

TECNOLOGÍA: RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Curvas en S, Aplicación en Innovaciones de dos Sectores Industriales

S Curves, Application on Innovative Products from the Agribusiness and Chemical Sector in Colombia

Edición Nº 16 – Mayo de 2013

Artículo Recibido: Enero 10 de 2013

Aprobado: Abril 22 de 2013

AUTORES

Jhon Wilder Zartha Sossa.
Ingeniero Agroindustrial. Msc. Gestión Tecnológica. Docente investigador de la Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia
Correo electrónico: jhon.zartha@upb.edu.co

Sergio Aguilar Urrea.
Ingeniero Agroindustrial. Msc Gestión Tecnológica. Profesional de transferencia de la Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia
Correo electrónico: sergioaguilarug@gmail.com.

Andrés Felipe Avalos Patiño.
Ingeniero Agroindustrial. Msc Gestión Tecnológica. Profesional de transferencia de la Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia
Correo electrónico: andres.avalos@upb.edu.co

Resumen

En este artículo se analiza matemática y estadísticamente la difusión de innovaciones tecnológicas de tres productos innovadores de la industria química y agroindustrial colombiana a través de regresiones no lineales. Para esto se partió de la elección de un modelo de crecimiento logístico como herramienta de medición y de series que describieran el comportamiento del producto en el tiempo. Para el caso de la aplicación en la agroindustria se recurrió a dos productos con una serie de cada uno, y para la industria química se utilizaron dos series de datos de un producto. Los parámetros de desempeño empleados fueron: ventas en dinero y cantidad producida del producto

químico, y ventas en unidades de los productos agroindustriales. Después de efectuar las regresiones se realizó el análisis estadístico. Con este trabajo se comprobó que la difusión de las innovaciones tecnológicas y los ciclos de vida de los productos tienen un comportamiento análogo al del crecimiento poblacional, formando una curva en S, lo cual es concordante con los planteamientos teóricos. Adicionalmente se obtuvieron los puntos de inflexión de cada una de las curvas. En el caso del producto químico el mejor ajuste se encontró con el parámetro de desempeño cantidad producida, esta información es importante para el desarrollo de investigaciones futuras. Los puntos de inflexión podrán ser usados como herramienta para la toma de decisiones estratégicas en cuanto a la determinación de momentos claves para el lanzamiento de innovaciones tecnológicas, realización de inversiones, y ejecución de estrategias de negociación y de mercadotecnia.

Palabras clave: Innovación tecnológica, puntos de inflexión, estrategias de negociación y estrategias de mercadeo.

Abstract

In this article, the diffusion of technological innovations for three innovative products from the agribusiness and chemical sector in Colombia are analyzed mathematically and statistically through nonlinear regressions. In order to do this, a logistic growth model was chosen as a tool for measuring and series for describing the product behavior in time. For the application case in agribusiness two products were taken with one series of each one. For the chemical industry two series of one product were taken. The performance parameters analyzed were sales in money and quantity of the chemical product made, for the agribusiness product, the performance parameter was sales in units. After making the regressions, the statistical analysis was performed. With this work, it was proved that the diffusion of technological innovations and products life cycles have a behavior analog to the population growth, taking the shape of an S curve which is consistent with the theoretical approach. Besides the inflection points for each curve were obtained. For the chemical product, the best fit was achieved with the produced quantity parameter, this information is important for future research. The inflection points could be used as a tool for defining the key moments for the technological innovation launch, investing and executing marketing and negotiation strategies.

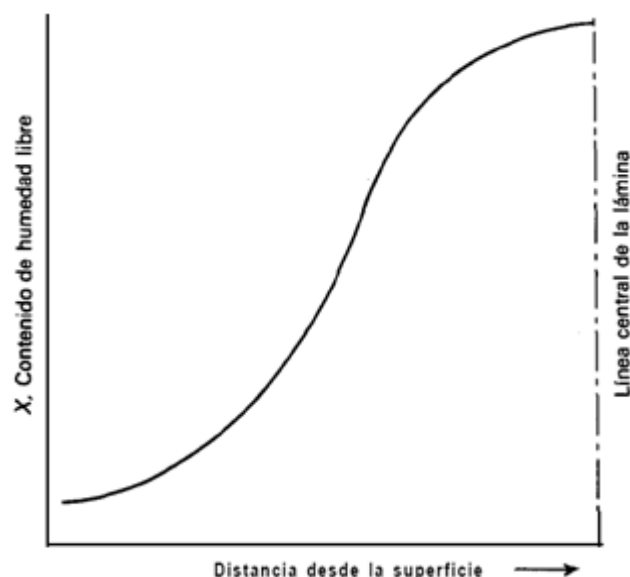
Keywords: Technological innovation, inflection points, negotiation strategies,

marketing strategies.

1. Introducción

Las Curvas en S se han estudiado desde hace varios años en diversos Países y sectores, Zartha et al., (2009, 2010) han trabajado esta metodología en diversos productos de diferentes sectores productivos colombianos, entre los cuales se incluyen el agroindustrial y el químico, empleando modelos que describen curvas en forma de S. El estudio matemático de estas curvas parte de los símiles realizados desde otras Ciencias, por ejemplo, desde el punto de vista Biológico si se grafica el diámetro de un árbol –eje y- en función del tiempo –eje x, se obtiene una curva en S, si se grafica el número de microorganismos termófilos de un Yogurt o los mesófilos de un Kumis en el tiempo se obtiene una curva en S, un caso similar se puede apreciar en el crecimiento de una población, si se grafica está en función del tiempo, se puede observar una curva en S (Poveda & Manrique 2007) .

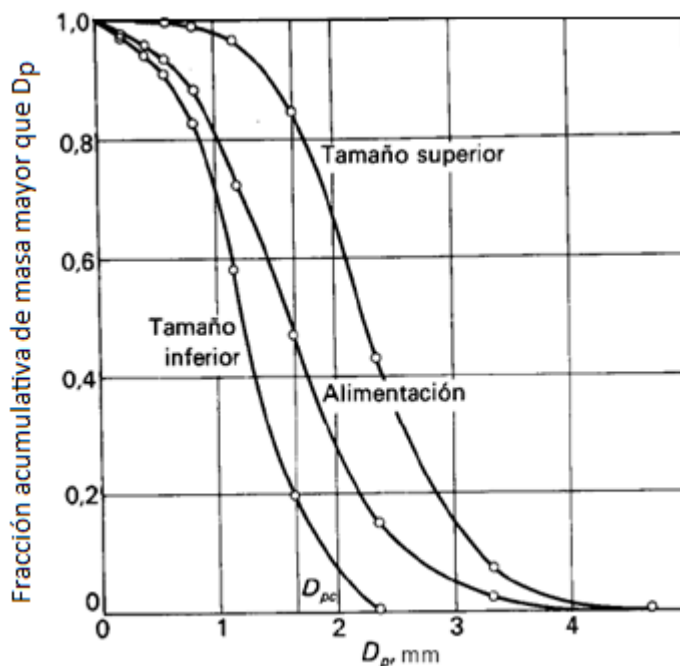
Las curvas en S están también presentes en diversas operaciones unitarias de la química e incluso de la Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos, en el caso del secado de sólidos cuando se grafica la distribución de la humedad en una lamina porosa que se seca por ambas caras se observa un comportamiento sigmoideal (McCabe 1998) (Ver Fig. 1).



Fuente: McCabe W.1998

Fig. 1. Distribución de la humedad en una lamina porosa que se seca por ambas caras

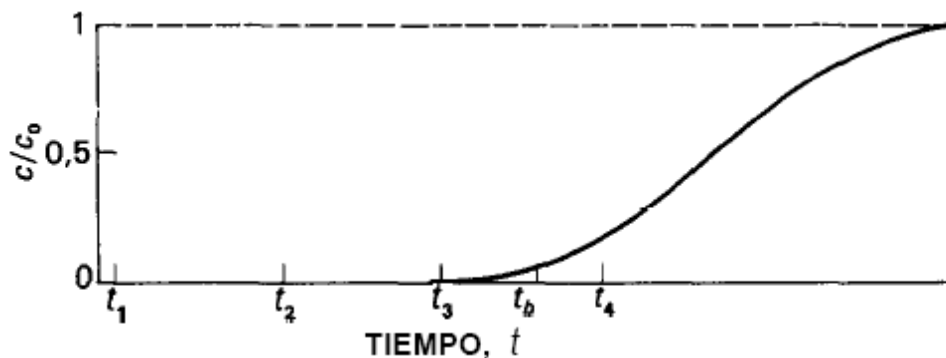
En la separación mecánica cuando se grafica en un tamiz la fracción acumulativa de masa se obtiene un comportamiento de curva en S (McCabe 1998) (Ver Fig. 2).



Fuente: McCabe W. 1998

Fig. 2. Fracción acumulativa real de un Tamiz

Otro ejemplo de las operaciones unitarias de la química donde se evidencia el comportamiento de sigmoideal, es en la adsorción en lecho fijo, donde las concentraciones en la fase fluida y en la fase solida varían con el tiempo y la posición en el lecho (McCabe 1998) (Ver Fig. 3).

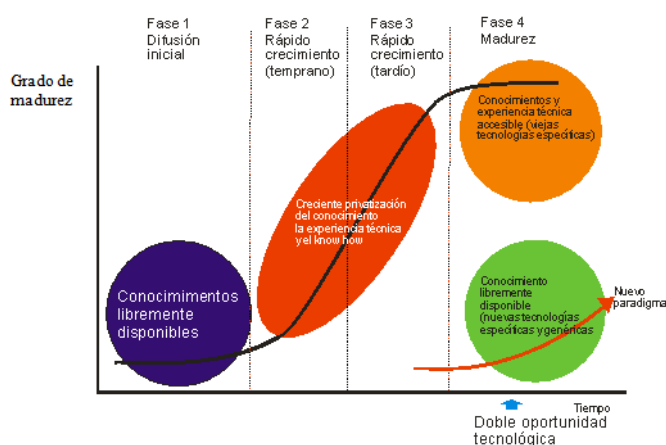


Fuente: McCabe W.1998

Fig. 3. Curva de ruptura para la adsorción en un lecho fijo

Numerosos estudios sobre innovación han revelado patrones recurrentes sobre el cómo surgen las nuevas tecnologías, evolucionan, son adoptadas y son desplazadas por otras tecnologías. Estos estudios reflejan un comportamiento en forma de S al graficar parámetros de desempeño de la innovación en función del tiempo (Shilling 2010).

Pérez (1992) describe cuatro fases de la curva con sus respectivas características (ver Fig. 4). La fase uno es la difusión inicial, donde los conocimientos están libremente disponibles, la fase dos de rápido crecimiento o crecimiento temprano, la fase 3 de crecimiento tardío, en estas dos fases se puede observar el momento adecuado para ejercer derechos de propiedad sobre una innovación tecnológica levantando barreras que impidan con creciente fuerza el ingreso de nuevos participantes al mercado. Después del punto de inflexión, estos mecanismos ya no serían efectivos, debido a que el conocimiento quedaría libremente disponible y comienza la fase 4 o de madurez. (Pérez, 1992).



Fuente: Modificado de Pérez (1992)

Fig. 4. Oportunidades tecnológicas cambiantes

Para la realización de este trabajo se tuvieron en cuenta 4 productos innovadores del sector Químico y Agroindustrial con el fin de determinar el punto de inflexión de cada producto y así poder proponer diferentes estrategias de innovación.

1. Metodología

Fase I

En la primera fase se trabajó en la consecución de los parámetros de desempeño, ventas en dinero o en unidades, de productos diferentes de los sectores químico y agroindustrial.

Después de la recolección de los datos se realizó una selección de los que se ajustaron a una curva en S o a una secuencia de ellas, los productos trabajados aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Productos trabajados

Producto	Sector	Parámetro de desempeño
Condimento X	Saborizantes	Unidades vendidas
Condimento Y	Saborizantes	Unidades vendidas
Producto químico en toneladas producidas	Químico	Toneladas producidas
Producto químico en dinero	Químico	Ventas

Fase II

La segunda fase de este proyecto radicó en la elección del modelo matemático que se ajustara a los datos obtenidos, para esto se realizó una revisión bibliográfica en la cual se encontró una gran cantidad de opciones, después de realizar una evaluación se encontró que el modelo que se ajustaba a los requerimientos del proyecto era el citado por Sood & Tellis (2005).

$$y(t) = a + \frac{b}{1 + e^{-(1/c)^k(t-d)}} \quad 1)$$

Donde:

$y(t)$ = Desempeño en función del tiempo.

$a + b$ = Asíntota superior de la curva.

c = Parámetro de crecimiento.

d = Punto de de inflexión.

Para poder obtener los valores de las constantes fue necesario realizar una regresión no lineal, la cual fue ejecutada en un software estadístico especializado, este programa entrega como resultados la figura de la curva en S, el valor de cada una de las constantes con un 95% de confiabilidad, el valor de R^2 , el error estándar, el valor t, el valor p, valor del estadístico de Durbin-Watson (DW), y los residuos. Posteriormente se realizó el análisis estadístico de los resultados (Weiers, 2006), (Kennedy & Neville, 1982).

2. Resultados

Los resultados obtenidos después de realizar las regresiones no lineales a cada una de las series se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados

Producto	Condimento x	t	p	Condimento y	t	p	Producto químico. Toneladas producidas	t	p	Producto químico. Ventas en pesos	t	p
d	20,299	22,203	<0,0001	14,005	9,148	<0,0001	16,423	44,291	<0,0001	13,791	5,497	<0,0001
a	-128602,361	-3,936	0,0003	-288761,599	-4,885	<0,0001	-11576,241	-8,648	<0,0001	-82219,578	-1,778	0,087
b	758163,717	16,990	<0,0001	993062,684	13,967	<0,0001	42316,957	15,153	<0,0001	213339,007	2,452	0,021
c	12,146	12,799	<0,0001	14,487	13,631	<0,0001	16,571	14,038	<0,0001	28,274	2,390	0,024
a+b	629561,357			704301,085			30740,716			131119,429		
R^2 %	99,489			99,716			99,986			99,937		
DW	0,506			0,610			1,676			0,573		
Meses analizados	54			54			30			30		

3. Análisis de resultados

Todos los R^2 arrojaron resultados por encima del 99%, lo que sugiere un buen ajuste del modelo.

En el caso de los condimentos X y Y se obtuvo que para cada una de las constantes el valor de $|t|$ es mayor de 2, lo cual indica que el modelo es adecuado para el análisis de las series de datos, esto se puede corroborar al revisar los valores de p obtenidos para cada constante, todos son menores que el grado de significancia trabajado, $\alpha = 0.05$.

En el caso del producto químico en toneladas producidas también se encontró que los valores de $|t|$ son mayores de 2 y los valores de p son menores de 0.05, por lo se puede concluir que el modelo es adecuado para analizar esta serie de datos. Con la serie de datos del producto químico en pesos vendidos no ocurre lo mismo, ya que en el parámetro a se obtuvo $|t| = 1.778 < 2$ y el valor de $p = 0.087$ es mayor que el grado de significancia $\alpha = 0.05$.

El valor estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay autocorrelación entre ellos. Para el caso del producto químico en toneladas producidas $DW = 1.676$, el tamaño de la muestra = 30 meses y el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se puede concluir que no existe autocorrelación residual.

Para las otras tres series de datos (*condimento x*, *condimento y* y *el producto químico venta en pesos*) con el valor estadístico DW se concluye que existe autocorrelación residual positiva, lo cual indica que puede existir un modelo que se ajuste mejor a los datos, sin embargo esto no es descarta el uso del modelo utilizado

La asíntota obtenida en cada una de las curvas indica las unidades máximas vendidas del producto.

El punto de inflexión es el momento en el cual la tasa de crecimiento de las ventas comienza a disminuir, ese fue el punto adecuado para sacar al mercado una innovación radical o incremental del producto, lo que es consecuente con el cambio de paradigma planteado por Pérez, ver Fig. 4. Este punto sirve como referencia para decisiones futuras. Se puede esperar que el punto de inflexión del nuevo paradigma ocurra en un lapso de tiempo aproximado al del paradigma pasado.

Según Shilling (2010) las estrategias de mercadeo de cada uno de los productos debió ser enfocada a:

- Antes del punto de inflexión al alto contenido de información técnica y a la alta inversión
- En el punto de inflexión a la credibilidad.

- De este momento en adelante a la simplicidad, confiabilidad y relación costo – efectividad.

Para ciclos siguientes se debe lograr:

- Que el punto de inflexión sea menor al obtenido, ya que la tendencia de las empresas innovadoras está guiada a la reducción de los ciclos de innovación
- Tener preparada una innovación incremental o radical para este momento.

El plazo para asegurar secretos industriales debe ser inferior al punto de inflexión para cada uno de los tres productos. Se debe adelantar las estrategias de mercadeo anterior al punto de inflexión (alto contenido de información técnica y alta inversión) esto obliga a adelantar las estrategias siguientes (credibilidad y. simplicidad, confiabilidad y relación costo – efectividad) ya que el tiempo del siguiente ciclo debe ser más corto.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestran las curvas de productos químicos y agroindustriales, en estas gráficas se puede ver la ubicación del punto de inflexión obtenido con el modelo logístico.

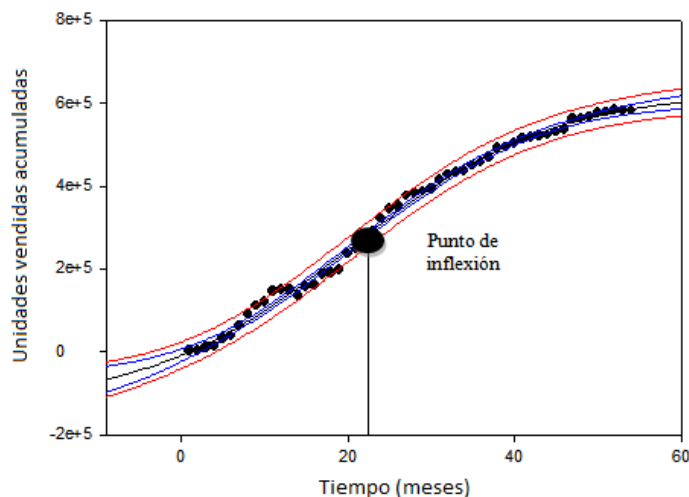


Fig. 5. Curva en S condimento X.

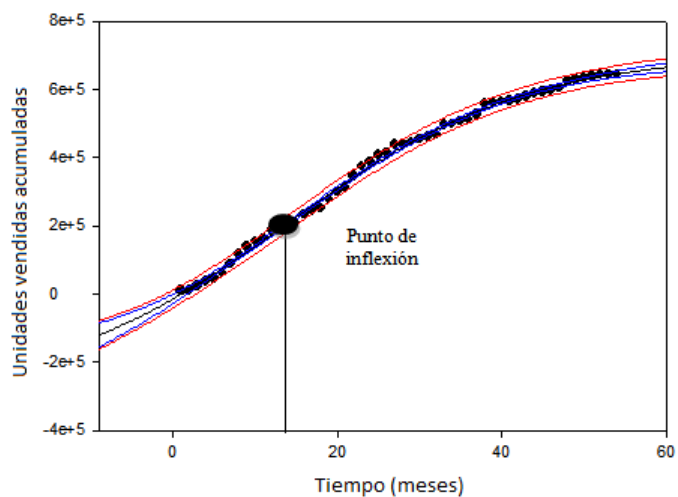


Fig. 6. Curva em S condimento Y.

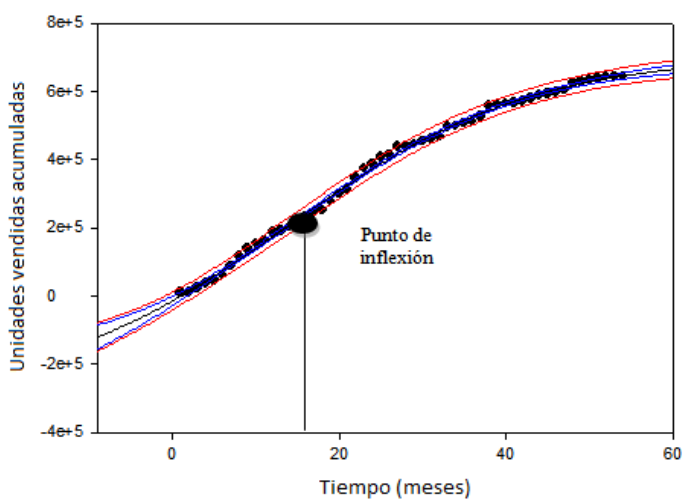


Fig. 7. Curva en S producto químico en toneladas producidas.

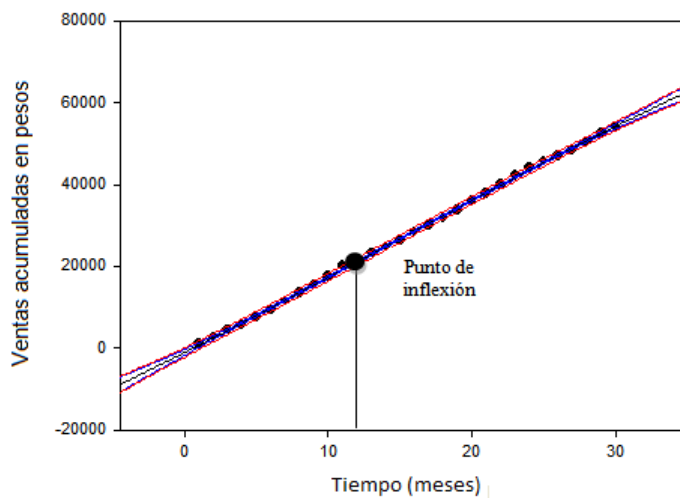


Fig. 8. Curva en S producto químico en pesos

4. Conclusiones

La utilización de analogías de algunos comportamientos en las operaciones unitarias y comportamientos del crecimiento poblacional para comprender el ciclo de vida de los productos (desarrollos tecnológicos e innovación tecnológica) se constituye en un acercamiento útil al entendimiento de aspectos claves en la gestión de la innovación tecnológica.

El conocimiento de los puntos de inflexión es una herramienta útil para la toma de decisiones y estrategias de mercadotecnia, en cuanto a: al lanzamiento de nuevos productos, mejoras en los existentes, tipos de estrategia de mercadeo a utilizar y tiempos para realizar procedimientos de derecho tecnológico y propiedad intelectual.

El parámetro de desempeño comúnmente adoptado por la industria Colombiana son las ventas. Este parámetro no es el mejor debido a que se ve afectado por las variables económicas externas a la empresa como: la inflación, el índice de precio al consumidor IPC, entre otros. Cabe destacar la importancia de que las empresas manejen otro tipo de parámetros de desempeño como: usuarios, horas hombre por producto, eficiencias, entre otras.

Los tiempos transcurridos entre innovaciones debe ser cada vez más cortos. Lo anterior tiene un límite, debido a que se puede llegar a un punto donde los ciclos sean demasiado cortos y el lanzamiento de innovaciones sea insostenible. En estos casos se puede mantener constante el tiempo entre innovaciones pero se debe buscar aumentar el desempeño de los productos, de tal forma que la pendiente en las fases 1 y 2 sea más alta que la del ciclo anterior.

Referencias

- Zartha, J., Castrillón, F., Avalos, A., Aguilar, S. (2009). Technological S curves analysis of the diffusion of technological innovations. IAMOT 2009.
- Zartha, J., Avalos, A., Aguilar, S., López, J., Ríos, A. (2010). Technological S curves analysis of the diffusion of technological innovations. Five models comparission. IAMOT 2010.

- Poveda, G., Manrique H. Aplicación de la curva logística a los censos de la ciudad de Medellín, En: Ecos de Economía. Medellín. No. 25 (Oct. 2007). 60p.
- MacCabe, W., Smith, J., Harriott, P. (1998). Operaciones unitarias en ingeniería química. McGraw-Hill. Madrid.
- Schilling, M. (2010). Dirección estratégica de la innovación tecnológica. McGraw-Hill. New York.
- Pérez, C. (1992). Cambio técnico, restructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. En: El Trimestre Económico, n 223, enero-marzo 1992. 23-64 p.
- Sood, A.; Tellis, G. (2005). Technological Evolution and Radical Innovation. En: Journal of Marketing (ciudad) Vol. 69 (Jul 2005). p.152–168.
- Weiers, R (2006). Introducción a la estadística para negocios. Thomson Higher Education. Mexico DF.
- Kennedy, J., Neville, A. (1982). Estadística para ciencias e ingeniería. Harper. Mexico DF.

Agradecimientos a:

Fabio Castrillón Hernández.

Ingeniero Químico. MSc. Ingeniería. Director de la facultad de Ingeniería Química. Universidad Pontificia Bolivariana. E-mail: fabio.castrillon@upb.edu.co. Medellín, Colombia.

Juan Carlos Palacio Piedrahita.

Ingeniero Agroindustrial. Esp. Gerencia. Director de la facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Pontificia Bolivariana. E-mail: juan.palacio@upb.edu.co. Medellín, Colombia.