

# Curvas en S – aplicación en tecnologías de evaporación y secado de frutas

## S-curves - application in technologies of evaporation and drying of fruits

Juan C. OVIEDO-LOPERA [1](#); Valentina URREA-GALEANO [2](#); Christian D. ZULUAGA-HERNANDEZ [3](#); Luis M. RODRIGUEZ-ORTIZ [4](#); Jhon Fredy MORENO Zartha [5](#)

Recibido: 06/06/2017 • Aprobado: 05/07/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
  - [2. Metodología](#)
  - [3. Resultados y Análisis](#)
  - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

En este artículo se presentan los resultados del análisis del ciclo de vida de las tecnologías de evaporación y secado a través del análisis de curvas en S y el cálculo de sus puntos de inflexión basados en artículos y patentes acumuladas. El estudio se llevó a cabo a través de la aplicación de 13 modelos de regresión no lineal y de la validación de los puntos de inflexión en cada una de las tecnologías a través del  $R^2$  ajustado, valor T, valor P y Durbin Watson. Los modelos ganadores en la tecnología de secado fueron Sigmoidal, Logístico, Gompertz en artículos; en cuanto a evaporación los modelos ganadores fueron Sigmoidal y Logístico para artículos y Sigmoidal, Logístico y Weibull para patentes. Los resultados muestran que los puntos de inflexión para secado ocurrieron en el periodo 2009-2013 para artículos; por su parte para patentes fue 2010-2011. En el caso de la evaporación los puntos de inflexión calculados fueron 2024 para artículos y el periodo 2016-2017 para patentes. En los cuatro aspectos analizados (artículos y patentes para secado y evaporación) solo uno de ellos arrojó un punto de inflexión a futuro, los artículos en evaporación, lo que sugiere que en la actualidad la dinámica de publicaciones en evaporación aún sigue siendo alta.  
**Palabras clave** Curvas en S; Evaporación; Secado;

#### ABSTRACT:

This paper presents the results of the life cycle analysis of the evaporation and drying technologies through the analysis of curves in S and the calculation of its inflection points based on accumulated articles and patents. Study was carried out through the application of 13 non-linear regression models and the validation of inflection points in each of the technologies through the adjusted  $R^2$ , value T, value P and Durbin-Watson. The winning models in the drying technology were Sigmoidal, Logistic, Gompertz in articles; in terms of evaporation the winning models were Sigmoidal and Logistic for articles and Sigmoidal, Logistic and Weibull for patents. The results show that the inflection points for drying occurred in the period 2009-2013 for articles; for its part for patents was 2010-2011. In the case of evaporation the calculated inflection points were 2024 for articles and the 2016-2017 period for patents. In the four aspects analyzed (articles and patents for drying and evaporation) only one of them showed a turning point in the future, the articles in evaporation, suggesting that at present the dynamics of publications in evaporation is still high.

**keywords** (S-curves; Evaporation; Drying; Life Cycle)

# 1. Introducción

Desde el punto de vista de los procesos de transformación de materias primas de origen biológico existen partes o unidades que hacen parte dichos procesos las cuales son denominadas operaciones unitarias, entre las cuales la evaporación y el secado se constituyen en unas de las más utilizadas en las industrias agroalimentarias de diversos subsectores tales como el lácteo, cereales, azúcar, aceites vegetales, sucroquímica, concentrados para animales, frutas y verduras entre otros.

En cuanto a las facultades de ingeniería que están interesadas en el estudio de las operaciones unitarias ya sea de transferencia de masa, de calor o ambas con aplicaciones específicas en materias primas de origen biológico se encuentran la Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Agrícola, Ingeniería de Procesos, la Ingeniería Química y otras Ingenierías derivadas o relacionadas con las anteriores denominaciones; para estas facultades resulta de especial interés conocer si las operaciones unitarias que hacen parte de sus procesos de enseñanza-aprendizaje, en este caso la evaporación y el secado, se encuentran en una fase emergente, entrante, clave, madura o en declive a través del uso de indicadores tales como los artículos científicos publicados y las patentes, esto con el fin de poder tomar mejores decisiones en cuanto a los momentos adecuados para aplicar mecanismos de derecho tecnológico y propiedad intelectual y determinar posibles estrategias de monitoreo, inversión selectiva o no sobre inversión.

## 1.1. Marco teórico

Dentro de las operaciones unitarias de mayor utilización a nivel agroindustrial y de alimentos se encuentran la evaporación y el secado. La evaporación hace referencia a la separación de un solvente en forma de vapor, generalmente agua, a partir de una mezcla líquida obteniéndose una solución más concentrada (Geankoplis, 2011), (McCabe, 2007), la evaporación puede darse en un efecto o en múltiples efectos y este último tipo puede ser en contracorriente, corriente directa, en paralelo o en alimentación mixta (Ocon y Tojo, 1997).

Los equipos para la evaporación de soluciones con interés en la industria de alimentos son de varios tipos, entre los que se resaltan los evaporadores tipo marmita, evaporadores de tubos cortos verticales y horizontales, de tubos largos verticales y horizontales, de película ascendente y descendente, los de calandria exterior y los evaporadores de placas. (Geankoplis, 2011), (Virtual Plant, 2017)

Desde el punto de vista de la agroindustria y la industria de alimentos se han generado diversas aplicaciones entre las cuales se resaltan la evaporación en un efecto en derivados de frutas, dos efectos en separación de solventes en aceites vegetales, tres efectos en derivados lácteos como la leche condensada, cinco y seis efectos en evaporación de jugos de caña y hasta evaporadores de siete efectos para concentrados de frutas (Virtual Plant, 2017).

Con relación al secado, esta operación estudia la separación de un solvente de una mezcla sólida (aunque en ocasiones puede ser líquida), obteniendo un producto con menor porcentaje de humedad (Geankoplis, 2011), (McCabe, 2007), (Foust, 2006), (Treybal, 1997). El secado puede dividirse de varias maneras al igual que los equipos en los que se lleva a cabo, pero en términos generales se habla de secado en condiciones constantes y secado continuo (Geankoplis, 2011).

Respecto a los equipos para el secado, se cuenta con secadores de bandejas o charolas, secadores de túnel, rotatorios, de tambor, secadores por atomización y los de ventana refractiva, entre otros. (Geankoplis, 2011), (Virtual Plant, 2017).

En la industria de alimentos y en general en la agroindustria se encuentran aplicaciones del

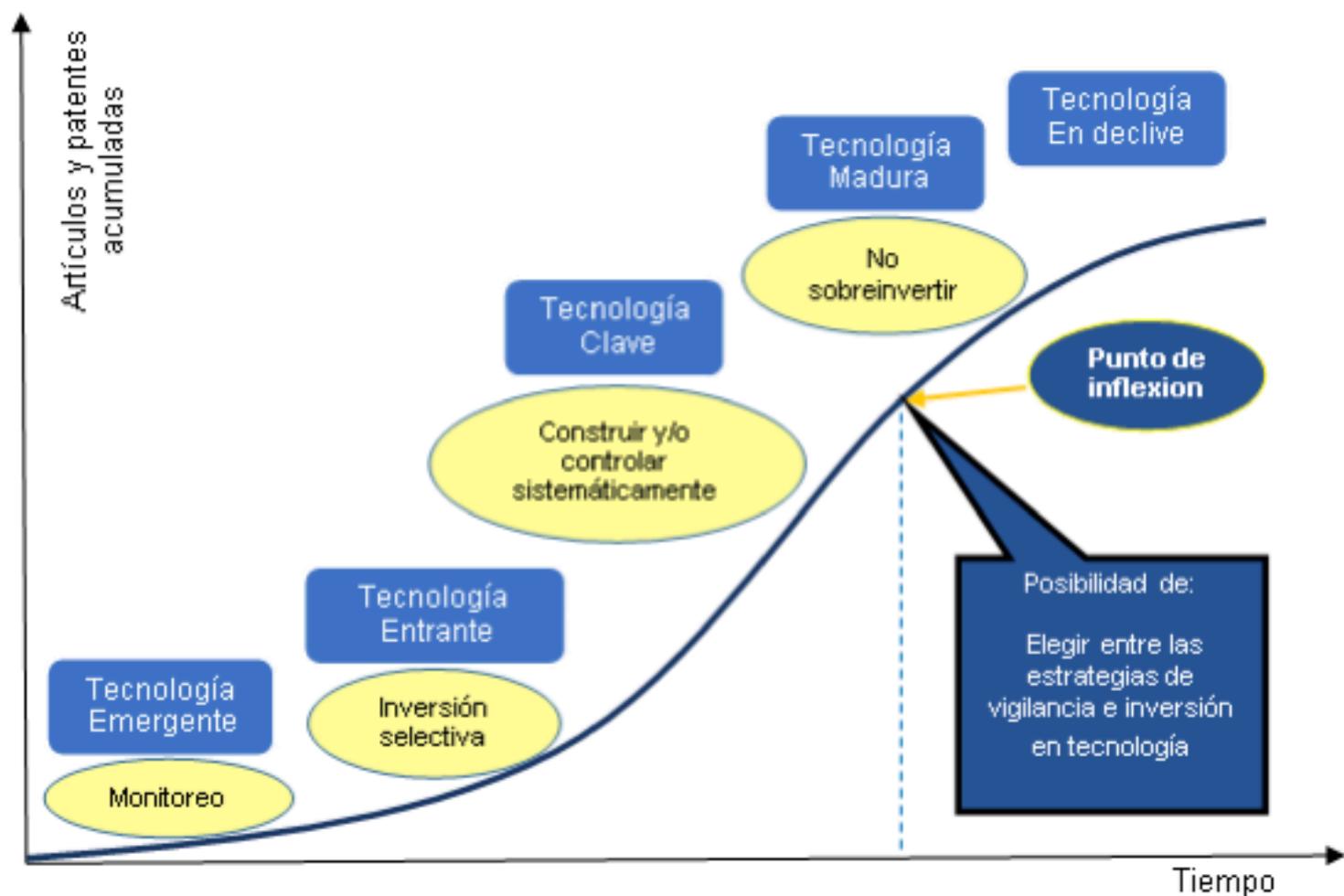
secado en maíz, arroz y sorgo, en concentrados para animales luego del proceso de peletizado, secado de frutas, secado de tortas o residuos de la extracción de aceites por solvente (en este caso el solvente extraído no es agua, es hexano), secado de madera, secado de azúcar, secado de productos derivados de la sucroquímica, secado en derivados del maíz, cacao (Valiente, 2012), y a esto se le suman las crecientes aplicaciones de secadores por atomización en productos tales como leche entera desnatada, suero de manteca, suero, crema, crema para helados, alimentos infantiles, dietéticos, leche malteada, crema de queso, caseinato, leche de cacao, derivados de leche, glucosa, extracto de malta, almidones, gluten, proteína y leche de soja, carbohidratos, maltodextrina, café, té, mate, vitaminas, enzimas, antibióticos, suero humano estéril, extracto de hígado y gomas (Virtual Plan, 2017).

A nivel mundial, los investigadores aplican curvas en forma de S para proyectar el comportamiento de las tecnologías, que ayuden a determinar cambios en la población, el análisis micro y macro económicos, estudio de la penetración de mercado, los mecanismos de difusión tecnológica e invenciones sociales y para diversos fines de modelación (Dmitry Kucharavy, 2007).

El ciclo de vida de la tecnología, la comprensión del fenómeno de la difusión de innovaciones tecnológicas y la adopción de las mismas son otras características medibles a través de las curvas en S (Tidd & Bessant, 2013), (Aguilar et al, 2012), (Schilling & Esmundo, 2009), (Zartha, 2009). A nivel cualitativo las curvas en S han tenido diversas aplicaciones en tecnología e innovación (Shilling, 2013), (Tidd & Bessant, 2013) y han mostrado utilidad cuando se quieren realizar aproximaciones al ciclo de vida de la tecnología, momento adecuado para generar mecanismos de derecho tecnológico y propiedad intelectual (Pérez, 2001) y posibilidad de aplicar estrategias de monitoreo e inversión (Ortiz & Pedroza, 2006).

Desde hace algunos años, se han intentado comprender el comportamiento y las estrategias que pueden ser implementadas en la tecnología y para cada una de las fases de su trayectoria a través del tiempo; una alternativa para dicho análisis son los modelos de curvas en "S", mediante los cuales es viable identificar el estado de una tecnología: emergente, entrante, clave, madura o en declive. De acuerdo al estado en que se encuentre la tecnología, la estrategia a seguir sería: monitoreo, inversión selectiva y no sobreinversión respectivamente (Pérez, 2001), (Pérez, 2004), (Villa, 2015), (Mercado, 2013), (Arango & Duque, 2015). La figura 1, muestra el estado de la tecnología: emergente, entrante, clave, madura y en declive (Ortiz & Pedroza, 2006).

**Figura 1.** Estado de la tecnología.



**Fuente:** Modificado de Ortiz y Pedroza, (2006).

## 2. Metodología

**Fase 0.** Con la aplicación de la metodología de curvas en S, se analizaron dos áreas de interés o tecnologías relacionadas con las Operaciones Unitarias relacionadas con los alimentos: Evaporación y Secado. Para realizar el análisis del ciclo de vida de las dos tecnologías se siguió el procedimiento descrito por (Zartha et al., 2014), modificado. La fecha de corte para los datos de patentes y artículos, fue el segundo semestre del año 2016.

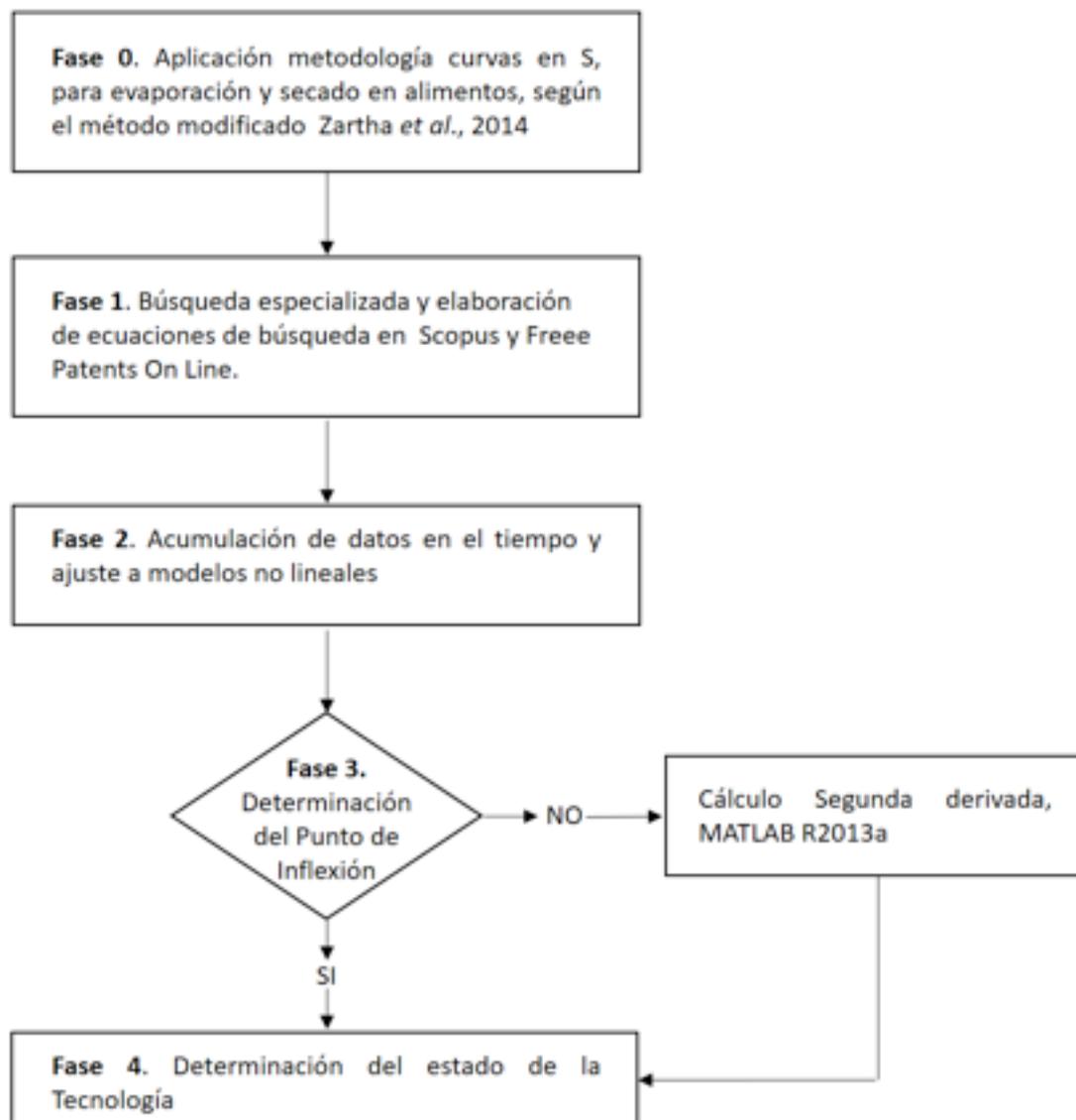
**Fase 1.** Se realizó una búsqueda especializada en bases de datos de documentos relacionados en estas dos tecnologías en las bases de datos de Scopus para artículos y Free Patents Online para patentes la cual contiene bases de datos de la OMPI (Organización Mundial de Propiedad Intelectual) de Japón, de Alemania y de Estados Unidos; para garantizar la validez y exactitud de los datos se elaboraron ecuaciones de búsqueda en cada una de las tecnologías. Obtenida la información, se tabuló de acuerdo al año y al número de publicaciones y patentes.

**Fase 2.** Se acumularon los valores de las bases de datos, tanto para artículos como para patentes, con el objetivo de introducirlos como parámetros de entrada en el software Sigmaplot versión libre y a través de regresiones no lineales; se aplicaron 13 modelos (Sigmoidal 3, 4 y 5 parámetros; Logístico 3, 4 parámetros; Weibull 4, 5 parámetros; Gompertz 3, 4 parámetros; Hill 3, 4 parámetros; Chapman 3, 4 parámetros). Se seleccionan los modelos de mejor ajuste y se obtienen las respectivas curvas en S.

**Fase 3.** Se validaron los puntos de inflexión de las curvas obtenidas teniendo en cuenta los datos estadísticos arrojados por el software Sigmaplot: R<sup>2</sup> ajustado, valor t, valor P y Durbin Watson (DW). En los casos en los que el software no arrojó el punto de inflexión (o existieron grandes diferencias en los años calculados por los diferentes modelos) se realizó la segunda derivada del modelo o los modelos ajustados, a través del software MATLAB R2013a.

**Fase 4.** De acuerdo al punto de inflexión, se determinó el estado de la tecnología y se establecieron las conclusiones para evaporación y secado. En la figura 2, se muestra un diagrama de flujo, de la metodología empleada para este trabajo.

**Figura 2.** Diagrama de flujo de la metodología.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3. Resultados y Análisis

A continuación, se presentan las ecuaciones de búsqueda realizadas en evaporación y secado para artículos y patentes (tabla 1), las cuales fueron utilizadas en bases de datos especializadas para conocer la cantidad de publicaciones (por año), hasta el primer semestre del año 2016. Para la búsqueda de artículos se utilizó la base de datos Scopus y para patentes Free Patents Online (FPO).

**Tabla 1.** Ecuaciones de búsqueda en artículos y patentes.

Tecnologías	Ecuación de Búsqueda Artículos	Ecuación de Búsqueda Patentes
Evaporación	TITLE-ABS-KEY ("evaporation" AND fruit, AND concentration, AND NOT bovine, AND NOT sputtering, AND NOT drying, AND NOT calcination, AND NOT leaching AND NOT color AND NOT ligand-exchange, AND NOT lyophilization AND NOT pasteurization AND NOT crystallization AND NOT chromatography)	ABST/ evaporation AND fruit AND concentration AND NOT drying AND NOT pulmonary AND NOT mosquitoes AND NOT frame
	TITLE-ABS-KEY ("drying fruits", AND NOT evaporation, AND NOT sublimation, AND	

Secado	NOT lyophilization, AND NOT vegetables, AND NOT evapotranspiration, AND NOT plants, AND NOT microorganisms, AND NOT bacteria, AND NOT yeasts, AND NOT probiotic culture)	ABST/ dried food industry, AND fruits, AND NOT pharmaceutical, AND NOT textile
--------	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos respecto a los artículos y patentes de cada tecnología, mediante el uso del software Sigmaplot, se realizó la validación (tabla 2) respecto al punto de inflexión, el DW y el modelo que mejor se ajustó para cada ecuación.

**Tabla 2.** Datos de artículos y patentes.

Tecnologías	Punto de Inflexión		D.W.		Modelo	
	Artículos	Patentes	Artículos	Patentes	Artículos	Patentes
Evaporación	2013 - 2016	2002 - 2011	0.3685	0.8028	Sigmoidal 3 - sigmoidal 4 - sigmoidal 5 parametros, logistico 3 - logistico 4 parametros	Sigmoidal 3 - sigmoidal 4 - sigmoidal 5 parametros, logistico 3 - logistico 4 parametros, Weibull 5 parametros
	2025	2016			Gompertz 4 parametros	Gompertz 3 - Gompertz 4 parametros
Secado	2009 - 2013	2010 - 2011	0.9108	0.3068	Sigmoidal 3 - sigmoidal 4 parametros, logistico 3 - logistico 4 parametros, Gompertz 3 Gompertz 4 parametros	Sigmoidal 3 parametros, logistico 3 parametros
		2035			Gompertz 3 parametros	

Fuente: Elaboración propia con datos del software Sigmaplot.

A modo de ejemplo se muestran algunos datos obtenidos sobre artículos (tabla 3) y patentes (tabla 4) en la tecnología de secado.

**Tabla 3.** Datos obtenidos sobre artículos en Secado.

Años	Artículos	Artículos acumulados	Años	Artículos	Artículos acumulados	Años	Artículos	Artículos acumulados
1966	2	2	1983	1	11	2000	6	46

1967	0	2	1984	1	12	2001	8	54
1968	0	2	1985	0	12	2002	11	65
1969	0	2	1986	0	12	2003	14	79
1970	2	4	1987	0	12	2004	11	90
1971	0	4	1988	0	12	2005	19	109
1972	1	5	1989	0	12	2006	32	141
1973	1	6	1990	0	12	2007	45	186
1974	0	6	1991	1	13	2008	16	202
1975	0	6	1992	2	15	2009	14	216
1976	1	7	1993	3	18	2010	24	240
1977	0	7	1994	2	20	2011	31	271
1978	0	7	1995	3	23	2012	23	294
1979	0	7	1996	3	26	2013	26	320
1980	2	9	1997	2	28	2014	28	348
1981	0	9	1998	7	35	2015	22	370
1982	1	10	1999	5	40	2016	5	375

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

-----

**Tabla 4.** Datos obtenidos sobre patentes en Secado.

<b>Años</b>	<b>Patentes</b>	<b>Patentes acumuladas</b>	<b>Años</b>	<b>Patentes</b>	<b>Patentes acumuladas</b>	<b>Años</b>	<b>Patentes</b>	<b>Patentes acumuladas</b>
1943	1	1	1968	0	4	1993	10	121
1944	1	2	1969	0	4	1994	16	137
1945	0	2	1970	0	4	1995	8	145
1946	0	2	1971	2	6	1996	8	153

1947	1	3	1972	3	9	1997	8	161
1948	0	3	1973	2	11	1998	12	173
1949	1	4	1974	2	13	1999	10	183
1950	0	4	1975	4	17	2000	13	196
1951	0	4	1976	3	20	2001	13	209
1952	0	4	1977	1	21	2002	16	225
1953	0	4	1978	4	25	2003	18	243
1954	0	4	1979	2	27	2004	13	256
1955	0	4	1980	2	29	2005	16	272
1956	0	4	1981	10	39	2006	13	285
1957	0	4	1982	4	43	2007	17	302
1958	0	4	1983	5	48	2008	13	315
1959	0	4	1984	3	51	2009	20	335
1960	0	4	1985	5	56	2010	21	356
1961	0	4	1986	6	62	2011	17	373
1962	0	4	1987	3	65	2012	20	393
1963	0	4	1988	10	75	2013	27	420
1964	0	4	1989	7	82	2014	22	442
1965	0	4	1990	8	90	2015	27	469
1966	0	4	1991	10	100	2016	3	472
1967	0	4	1992	11	111			

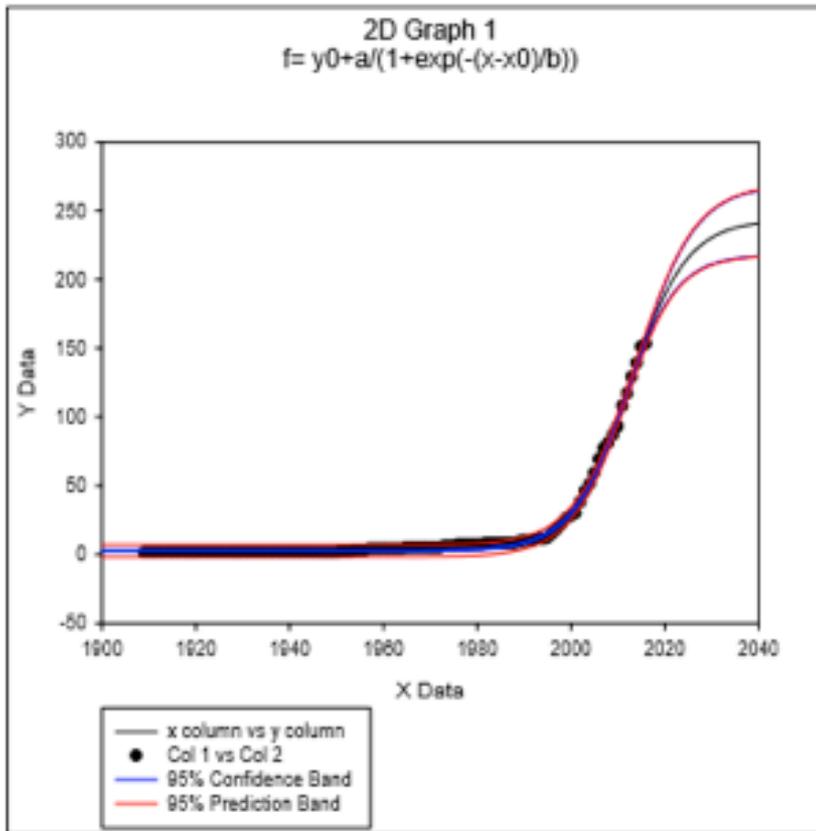
Fuente: Elaboración propia con datos de FPO.

Después de aplicar los 13 modelos para la serie de datos de artículos (figura 3) y patentes (figura 4) en las tecnologías de secado y evaporación, se muestran a modo de ejemplo algunas de las curvas en S de los modelos ganadores arrojadas por el software Sigmaplot.

**Figura 3.** Ciclo de vida las tecnologías en artículos.

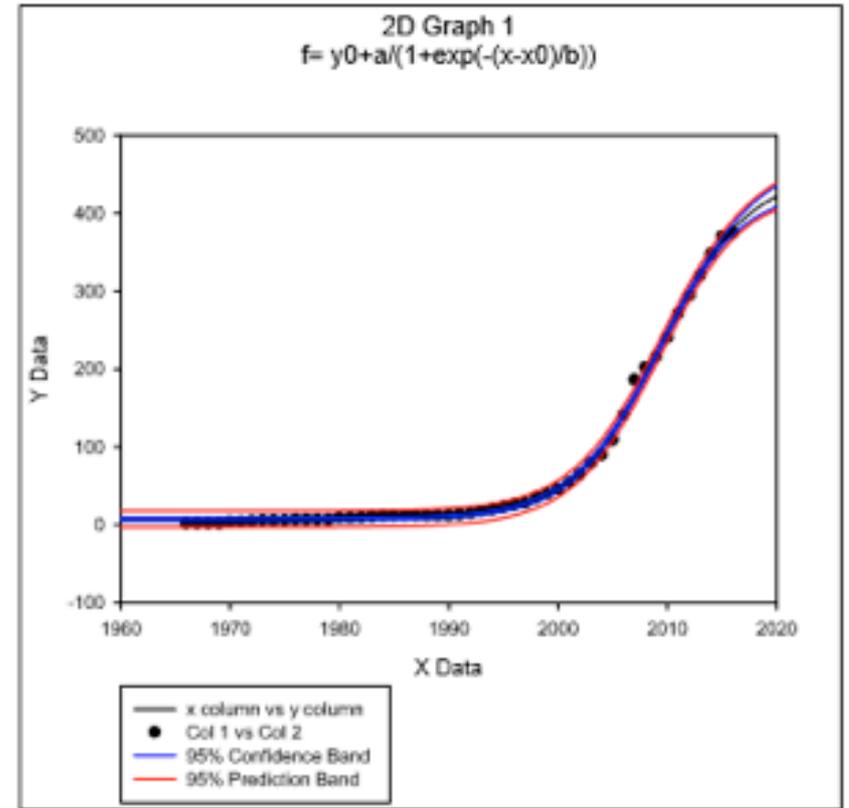
## Evaporación

Sigmoidal 5 parámetros

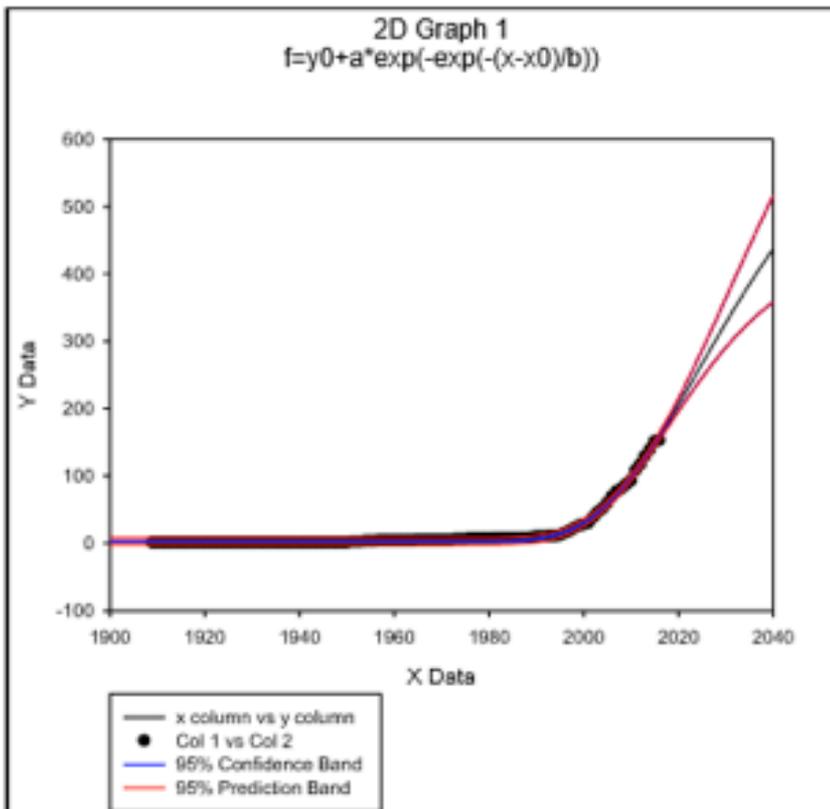


## Secado

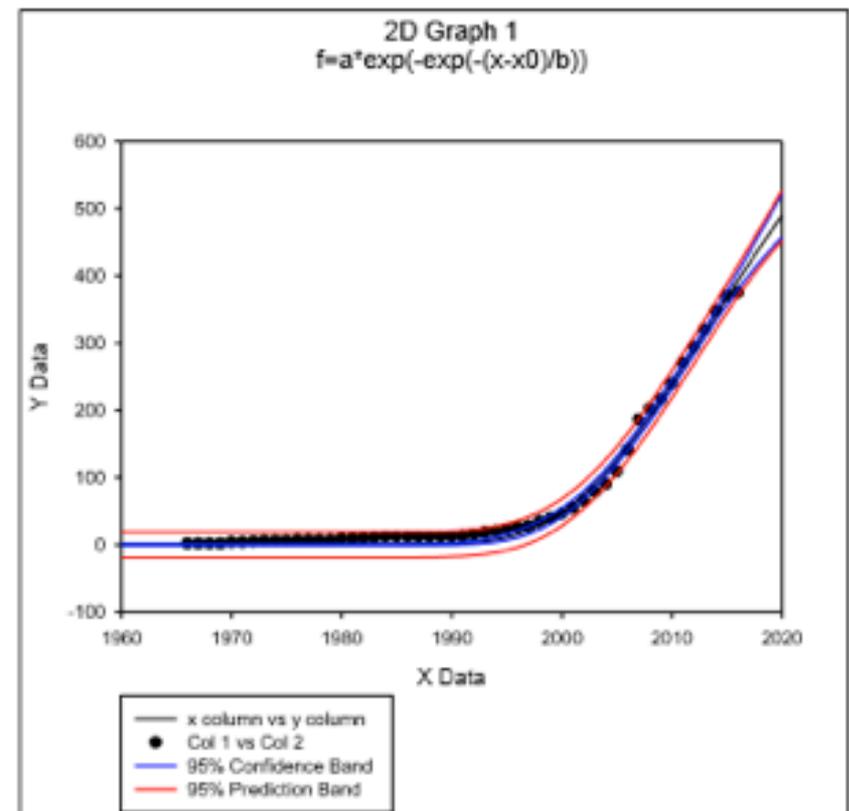
Sigmoidal 4 parámetros



Gompertz 4 parámetros



Gompertz 3 parámetros



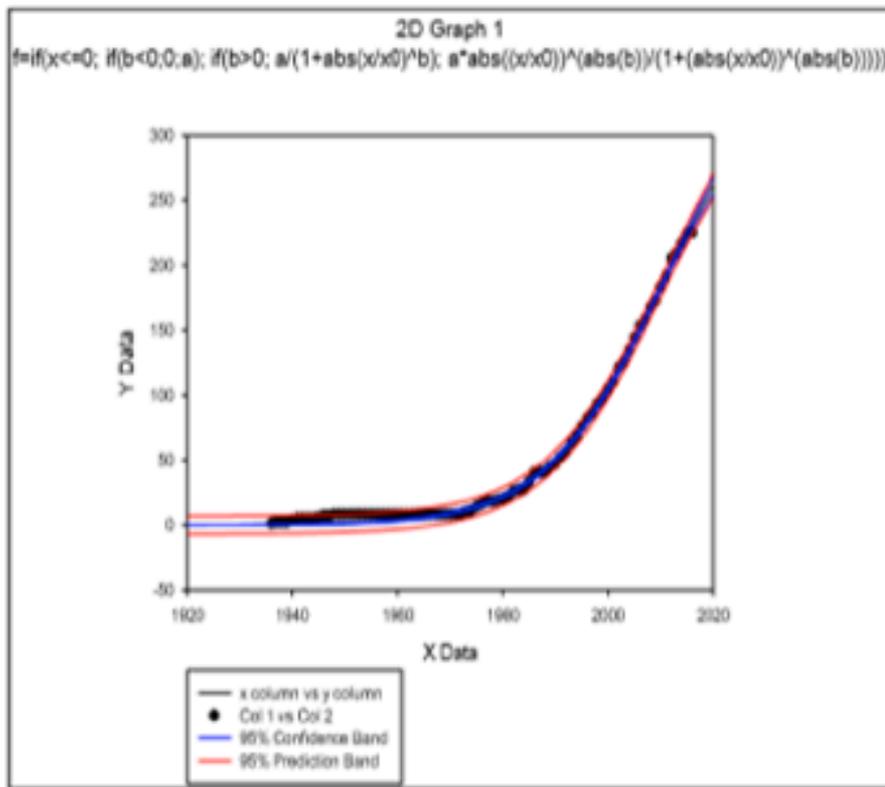
Fuente: Software Sigmaplot.

-----

**Figura 4.** Ciclo de vida las tecnologías en artículos.

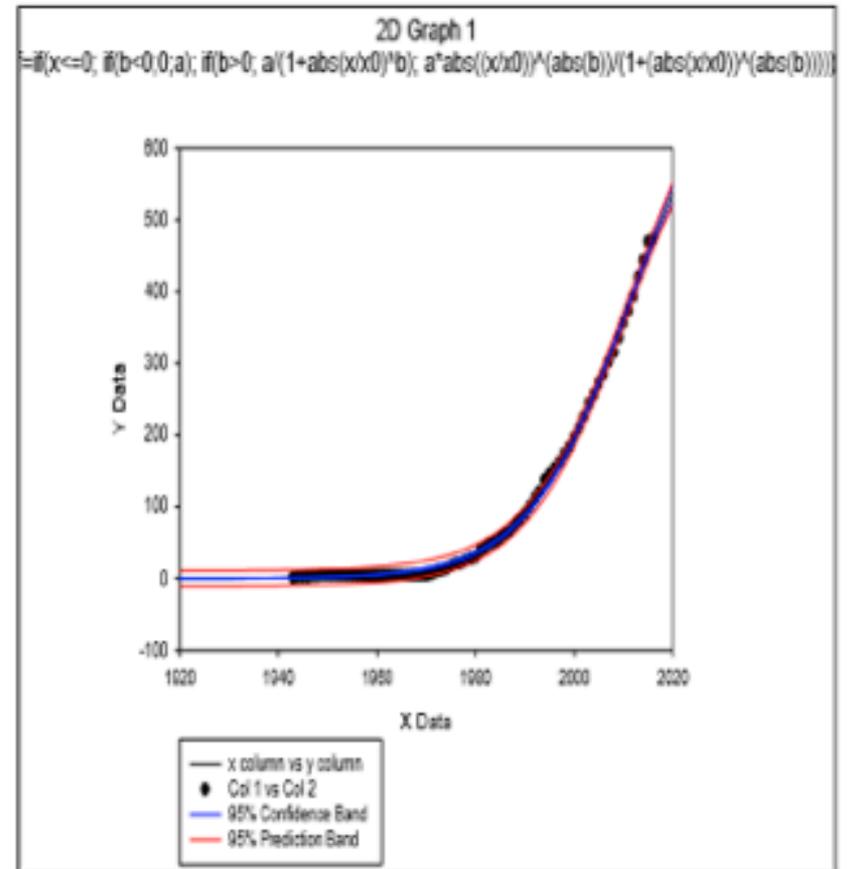
## Evaporación

Logístico 3 parámetros

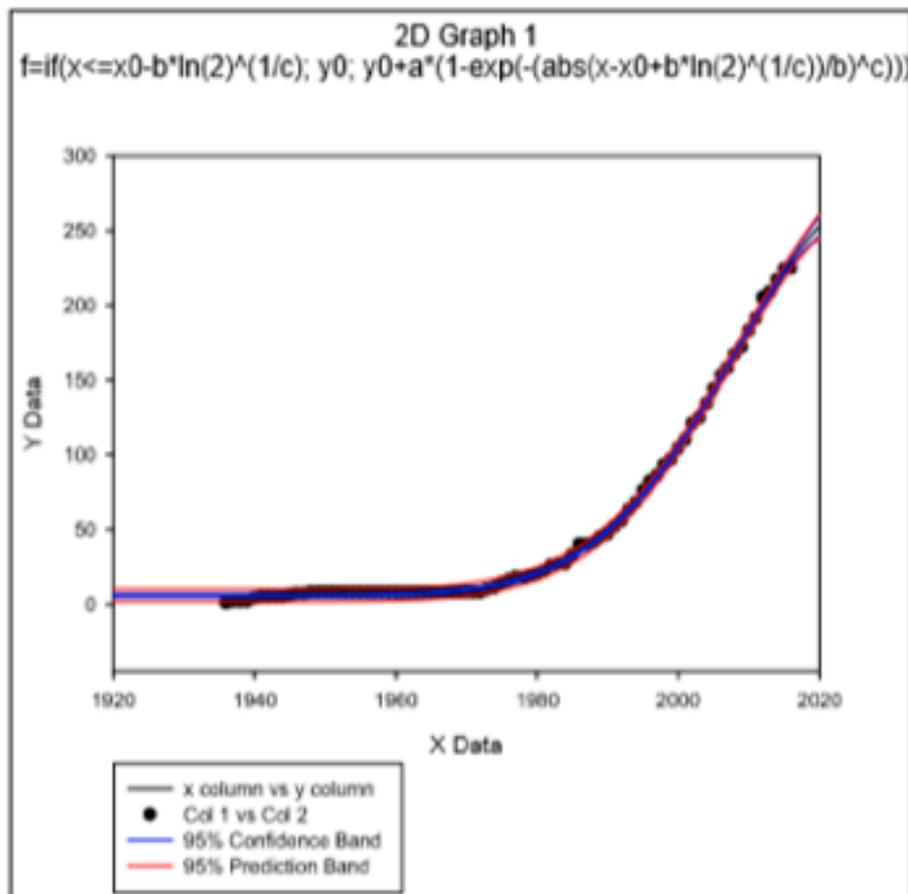


## Secado

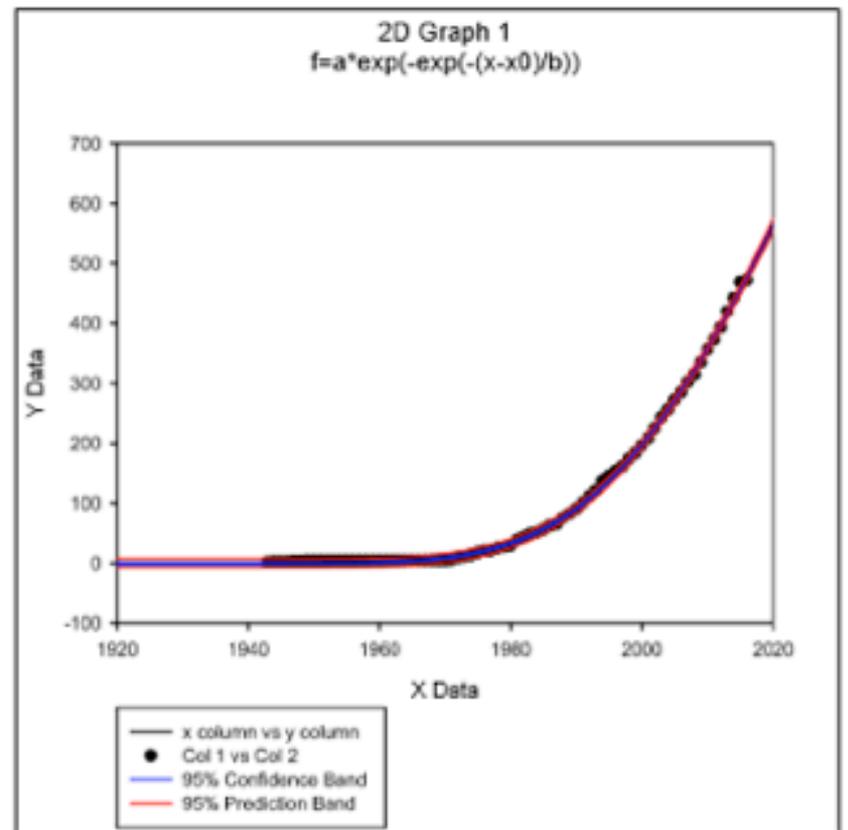
Logístico 3 parámetros



Weibull 5 parámetros



Gompertz 3 parámetros



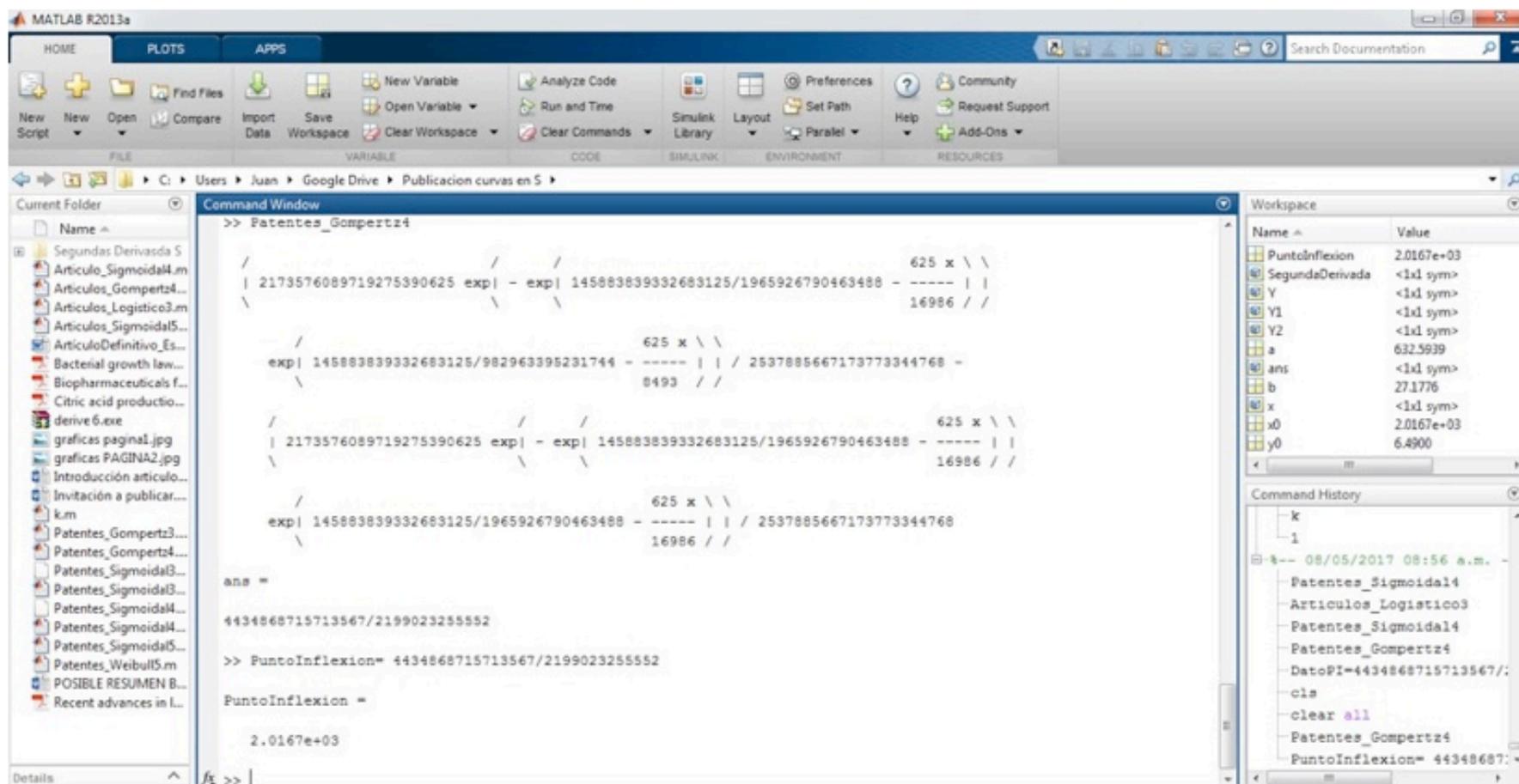
Fuente: Software Sigmaplot.

Para la selección de los puntos de inflexión con mayor precisión, se realizó una validación con la segunda derivada de las ecuaciones obtenidas en el software Sigmaplot.

Con relación a las curvas en S en evaporación, con énfasis en frutas, los puntos de inflexión obtenidos con SigmaPlot presentaban dos horizontes de tiempo: en artículos punto de inflexión en el periodo 2013-2016 o 2025 mientras que para patentes también se presentaban dos escenarios: en el punto de inflexión del periodo 2002-2011 o a futuro en el 2017 o 2041 (ver

tabla 2). Para validar los datos en evaporación se utilizó el procedimiento de segunda derivada a través del software MATLAB R2013a, el cual arrojó para artículos el año 2024.377 y para patentes 2016.745, lo cual coincide con los horizontes de tiempo a futuro en artículos de evaporación (2025) y en el presente para patentes de evaporación (2016-2017). Un pantallazo de como se obtenía la segunda derivada, se muestran en la figura 5.

**Figura 5.** Interfase del software MATLAB R2013a.



Fuente: Software MATLAB R2013a.

En conclusión, los datos del punto de inflexión para las dos tecnologías analizadas se muestra en la Tabla 5:

**Tabla 5.** Puntos de inflexión con segunda derivada para artículos y patentes.

Tecnología	Artículos	Patentes
Secado	2009-2013	2010-2011
Evaporación	2024-2025	2016-2017

**Fuente:** Elaboración propia.

Los modelos ganadores en secado son Sigmoidal, Logístico y Gompertz en artículos y Sigmoidal y Logístico para patentes; en ejercicios anteriores (ZARTHA, ARANGO, & MORENO, 2014) el modelo ganador en secado fue el de Hill, sin embargo, el énfasis de la ecuación de búsqueda era en secado continuo en alimentos, mientras que en patentes el modelo ganador fue el modelo Sigmoidal lo cual coincide con los resultados de este estudio. En otro estudio previo realizado en (ZARTHA, ARANGO, HERNÁNDEZ, MEDINA, & OROZCO, 2015) también en secado resultó, como modelo ganador el Sigmoidal.

En cuanto a evaporación los modelos ganadores en este estudio fueron: Sigmoidal y Logístico para artículos y Sigmoidal, Logístico y Weibull para patentes; en el trabajo de de Zartha, et al (2015), relacionado con 11 tecnologías en alimentos los modelos ganadores en artículos para

evaporación fueron Sigmoidal y Gompertz en artículos y en patentes los modelos ganadores fueron Sigmoidal, Logístico y Gompertz, lo que permite concluir que existen coincidencias en el modelo Sigmoidal para artículos y Sigmoidal y Logístico para patentes, aunque el énfasis del ejercicio de 2015 fue en alimentos y evaporadores de película.

El punto de inflexión en secado validado con la segunda derivada arrojó valores anteriores al año 2017, tanto para artículos como para patentes (Tabla 5), esto quiere decir que la tecnología se encuentra en una fase de madurez o declive, de acuerdo con Ortiz y Pedroza (2006), la estrategia es no sobreinvertir y de acuerdo con Perez (2001) y Perez (2004) (Pérez, 2001), la tecnología se encuentra en fase de madurez y ya no se recomienda ejercer mecanismos de derecho de protección.

En artículos la dinámica de publicación en Scopus, sobre la tecnología de secado relacionada con la ecuación de búsqueda específica es menor, reflejada en el periodo 2009-2013. Lo que indica que la tasa de publicaciones después de este período ha disminuido hasta la actualidad. Lo que tiene que ver con patentes en secado, la dinámica de patentamiento ha disminuido, presentando su punto de inflexión en el periodo 2010-2011, lo que indica que la tasa de patentamiento desde esa época hasta la actualidad ha sido menor.

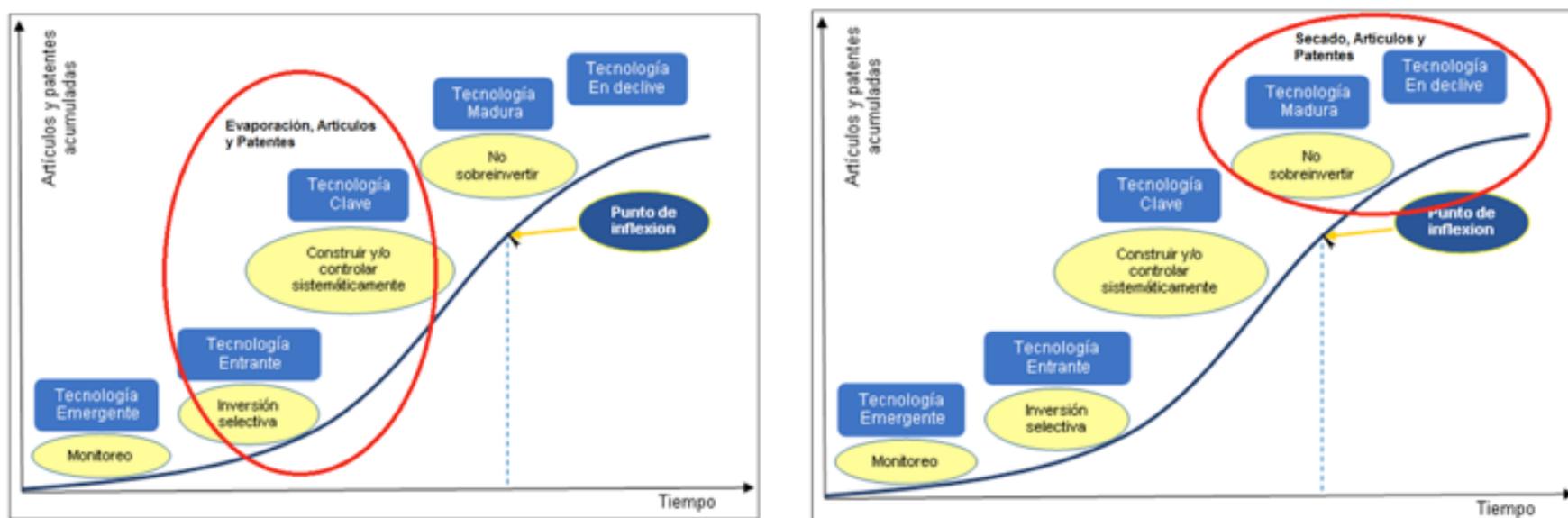
Desde el punto de vista de (Ortiz & Pedroza, 2006) la tecnología de evaporación no ha llegado a las fases de madurez o declive, es decir, es una tecnología entrante o clave, desde el punto de vista de los mecanismos de derecho tecnológico y propiedad intelectual aún es el momento de ejercer estos mecanismo (Pérez 2001), (Pérez 2004), y desde el punto de vista de estrategias de monitoreo e inversión, podrían ser útiles las estrategias de inversión selectiva, construir y/o controlar sistemáticamente (Ortiz & Pedroza, 2006).

En cuanto artículos para evaporación, la tasa de publicaciones sigue siendo alta, es decir, la dinámica de publicaciones en las revistas en Scopus es alta. Esto puede ocurrir porque se están publicando nuevas aplicaciones, nuevos usos en evaporación de frutas o innovaciones, nuevos equipos en nuevas frutas o nuevas frutas en equipos tradicionales e innovadores.

En cuanto a patentes en evaporación, la dinámica de patentamiento ha disminuido, presentando su punto de inflexión en el período 2016-2017, lo que indica que, en el año 2017, está comenzando el período de inflexión y la tasa de patentamiento ha disminuido hasta la actualidad, la estrategia es no sobreinvertir.

Finalmente, de una manera gráfica se muestra la fase en la que se encuentran las tecnologías de acuerdo a los puntos de inflexión (figura 6).

**Figura 6.** Ciclo de vida de evaporación y secado después del análisis



**Fuente:** Modificado de Ortiz y Pedroza, (2006).

## 4. Conclusiones

El modelo de Sigmoidal aplicó satisfactoriamente a secado en patentes tanto en esta investigación como en los dos ejercicios anteriores tomados como referencia.

En evaporación coincide el modelo Sigmoidal para artículos y Sigmoidal y Logístico para patentes esto en cuanto a comparación con ejercicios anteriores.

La dinámica o tasa de patentamiento tanto para secado como para evaporación es menor y anterior al año 2017, fecha de realización de este estudio, aspecto que puede tenerse en cuenta por parte de los interesados en ejercer mecanismos de derecho tecnológico y propiedad intelectual.

En los cuatro aspectos analizados (artículos y patentes para secado y evaporación) solo uno de ellos arrojó un punto de inflexión a futuro, los artículos en evaporación, lo que sugiere que en la actualidad la dinámica de publicaciones en evaporación aún sigue siendo alta.

### 4.1. Limitaciones

En este artículo se trabajaron los parámetros de desempeño de artículos y patentes acumulados en el tiempo, se sugiere para nuevos estudios en estas mismas tecnologías, tener en cuenta otros parámetros de desempeño como son las citas o parámetros de eficiencia de las tecnologías.

Adicionalmente, debe tenerse especial cuidado con los puntos de inflexión a futuro, ya que los cálculos realizados por el software no tienen en cuenta factores de cambio en los años siguientes al momento del cálculo, por lo que hacer pronósticos en tecnología e innovación es complicado o riesgoso.

---

## Referencias bibliográficas

AGUILAR, S. Á. (2012). Las curvas en S como herramienta para la medición de los ciclos de vida de productos. *Journal of Technology Management & Innovation*.

Alan, S., Foust, L., Curtis, W., Louis, C., Andersen, B. (2006). Principios de Operaciones Unitarias. Tihuaca, México. Editorial Compañía continental.

ARANGO, J., & DUQUE, H. (2015). *Análisis de la difusión de automóviles particulares en diferentes ciudades de Colombia por medio de curvas en S*. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.

Geankopolis, C. (2011). Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación. Filadelfia, Estados Unidos. Editorial Alay ediciones.

KUCHARAVY, R. D. (2007). Application of S-Shaped Curves. *TRIZ-Future Conference 2007: Current Scientific and Industrial Reality*, 81-88.

Mccabe, W., Smith, J., Harriot, P. (2007). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Editorial Mcgraw-hill.

MERCADO, H. (2013). *Las curvas en "S" como herramienta para evaluar el desempeño de las innovaciones en la formación del programa jóvenes rurales emprendedores – Sena*. Medellín, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.

Ocon, J., Tojo, G. (1967). Problemas de Ingeniería Química. España. Editorial Aguilar.

ORTIZ, S., & PEDROZA, A. (2006). ¿Qué es la gestión de la innovación y la tecnología? *Journal of Technology Management and Innovation*, 64-82.

PÉREZ, C. (2001). Cambio tecnológico y las oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL*, 115-136.

PÉREZ, C. (2004). Technological revolutions, paradigm shifts and socio-institutional change.

*Globalization, Economic Development and Inequality*, 217-220.

SCHILLING, M., & ESMUNDO, M. (2009). Technology S-curves in renewable energy alternatives: Analysis and implications for industry and government. *Journal Energy Policy*, 1767–1781.

SHILLING, M. (2013). *Strategic management of technological innovation*. New York: McGraw-Hill, 4a edición.

TIDD, J., & BESSANT, J. (2013). *Managing Innovation*. Reino Unido: Integrating Technological Market and Organizational Change, 5ª edición.

Treybal, R. (1997). Operaciones de transferencia de masa. Mcgraw-hill.

Valiente, A. (2012). Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria. México. Editorial Limusa.

VILLA, E. (2015). *Análisis de la Gestión de Tecnologías Emergentes (GTE) en grupo de investigación colombiano e identificación de brechas respecto a referentes internacionales*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional.

VirtualPlant. Complejo Agroindustria [Consultado el 20 de abril de 2017].  
<http://upb.virtualplant.co/my-courses>

ZARTHA, J. W., ARANGO, B. A., & MORENO, R. Z. (2014). Análisis del ciclo de vida de la tecnología a través de curvas en S: Aplicación en operaciones unitarias en alimentos. *Espacios*. Vol. 35 (Nº 7).

ZARTHA, J. W., ARANGO, B. Á., HERNÁNDEZ, R. Z., MEDINA, J. G., & OROZCO, G. L. (2015). Curvas en S y análisis de cluster en ciclo de vida de la tecnología : Aplicación en 11 tecnologías en alimentos. *Espacios*. Vol. 36 (Nº 12) .

ZARTHA, J. W., AVALOS, A., URREA, S., & HERNÁNDEZ, F. (2009). Metodología para la medición de innovaciones tecnológicas aplicada a empresas del sector agroindustrial. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 89-98.

---

1. Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Correo electrónico de contacto: [juan.oviedo@upb.edu.co](mailto:juan.oviedo@upb.edu.co)

2. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Correo electrónico de contacto: [valentina.urrea@upb.edu.co](mailto:valentina.urrea@upb.edu.co)

3. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Correo electrónico de contacto: [christian.zuluaga@upb.edu.co](mailto:christian.zuluaga@upb.edu.co)

4. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana). Correo electrónico de contacto: [luism.rodriguez@upb.edu.co](mailto:luism.rodriguez@upb.edu.co)

5. Estudiante de Administración Tecnológica, Facultad de Ciencias Económicas y Administración. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo electrónico de contacto: [johnzarta91@hotmail.com](mailto:johnzarta91@hotmail.com)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 51) Año 2017

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados