene 76	2,224	37	Ene 78	4,009	61	Ene 80	7,242	85	Ene 82	13,959
14	Feb	2,459	38	Feb	4,577	62	Feb	7,955	86	Feb	14,873
15	Mar	2,657	39	Mar	5,039	63	Mar	9,149	87	Mar	16,568
16	Abr	2,858	40	Abr	4,717	64	Abr	8,670	88	Abr	16,972
17	May	2,832	41	May	4,969	65	May	9,561	89	May	17,023
18	Jun	2,782	42	Jun	5,283	66	Jun	9,636	90	Jun	17,237
19	Jul	3,025	43	Jul	5,209	67	Jul	9,790	91	Jul	18,034
20	Ago	3,002	44	Ago	5,250	68	Ago	10,182	92	Ago	17,789
21	Sep	3,151	45	Sep	5,597	69	Sep	10,441	93	Sep	18,168
22	Oct	3,283	46	Oct	5,449	70	Oct	11,184	94	Oct	19,031
23	Nov	3,355	47	Nov	5,704	71	Nov	11,562	95	Nov	18,234
24	Dic	5,296	48	Dic	9,154	72	Dic	14,628	96	Dic	24,379

---

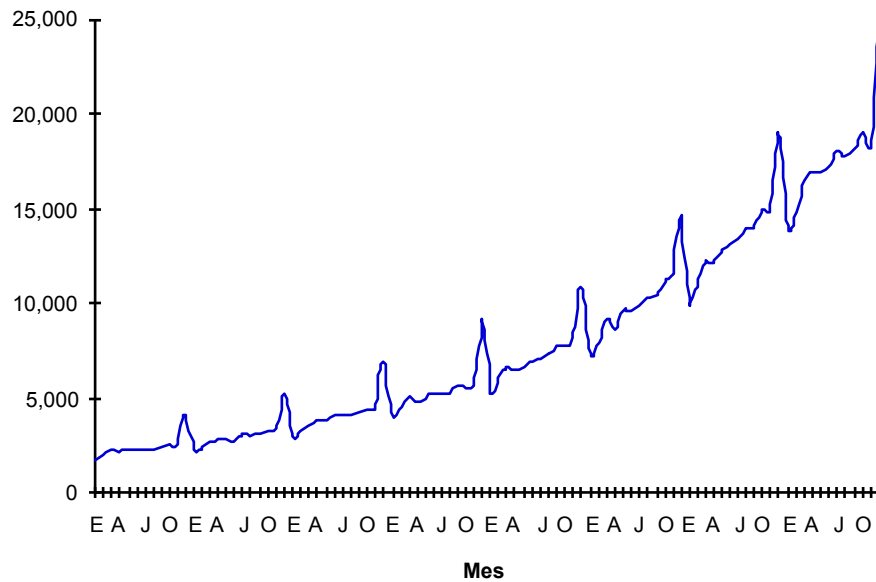
<sup>1</sup> Fuente DANE

**INDICE DE VENTAS A PRECIOS CORRIENTES DEL COMERCIO  
DETALLISTA  
ALIMENTOS Y BEBIDAS 1983 (para comparación)**

Dato real	Mes	Indice (1)
97	Ene 83	17,176
98	Feb	18,327
99	Mar	21,819
100	Abr	19,627
101	May	20,969
102	Jun	22,046
103	Jul	22,068
104	Ago	21,949
105	Sep	22,630
106	Oct	23,609
107	Nov	22,573
108	Dic	29,583

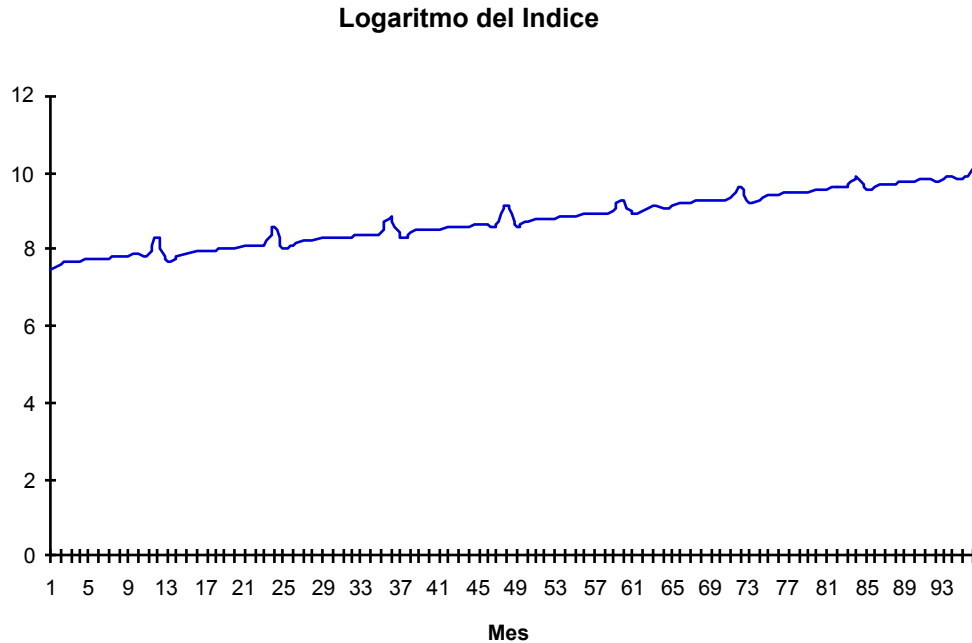
Lo primero que se requiere es observar el patrón de los datos. Para esto se grafican los datos en el tiempo, así:

### Indice de Ventas



Lo primero que se observa en esta gráfica es que hay una tendencia (crecimiento) y una estacionalidad (picos y valles). Otra información que se deduce de la gráfica es que la tendencia no parece lineal; por lo tanto, se puede explorar la posibilidad de linealizar los datos a través de una transformación logarítmica.

Esto es, se va a trabajar no con los datos, sino con su logaritmo natural. Al graficar los datos así transformados, se obtiene lo siguiente:



La transformación “linealizó” los datos, lo cual puede facilitar su tratamiento numérico. Sin embargo, la estacionalidad, ni el error se han perdido. Este resultado se hubiera podido visualizar utilizando la opción de gráfica semilogarítmica que ofrece Excel; como se trata de hacer cálculos, se hizo explícito el tratamiento logarítmico de los datos y después de eso se graficó el logaritmo natural ( $\ln$ ) de los datos originales. Se calcula el promedio móvil de 12 meses -para incluir todo el ciclo de estacionalidad- y se obtienen los siguientes resultados:

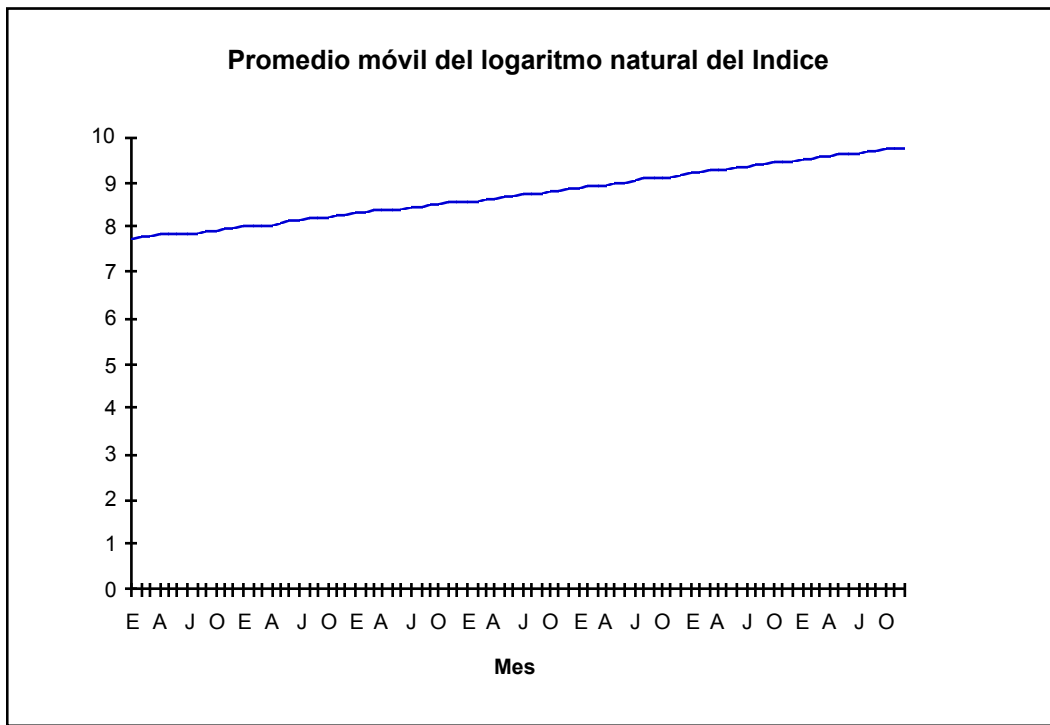
**INDICE DE VENTAS A PRECIOS CORRIENTES DEL COMERCIO  
DETALLISTA  
ALIMENTOS Y BEBIDAS 1975-1983**

Mes	ln del Indice (2)	Promedio móvil CxT (3)	ln del Indice (2)	Promedio móvil CxT (3)	ln del Indice (2)	Promedio móvil CxT (3)	ln del Indice (2)	Promedio móvil CxT (3)
	75-76		77-78		79-80		81-82	
Ene	7.460	#N/A	7.986	8.009	8.563	8.577	9.216	9.195
Feb	7.592	#N/A	8.108	8.032	8.706	8.599	9.305	9.222
Mar	7.714	#N/A	8.195	8.057	8.796	8.622	9.404	9.249
Abr	7.668	#N/A	8.234	8.083	8.768	8.645	9.408	9.273
May	7.754	#N/A	8.246	8.106	8.797	8.670	9.466	9.301
Jun	7.755	#N/A	8.333	8.130	8.852	8.694	9.475	9.326
Jul	7.749	#N/A	8.319	8.164	8.856	8.717	9.501	9.351
Ago	7.768	#N/A	8.327	8.189	8.899	8.742	9.544	9.377
Sep	7.809	#N/A	8.348	8.216	8.944	8.770	9.560	9.403
Oct	7.855	#N/A	8.369	8.240	8.944	8.796	9.615	9.429
Nov	7.842	#N/A	8.398	8.263	8.996	8.825	9.604	9.453
Dic	8.317	#N/A	8.841	8.286	9.294	8.853	9.850	9.474
Ene	7.707	7.774	8.296	8.309	8.888	8.868	9.544	9.496
Feb	7.808	7.794	8.429	8.334	8.982	8.895	9.607	9.523
Mar	7.885	7.812	8.525	8.361	9.121	8.918	9.715	9.548
Abr	7.958	7.826	8.459	8.389	9.068	8.945	9.739	9.574
May	7.949	7.851	8.511	8.407	9.165	8.970	9.742	9.602
Jun	7.931	7.867	8.572	8.430	9.173	9.001	9.755	9.625
Jul	8.015	7.881	8.558	8.450	9.189	9.027	9.800	9.648
Ago	8.007	7.904	8.566	8.469	9.228	9.055	9.786	9.673
Sep	8.055	7.923	8.630	8.489	9.253	9.083	9.807	9.693
Oct	8.097	7.944	8.603	8.513	9.322	9.109	9.854	9.714
Nov	8.118	7.964	8.649	8.532	9.355	9.140	9.811	9.734
Dic	8.575	7.987	9.122	8.553	9.591	9.170	10.101	9.751

El promedio móvil contiene, entonces, la tendencia (T) y el ciclo (C). Al dividir el dato original por el promedio móvil, el resultado entonces contendrá la estacionalidad (Est) y el error (Err). Como el ciclo es un "movimiento" de largo plazo y de alguna manera la tendencia T, calculada

como una regresión lineal, es un promedio, se puede suponer que la tendencia (T) calculada, elimina el ciclo C.

Al examinar el comportamiento del promedio móvil, se observa una casi perfecta linealidad de los datos.



Por lo tanto, se le puede proyectar por medio de una regresión lineal. Excel tiene varios modos de trabajar la proyección lineal. Aquí se ha escogido la función **=PRONOSTICO(valor de x;matriz y;matriz x)** que es muy sencilla.

**INDICE DE VENTAS A PRECIOS CORRIENTES DEL COMERCIO  
 DETALLISTA ALIMENTOS Y BEBIDAS 1975-1983**

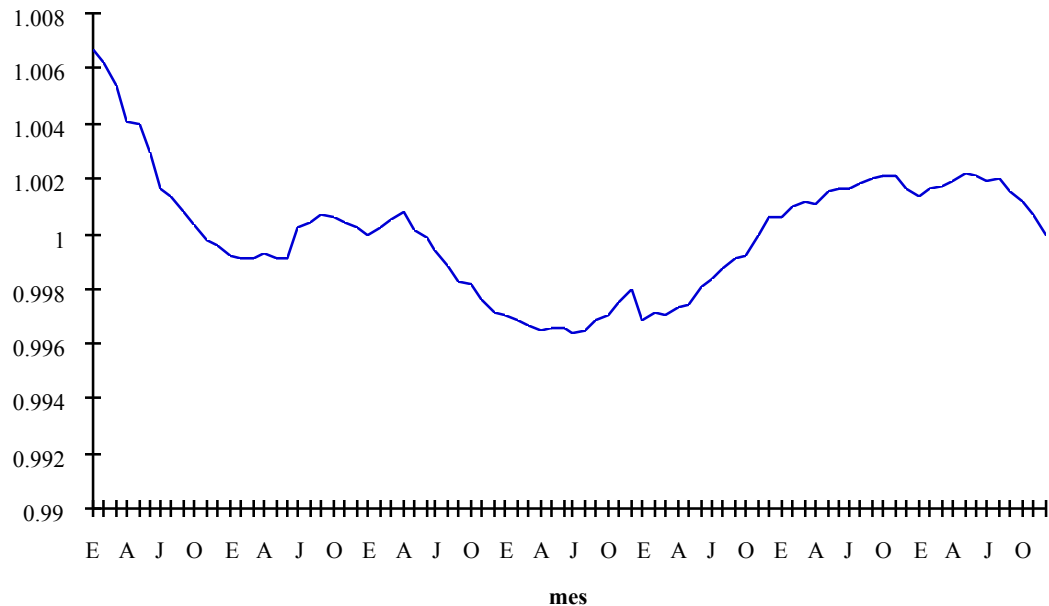
EstxErr (4) =(2)/(3)	Tendencia T calculada (5)	EstxErr (4) =(2)/(3)	Tendencia T calculada (5)	EstxErr (4) =(2)/(3)	Tendencia T calculada (5)	EstxErr (4) =(2)/(3)	Tendencia T calculada (5)
76	76	77-78	77-78	79-80	79-80	81-82	81-82
		0.997	8.015	0.998	8.602	1.002	9.189
		1.009	8.039	1.012	8.626	1.009	9.213
		1.017	8.064	1.020	8.651	1.017	9.238
		1.019	8.088	1.014	8.675	1.015	9.262
		1.017	8.113	1.015	8.700	1.018	9.287
		1.025	8.137	1.018	8.724	1.016	9.311
		1.019	8.162	1.016	8.749	1.016	9.336
		1.017	8.186	1.018	8.773	1.018	9.360
		1.016	8.211	1.020	8.798	1.017	9.385
		1.016	8.235	1.017	8.822	1.020	9.409
		1.016	8.260	1.019	8.847	1.016	9.434
		1.067	8.284	1.050	8.871	1.040	9.458
0.991	7.721	0.999	8.308	1.002	8.895	1.005	9.483
1.002	7.746	1.011	8.333	1.010	8.920	1.009	9.507
1.009	7.770	1.020	8.357	1.023	8.944	1.017	9.531
1.017	7.795	1.008	8.382	1.014	8.969	1.017	9.556
1.013	7.819	1.012	8.406	1.022	8.993	1.015	9.580
1.008	7.844	1.017	8.431	1.019	9.018	1.014	9.605
1.017	7.868	1.013	8.455	1.018	9.042	1.016	9.629
1.013	7.893	1.011	8.480	1.019	9.067	1.012	9.654
1.017	7.917	1.017	8.504	1.019	9.091	1.012	9.678
1.019	7.942	1.011	8.529	1.023	9.116	1.014	9.703
1.019	7.966	1.014	8.553	1.024	9.140	1.008	9.727
1.074	7.990	1.066	8.577	1.046	9.165	1.036	9.752

## INDICE DE VENTAS A PRECIOS CORRIENTES DEL COMERCIO DETALLISTA

### ALIMENTOS Y BEBIDAS 1975-1983

Mes	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)	Ciclo C (6) =(3)/(5)
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Ene	1.007	0.999	1.000	0.997	0.997	1.001	1.001
Feb	1.006	0.999	1.000	0.997	0.997	1.001	1.002
Mar	1.005	0.999	1.000	0.997	0.997	1.001	1.002
Abr	1.004	0.999	1.001	0.996	0.997	1.001	1.002
May	1.004	0.999	1.000	0.997	0.997	1.002	1.002
Jun	1.003	0.999	1.000	0.997	0.998	1.002	1.002
Jul	1.002	1.000	0.999	0.996	0.998	1.002	1.002
Ago	1.001	1.000	0.999	0.996	0.999	1.002	1.002
Sep	1.001	1.001	0.998	0.997	0.999	1.002	1.002
Oct	1.000	1.001	0.998	0.997	0.999	1.002	1.001
Nov	1.000	1.000	0.998	0.998	1.000	1.002	1.001
Dic	1.000	1.000	0.997	0.998	1.001	1.002	1.000

### Ciclo de largo plazo

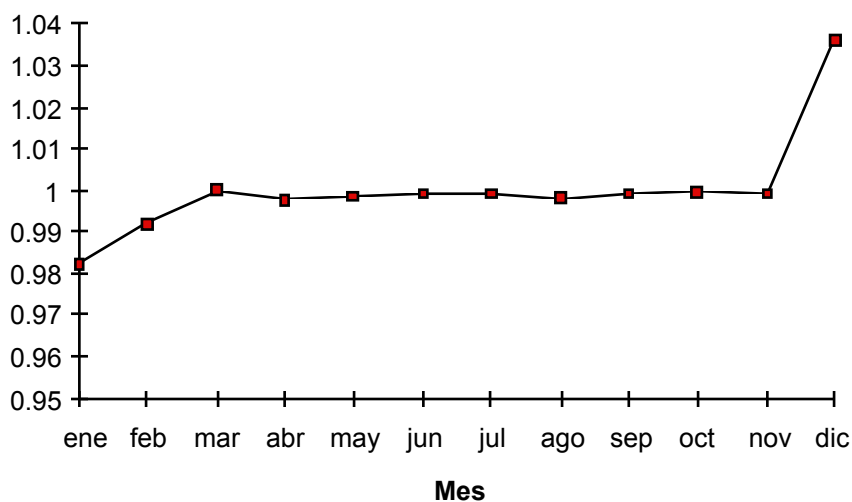




### INDICE DE ESTACIONALIDAD

								promedio	ajuste a 12 en total
	76	77	78	79	80	81	82		
E	0.9914	0.9972	0.9985	0.9984	1.0022	1.0023	1.0051	0.9993	0.9822
F	1.0017	1.0094	1.0113	1.0124	1.0097	1.0090	1.0089	1.0089	0.9916
M	1.0093	1.0171	1.0196	1.0202	1.0228	1.0167	1.0175	1.0176	1.0002
A	1.0168	1.0187	1.0084	1.0143	1.0137	1.0146	1.0173	1.0148	0.9974
M	1.0125	1.0173	1.0123	1.0146	1.0218	1.0178	1.0146	1.0158	0.9984
J	1.0082	1.0249	1.0169	1.0181	1.0192	1.0160	1.0135	1.0167	0.9992
J	1.0169	1.0190	1.0129	1.0159	1.0179	1.0161	1.0157	1.0163	0.9989
A	1.0131	1.0168	1.0114	1.0179	1.0191	1.0177	1.0117	1.0154	0.9980
S	1.0167	1.0160	1.0166	1.0198	1.0188	1.0166	1.0118	1.0166	0.9992
O	1.0192	1.0157	1.0106	1.0168	1.0235	1.0197	1.0144	1.0171	0.9997
N	1.0194	1.0164	1.0137	1.0194	1.0236	1.0159	1.0079	1.0166	0.9992
D	1.0736	1.0669	1.0665	1.0498	1.0459	1.0397	1.0359	1.0540	1.0360
							SUMA	12.2093	12.0000

### Indice de Estacionalidad



Para preparar un pronóstico se multiplica el valor de la tendencia calculada por el índice de estacionalidad y por el factor cíclico que se estime. Para estimar el factor cíclico se debe tener un cierto conocimiento del devenir de la economía y no es calculable en forma directa como puede

ser la tendencia o la estacionalidad; esta estimación del ciclo se basa en la información disponible sobre la economía, la observación del ciclo y en algún grado es un estimativo de tipo subjetivo. Una posibilidad es examinar la tendencia que muestre la gráfica, como aparece a continuación. En el caso del ejemplo, si se desea pronosticar el año 1983 se tiene:

1983	Dato No	Tendencia	Ciclo	Estacionalidad	Proyección del logaritmo TxCxEst (ln)	Proyección del dato o índice (antilogaritmo)
E	97	9.7760	1.0000	0.9822	9.6021	14,796.11
F	98	9.8005	1.0001	0.9916	9.7197	16,641.62
M	99	9.8249	1.0002	1.0002	9.8286	18,557.58
A	100	9.8494	1.0003	0.9974	9.8268	18,524.29
M	101	9.8739	1.0004	0.9984	9.8622	19,191.01
J	102	9.8983	1.0005	0.9992	9.8956	19,842.59
J	103	9.9228	1.0006	0.9989	9.9176	20,284.25
A	104	9.9472	1.0007	0.9980	9.9338	20,615.41
S	105	9.9717	1.0007	0.9992	9.9710	21,395.81
O	106	9.9962	1.0008	0.9997	10.0013	22,055.93
N	107	10.0206	1.0009	0.9992	10.0217	22,508.78
D	108	10.0451	1.0010	1.0360	10.4169	33,420.56

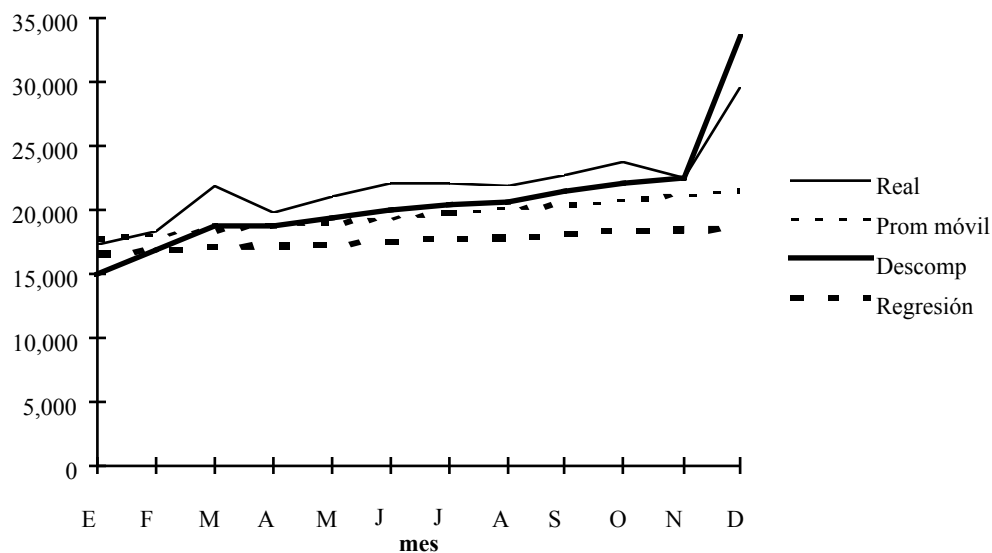
(El último dato que se utilizó para calcular la tendencia fue el número 96 (diciembre de 1982); por lo tanto, el mes de enero de 1983 corresponde al 97.

Los promedios móviles que se utilizan en este método pueden ser centrados o no. Si el número de términos en el promedio móvil es impar el cálculo del promedio móvil no tiene problema pues se sitúa en  $(N+1)/2$ . Si

es par, se tendría que calcular medio período rezagado o medio período adelantado.

Se puede comparar gráficamente el resultado de algunas proyecciones, incluida ésta que se acaba de calcular.

**Índice real vs varias proyecciones**



Una forma analítica de evaluar qué tan buena es una proyección es calcular la suma de los cuadrados de los errores. Entre varios métodos, se considerará mejor aquel que presente menor suma de los cuadrados de los errores. Si se consideran los métodos de regresión lineal para proyectar los siguientes doce meses, o el promedio móvil, para proyectar los mismos doce meses, pero uno a la vez, o sea, que al finalizar enero se proyecta febrero, y así sucesivamente, se obtiene lo siguiente:

		Real	Prom móvil	Reg lineal	Descomp	Prom móvil (Cuadrado de los errores)	Reg lineal (Cuadrado de los errores)	Descomp (Cuadrado de los errores)
97	Ene	17,176	17,689	16,628	14,796	263,084	300,807	5,663,877
98	Feb	18,327	17,957	16,807	16,642	136,900	2,310,689	2,840,509
99	Mar	21,819	18,245	16,986	18,558	12,774,667	23,355,292	10,636,882
100	Abr	19,627	18,682	17,166	18,524	892,238	6,058,331	1,215,977
101	May	20,969	18,904	17,345	19,191	4,265,602	13,133,406	3,161,261
102	Jun	22,046	19,233	17,524	19,843	7,915,782	20,445,233	4,855,031
103	Jul	22,068	19,633	17,704	20,284	5,928,008	19,046,913	3,181,753
104	Ago	21,949	19,969	17,883	20,615	3,918,750	16,531,651	1,778,459
105	Sep	22,630	20,316	18,062	21,396	5,354,210	20,862,510	1,523,223
106	Oct	23,609	20,688	18,242	22,056	8,532,728	28,806,686	2,412,033
107	Nov	22,573	21,069	18,421	22,509	2,260,763	17,237,629	4,124
108	Dic	29,583	21,431	18,601	33,421	66,455,104	120,614,402	14,726,872
					Suma de cuadrados	118,697,835	288,703,547	52,000,000

Con estos datos se concluye que el mejor método de pronóstico en este caso particular es el de descomposición por tener menor suma de cuadrado de los errores. Debe observarse que este es un análisis *a posteriori* suponiendo que se está en diciembre de 1982 y se hacen las proyecciones (con excepción del promedio móvil que debe hacerse mes a mes); después se espera a diciembre de 1983 “para ver” qué tal resultaron las proyecciones. De modo que el análisis de los mínimos cuadrados sólo podría hacerse en diciembre de 1983.

El uso de los métodos de pronósticos depara sorpresas y deben explorarse muy bien las cifras. Lo que se ha hecho en este ejemplo es relativamente sencillo, porque se conocen unas cifras (1983) contra las cuales comparar la bondad del pronóstico; sin embargo, el problema reside

en que en la realidad obviamente no se sabe qué tan bueno va a resultar el pronóstico hacia el futuro. Se sugiere al lector que trabaje los datos de los últimos cuatro años y deberá encontrar que el pronóstico que se obtiene es mejor que con todos los datos. Esto puede ocurrir porque al considerar la totalidad de los datos el modelo tiene en cuenta tendencias o hechos que ya no afectan a la situación actual; en otras palabras, replica un patrón que ya no es válido.

### **Referencias**

Drake, Alwin W. *Fundamentals of Applied Probability Theory*, McGraw-Hill Book Co., 1967.

Makridakis, S., S.C. Wheelwright, *Forecasting. Methods and Applications*, John Wiley, 1978. Existe tercera edición, 1998).

Wonnacott, Thomas H., Ronald J. Wonnacot, *Introductory Statistics for Business and Economics*, 2<sup>a</sup> ed., John Wiley, 1977.

Zuwaylif, Fadil H., *Estadística general aplicada*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.