

Métodos para medir experimentalmente el envejecimiento de la literatura científica

ROSARIO RUIZ BAÑOS

Biblioteca de Andalucía

RAFAEL BAILÓN-MORENO

Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

El envejecimiento de la literatura científica se cuantifica utilizando el modelo de Brookes. Los métodos estadísticos derivados de este modelo y que se analizan son los siguientes: el de las citas máximas, el de la semi-vida, el de Griffith et al., el gráfico de Brookes y el de la regresión lineal por mínimos cuadrados. Se ilustran cada uno de estos métodos con un ejemplo práctico y se comparan los resultados obtenidos. Finalmente se describen las posibles causas de error en la determinación del envejecimiento de la literatura científica.

PALABRAS CLAVE: Envejecimiento, Ley de Brookes, Métodos matemáticos.

Methods to measure experimentally the ageing of scientific literature

The ageing of scientific literature is measured using Brookes' model. The statistical methods obtained from this model and analysed herein are the following: maximum citation, halflife, Griffith et al.'s method, Brookes' graphic analysis and least-square linear regression. Each of this method is illustrated with practical examples and results obtained are compared. Finally, possible causes of error in the determination of the ageing of scientific literature are described.

KEYWORDS: Ageing. Brookes' Law. Mathematical models.

1. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de la literatura científica está originado por diversas causas concomitantes, de las que el crecimiento y el progreso de la ciencia son las principales. Es importante cuantificar este fenómeno, ya que nos aporta información valiosa para estudios de muy diversa índole y para la gestión de fondos documentales. Como todo proceso bibliométrico, la obsolescencia de la literatura científica es cuantificable y puede aplicarse a casos prácticos.

Podemos estudiar la dinámica evolutiva de una ciencia o de cualquiera de sus ramas, con sus cambios y sus transformaciones. Igualmente es posible conocer la trayectoria de una revista en cuanto a su vigencia en el tiempo¹. También se puede llevar a cabo un seguimiento de los trabajos publicados por un organismo, universidad, departamento, centro de investigación, etc.² o por un autor en particular.

Otra aplicación de la medida del envejecimiento es su utilización como instrumento para una política de expurgo racional en una biblioteca especializada³.

En cualquier caso, para cuantificar correctamente este fenómeno debemos saber en primer lugar qué es lo que vamos a medir; en segundo lugar es necesario hacer uso de las herramientas estadísticas apropiadas y finalmente ajustar las medidas obtenidas a un modelo matemático adecuado.

En los estudios sobre el envejecimiento o pérdida gradual de vigencia de una información, usualmente científica, existen dos aproximaciones posibles: tomando como partida un determinado momento en el tiempo, seguir el impacto que un cuerpo de literatura produce en la ciencia circundante medido a través de las citas que dicho conjunto recibe en los años siguientes; o, desde otra perspectiva, analizar la antigüedad de las referencias (o fuentes intelectuales) que este cuerpo de literatura ha utilizado y sobre las que apoya su propia aportación. En el primer caso, estudio diacrónico, el análisis es dinámico, se mueve a lo largo del tiempo para recoger la información que necesita. En el segundo caso, estudio sincrónico, el análisis es, en principio, estático, desde un punto temporal fijo, el presente usualmente, se examina el conjunto de la literatura utilizada y su frecuencia de uso en relación con la fecha de publicación. Es este último enfoque el que más puede relacionarse con los estudios sobre fondos de colecciones, cuya estructura es similar.

En la figura 1 se aclara gráficamente el significado tipológico de los estudios de envejecimiento. El modelo matemático que se aplica en cualquier caso es el propuesto por B.C. Brookes⁴, que está basado en una función exponencial decreciente y que nos permite poder utilizar diversos métodos estadísticos, sencillos y eficaces a la vez.

¹ RUIZ-BAÑOS, R., JIMÉNEZ-CONTRERAS, E. «Envejecimiento de la literatura científica en documentación. Influencia del origen nacional de las revistas. Estudio de una muestra». *Revista Española de Documentación Científica* (1996), vol. 19- nº 1, págs. 39-49.

² JIMÉNEZ-CONTRERAS, E., «Difusión internacional de la literatura científica granadina reciente (1975-87)», Tesis doctoral, Granada, 1993.

³ RUIZ-BAÑOS, R. «Un modelo de expurgo para las revistas científicas en bibliotecas universitarias». Comunicación presentada en las VIII Jornadas Bibliotecarias de Andalucía, Huelva, 12 al 14 de mayo 1994. Huelva.

⁴ BROOKES, B.C., «Obsolescence of special library periodicals: sampling errors and utility contours». *Journal of the American Society for Information Science* (1970), september-october, págs. 320-329.

En el presente trabajo vamos a analizar cinco métodos para medir experimentalmente el envejecimiento, comparar la calidad de los resultados que cada uno ofrece y evaluar los errores estadísticos que puedan producirse y su origen.

2. LEY DE BROOKES SOBRE EL ENVEJECIMIENTO

B. C. Brookes (1970) estableció por primera vez una ley matemática que describe la pérdida temporal de la utilidad de un conjunto de documentos. Según Brookes la UTILIDAD RESIDUAL de un volumen de una revista disminuye según una función exponencial decreciente, desde un valor máximo inicial, denominada UTILIDAD INICIAL o TOTAL, hasta una utilidad nula en un tiempo infinito. Es decir:

$$U(t) = U(0) a^t \quad [1]$$

donde:

U(t). Utilidad residual.

U(0). Utilidad inicial.

a. Factor de envejecimiento anual.

t. Edad de envejecimiento.

El factor de envejecimiento anual, **a**, toma valores entre 0 y 1, por lo que la ecuación [1] es siempre decreciente. Representa el tanto por uno a que se reduce la utilidad residual por cada año que pasa. Si $a=1$ no hay envejecimiento y si $a=0$ el envejecimiento es inmediato. Un factor de, por ejemplo, 0.8 nos indica que cada año la utilidad se reduce al 80% de la utilidad del año anterior, o, dicho de otra manera, tiene una pérdida del 20% anual.

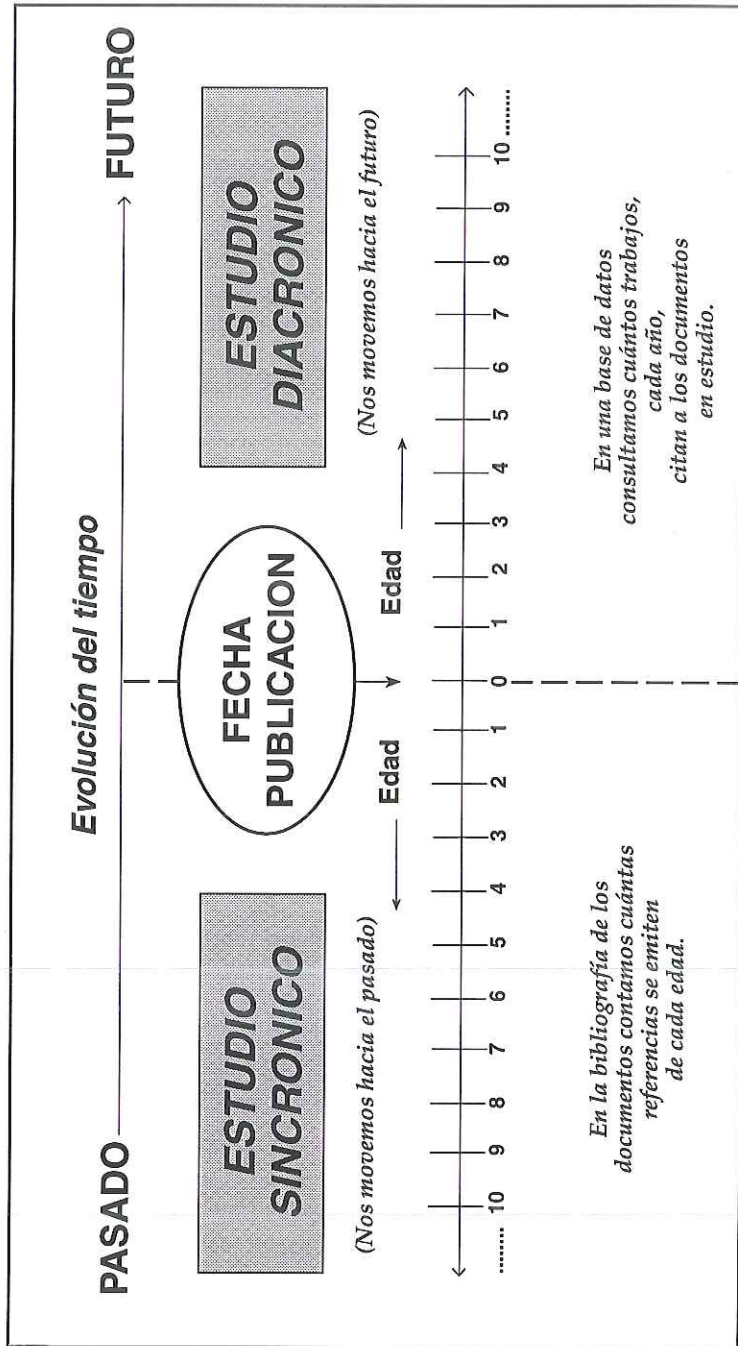
La edad de envejecimiento, **t**, es la diferencia, en años, entre un año considerado y el de publicación de los documentos.

La UTILIDAD TOTAL, **U(0)**, representa el número total de citas que se espera pueda recibir un conjunto de documentos al cabo de infinitos años (en estudios diacrónicos) o el total de referencias que ofrece ese conjunto de documentos sea cual sea su edad (en estudios sincrónicos). En cualquier caso, la utilidad se determina a través del recuento temporal de citas recibidas o de referencias ofrecidas. Si manejamos frecuencias relativas de citación, entonces $U(0)=1$.

Se define la semi-vida como la edad en la cual la utilidad, y por tanto, el número de referencias o de citas se reduce a la mitad. Si usamos frecuencias relativas, la condición anterior nos conduce a la expresión siguiente:

$$a^h = 0.5 \quad [2]$$

FIGURA 1
ESTUDIOS DE ENVEJECIMIENTO
Tipología



Por otra parte, Brookes, en su modelo introduce el concepto de factor de utilidad, que se define como:

$$u = \frac{1}{(1 - a)} \quad [3]$$

y además demuestra que:

$$R = u C \quad [4]$$

donde:

R. Número total de referencias (en valor absoluto).

C. Referencias del primer año.

Con todas estas expresiones deducidas y demostradas por el citado autor de la ley que lleva su nombre es posible medir rigurosamente el envejecimiento de la literatura científica.

3. MÉTODOS PARA DETERMINAR EL FACTOR DE ENVEJECIMIENTO ANUAL

Por lo anteriormente visto, en el modelo de Brookes el punto fundamental es la determinación del factor de envejecimiento anual, **a**. Se van a exponer a continuación cinco métodos para su cálculo. Para ello, vamos a utilizar, a modo de ejemplo y aplicación concreta, las referencias que ofrece el volumen 47 de la revista *Journal of Documentation* durante el año 1991 a toda la literatura científica (Tabla 1).

TABLA 1

Referencias de la revista Journal of Documentation. Volumen 47.

Año	Edad, t	Referencias/año
1991	0	20
1990	1	77
1989	2	65
1988	3	62
1987	4	50
1986	5	45
1985	6	25
1984	7	30
1983	8	40
1982	9	19
1981	10	22
1980	11	25
1979	12	22
1978	13	16
1977	14	16
1976	15	11

Referencias anteriores a 1976=139 - Total de referencias, R=684 - Referencias del máximo, C=77

Observamos que, aunque con oscilaciones, las referencias van disminuyendo conforme pasan los años. En la edad cero hay bastantes referencias, pero es en la edad de un año cuando se alcanza el máximo de citación. Esto suele ocurrir debido al retraso en la publicación de los trabajos.

3.1. Cálculo a partir del máximo de citas anuales, C

Si sustituimos la ecuación [3] en la ecuación [4], obtenemos:

Despejando, el factor de envejecimiento anual se determina, a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{C}{(1 - a)} \quad [5]$$

El factor de envejecimiento es igual a la unidad menos el tanto por uno que representan las referencias del año máximo respecto del total de referencias. La aplicación de este método requiere tan sólo conocer el total de referencias, R, y las del máximo, C. Es, por tanto, muy sencillo y da valores aproximados buenos.

En nuestro ejemplo:

$$C = 77$$

$$R = 684$$

$$a = 1 - 77/684 = 0.887$$

La pérdida anual de la utilidad, según este método, es de un 11.3% por término medio, quedando reducida a un 88.7% de la del año anterior.

3.2. A partir de la semi-vida, h

Anteriormente habíamos visto que la definición de semi-vida nos conducía a la ecuación [2]. Con las operaciones matemáticas adecuadas, se puede demostrar que el factor de envejecimiento se puede determinar con:

$$a = e^{\left(\frac{\ln 0.5}{h}\right)} \quad [6]$$

Es evidente que, como paso previo, debemos calcular h. Para ello acumulamos las frecuencias de citación desde la edad más antigua hasta la edad cero y las transformamos en frecuencias relativas (con utilidad inicial igual a la unidad). Esos cálculos están reflejados en la tabla 2. Las referencias acumuladas de la edad 15 son las referencias de más de 15 años más las no acumuladas de la edad 15 (139 + 11 = 150); las referencias de la edad 14 son las acumuladas de la edad 15 más las referencias no acumuladas de la edad 14 (150 + 16 = 166); y así sucesivamente. La

columna de utilidades se calcula dividiendo cada referencia acumulada por 684 que es el total de referencias registradas.

La semi-vida, h , es la edad en que la utilidad se reduce a 0.5 y según observamos en la tabla 2, esto ocurre entre la edad 6 y la edad 7. Para precisar más recurrimos a una interpolación:

$$\frac{(0.534 - 0.497)}{(6 - 7)} = \frac{(0.534 - 0.5)}{(6 - h)}$$

despejando, nos resulta que $h = 6.9$ años. Substituyendo en la ecuación [6] nos resulta:

$$a = e^{\left(\frac{\ln 0.5}{6.9}\right)}$$

$$a = 0.904$$

El valor obtenido es similar al del método anterior, con una diferencia de tan sólo 17 milésimas ($0.904 - 0.887 = 0.017$), que representa un error inferior al 2%.

Alternativamente, si no se desea aplicar la ecuación [6], y conocida la semi-vida, podemos determinar el factor de envejecimiento utilizando la tabla 3, o la figura 2.

TABLA 2
Referencias acumuladas y utilidad

Edad	Ref/año	Ref. Acum.	Utilidad
0	20	684	1.000
1	77	664	0.971
2	65	587	0.858
3	62	522	0.763
4	50	460	0.673
5	45	410	0.599
6	25	365	0.534
7	30	340	0.497
8	40	310	0.453
9	19	270	0.395
10	22	251	0.367
11	25	229	0.335
12	22	204	0.298
13	16	182	0.266
14	16	166	0.243
15	11	150	0.219

Más de 15 años ... 139

FIGURA 2
FACTOR ENVEJECIMIENTO ANUAL Y SEMI-VIDA
Factor envejecimiento anual, a

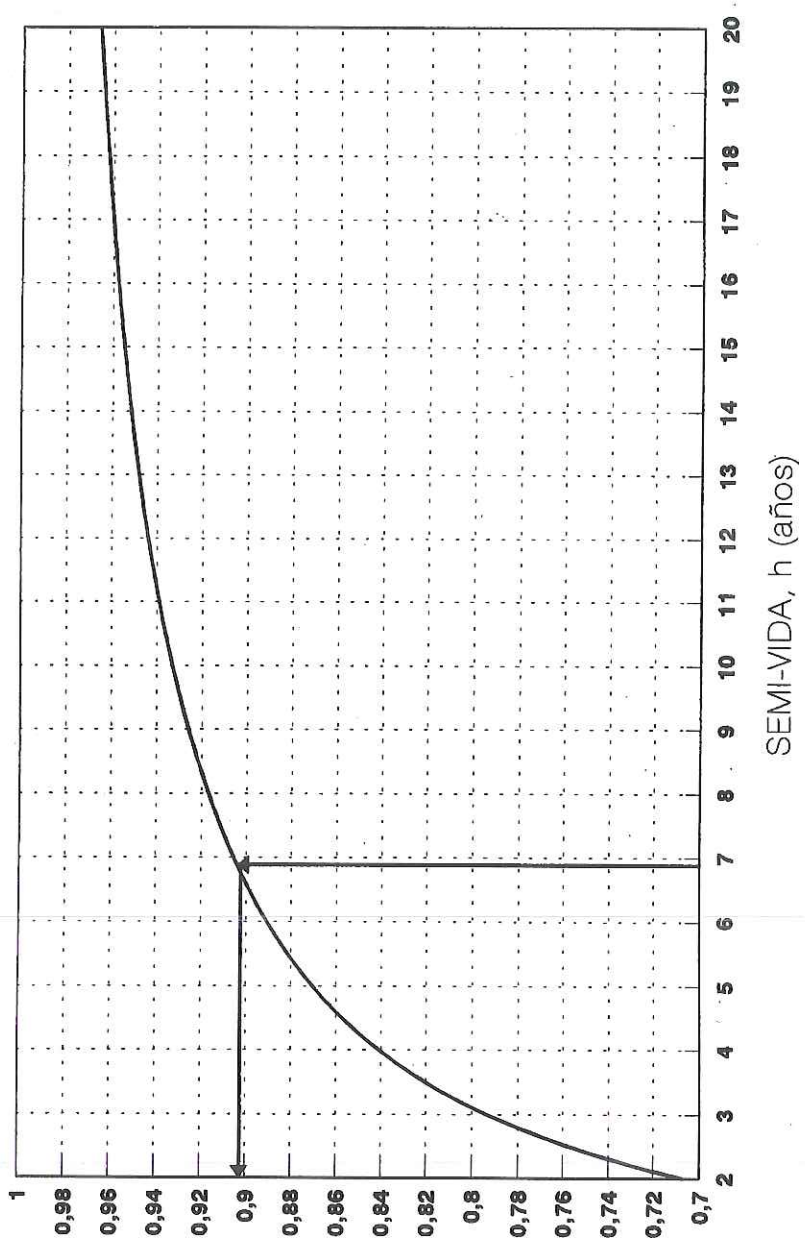


TABLA 3
Factor de envejecimiento a partir de la semi-vida

h, años	a	h, años	a
2.0	0.707	4.0	0.841
2.1	0.719	4.5	0.857
2.2	0.730	5.0	0.871
2.3	0.740	5.5	0.882
2.4	0.749	6.0	0.891
2.5	0.758	6.5	0.899
2.6	0.766	7.0	0.906
2.7	0.774	7.5	0.912
2.8	0.781	8.0	0.917
2.9	0.787	9.0	0.926
3.0	0.794	10.0	0.933
3.2	0.805	12.0	0.944
3.4	0.816	15.0	0.955
3.6	0.825	20.0	0.966
3.8	0.833	25.0	0.973

En la figura hemos entrado en el eje de abscisas con $h=6.9$, hemos trazado una línea vertical hasta cortar la curva y con una horizontal llegamos al eje de ordenadas. Sobre este eje leemos el factor de envejecimiento anual. El resultado es algo superior a 0.9, pudiéndolo fijar en 0.905 aproximadamente.

3.3. Método aproximado de Griffith

Este método aparece descrito en Griffith et alii⁵ y se basa en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{a} = \frac{U(t)-U(t+1)}{U(t+1)-U(t+2)} \quad [7]$$

despejando «a»:

$$a = \frac{U(t+1)-U(t+2)}{U(t)-U(t+1)} \quad [8]$$

El valor de t es una edad elegida arbitrariamente, representando $U(t)$ la utilidad de ese año, $U(t+1)$ la utilidad de la edad siguiente y $U(t+2)$ la de dos años más adelante.

⁵ GRIFFITH, B.C., SERVI, P.N., ANKER, A.L., DROT, M.C., «The aging of scientific literature: a citation analysis». *Journal de of Documentation*, (1979), vol. 35 - nº 3, págs. 179-196.

Consideremos para nuestro ejemplo la edad $t=2$ años, $U(2)=0.858$, $U(3)=0.763$ y $U(4)=0.673$. Aplicando la ecuación [8], obtenemos el siguiente resultado:

$$a = \frac{U(3)-U(4)}{U(2)-U(3)}$$

$$a = \frac{0.763-0.673}{0.858-0.763} = 0.97$$

El resultado obtenido es superior a los de los métodos anteriores. Si tomamos como edad base, $t=3$ o $t=8$, por ejemplo, los valores de a cambian drásticamente: $a=0.569$ y $a=0.483$ respectivamente. Concluimos, por tanto, que este método es poco estable, ya que dependiendo de la edad base, t , que consideremos, los resultados son muy dispares respecto a los otros métodos. Esta falta de estabilidad aparece cuando el descenso de la utilidad no se hace de una forma totalmente homogénea, como en nuestro ejemplo, en que las oscilaciones de un año a otro son fuertes. En casos como este es un método totalmente desaconsejable.

3.4. Método gráfico de Brookes

Este método es el que aconseja Brookes por su simplicidad y por sus resultados relativamente buenos; considerándose alternativo al método de regresión por mínimos cuadrados, más preciso, pero más complejo en sus cálculos. Hay que tener en cuenta que cuando Brookes desarrolló estos trabajos no existían ni siquiera las calculadoras científicas.

Se basa en representar en papel semilogarítmico las referencias acumuladas, o la utilidad, frente al tiempo. El eje de abscisas es el lineal y el de ordenadas el logarítmico. Esto es debido a que la ecuación [1] es linealizable si tomamos logaritmos neperianos en ambos miembros:

$$\ln U(t) = \ln U(0) + t \ln a \quad [9]$$

Observamos que la pendiente de la recta es:

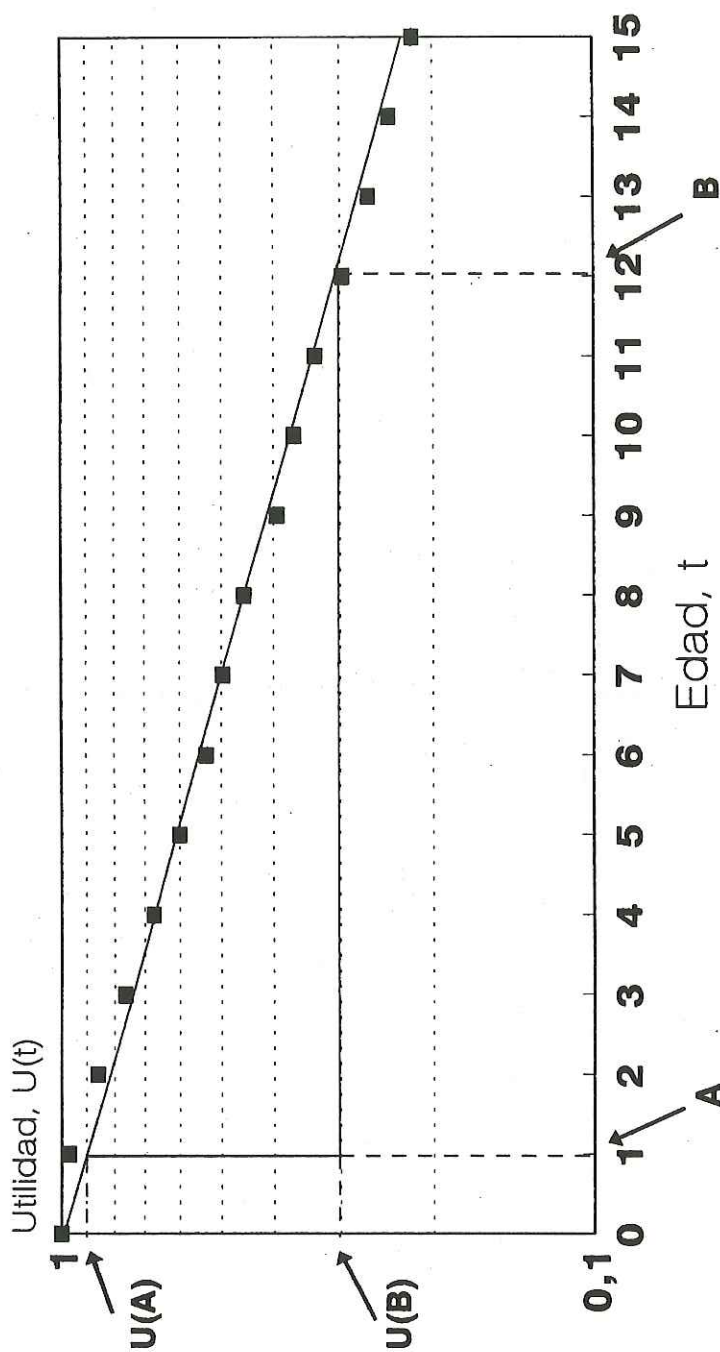
$$\text{pendiente} = \ln a \quad [10]$$

luego:

$$a = e^{\text{pendiente}} \quad [11]$$

En la figura 3 se han representado las utilidades del ejemplo. Se ha trazado «a ojo» la línea recta que mejor se aproxima a todos los puntos y de ella se ha determinado la pendiente. Tomadas dos edades de envejecimiento cualquiera, A y B, trazamos verticales hasta la línea recta dibujada y con horizontales leemos en el eje de ordenadas sus utilidades $U(A)$ y $U(B)$. La pendiente es el cociente entre el cateto vertical y el cateto horizontal del triángulo limitado por las diferencias de utilidades,

FIGURA 3
MÉTODO GRÁFICO (BROOKES)
Journal of Documentation



las diferencias de edades y la línea recta trazada. Como el eje de ordenadas está afectado por logaritmos, este cociente es el de la ecuación [12].

$$\text{pendiente} = \frac{\ln U(A) - \ln U(B)}{A - B} \quad [12]$$

En la figura 2 leemos los siguientes valores:

$$A = 1 \quad U(A) = 0.9$$

$$B = 12 \quad U(B) = 0.3$$

la pendiente será, según [12]:

$$\text{pendiente} = \frac{\ln 0.5 - \ln 0.3}{1 - 12} = \frac{-0.1054 - (-1.2040)}{-11} = -0.09987$$

y aplicando la ecuación [11]:

$$a = e^{-0.09987} = 0.905$$

el resultado es bastante coherente en relación a los obtenidos con el método del máximo de citas anuales y el método de la semi-vida.

3.5. Regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados

El método de los mínimos cuadrados es, sin duda alguna, el preferido en cualquier estudio estadístico en el que se requiera un máximo de rigor. Además de ser muy preciso, nos proporciona un parámetro sobre la bondad del ajuste entre los valores calculados y los observados.

Para poder aplicar la regresión lineal sobre la ecuación [1], previamente la linealizamos, tomando la forma descrita anteriormente en la [9]. Si denotamos por X_i los valores de las edades t y por Y_i los logaritmos de las utilidades $U(t)$, para los n pares de valores, la pendiente y la ordenada en el origen de la recta se determinan mediante las ecuaciones siguientes:

$$\text{pendiente} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad [13]$$

$$\text{Ordenada origen} = \frac{\sum X_i - \text{pendiente} \sum X_i}{n} \quad [14]$$

la bondad del ajuste viene dada por el valor del coeficiente de regresión lineal al cuadrado:

$$r^2 = \frac{[\sum (X_i Y_i) - \frac{\sum X_i Y_i}{n}]^2}{[\sum X_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}] [\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}]} \quad [15]$$

Mientras más cercano a 1 sea su valor, mejor es el ajuste de los datos al modelo de Brookes y por tanto más fiable el resultado obtenido. Si r^2 es mayor que 0.99 diremos que el ajuste es muy bueno. Para valores entre 0.9 y 0.99 el ajuste es mediocre y para coeficientes inferiores a 0.9 el ajuste es inaceptable.

En la Tabla 4 se determinan las sumas de los valores de X_i (edades t), Y_i ($\ln U(t)$), X_i^2 , Y_i^2 y $X_i Y_i$. Los resultados son los que aparecen debajo de cada columna. Si sustituimos en las ecuaciones [13], [14] y [15], la pendiente, la ordenada en el origen y el coeficiente de regresión valen:

$$\text{pendiente} = \frac{16 (-125.0299) - 120 (-11.9732)}{16 (1240) - (120)^2} = -0.10362$$

TABLA 4
Determinación de las sumas de X_p , Y_p , X_p^2 , Y_p^2 y $X_p Y_p$

t	U(t)	ln U(t)			
X_i		Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
0	1	0.0000	0	0.0000	0.0000
1	0.971	-0.0294	1	0.0009	-0.0294
2	0.858	-0.1532	4	0.0235	-0.3063
3	0.763	-0.2705	9	0.0732	-0.8115
4	0.673	-0.3960	16	0.1568	-1.5840
5	0.599	-0.5125	25	0.2626	-2.5625
6	0.534	-0.6274	36	0.3936	-3.7642
7	0.497	-0.6992	49	0.4888	-4.8942
8	0.453	-0.7919	64	0.6270	-6.3349
9	0.395	-0.9289	81	0.8628	-8.3598
10	0.367	-1.0024	100	1.0048	-10.0239
11	0.335	-1.0936	121	1.1960	-12.0299
12	0.298	-1.2107	144	1.4657	-14.5279
13	0.266	-1.3243	169	1.7537	-17.2154
14	0.243	-1.4147	196	2.0014	-19.8057
15	0.219	-1.5187	225	2.3064	-22.7803

sumas 120

-11.9732

1.240

12.6172

-125.030

$$\text{ordenada origen} = \frac{-11.9732 - (-0.10362) 120}{16} = 0.028825$$

$$r^2 = \frac{\left(-125.0299 - \frac{120 (-11.9732)}{16} \right)}{\left(12.6172 - \frac{(-11.9732)^2}{16} \right) \left(1240 - \frac{(120)^2}{16} \right)} = 0.998$$

Con la ecuación [11] calculamos el factor de envejecimiento anual:

$$a = e^{-0.10362} = 0.902$$

Análogamente, la utilidad estimada en el año cero, que se desviará ligeramente de la real, $U(0)=1$, se calcula con la ecuación siguiente:

$$U(0)_{\text{est.}} = e^{\text{ordenada origen}} \quad [16]$$

$$U(0)_{\text{est.}} = e^{0.028825} = 1.029$$

El coeficiente de regresión lineal al cuadrado es 0.998, muy cercano a la unidad; por lo que los resultados obtenidos son muy fiables, ajustándose perfectamente al modelo de Brookes.

4. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS Y ERRORES

4.1. Comparación de los métodos

En la tabla 5 se resumen los valores del factor de envejecimiento anual, a , calculados por los métodos anteriormente expuestos. La columna «% Diferencia» expresa el porcentaje de la desviación del a calculado con el método correspondiente respecto del valor obtenido mediante regresión lineal por mínimos cuadrados, que se considera a priori más exacto (Su error se calculará más adelante en el apartado 4.2.2).

Podemos concluir que salvo el método de Griffith, que como anteriormente comentamos es muy inexacto e inestable, los demás métodos dan valores prácticamente iguales, con diferencias inferiores al 2%.

4.2. Errores en la medida de la obsolescencia

A la hora de determinar los parámetros de la obsolescencia pueden cometerse una serie de errores que distorsionarán en mayor o menor grado las conclusiones que de ellos se obtengan. Vamos a analizar las causas más usuales de error y que deberemos tener siempre presentes cuando se aplique el modelo de Brookes.

TABLA 5
Comparación de los resultados obtenidos

MÉTODO	a	% Diferencia
Citas Máximas	0.887	-1.7
Semi - vida	0.904	0.2
	0.905	0.3
Griffith	0.947	5.0
0.569	-36.9	
0.483	-46.5	
Gráfico	0.905	0.3
Mínimos cuadrados	0.902	—

4.2.1. Dos grados de declinación simultáneos.

Una de las variaciones más usuales en el estudio de un tema científico es encontrar que dos grados de declinación operan simultáneamente: uno aporta un interés científico «inmediato» y el otro un interés más bien «histórico». Si el grado de declinación de estos dos tipos de intereses en la citación es muy marcado, observaremos que al representar en un diagrama semilogarítmico las citas acumuladas, no obtendremos una línea recta perfecta, sino dos tramos bien marcados con distinto factor de envejecimiento anual, a . En este caso, la solución consiste en realizar un análisis de las citas más cuidadoso, de tal manera que separemos las citas de interés «inmediato» de las de interés «histórico», determinando para cada caso su factor de envejecimiento independientemente.

4.2.2. Tamaño de la muestra.

Es evidente que si tomamos muestras de citas muy pequeñas, los resultados obtenidos deberán ser, estadísticamente, peores que los tomados con muestras grandes.

Sin entrar en deducciones engorrosas, se puede demostrar que el porcentaje de error en la determinación experimental del factor de envejecimiento de una muestra con « n » citas o referencias es:

$$\% \text{ Error de } a = \frac{-235.4 \ln(a)}{\sqrt{n}} \quad [17]$$

Observamos que el error disminuye con la raíz cuadrada del tamaño de la muestra, n , y con el incremento del factor de envejecimiento, a . En otras palabras, tendremos buenas determinaciones con muestras grandes y bajos envejecimientos (a alto) y malas con muestras pequeñas y elevado envejecimiento (a bajo).

En nuestro ejemplo, con $n=684$ referencias y $a=0.902$, según el método de los mínimos cuadrados, el error porcentual es:

$$\%Error\ de\ a = \frac{-235.4 \ln 0.902}{\sqrt{684}}$$

El error absoluto será, entonces, igual al producto del error porcentual por «a» dividido entre 100:

$$Error\ absoluto\ de\ a = \frac{(0.902)(0.93)}{100} = 0.008$$

La expresión correcta y bastante exacta del factor de envejecimiento anual, a, es:

$$a = 0.902 \pm 0.008$$

4.2.3. *Tamaño de los intervalos de edad.*

Cuando se realiza la serie geométrica acumulando las citas de año en año, estamos aproximando la distribución continua a esta serie de carácter discontinuo. Esto conlleva un error en la vida media, m, igual a la mitad de la clase de intervalo, d, que se tome en las edades para acumular las citas.

Si la acumulación se realiza de año en año, el error es de medio año. Si la acumulación es cada dos años, el error es de un año; etc.

4.2.4 *Errores gráficos.*

En las determinaciones gráficas con el diagrama semilogarítmico, cometeremos siempre un error que dependerá mucho del cuidado que pongamos al dibujar.

5. CONCLUSIONES

1. Los métodos para la determinación experimental del factor de envejecimiento anual, a, más adecuados son el del máximo de citación, el de la semi-vida (Half-life), el método gráfico de Brookes y el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

2. El método de Griffith es inadecuado debido a dos razones muy poderosas: por un lado a su inexactitud, ya que no da resultados comparables a los demás métodos y por otro a su inestabilidad, ya que dependiendo de la zona de la distribución que consideremos, los resultados pueden cambiar drásticamente.

3. Varios son los errores que pueden afectar al cálculo del factor de envejecimiento anual: la existencia de dos grados de declinación simultáneos, el tamaño de la muestra, el tamaño de los intervalos de edad y los errores gráficos. Todos ellos son controlables y de influencia predecible.

4. Se comprueba que el tamaño de la muestra que debemos tomar en un caso de rápido envejecimiento debe ser mayor que el tamaño de una muestra de un caso de envejecimiento lento.

NOMENCLATURA

a	Factor de envejecimiento anual.
C	Referencias del primer año, referencias.
e	Número «e» de valor 2.71828...
h	Semi-vida (Half-life), años.
n	Pares de valores.
R	Número total de referencias, referencias.
r²	Coefficiente de regresión lineal al cuadrado.
t	Edad de envejecimiento, años.
u	Factor de utilidad.
U(0)	Utilidad inicial.
U(0)_{est}	Utilidad estimada en el año cero.
U(t)	Utilidad residual
X_t	Edades t, años
Y_t	Logaritmo neperiano de U(t)

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA SOBRE ENVEJECIMIENTO

GROSS, P.L.K., y GROSS, E.M. College libraries and chemical education. *Science*, 1927, vol. 66, nº 28 octubre, p.385-389.

Nota: Analiza las referencias del volumen de la revista *Chemical Literature* de 1926 y encuentra que el número de referencias se reduce a la mitad, a los 15 años. Se considera el primer trabajo en el que aparece el concepto de obsolescencia.

BURTON, R.E., y KEBLER, R.W. The «half-life» of some scientific and technical literatures. *American Documentation*, 1960, vol. 11, nº 1, p. 18-22.

Nota: Determinan la vida media de las referencias de revistas de varias ciencias. Encuentran que la vida media depende del área temática considerada.

Se trata de la primera aplicación del concepto de vida media en el entorno de la Documentación.

BROOKES, B.C. Obsolescence of special library periodicals: sampling errors and utility contours. *Journal of the American Society for Information Science*, 1970, nº Sept-oct., p. 320-329.

Nota: En este trabajo B. C. Brookes establece su famosa ley exponencial negativa sobre envejecimiento, así como conceptos tan importantes como utilidad de un volumen de una revista, factor de utilidad y factor de envejecimiento anual. Introduce el método gráfico de medición de la obsolescencia, así como un análisis de errores y recomendaciones en la toma de muestras. Igualmente estudia la aplicación del concepto de utilidad al expurgo de las revistas científicas y su relación con la ley de Bradford. Este artículo es, sin duda, la referencia básica y principal en el tema de la obsolescencia.

SANDISON, A. Densities of use, and absence of obsolescence, in physic journal at MIT. *Journal of the American Society for Information Science*, 1974, nº May-jun., p. 172-182.

Nota: Después de un análisis de la densidad de uso de revistas sobre física en la biblioteca científica MIT, considera que el fenómeno del envejecimiento no existe. Este trabajo generó en su momento una fuerte controversia científica.

AVRAMESCU, A. Actuality and obsolescence of scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science*, 30, p. 296-303.

Nota: Introduce una ecuación para la obsolescencia ampliada, ya que no solo contempla el envejecimiento en sí, sino que tiene en cuenta el retraso en las publicaciones. La ecuación es muy interesante cuando se quiere hacer un ajuste de los valores experimentales bastante exacto. En cambio, desde el punto de vista práctico es algo engorrosa.

GRIFFITH, B.C.; SERVI, P.N.; ANKER, A.L., y DROTT, M.C. The aging of scientific literature: a citation analysis. *Journal of Documentation*, 1979, vol. 35, nº 3, p. 179-196.

Nota: Se realiza un análisis de citas aplicando la ley de Brookes, encontrándose que el fenómeno de envejecimiento existe. Determinan el factor de envejecimiento anual para numerosas revistas del S.C.I., y se rebate el trabajo de A. Sandison.

TERRADA, M.L.; CUEVA, A.D.L., y AÑÓN, R. La obsolescencia de la información científica en las publicaciones médicas españolas. *Revista Española de Documentación Científica*, 1979, vol. 2, nº 1, p. 9-32.

Nota: Es de los primeros trabajos sobre obsolescencia en España, muy extenso y laborioso. Hace un análisis por países y por idiomas.

WALLACE, D.P. The relationship between journal productivity and obsolescence. *Journal of the American Society for Information Science*, 1986, vol. 37, nº 3, p. 136-145.

Nota: Intenta encontrar una relación entre la productividad de las revistas y la obsolescencia. Observa que las revistas muy productivas son siempre poco vigentes y que las extremadamente vigentes son todas poco productivas. En la mayor parte de los casos, que son los intermedios, la relación entre ambas magnitudes es difusa.

EGGHE, L., y RAVICHANDRA RAO, I.K. Citation age data and the obsolescence function: fits and explanations. *Information Processing & Management*, 1992, vol. 28, nº 2, p. 201-217.

Nota: Tras un análisis muy meticuloso, observa que el factor de envejecimiento anual no es estrictamente constante a lo largo del tiempo, tomando un valor mínimo a los seis o siete años.

EGGHE, L. On the influence of growth on obsolescence. *Scientometrics*, 1993, vol. 27, nº 2, p. 195-214.

Nota: Demuestra que el crecimiento de la ciencia modifica los valores de la obsolescencia medidos experimentalmente, incrementándolos en estudios sincrónicos y disminuyéndolos en estudios diacrónicos. Matemáticamente muy complejo.

EGGHE, L.; RAVICHANDRA RAO, I.K., y ROUSSEAU, R. On the influence of production on utilization functions: obsolescence or increased use? *Scientometrics*, 1995, vol. 34, nº 2, p. 285-315.

Nota: Usando el operador convolución, en casos discretos y continuos, sincrónicos y diacrónicos, encuentra las fórmulas definitivas que demuestran la influencia del crecimiento en la obsolescencia. Este trabajo redescubre más elegantemente los resultados obtenidos en el artículo de 1992.

RUIZ-BAÑOS, R., y JIMENEZ-CONTRERAS, E. Envejecimiento de la literatura científica en documentación. Influencia del origen nacional de las revistas. Estudio de una muestra. *Revista Española de Documentación Científica*, 1996, vol. 19, nº 1, p. 39-49.

Nota: Aplicación del modelo de obsolescencia de la información propuesto por B. C. Brookes a un conjunto de revistas especializadas en el ámbito de la documentación. Los resultados obtenidos revelan dos ritmos de envejecimiento diferentes en las referencias de las revistas: un envejecimiento moderado para revistas pertenecientes a los países de la órbita anglosajona y otro para las revistas de los países que no utilizan el inglés como vehículo de comunicación científica, en el que la literatura envejece más rápidamente.