

ESTIMACIÓN DUN MODELO DETERMINISTA PARA A POSICIÓN DO REINO UNIDO NO IDH, 1990-2010

Jesús Manuel PLAZA LLORENTE*

Universidade Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid

Resumo: Neste traballo estúdase a relación entre a innovación e a posición do Reino Unido no índice de desenvolvemento humano. O contraste do modelo resultou robusto para o caso da economía británica e a súa capacidade de innovación entre 1990 e 2010, así como a súa facultade de predición para a evolución cíclica no período estudado.

Palabras chave: IDH, Índice de Desenvolvemento Humano, modelos deterministas, complexidade, aprendizaxe.

Códigos JEL: C30, O40, B40, A12.

Specification and testing of a deterministic economic growth model

Abstract: This article analyses the relationship between innovation and the position of the UK in the Index of Human Development. The deterministic model proposed here, had been demonstrated sound according our analysis capacity, empirical experience and knowledge reached on stylized facts, like economic fluctuations and links between innovation and IDH position. The contrast of the model has proved robust in the case of the British economy and its capacity for innovation between 1990 and 2010 as well as its predictive power to cyclical developments in the period studied.

Key words: HDI, human development index, deterministic models, complexity, learning, UK.

1. INTRODUCCIÓN

Para a proposta e discusión do modelo que se realiza neste traballo, tomouse como punto de partida o marco conceptual da análise determinista que está constituída a partir dos principios de Aperiodicidade, Previsibilidade e Dependencia sensible ás condicións iniciais, sinalou Plaza (2012). A partir deste punto, especificarase un modelo estrutural, biecuacional e simultáneo de información completa, contrastándoo para o comportamento da economía británica no período 1990-2010, seguindo a liña de traballos anteriores sobre a aplicación da dinámica dos sistemas complexos na economía (Fernández, 1994 e 2000), e os realizados para estudar o mercado español de capitais (Grau, 1996), o comportamento complexo dos modelos keynesianos (Jovero e Luyardo, 2006), as relacións económicas internacionais (Olier, 2011) ou a relación entre crecemento económico e innovación (Bassanini, Scarpetta e Visco, 2000; King, 2004).

* Jesús Manuel Plaza Llorente. Universidade Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais. Departamento de Economía da Empresa e Contabilidade. C/Senda del Rey, 11 28040 Madrid.

¹ A escolla do caso da economía británica para contrastar o modelo obedece a dúas razóns. A primeira é que, no traballo de Plaza (2012) xa se estimaran os parámetros dunha das ecuacións, polo que a devandita tarefa non se realizará de novo aquí. A segunda razón é que, para o caso británico, foi posible atopar datos accesibles para contrastar a segunda ecuación do modelo e, consecuentemente, o modelo enteiro.

Este artigo consta de cinco apartados. Despois desta primeira sección introdutoria, na segunda faise referencia á tipoloxía dos sistemas dinámicos e a terceira adícase a especificar o modelo determinista mencionado no parágrafo anterior. A fin de contrastar de forma empírica o modelo proposto, no cuarto apartado do artigo formalízase o devandito modelo para a economía británica entre 1990 e 2010. Finalmente, na quinta e última sección deste traballo, discútense o alcance, uso potencial e limitacións do modelo proposto, concluindo sobre a súa posible utilidade para a investigación, sinalándose tamén cuestións susceptibles de abordar por futuras investigacións.

2. Tipoloxía dos sistemas dinámicos en función da estabilidade e da capacidade de predición

Cadro nº 1. Tipoloxía dos sistemas dinámicos

		-	Estabilidade	+
+	Capacidade de predición	Caóticos puros		Caóticos deterministas periódicos ou recurrentes
		Aleatorios puros		Caóticos deterministas aperiódicos ou non recurrentes
-				

Fonte: Plaza (2012).

Como se aprecia no Cadro nº 1, con respecto á Capacidade de Predición e á Estabilidade, os sistemas dinámicos (entre eles os de natureza económica) pódense clasificar como: caóticos (complexos) puros, aleatorios, deterministas periódicos e deterministas aperiódicos.

Por analogía co dominio da Física, os sistemas complexos e a complexidade véñense estudando a partir das concomitancias existentes entre os sistemas de control e comunicación propios das máquinas e os seres vivos (cibernética), a teoría xeral de sistemas e a dinámica non lineal (Maldonado e Gómez, 2010; Sanjuán, 2007 e 2012). A relación entre a Física e a Economía non é recente (Carrete, 2012). Xa Jevons (1871, pp. 61-81) concibiu a economía coma unha ciencia físico-matemática por tratar sobre magnitudes cuantitativas susceptibles de tratamento e comparación.²

Dende unha perspectiva determinista, se aplicamos ao estudo do crecemento económico o que a física clásica apréndenos sobre determinismo (Seoane, Zambrano e Sanjuán, 2008),

2

↑ A formulación pola que a Economía pode avanzar (como a Física) mediante a construción e contraste de modelos púxose de relevo por Pulido (2002) no senso de que, os modelos constitúen ferramentas imprescindibles xunto coas posibilidades que modernamente ofrecen os novos desenvolvementos estatísticos, as tecnoloxías da información e o que veuse denominar “Big Data”; no que se refire ao cómputo, tratamento e explotación de gran cantidade de datos empíricos, susceptibles de uso para elaborar e contrastar as teorías e hipóteses que fundamentan o avance científico propio da Economía e outras ciencias (McKinsey Global Institute, 2011).

atopamos que o terceiro dos posibles niveis de análise de Prigogine (1977) permite fundamentar a historia dos acontecementos económicos como procesos temporais, irreversibles e deterministas.

Economía, complexidade e teoría do caos

Como sinalan Gleik (1998) e Alvarellos *et al.* (2004) a moderna teoría do caos⁴ xurde como unha póla da física matemática para estudar os sistemas que amosan sensibilidade exponencial (dependencia sensible) a pequenos cambios nos seus estados ou condicións iniciais. Nos sistemas deterministas do Cadro nº 1, as ecuacións de evolución xeran secuencias que varían dende: 1) as altamente regulares (sistemas periódicos), 2) non regulares (sistemas aperiódicos), 3) recorrentes e predicibles pero inestables (sistemas caóticos puros) e, 4) as que (en ocasións) son indistinguibles no seu resultado dun proceso aleatorio, que conforman os sistemas estocásticos puros (Taleb, 2007).

Autores como James Clark Maxwell, Jacques Hadamard, Pierre Duhem e Henri Poincaré figuran como os científicos pioneiros que advertiron da posibilidade matemática e a importancia física dos sistemas complexos a comezo do século pasado; porén, só coa chegada das modernas computadoradoras (arredor de 1950) foi posible explorar as propiedades dos sistemas caóticos de forma empírica, para estender despois a súa aplicación ao estudo de fenómenos propios de ciencias como as da Organización (Navarro, 2000) e a Economía, en campos tales como ⁵o estudo das flutuacións dos prezos das materias primas ou o comportamento das cotizacións bolsistas (Varela e Ricoy, 2012).

Nela mesma, a *complexidade dun sistema* é un concepto dinámico (Bertalanffy, 1951) na medida na que os sistemas observados na natureza, como é o caso dos sistemas económicos, non amosan o mesmo grao de complexidade ao longo da súa historia (Hrebick e Joyce, 1985). Dende o punto de vista do investigador, o ideal é poder conceptualizar cada fenómeno estudado, especificar un modelo explicativo do mesmo e contrastalo, resolvendo o sistema de ecuacións e calculando o valor dos parámetros en cada momento. Nembargantes, a complexidade do sistema e a súa evolución temporal, pode facer necesario reformular periodicamente o seu modelo explicativo como consecuencia da aparición de cambios estruturais no fenómeno estudado que, consecuentemente, inducen cambios tamén estruturais no modelo que trata de explicalo, ben sexa de natureza estocástica ou determinista.

3. ESPECIFICACIÓN DUN MODELO DETERMINISTA ENTRE O NIVEL DE DESENVOLVEMENTO (POSICIÓN NO IDH) E A INNOVACIÓN NO REINO UNIDO REPRESENTADA POLAS PATENTES

O modelo biecuacional, simultáneo e con información completa que se especifica a continuación, propónse como xeneralización para un ámbito económico espacio-temporal

3 Os outros dous son: o asociado á dinámica cuántica e o asociado aos procesos irreversibles a través da función de Lyapounov.

4 Teoría do caos ou Teoría da complexidade. Estes dous termos aparecen na literatura como sinónimos e así ocorre tamén neste traballo. A razón de que isto sexa así, máis que conceptual, é terminolóxica; a partir das acepcións pexorativas que moitas veces se atribúe á voz "caos".

5 O Bloque Temático do Volume 21, núm. 1 (xuño de 2012) da *Revista Galega de Economía* adícase ao estudo das relacións existentes entre a Física, a Economía e a Complexidade, con aportacións de autores aos que se fai unha recensión neste artigo.

definido (economía, país, rexión ou outros) do sistema obtido por Plaza (2012) de forma empírica.⁶

O devandito modelo especificase mediante dúas ecuaciónes. A primeira delas é unha relación entre a Posición no Índice de Desenvolvemento Humano (IDH) e o logaritmo do tempo:

$$Y (\text{IDH})_{ti} = Y_{i0} + b_i * \ln (t) \quad (1)$$

A segunda ecuación do modelo, que denominamos *Función de innovación*, explícitase como:

$$Z (\text{nivel de innovación})_{ti} = \varphi_i (Y_{ti}), \quad (2)$$

onde:

"t", é a variable tempo ($t > 0$) como regresor de Y,

"ln", expresa a función do logaritmo neperiano,

"i", refírese a cada ámbito espacio-temporal investigado,⁷

"Yo", parámetro estimado, representa a dependencia do nivel de (Y) das condicións iniciais, estruturais ou de partida na orixe do tempo. Tamén, dependendo do carácter da investigación, pode representar o marco institucional de partida (Alfonso, 1999).

"b", parámetro estimado, representa a evolución dinámica (velocidade ou rapidez) con que se produce ou ten lugar a evolución da Posición no IDH.

φ_i , nunha función propia de cada ámbito económico investigado, explicativa do nivel de innovación (Zti) correspondente para cada nivel (Yti) da Posición no IDH.

Para o modelo, (Yti) é unha variable endóxena dependente do tempo (t), determinada polas condicións iniciais ou estruturais de partida en $t=1$ (orixe do tempo), representadas polo parámetro "Yi0", e a velocidade, progresión ou capacidade da economía para aumentar o valor da Posición no IDH, representada polo parámetro "bi". Deste xeito, o parámetro "Yi0" representa a *historia económica acumulada da variable dependente* ata $t=1$; coherente coa afirmación de Kuznets (1941) e Fogel (1993) relativa á vantaxe que supón para os investigadores coñecer a historia, para conceptualizar de forma adecuada os problemas económicos que estudan e a presenza neles de situacións continxentes. Como elementos adicionais para a discusión da especificación proposta da ecuación de Yti, cabe citar que o seu rendemento é decrecente con respecto a "t" e que, de forma monótona crecente, chégase a un nivel de Y para valores elevados de "t" que é suficientemente estable como para asimilalo ao estado estacionario.

Na ecuación de innovación, a variable Yti é explicativa para outra Zti endóxena, representativa do nivel de innovación (OCDE, 2006; Innometrics, 2012) propio do nivel de desenvolvemento investigador acadado por cada economía (i) en cada momento do tempo (t). A relación funcional entre Zi e Yi, vai determinada por unha función φ_i característica da economía ou sistema "i" investigado. Tamén, e no caso de existir a función inversa de φ ,

6 Modernamente o concepto clásico de Desenvolvemento Económico e a súa medida tradicional, usando o PIB per cápita como indicador, está sendo ampliado e complementado. Así, por exemplo, o Programa das Nacións Unidas para o Desenvolvemento (PNUD), referíndose ao *Desenvolvemento Humano* (<http://www.undp.org/content/undp/es/home.html>) e á Organización para a Cooperación e o Desenvolvemento Económico (OCDE) creou o *Índice para unha vida mellor* (www.oecdbetterlifeindex.org).

7 Ámbito expresa, en sentido amplo, unha unidade espacio-temporal definida. Por exemplo: a Economía española en 2012 ou a Economía británica no período 1990-2010.

8 Denominamos "parámetro" a un valor fixo (un número Real), por contraposición a "variable" cuxo valor non é fixo, por depender ou ser unha relación funcional dependente (endóxena) doutra variable independente ou esóxena.

esta función permite explicar a evolución de Y a partir do nivel de innovación acadado por un sistema económico (i) concreto.

4. FORMALIZACIÓN, CONTRASTE E RESULTADOS DA MODELIZACIÓN DETERMINISTA PARA A ECONOMÍA BRITÁNICA ENTRE 1990 E 2010

5.

Segundo a hipótese que sustenta o modelo especificado no apartado anterior, a Posición no IDH (Y_{ti}) é un fenómeno dinámico aperiódico, predicible e dependente das condicións estruturais de partida da economía investigada. Ao mesmo tempo, e mediante a segunda ecuación do modelo, Y_{ti} posúe capacidade explicativa sobre o nivel de innovación acadado (Z), e pódese establecer a relación recíproca mediante a función inversa de ϕ .

O contraste da ecuación (1) do modelo, aplicada ao caso da economía británica entre 1990 e 2010, obtívose de forma empírica como resultado de realizar un axuste estatisticamente significativo da Posición no ránking do Índice de Desenvolvemento Humano (IDH) ¹⁰do Programa das Nacións Unidas para o Desenvolvemento (PNUD). Para iso tomouse $t(1990) = 1$ como orixe de tempos, ao ser ese o momento no que se iniciaba a serie IDH-PNUD como indicador elixido (posición dun país no IDH). Para o caso do Reino Unido, a devandita ecuación resultou ser: $Y_{uk} = 7,78 + 2,98 \ln(t)$, (Plaza, 2012).

Na hipótese de que tal ecuación representa a tendencia a longo prazo, da Posición no IDH da economía británica, procura verificar a existencia dun Ciclo como compoñente inobservado. A fin de clasificar a natureza dos ciclos, investigouse a que resulta dos traballos clásicos de Hansen (1941) e Kalecki (1956) que, contrastada empiricamente, ¹¹resúmese no Cadro nº 2.

A presenza dun compoñente cíclico no caso estudado, a partir dos residuos entre os valores observados e os calculados polo modelo (Álvarez, 1998), determinouse mediante o seu cálculo no Cadro nº 3:

9

γ En *Etapas* (Rostow, 1961; pp. 220) sinala que: "Neste punto coido que todos estamos de acordo en que o crecemento é a consecuencia da absorción progresiva e eficiente pola economía de novas tecnoloxías". Ou, como expresa Kuznets [*The economic take-off*, pp. 22], "detrás de todo isto, atópase o acervo crecente de coñecementos útiles derivados da ciencia moderna e a capacidade da sociedade, impulsada polo acicate da ideoloxía moderna, para desenvolver as institucións que permitan unha maior explotación do potencial de **crecemento** proporcionado por ese acervo crecente de coñecementos".

10

γ Para construír o Índice de Desenvolvemento Humano (IDH) o Programa das Nacións Unidas para o Desenvolvemento (PNUD) pondera os seguintes factores: vida longa e saudable (esperanza de vida ao nacer), educación (anos de educación promedio e anos esperados de educación) e nivel de vida digno (PIB per cápita). Coa publicación anual deste índice, o PNUD recolle os niveis de desenvolvemento relativos dos países comparados ano a ano.

11

γ Para o caso da economía dos EEUU tamén son notables os traballos de Denison (1985).

Cadro nº 2. **Tipoloxía de flutuacións e ciclos económicos nos EEUU 1787-1941**

Denominación	Duración media (anos)	Período de cómputo (anos)	Rango de variación (anos)
Ondas longas, De benestar: (<i>Aufschwungsspanne</i>)	28 30 23	1787-1815 1843-1873 1897-1920	nd
De malestar: (<i>Stockungsspanne</i>)	28 24	1815-1843 1873-1897	
Ciclo da construción residencial	17,3 17,5 18,7 17,0	1830-1934 1864-1934 1878-1934 1900-1937	nd
Ciclo longo	8,3 8,3 8,0	1795-1937 1837-1937 1857-1937	Entre 6 e 12 anos
Ciclo curto	3,5 3,5 3,3	1807-1937 1857-1937 1890-1937	Entre 2 e 6 anos
Ciclo da produción textil	2,0	nd	nd
Ciclos de prod. porcina e de cereais-gando	Entre 3 e 5 anos	nd	nd

Fonte: elaboración propia a partir de Hansen (1941) e Kalecki (1956).

Cadro nº 3. **Índice IDH para o Reino Unido (Yuk) 1990-2010. Residuos da ecuación (1)**

t (anos)	Yuk observado	Yuk calculado	Residuo	Patentes
1	10	7,779	2,221	19.300
2	11	9,849	1,151	19.230
3	10	11,059	-1,059	18.848
4	10	11,918	-1,918	18.727
5	10	12,585	-2,585	18.384
6	18	13,129	4,871	18.630
7	16	13,589	2,411	18.184
8	15	13,988	1,012	17.938
9	14	14,340	-0,340	19.530
10	10	14,655	-4,655	21.333
11	10	14,939	-4,939	22.050
12	14	15,199	-1,199	21.423
13	13	15,438	-2,438	20.264
14	13	15,659	-2,659	20.426
15	12	15,865	-3,865	19.178
16	15	16,058	-1,058	17.833
17	18	16,239	1,761	17.484
18	16	16,410	-0,410	17.375
19	21	16,571	4,429	16.523
20	26	16,724	9,276	15.985

Fonte: elaboración propia a partir de Plaza (2012). Para a Patentes a fonte é: "Banco Mundial. Número de patentes realizadas por residentes no Reino Unido".

Para verificar a robustez da análise anterior, o seus resultados comparáronse cos obtidos ao analizar a evolución da taxa de variación trimestral do PIB británico (PIBquk) entre 1990 ¹²e 2010, en canto á serie histórica libre de tendencia. ¹³Os resultados inclúense no Anexo.

Contraste da función de innovación (Zti)

Mediante un procedemento paralelo ao seguido para estimar os parámetros da ecuación (1) (Yti), contrastouse a ecuación (2) (Función de Innovación (Zti)). Como variable explicada (Zti), representativa do nivel de innovación, tomouse o “Número de patentes realizadas por residentes no Reino Unido” (1990-2010), a partir ¹⁴da evidencia amosada por Archibugi (1996), Freel (2005) e Hidalgo, Molero e Granda (2007) sobre a validez dos rexistros de patentes e o seu valor representativo do nivel de innovación. O resumo descritivo da serie temporal de patentes usada para a análise figura no Cadro 6 seguinte.

Cadro nº 6. **Número de patentes realizadas por residentes no Reino Unido (1990-2010). Análise descritiva**

Rango	6560
Media	18769
Desviación típica	1730
Coefficiente de Variación (%)	9

Fonte: elaboración propia con datos do Banco Mundial.

Para o regresor (Yti) ensaiouse como variable explicativa ¹⁵a “Posición do Reino Unido no Índice de Desenvolvemento Humano do PNUD (1990-2010)”, Y(IDH), do Cadro 3. O axuste que resultou significativo foi:

$Z = 22.618 - 261,4 Y(\text{IDH})$, como se resume no Cadro 7 que figura a continuación:

Cadro nº 7. **Contraste da función de innovación (Zti, número de patentes 1990-2010 de residentes no Reino Unido) tomando como regresor o Nivel de desenvolvemento humano Y(IDH) 1990-2010**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error tip.	Beta		
1 (Constante)	22618.139	930.314		24.312	.000
IDH (UK)	-261.375	63.285	-.698	-4.130	.001

Fonte: elaboración propia con datos de IDH-PNUD.

12 Vid. <http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2009/nov/25/gdp-uk-1948-growth-economy>

13 Seguindo a Álvarez (1998, pp. 87) a serie histórica de taxas de variación está libre de tendencia.

14 <http://datos.bancomundial.org/>

15 A escolla realizada neste traballo non esgota outras posibilidades amosadas pola literatura. Así, por exemplo, para as comparacións internacionais úsase a miúdo como indicador o “PIB per cápita” que, á súa vez, descomponse como suma do crecemento debido á produtividade aparente e o crecemento debido á evolución do emprego do factor traballo (OCDE, 2010).

6. CONCLUSIONES: UN APRENDIZAJE POSIBLE DESDE LA COMPLEJIDAD

En el presente artículo se retoma la tradición determinista aplicada al estudio de la Posición en el IDH (indiciaria del nivel de desarrollo) y la innovación (representada por el número de patentes), en cuanto que hechos económicos o resultado de procesos económicos dinámicos y complejos. Una primera conclusión nos lleva a afirmar que los supuestos que configuran la teoría de los sistemas dinámicos, el determinismo epistémico y la teoría del caos (o de la complejidad), ofrecen soporte conceptual suficiente para modelizar sobre ellos a partir de los principios de Aperiodicidad, Previsibilidad y Dependencia sensible de las condiciones iniciales. Además, dichos principios proporcionan un marco metodológico integrado desde el que estudiar la evolución de la Posición del IDH, ofreciendo nuevas posibilidades de análisis como viene siendo reclamado por distintos autores.

El impacto sobre la evolución de la Posición en el Índice de Desarrollo Humano (PNUD) de las situaciones históricas acaecidas entre 1990 y 2010 ha sido previsto de forma correcta por el modelo, resultando también coherente con hechos estilizados y acreditados en la literatura académica, como la existencia de los denominados Ciclos de Hansen.

Como cuarta conclusión del artículo, y de acuerdo con su desarrollo, puede afirmarse que el determinismo económico (tal y como se ha conceptualizado aquí) ofrece potencial analítico, tiene capacidad predictiva y contiene elementos de aprendizaje suficientes para, de acuerdo con la experiencia y el conocimiento histórico, teórico y metodológico que disponemos, anticipar hechos económicos trascendentes tales como crisis, fluctuaciones y ciclos cuya naturaleza no es necesariamente estocástica o aleatoria.

La consideración de modelos económicos deterministas, al presentar realidades “cerra-das” que deben explicar totalmente las variables que integran el modelo, exige del analista configurar escenarios en los que (por no formar parte del modelo el azar) todos los posibles impactos (pesos) de las variables deben quedar medidos con exactitud en la resolución del modelo. Lo anterior, sin dejar de ser una simplificación de la realidad, como sucede siempre que ésta se somete a la disciplina de un modelo formal para su estudio, puede ser de interés en investigaciones que, por su naturaleza, exijan una gran precisión en los resultados del análisis demandado por los decisores destinatarios de las mismas. También en aquellas otras de carácter histórico en las que, por disponer de series temporales para un número reducido de variables, sea preciso confinar o acotar en torno a ellas el estudio de toda la información disponible proporcionada por los datos.

El modelo biecuacional especificado se presenta como un modelo abierto; en el sentido de que bien por la naturaleza de las investigaciones a las que resultara aplicable, bien por la disponibilidad de información y datos suficientes, pudiera admitir un mayor número de ecuaciones que lo hicieran más completo. En el mismo sentido de apertura, operaría la introducción de restricciones derivadas de la naturaleza de las variables, tales como la autorregresividad, la consideración de retardos u otras, que aumentarían las posibilidades para ensayar especificaciones más completas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOWITZ, M. (1956): “Resource and output trends in the United States since 1870”. *American Economic Review. Papers and proceedings*, May 1956, pp. 5-23.
- ACEMOGLU, D.; ROBINSON, J. (2012): “Institutions, political, economy and growth”. MIT, September 4.

- ALFONSO, J. (1999): "Desarrollo económico: marco evolutivo e institucional". *Ekonomiaz*, núm. 43, pp. 232-250.
- ALONSO, M.; BAGUS, P.; RALLO, J. (2011). "Teorías del ciclo económico: principales contribuciones y análisis a la luz de las aportaciones de la escuela austriaca de economía". *Información Comercial Española (ICE)*, núm. 858, pp. 71-87.
- ALVARELLOS *et al* (2004): *Introducción al caos*. Programa de enseñanza abierta. UNED.
- ALVAREZ, N. (1998): *Introducción a la econometría. Addenda*. UNED.
- ARCHIBUGI, M. (1996): Measuring technological change through patents and innovation surveys. *Technovation*, Vol. 16, Issue 9. September 1996, pp.451-468.
- ARTHUR, B. (1994): *Increasing returns and path dependence in the economy*. Ann Arbor: University Michigan Press.
- BASSANINI, A.; SCARPETTA, S.; VISCO, I. (2000): "Knowledge, technology and economic growth: recent evidence from OECD countries". *OCDE Economics Department working Papers* núm 259. <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5lgsjhvj82mw.pdf?expires=1383159573&id=id&accname=guest&checksum=E203D7E043E4C68D1ECC24045B8C3E6C>>
- BERTALANFFY, L. (1950): "An Outline of General System Theory". *British Journal for the Philosophy of Science* 1, pp. 139-164.
- BERTALANFFY, L. (1951): "General system theory. A new approach to unity of science" (Symposium), *Human Biology*, Dec 1951, Vol. 23, pp. 303-361.
- BERTALANFFY, L. (1968): *General system theory: foundations, development, applications*, Ney York: George Braziller, revised edition 1976.
- BROWN, M. (1966): *On the theory and measurement of technological change*. Cambridge University Press.
- CARRETE, J. (2012): "Posibilidad, necesidad y tratamiento de la complejidad en la física: una aproximación histórica". *Revista Galega de Economía*, Vol.21, núm. 1, pp. 213-242.
- DE MELLO, L.; DUTZ, M. (2012): *Promoting inclusive growth. Challenges and policies*. OECD-World Bank. <http://www.oecd-ilibrary.org/economics/promoting-inclusive-growth_9789264168305-en>
- DENISON, E. (1985): "Trends in American Growth 1929-1982". The Brookings Institución.
- FERNÁNDEZ, A. (1994): *La economía de la complejidad*. McGraw-Hill.
- FERNÁNDEZ, A. (2000): *Dinámica caótica en economía*. McGraw-Hill.
- FOGEL, R. (1993): "Economic growth, population theory and physiology: the bearing of long-term process on making of economic policy". University of Chicago, Center for Population Economics. Nobel Prize lecture, December 9, pp. 74-105.

FREEL, M. (2005): "Patterns of innovation and skills in small firms". *Technovation* 25 (2005) pp. 123-134.

GALINDO, M. (2011): "Crecimiento económico". *Información Comercial Española (ICE)*, núm. 858, pp. 39-55.

GLEIK, J. (1998): *Chaos: the amazing science of the unpredictable*. Vintage.

GONZÁLEZ, W. (2012): "La economía en cuanto ciencia: enfoque desde la complejidad". *Revista Galega de Economía*, Vol.21, núm. 1, pp. 183-211.

GRAU, P. (1996): *Economía dinámica caótica: una aplicación al mercado de capitales español*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

HANSEN, A (1941): *Fiscal policy and business cycles*. W. W. Norton & Company Inc. (*Política fiscal y ciclo económico*. Ed. en español en 1945 por FCE).

HIDALGO, A.; MOLERO, J.; GRANDA, I. (2007): "Tecnología e industrialización en la economía española de 1950 a 1960. Nueva evidencia a partir de datos de patentes". *Economía Industrial*, núm. 365, pp. 207-222.

HREBINICK, L.; JOYCE, W. (1985): "Organizational adaptation: strategic choice and environmental determinism". *Administratration Science Quaterly*, 30 (1985), pp. 336-349.

IBARRA, J. (2003): "Economía caótica ¿hacia un nuevo paradigma?". *Entorno Económico*, Vol XLI, núm 247.

INNOMETRICS (2012): *Innovation Union Scoreboard 2011. The innovation Union's performance scoreboard for research and innovation*. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ius-2011_en.pdf>

JEVONS, W. (1871): *La teoría de la economía política*. (1ª edición, 1879), versión en español de Ediciones Pirámide, Madrid, 1998.

JOVERO, E.; LUYARDO, J. (2006). "La dinámica compleja no lineal en los modelos keynesianos". *Análisis Económico*, núm. 48, Vol. XXI, tercer cuatrimestre, pp. 31-55.

KALECKI, M. (1956): *Teoría de la dinámica económica*. FCE.

KING, D. (2004): "The scientific impact of nations". *Nature*, Vol. 430, 15th July.

KLEIN, L.R. (1958): *Manual de econometría*. Aguilar. Traducción por Alcaide de la obra original *A Textbook of Econometrics*. Row, Peterson and Co, 1953.

KUZNETS, S. (1941): "Statistics and economic history". *Journal of Economic History* 1: pp. 26-41.

KYDLAND, F. (2004): "Quantitative aggregate theory". Nobel Prize lecture, December 8, pp. 341-355.

LUCAS, R. (1980): "Methods and problems in business cycle theory". *Journal of Money, Credit and Banking*, 12(4): pp. 696-715.

MALDONADO, C.; GÓMEZ, N. (2010). *El mundo de las ciencias de la complejidad. Un estado del arte*. Documento de Investigación núm. 76. Universidad del Rosario.

MIEDES, B. (2012). "Complejidad y economía: distintas corrientes de pensamiento, diversas lecturas". *Revista Galega de Economía*, Vol.21, num. 1, pp. 279-311.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2011): *Big data: the next frontier for innovation, competition and productivity*.

MYRO, R. (2010): "Crecimiento económico e innovación: un breve apunte acerca de la evidencia empírica". *Revista Galega de Economía*, Vol. 19, nº 19, pp. 1-15.

NAVARRO, J. (2000): "Gestión de organizaciones. Gestión del caos". *Dirección y Organización* nº 23, pp. 137-145.

NORTH, D. (1993): "Economic performance through time". Nobel Price lecture, December, 9, 1-10.

OLIER, E. (2011): *Geoeconomía: las claves de la economía global*. Pearson-FT-Prentice Hall.

OCDE (2006): *Manual de Oslo*. 3ª edición.

OCDE (2010): *Measuring innovation: A new perspective*.

OCDE(2012): *Better skills, better jobs, better lives. Approach to skills policies*.

OCDE (2013): *Industry and globalization. Global value chains*. PENGUIN (1997): *Diccionario de filosofía*. Editado por Thomas Mautner.

PLAZA, J. (2012): "Innovación y caos determinista: un modelo predictivo para Europa". *Ekonomiaz*, núm. 80, pp. 259-289.

PRESCOTT, E. (2004): "The transformation of macroeconomic policy and research". Nobel Prize lecture, December 8, pp. 370-395.

PRIGOGINE, I. (1977): *Time, structure and fluctuations*. Nobel Prize lecture, 8 December, pp. 263-284.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). *Índice de desarrollo humano (IDH)*. Serie 1990-2010. <<http://hdr.undp.org/es/estadisticas/idh/>>

PULIDO, A. (1993): *Modelos econométricos*, pp. 88-93. Pirámide.

PULIDO, A. (1999): *Posibilidades y limitaciones de las matemáticas en economía*. Instituto Klein-Centro Stone.

PULIDO, A. (2002): *En busca de hechos estilizados en el crecimiento económico*. Instituto Klein-UAM. Documento 99/02.

PULIDO, A.; PÉREZ, J.; DONÉS, M. (2006): "Las causas del crecimiento económico. Un tema para debate". *Estudios de Economía Aplicada*. Vol. 24, nº 1, pp. 97-104.

ROBINSON, J.; ACEMOGLU, D. (2011): "Why nations fail: the origins of power, prosperity and poverty". Harvard University, June 6.

ROSTOW, W. (1960): *The stages of economic growth*. Cambridge University Press. (*Las etapas del crecimiento económico*. Ed. en español del FCE, 1961).

SANJUAN, M. (2006): "Boltzmann, caos y mecánica estadística". *Revista Española de Física*, pp. 1-4.

SANJUAN, M. (2007): "La física al encuentro de la complejidad". *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*. CLXXXIII 728 noviembre-diciembre, pp. 879-898.

SANJUÁN, M. (2012): "Caos, complejidad e interdisciplinariedad". Universidad Rey Juan Carlos, pp. 1-10.

SEBASTIÁN, C. (2013): "Lo importante son las instituciones". *El País*, 26 de enero.

SEOANE, J.; ZAMBRANO, S.; SANJUAN, M. (2008): "Teaching nonlinear dynamics and chaos for beginners". *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 2, núm. 3, Sep. pp. 205-211.

SOLOW, R. (1957): "Technical change and the aggregate production function". *Review of Economics and Statistics* 39(3): pp. 312-320.

TALEB, N. (2007): *Fooled by randomness: the hidden role of chance in life and in the markets*. Penguin Books.

TORTELLA, G. (2012): "¿Se equivocó Montesquieu?". *El País*, 30 de octubre.

VARELA, L.; RICOY, C. (2012): "El camino de la complejidad: por qué la economía debería seguir a la física". *Revista Galega de Economía*, Vol.21, núm. 1, pp.181-182.

OCDE(2006)

<http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD Oslo Manual 05_spa.pdf>

OCDE(2010)<<http://www.oecd.org/site/innovationstrategy/measuringinnovationnewperspective-onlineversion.htm>>

OCDE(2012)<<http://skills.oecd.org/documents/OECD Skills Strategy FINALENG.pdf>>

OCDE(2013) <<http://www.oecd.org/sti/ind/global-value-chains.htm>>

Anexo on line na Revista Galega de Economía:

<http://www.usc.es/revistas/index.php/rge>

<http://www.usc.es/econo/RGE/benvidadag.htm>

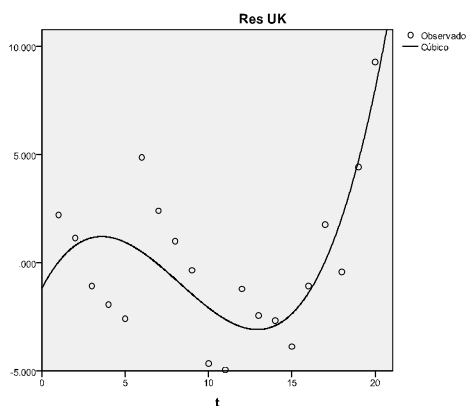
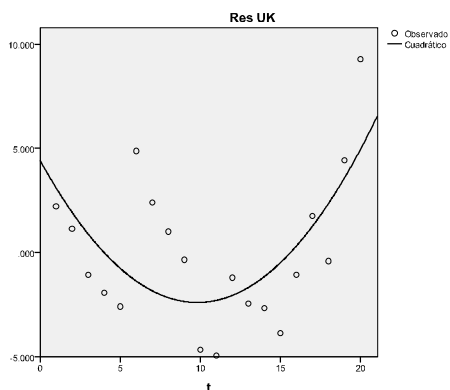
Anexo

Cadro nº 4. Axuste dos residuos obtidos a da función determinista (Y) da ecuación (1). Axuste residual cuadrático e cúbico pra Yuk 1990-2010

Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
t	-1.390	.467	-2.344	-2.974	.009
t ** 2	.071	.022	2.582	3.277	.004
(Constante)	4.429	2.131		2.078	.053

Fonte: elaboración propia.



Coeficientes

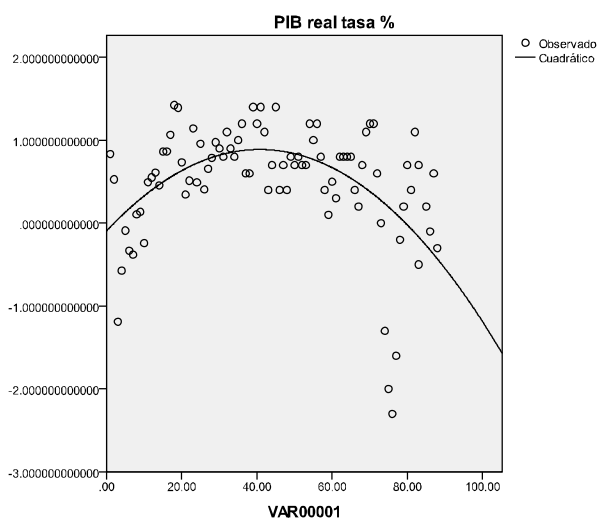
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
t	1.470	1.045	2.479	1.407	.178
t ** 2	-.261	.114	-9.531	-2.291	.036
t ** 3	.011	.004	7.531	2.949	.009
(Constante)	-1.176	2.596		-.453	.657

Fonte: elaboración propia.

Cadro nº 5. Axuste da tasa trimestral de crecemento do PIB da economía británica 1990-2010. Axuste cuadrático e cúbico pra PIBquk 1990-2010. Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
VAR00001	.048	.011	1.733	4.582	.000
VAR00001 ** 2	-.001	.000	-1.951	-5.159	.000
(Constante)	-.094	.203		-.462	.646

Fonte: elaboración propia.



Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
VAR00001	.096	.026	3.444	3.648	.000
VAR00001 ** 2	-.002	.001	-6.343	-2.809	.006
VAR00001 ** 3	9.980E-6	.000	2.772	1.972	.052
(Constante)	-.456	.271		-1.682	.096

Fonte: elaboración propia.