

METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS APLICADA A EMPRESAS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL

METHODOLOGY TO MEASURE TECHNOLOGICAL INNOVATION APPLIED TO COMPANIES FROM AGROINDUSTRIAL SECTOR

JHON WILDER ZARTHA SOSSA¹, ANDRES FELIPE AVALOS PATIÑO², SERGIO AGUILAR URREA³, FABIO CASTRILLON HERNÁNDEZ⁴.

PALABRAS CLAVE:

Innovación tecnológica, parámetros de desempeño, puntos de inflexión, series de tiempo, ciclos de innovación, estrategias de comercialización.

KEYWORDS:

Technological innovation performance parameters, inflexion points, time series, innovation cycles, marketing strategies.

RESUMEN

El proyecto contempló en una forma preliminar, el análisis de los indicadores de innovación de empresas del sector de elaboración de productos alimenticios*, según la encuesta del DANE [1] en donde se clasifican las empresas por su grado de innovación. Posteriormente se analizaron los fundamentos matemáticos de la difusión de la innovación tecnológica en tres empresas del sector agroindustrial de Colombia, así como las variables involucradas en este fenómeno, para ello se estudiaron los parámetros de desempeño ventas y producción en el tiempo, los cuales presentan un comportamiento de curvas en “S” o curva logística con el fin de poder analizar los puntos de inflexión y otros parámetros de innovaciones tecnológicas a través de correlaciones matemáticas. Para analizar las curvas en “S” se tomaron varios modelos matemáticos de distribución logística y luego de encontrar el que se ajustó a los datos de las empresas se procedió a realizar la correlación empleando el software Statgraphics, con esta herramienta se encontraron los valores de las constantes que existen en el modelo. Con las curvas generadas por los datos obtenidos en el sector agroindustrial, con series

Recibido para evaluación: 17 de marzo. Aprobado para publicación: 12 de junio

1 Jhon Wilder Zartha Sossa. Ingeniero Agroindustrial, Máster en gestión tecnológica, Profesor - Investigador, Coordinador del Grupo de Investigación en Gestión Tecnológica, email: jhon.zartha@upb.edu.co. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín – Colombia Circular 1 # 70 - 01 Bloque 11 - 105. Medellín – Colombia.

2 Andrés Felipe Avalos Patiño. Estudiante de ingeniería Agroindustrial

3 Sergio Aguilar Urrea. Estudiante de ingeniería Agroindustrial.

4 Fabio Castrillón Hernández. Ingeniero Químico, Máster en Ingeniería, Director de la facultad de ingeniería Química

* En este trabajo colaboraron dos compañías productoras de alimentos, Industria de Alimentos Zenú S.A. y Alimentos Cárnicos S.A. a través de su centro de I+D.

de tiempos entre uno y cinco años y con los valores de las constantes se analizaron los puntos de inflexión, parámetros de crecimiento y las asíntotas de cada una de las curvas en "S" propuestas y se generaron conclusiones relacionadas con ciclos de innovación, estrategia de mercadeo, tiempos para la protección de innovaciones y otros parámetros de desempeño que son útiles para las empresas del sector.

ABSTRACT

This project looked at, in a preliminary phase, the innovation indicators analysis for companies from food manufacturing sector according to the survey by DANE in this survey the companies are classified according its innovation level. After that, the mathematical foundations of the technological innovation diffusion were analyzed in three companies from agroindustrial sector in Colombia, moreover the variables involved in this phenomenon, in order to this, performance parameters such as sales and production quantity along the time, are studied. These parameters have behaved as "s" curves or logistic curve, this aims to analyze the inflexion points and some other technological innovation parameter through mathematical correlations. In order to build the "S" curves some mathematical models of logistic distribution were taken and after finding the model that fitted according to the data, the correlation was calculated with Statgraphics Software, using this tool the constant values in the model were calculated. With the curves generated with the data of agroindustrial sector, using time series between one and five years and with the calculated value of the constants of the equation, the inflection points, the growing rates and the asymptotes were analyzed for each one of the purposed "S" curves to make conclusions about the innovation cycles, marketing strategies, protection time for the innovation and other performance parameters which are useful for the companies and the sector they belong.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen falencias en el entendimiento sobre la forma como se difunden las innovaciones tecnológicas, en especial el comportamiento de sus parámetros de desempeño en la unidad de tiempo y tiempo de duración de los ciclos de innovación, existen a la vez pocos modelos gráficos y cuantitativos que permitan comprender la generación de innovación tecnológica en las empresas.

Contrario a lo anterior, existen algunos manuales que determinan, analizan y estudian cualitativamente la generación de innovaciones tecnológicas, tales como el manual de OSLO [2], el manual de Bogotá [3] y en algunos apartes el manual de Frascati [4], también está la encuesta realizada por el DANE "Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera, Colombia 2003-2004" [1] donde se clasifican las empresas de forma cualitativa según su grado de innovación.

La presente investigación establece una metodología que permite evaluar la generación de innovaciones tecnológicas en tres empresas agroindustriales y a la vez posibilita el entendimiento de las curvas en "S".

En esta investigación se plantearon entre otros los siguientes objetivos:

Analizar los indicadores de innovación a través de la estructura de algunas empresas industriales de Colombia.

Generar o encontrar un modelo matemático que se ajuste a las curvas en "S" de innovaciones tecnológicas de las empresas trabajadas.

Analizar los parámetros de desempeño en el tiempo, de las innovaciones tecnológicas estudiadas.

En esta investigación se trabajó con las innovaciones de tecnologías de producto, donde se analizaron diferentes

tipos de parámetros en las empresas tales como ventas acumuladas y unidades vendidas, a partir de los cuales se obtuvieron las curvas en "S", para este análisis se utilizó un modelo de regresión no lineal ejecutado por el software Statgraphics, el cual entrega como resultado, la figura de la curva en S y el valor de las constantes del modelo trabajado. Con estos valores se pudo establecer una serie de conclusiones acerca de la innovación tecnológica, de sus parámetros de desempeño, de la importancia de las analogías como herramienta de comprensión de fenómenos tecnológicos, de los puntos de inflexión y las estrategias de mercadeo que se presentan en un ciclo de innovación.

METODOLOGÍA

Fase preliminar

En la realización de este proyecto se recurrió, inicialmente, a varias analogías que pudieran mostrar el camino más adecuado para tratar de medir la innovación tecnológica, como fueron la transferencia de calor, el diámetro del tronco de un árbol a través del tiempo, la población o desarrollo microbiológico y la población demográfica.

En principio se comparó la transferencia de tecnología con la transferencia de calor y se comenzó por establecer posibles semejanzas entre las variables del fenómeno térmico y los procesos que ocurren en las empresas.

Las analogías se vieron afectados por la dificultad de obtener en las empresas parámetros medibles que fueran comparables con el fenómeno térmico y surgieron dudas sobre la consideración del área de transferencia de calor y el espesor, parámetros que intervienen en las formas de transferencia de calor.

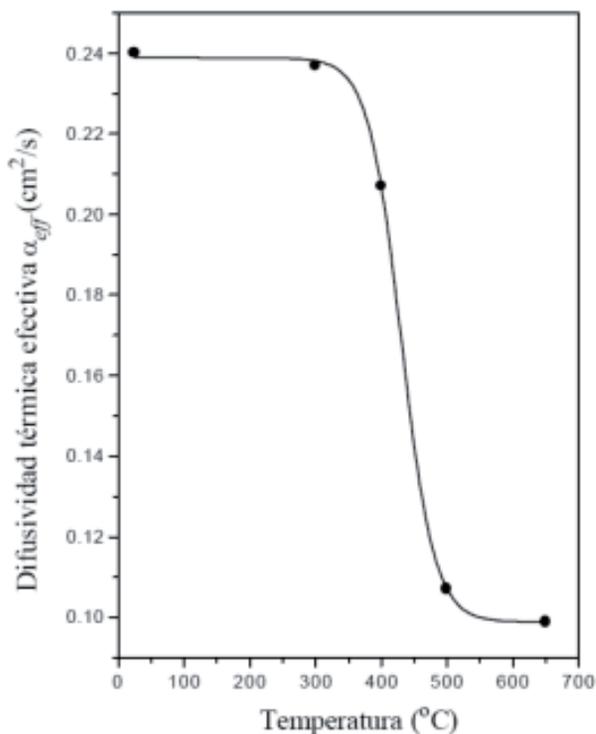
Estas dificultades fueron superadas al cambiar el concepto de transferencia de calor por el de difusión térmica. Al estudiar este tema se encontró que la figura de la difusividad térmica efectiva Vs. Temperatura

describe una curva logística decreciente, esto llevó a analizar un nuevo tema, la curva logística o curva en S como se muestra en la figura 1 [5].

De esta manera la nueva analogía fue difusión térmica-difusión tecnológica y al analizar el comportamiento de la difusión térmica se encontró que se podían realizar nuevas analogías con fenómenos que gráficamente tienen un comportamiento logístico creciente y que matemáticamente se caracterizan porque la curva en S corresponde a la solución de una ecuación diferencial conocida como "modelo no lineal" [5,13], esta ecuación diferencial describe varios fenómenos como el crecimiento de una población microbiana, la variación del diámetro de un árbol en el tiempo y el crecimiento demográfico, con los cuales se realizó una nueva comparación.

Dicha comparación arrojó una variedad de modelos logísticos que son ampliamente conocidos entre bió-

Figura 1. Difusividad térmica efectiva Vs Temperatura



Fuente: Cruz-Orea, M. López, Sánchez, Sánchez, Pérez, Muñoz y Calderón.

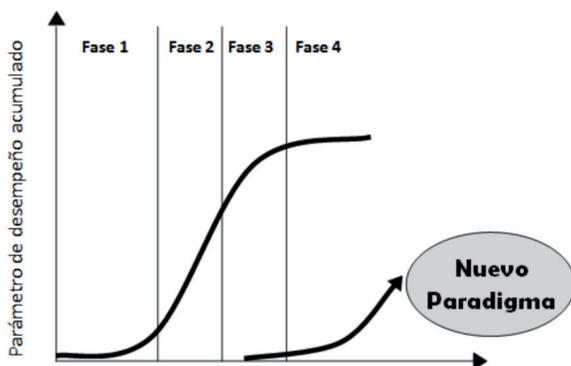
logos, estadistas y demógrafos y que son empleados para describir y pronosticar el crecimiento de una población humana o de poblaciones de algunas especies animales [6].

Todo esto es consecuente con las figuras de innovación tecnológica estudiadas por Pérez C. (2004) [7,8], Fernández [9], Kucharavy D. [10,11] y Shilling M. [12] entre otros autores, quienes en sus modelos coinciden en la forma de la curva. En la figura 2 se describen las diferentes fases del ciclo de innovación tecnológica.

A continuación se procedió con el análisis de la innovación tecnología, con base en la curva que describe el fenómeno de difusión térmica, para poder realizar graficar la curva es necesario tener un parámetro de rendimiento o desempeño en función del tiempo, esta necesidad obligó la búsqueda de estos parámetros en empresas de varios sectores de la industria Colombiana y al mismo tiempo encamino el proyecto en un solo sentido, las curvas en S.

Los expertos en innovación la clasifican en innovación incremental o progresiva y radical, existen cinco tipos de innovación según Schumpeter (1934) (manual de Oslo 2005) [1]: introducción de nuevos productos, introducción de nuevos métodos de producción, apertura de nuevos mercados, desarrollo de nuevas fuentes de materias primas u otros insumos, creación de nuevas estructuras de mercado en un sector de actividad, existen otras clasificaciones como: Innovaciones modulares y arquitectónicas entre otras.

Figura 2. Fases de la curva de innovación tecnológica



Se procedió a verificar cual era la clasificación de los indicadores de las empresas del sector de alimentos en Colombia según su nivel de innovación, tomando como referencia la encuesta del DANE “Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera, Colombia 2003-2004” [4], se observó que existen cinco indicadores de innovación: radical, incremental, innovadoras organizacionales y comerciales, adecuadas tecnológicamente y empresas no innovadoras

Después de analizar la información preliminar, el proyecto se dividió en dos fases.

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 del sector 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.

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 Ashish Sood y Gerard J. Tellis [14].

Tabla 1. Productos trabajados

PRODUCTO	SECTOR	PARAMETRO DE DESEMPEÑO
Cárnico A	Cárnico	Unidades vendidas
Cárnico B	Cárnico	Unidades vendidas
Cárnico C	Cárnico	Unidades vendidas
Helados	Lácteo	Unidades vendidas
Condimento A	Saborizantes	Unidades vendidas
Condimento B	Saborizantes	Unidades vendidas

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

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 el Software Statgraphics, 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, valor del estadístico de Durbin-Watson y los residuos, además entregó un análisis de los resultados obtenidos.

RESULTADOS

En la encuesta de “innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera”, realizada por el DANE se evaluaron 6172 empresas, 1227 empresas (19,88%) pertenecen al sector de elaboración de productos alimenticios.

Estas 1227 empresas están divididas en diferentes categorías según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU)

151 Producción, transformación y conservación de carne y pescado

152 Elaboración de frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas

153 Elaboración de productos lácteos

154 Elaboración de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón y alimentos preparados para animales

155 Elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, alcuzczu y productos farináceos similares

156 Elaboración de productos de café

157 Ingenios, refinerías de azúcar y trapiches

158 Elaboración de otros productos alimenticios

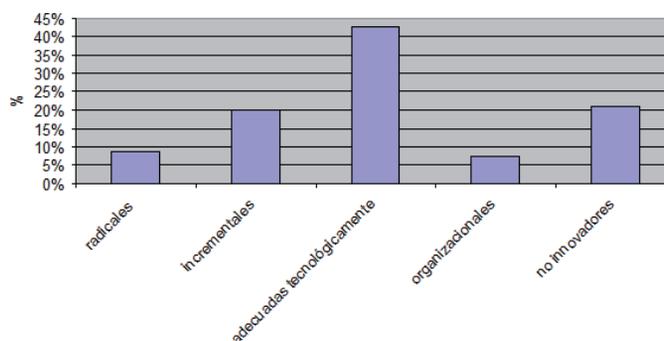
159 Elaboración de bebidas

De acuerdo con la clasificación mencionada anteriormente y con la topología de indicadores de innovación de 2004, 108 empresas (9%) fueron clasificadas como innovadoras radicales, 246 empresas (20%) se clasificaron como innovadoras incrementales, 92 empresas (7%) como organizacionales, 523 empresas (43%) como adecuadas tecnológicamente, 256 empresas (21%) como no innovadoras. Ver figura 3.

Las empresas a las cuales se les realizó el análisis de curva en S pertenecen a las categorías 151, 153, 158. Las empresas pertenecientes a la clasificación 151 representan el 12% del total del sector de elaboración de productos alimenticios, las de 153 representan el 9% y las de 158 representan el 8%.

Teniendo en cuenta el contexto de las empresas de alimentos, especialmente lo analizado en la encuesta de innovación, se procedió a aplicar el modelo esco-

Figura 3. Participación de empresas del sector de elaboración de productos alimenticios por topología de innovación 2004 y monto invertido en actividades de desarrollo e innovación tecnológica, 2003 y 2004



Fuente: Elaboración de los autores

TIPOLOGIA 2004

gido a productos de tres empresas de alimentos; a continuación se presentan los resultados sobre las tres empresas analizadas:

En un primer acercamiento se presenta un resumen de los datos obtenidos en su conjunto, posteriormente se procede a mostrar los resultados individuales, las empresas trabajadas pertenecen al sector alimentos y se denotaron de la siguiente manera:

Empresa 1: Empresa del sector de producción, transformación y conservación de carne (CIU 151).

Empresa 2: Empresa del sector lácteo (CIU 153).

Empresa 3: Empresa productora de condimentos y saborizantes del sector de otros productos alimenticios (CIU 158).

A continuación se presentan las curvas en S de cada uno de los productos agroindustriales y sus resultados.

La curva en S obtenida con la serie de datos del producto cárnico A se muestra en la figura 4, y en la tabla 2 se pueden ver los resultados obtenidos con el software.

Figura 4. Ventas acumuladas en el tiempo del producto cárnico A

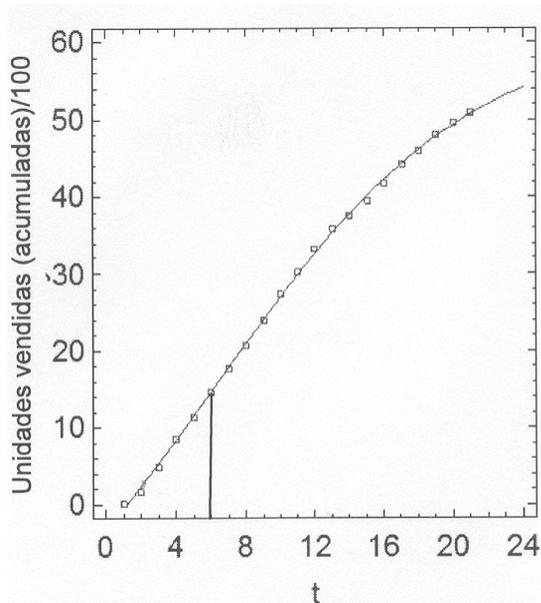


Tabla 2. Resultados del producto cárnico A

	Producto cárnico A
Punto de inflexión	6,417
<i>a</i>	-29,547
<i>b</i>	90,853
Asíntota	61,306
Parámetro de crecimiento	0,139
R-cuadrado %	99,950
Error estándar	0,404
Media de error absoluto	0,299
Durbin-Watson	1,22
Semanas analizadas	21

Después de graficar el parámetro de desempeño acumulado en el tiempo del producto cárnico B se obtuvo la curva en S de la figura 5, y en la tabla 3 aparecen los resultados obtenidos con el software.

En la figura 6 se muestra la curva en S obtenida con la serie de tados del producto carnico C, y en la tabla 4 se registraron los datos obtenidos con el software.

Figura 5. Ventas acumuladas en el tiempo del producto cárnico B

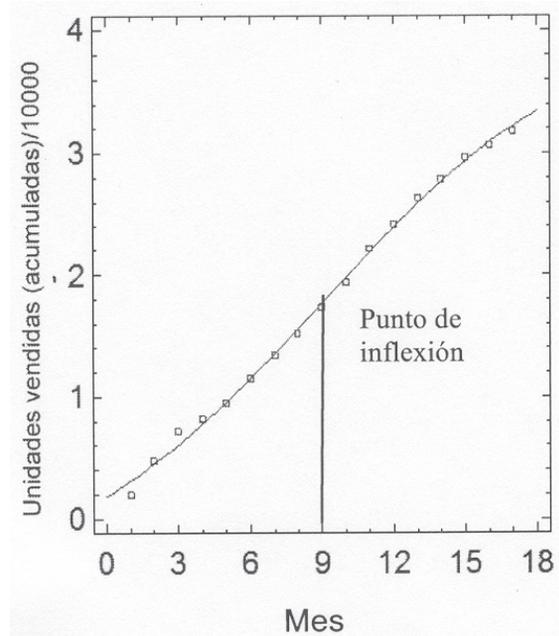


Tabla 3. Resultados del producto cárnico B

	Producto cárnico B
Punto de inflexión	8,865
<i>a</i>	-0,590
b	4,675
Asíntota	4,085
Parámetro de crecimiento	0,182
R-cuadrado %	99,728
Error estándar	0,056
Media de error absoluto	0,039
Durbin-Watson	1,091
Meses analizados	17

Figura 6. Ventas acumuladas en el tiempo del Producto cárnico C

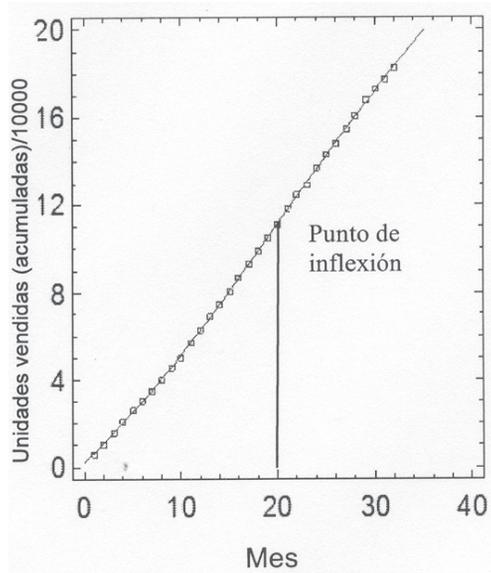


Tabla 4. Resultados del producto cárnico C

	Producto cárnico C
Punto de inflexión	20,367
<i>a</i>	-7,916
b	38,583
Asíntota	30,667
Parámetro de crecimiento	0,065
R-cuadrado %	99,989
Error estándar	0,060
Media de error absoluto	0,047
Durbin-Watson	1,272
Meses analizados	32

Al graficar el parámetro de desempeño acumulado en el tiempo para el producto Helados se obtuvo la curva en S mostrada en la figura 7 y los resultados estadísticos aparecen en la tabla 5.

La curva en S obtenida con la serie de datos del condimento B se muestra en la figura 8 y los resultados obtenidos con el software se registran en la tabla 6.

La curva obtenida con los datos del condimento B se muestra en la figura 9 y los resultados del ajuste se pueden ver en la tabla 7

Figura 7. Ventas acumuladas en el tiempo del producto Helados

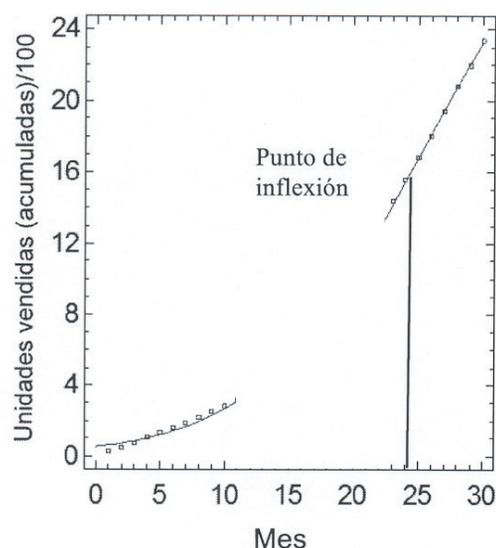


Tabla 5. Resultados del producto Helados

	Helados, ventas en unidades
Punto de inflexión	24,869
<i>a</i>	-0,045
b	33,356
Asíntota	33,311
Parámetro de crecimiento	0,163
R-cuadrado %	99,951
Error estándar	0,171
Media de error absoluto	0,137
Durbin-Watson	0,294
Meses analizados	30

Figura 8. Ventas acumuladas en el tiempo del producto condimento A

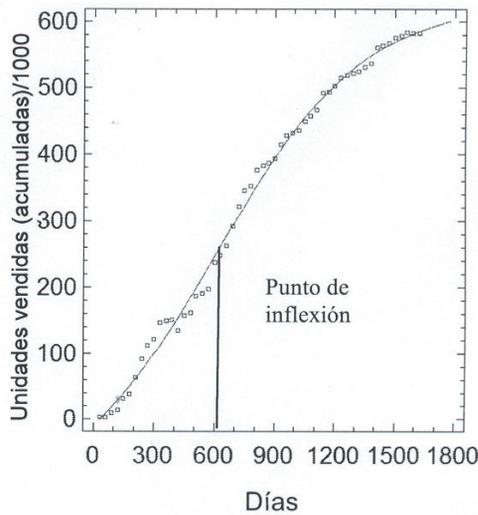


Tabla 6. Resultados del producto condimento A

	Condimento a
Punto de inflexión	609,274
<i>a</i>	-128,102
<i>b</i>	757,449
Asíntota	629,347
Parámetro de crecimiento	0,003
R-cuadrado %	99,489
Error estándar	14,211
Media de error absoluto	10,837
Durbin-Watson	0,506
Días analizados	1620

Figura 9. Ventas acumuladas en el tiempo del producto condimento B

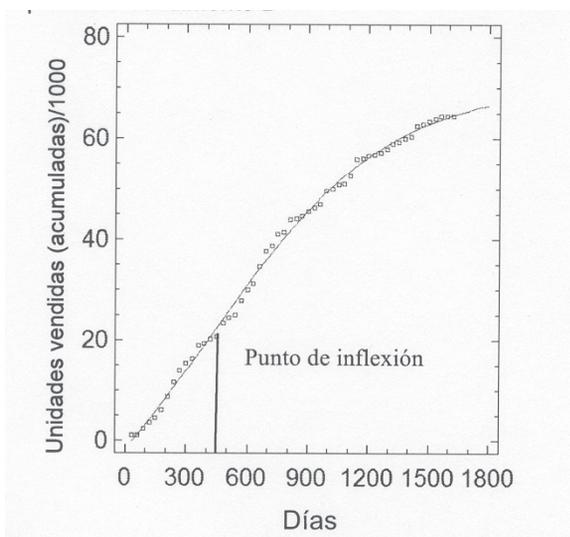


Tabla 7. Resultados del producto condimento B

	Condimento b
Punto de inflexión	420,011
<i>a</i>	-28,892
<i>b</i>	99,327
Asíntota	70,435
Parámetro de crecimiento	0,002
R-cuadrado %	99,716
Error estándar	1,125
Media de error absoluto	0,914
Durbin-Watson	0,610
Días analizados	1620

ANÁLISIS DE RESULTADOS

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

El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos. En el caso del condimento A se obtuvo un error estándar de 14.21 lo cual demuestra una mayor dispersión de los datos respecto al resultado de las demás curvas. El error absoluto medio es el valor medio de los residuos, el más alto fue el hallado para el producto condimento A 10.837. Estos resultados demuestran que este producto tuvo un comportamiento más irregular en el tiempo en comparación con los demás.

El valor estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay autocorrelación entre ellos. Para el caso del producto cárnico A con $DW = 1.22$ y el tamaño de la muestra = 21 meses no se puede afirmar nada acerca de la autocorrelación de los residuos. Lo mismo ocurre con los productos cárnicos B Y C cuyos DW fueron 1.091 y 1.272 con tamaños muestrales de 17 y 32 meses respectivamente.

En las series de los demás productos existe autocorrelación de los residuos, lo que sugiere que puede existir otro modelo que se ajuste mejor a los datos.

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 el cambio de paradigma planteado por Pérez [7] (figura 2). 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.

CONCLUSIONES

El uso de Curvas en S, en especial el conocimiento de los puntos de inflexión, se convierte en una herramienta útil, para la toma de decisiones, en cuanto 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.

La utilización de analogías biológicas para comprender fenómenos tecnológicos y de innovación tecnológica se constituye en un acercamiento útil al entendimiento de aspectos claves en la gestión de la innovación tecnológica.

Para lograr mayor impacto en el proceso de toma de decisiones de las empresas innovadoras es importante tener en cuenta:

- 1) Analizar series de tiempos más amplias, con mínimo 30 datos.
- 2) Analizar las curvas en S de innovaciones tecnológicas de la misma línea.
- 3) En lo posible poder contar con datos de curvas en S del mismo sector al que pertenece la empresa.
- 4) Para la innovaciones tecnológicas analizadas es conveniente estudiar otro parámetro de desempeño (número de adoptantes/usuarios) al mismo tiempo con el fin de generar conclusiones sobre la eficiencia de cada uno

Después de determinar el punto de inflexión se pueden ejecutar las estrategias de mercadeo citadas por Shilling [12], acerca de los tiempos de privatización, información técnica, credibilidad, simplicidad y reducción de costos.

Aunque existe una gran cantidad de modelos aplicables a la curva en S, el modelo utilizado en las tres empresas arrojó resultados satisfactorios en cuanto a los coeficientes de correlación R^2 y al error absoluto.

El valor estadístico DW no arrojó un resultado satisfactorio, lo cual no indica que el modelo no pueda ser empleado para el análisis de las innovaciones tecnológicas, pero sugiere la existencia de otro modelo que pueda tener mejor ajuste.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DANE. Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera Colombia. Bogotá: DANE. 2005.
- [2] MANUAL DE OSLO. Guía para la recogida e interpretación de datos de innovación. OECD European Communities 2005. Traducción al español por Grupo Tagasa 2006.
- [3] MANUAL DE BOGOTA. Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe. Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) / Organización de Estados Americanos (OEA) / PROGRAMA CYTED COLCIENCIAS/OCYT. 2001.
- [4] MANUAL DE FRASCATI. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. OCDE. Organización para la cooperación y desarrollo económicos. Editado por FECYT. Fundación española ciencia y tecnología. 2002.
- [5] CRUZ-OREA A., LÓPEZ LÓPEZ M., SÁNCHEZ SINENCIO F., SÁNCHEZ RAMÍREZ J. F., HERRERA PÉREZ J. L., MUÑOZ HERNÁNDEZ R. A., CALDERÓN A. Estudio de la difusión de calor en sistemas de dos capas de GaAs/GaSb unidos mediante la técnica de fusión. Sociedad Mexicana de Ciencias

- de Superficies y de Vacío. Superficies y Vacío 8, 1999, pag. 94-98
- [6] POVEDA R. GABRIEL, MANRIQUE H. JORGE, Aplicación de la curva logística a los censos de la ciudad de Medellín. Ecos de Economía No. 25. Medellín, octubre de 2007, pag 9-12.
- [7] PÉREZ CARLOTA. El cambio tecnológico y las oportunidades de desarrollo como blanco móvil. www.carlotaperez.org
- [8] PÉREZ CARLOTA. Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change. CERF, Cambridge University, UK and SPRU, University of Sussex, U.K. 2004
- [9] FERNÁNDEZ E. Estrategias de Innovación. Ed. Thomson. 2005.
- [10] KUCHARAVY D. Application of S-shaped curve. Insa Strasbourg Graduate School of Science and Technology. 2007.
- [11] KUCHARAVY D., DE GUIO R. Logistic Substitution Model and Technological Forecasting. INSA Strasbourg Graduate School of Science and Technology. 2008.
- [12] SHILLING MELISSA. Strategic management of technological innovation. New York University. McGraw-Hill. 2004. pag 64-69, 268-275.
- [13] ZILL DENNIS G., CULLEN MICHAEL R. Ecuaciones diferenciales con problemas de valores en la frontera. Thomson Learning. 2006 pag 103-107
- [14] ASHISH SOOD, GERARD J. TELLIS. Technological Evolution and Radical Innovation. Journal of Marketing Vol. 69 (July 2005), pag 152–168.