

Apéndice

Contenido

Tabla-resumen historiográfica	2
La dinámica climática inglesa pre-industrial	4
Especificación teórica del modelo: de la tierra y el trabajo-mercancía a la tierra y el trabajo-energía	6
Series y fuentes	14

Tabla-resumen historiográfica

Tabla 1. Resumen historiográfico sobre la interacción sol-clima y economía

Autor/es	Año/s	Ideas principales
W. S. Jevons	1875, 1878, 1879	Relación entre ciclos solares de 11 años, los ciclos económicos y las cosechas en Inglaterra. Relación directa con los precios del trigo inglés entre 1595 y 1761. Efectos especialmente fuertes en sociedades agrarias, como en la India.
H. S. Jevons	1909, 1910, 1917	El ciclo solar de once años como una combinación de tres ciclos cortos. Sucesión alternativa entre períodos de sequía de 3,5 años y otros más fríos y húmedos de 3,5 años. Evidencias, en EEUU, durante el XIX., de que la producción de lingotes de hierro, bienes agrícolas y trigo seguían muy de cerca el ciclo de manchas solares.
H. L. Moore	1914, 1923	Uno de los padres de la economía estadística y cuantitativa. Descubrió en EEUU un ciclo pluviométrico de 8 años entre 1881 y 1921, muy correlacionado con los precios al por mayor, la actividad solar, los ciclos astronómicos, el clima y los mercados agrarios e industriales.
E. Huntington	1920	Propuso una relación entre la <i>radiación solar</i> y la <i>salud</i> , proponiendo unos “ <i>lags</i> ” o etapas causales de los efectos y correlaciones: un año entre salud y energía mental, un año entre salud y asistencia a la escuela, tres años entre salud y “ <i>New York clearings</i> ”, cuatro años entre salud y negocios en general, cuatro años entre salud y depósitos nacionales bancarios y cinco años entre salud e inmigrantes. Los ciclos de negocios estaban influidos por la actitud mental de la comunidad, y la actitud mental de la comunidad dependía de la salud.
W. M. Persons	1931	Precursor en la transición de los precios agrícolas a las series económicas generales, apuntó también en su “ <i>Forecasting Business Cycles</i> ” de 1931 a una influencia solar sobre los rendimientos de la tierra.
A. Chizhevsky	1924, 1938	Científico ruso que trabajó con el premio Nobel de Química Svante Arrhenius, conocido por sus serios trabajos en los efectos del sol sobre la biología terrestre. Encontró estadísticamente que un porcentaje importante de los acontecimientos históricos más importantes, medido por el volumen de personas afectadas, estaba en sincronía con los ciclos solares. Las correlaciones con los ciclos solares podrían encontrarse en un conjunto muy diverso de procesos naturales y actividades humanas (en concreto veintisiete), desde las cosechas de los cultivos a las enfermedades epidémicas en las tasas de mortalidad.
C. García Mata y F. I. Shaffner	1934	Con un <i>sistemático análisis estadístico</i> encontraron una clara correlación entre los ciclos solares y los de la producción física estadounidense (manufacturas y minas), entre 1874 y 1933 (pero no con la producción agrícola). Causas centradas en las <i>ondas de pesimismo</i> y <i>optimismo</i> (teoría psicológica de los ciclos), pero también con los efectos físicos sobre los seres humanos (rayos ultravioleta, efectos electromagnéticos, ionización). Los puntos de “no coincidencia” entre los ciclos de actividad solar y los ciclos comerciales coinciden con importantes erupciones volcánicas. Correspondencia entre los ciclos de negocio a corto plazo y las fluctuaciones solares. Analizando la Gran Depresión bajo el componente especulativo y psicológico de los inversores, encontraron un <i>link</i> entre la curva de radiación solar y los índices de los precios de las acciones en Nueva York y Londres.
E. J. Jones	1964	Estudió la influencia del clima sobre la agricultura inglesa, especialmente en el sur del país, de 1728 a 1911. Los mercados locales estaban afectados por patrones climáticos locales.

P. Bowden	1967	La principal causa de las variaciones de los precios agrícolas en la Inglaterra moderna fue el clima, que afectaba a la producción, la distribución de los precios o las rentas y condicionaba el consumo de productos agrarios y no agrarios. El clima influía de forma desigual según el tipo de cosecha, del ganado, o de la localización geográfica. La climatología afectaba la fuerza de trabajo animal a través de la calidad de la cosecha y la mortalidad pero también influía en la demanda de consumo y de trabajo agrícola.
E. A. Wrigley y R. S. Schofield	1981	El clima influía en las variables demográficas: “ <i>Variations in climate in the price of food may have had an impact on each of the three demographic variables</i> ”.
R. Lee	1981	El clima, especialmente las temperaturas, afectaron las principales variables demográficas británicas entre 1548 y 1834. Análisis econométrico. Aporta contrastes econométricos.
E. Le Roy Ladurie	1983	Existencia de periodos seculares de deterioro climático, con efectos desastrosos para la economía europea (siglos XIV, XV, y XVII).
P. Mirowski	1984	Acepta la teoría de Jevons únicamente para el período pre-industrial.
P. Galloway	1985, 1994	Haciendo en Francia un análisis similar al de R. Lee, encontró que los nacimientos y los matrimonios estaban correlacionados negativamente con las temperaturas y los precios del grano. También analizó la situación en Londres y Europa.
Pfister	1988	“ <i>Clear link</i> ” entre el cambio climático a corto o largo plazo y los precios de los cereales en Suiza. Uno de los investigadores más citados y leídos.
M. Overton	1989	Admitió el impacto climatológico de la <i>Little Ice Age</i> en los años noventa del siglo XVII en <i>East Anglia</i> , y de cómo las empresas agrícolas tuvieron que innovar en nuevos cultivos forrajeros.
J. Van de Vries	1990	Los frágiles fundamentos de la economía hacían a la sociedad más vulnerable a fuerzas tan elementales como la ecología bacteriana, los roedores y el clima, lo que podía imprimir súbitos cambios en el nivel de mortalidad. Estos cambios podían ser temporales –una epidemia o una crisis de subsistencia- pero podían ser también más duraderos. Fenómenos climáticos para explicar cambios duraderos en la mortalidad. Existían, junto a las fluctuaciones anuales en las lluvias y en las temperaturas medias, ciclos climáticos de más larga duración. Así, todo el siglo XVII parece haber experimentado una “pequeña Edad de Hielo, en la que con frecuencia inusitada se presentaron inviernos duros.
G. Sachs, Warner, Mellinger, Gallup	1997, 1999, 2001	Relación entre temperatura y desarrollo económico, de forma comparada entre países. Clima y geografía importan. Aporta contrastes econométricos.
A. Michaelowa	2001	La mejora climática habida entre 1700 y 1740 estimuló la población y la producción agrícola británica. El cambio climático fue <i>una variable explicativa adicional</i> para la historia inglesa del siglo XVIII. Aporta contrastes econométricos.
D. Kuester y C. R. Britton	2003	No sería prudente eliminar por completo cualquier posible relación entre los ciclos de manchas solares y la prosperidad económica, porque ésta es constatable en la economía de EE.UU, especialmente en regiones áridas y semiáridas. Critican los argumentos anti solares entre los economistas por falta de consistencia.
Nordhaus	2006	Hay relación entre temperatura y datos macroeconómicos.
O. Deschênes, M. Greenstone,	2007	El cambio climático tiene un efecto positivo sobre los beneficios agrícolas en EEUU a través de las temperaturas y las lluvias, en el orden del 4 por 100 anual, en el período estudiado (1972 y 2002). Aporta contrastes econométricos.
G. Parker	2008, 2013	El cambio climático de la <i>Little Ice Age</i> tuvo un fuerte impacto en las sociedades europeas y asiáticas, a nivel económico, social, político y militar.
P. Malanina	2009	Hay una relación entre las variaciones solares y el clima respecto la fuerza de trabajo y la producción agraria. Vínculo a largo plazo

		entre los cambios de la actividad solar y la disposición de energía para la agricultura, el consumo y la población, entre temperaturas, cosechas y fuerza de trabajo. El <i>Mínimo de Maunder</i> y la <i>Little Ice Age</i> como agentes de cambio.
B. M. S. Campbell	2010	En Inglaterra, durante la baja Edad Media, los impactos climáticos y condiciones ambientales influyeron fuertemente en las variables demográficas, las cosechas y la ganadería.
M. Dell, B. F. Jones y B. A. Olken	2012	Análisis de las fluctuaciones históricas de temperatura respecto el PIB de los países pobres (en los últimos 50 años). El aumento de las temperaturas reduce el crecimiento en los países pobres, el nivel del PIB, pero también frena la tasa de crecimiento del mismo. Sus efectos son amplios: en el output agrícola, el output industrial y en la estabilización política. Aporta contrastes econométricos.
Auray, S., Eyquem, A., Jouneau-Sion, F.	2012	En la Inglaterra pre-industrial (1669-1800), la productividad total está relacionada con las temperaturas y las lluvias. Lluvias inferiores a la media y temperaturas superiores a la media favorecen la productividad. Las temperaturas no tienen un efecto lineal: amplias variaciones, positivas o negativas, de las temperaturas reducen la productividad. Un ascenso permanente de 2 C° en las temperaturas provoca descensos de la productividad hasta un 12% y en la producción hasta un 16%. Aporta contrastes econométricos.
C. Hanes y P. W. Rhode	2013	Fuerte vínculo entre las fluctuaciones de las cosechas de algodón, ocasionadas por factores exógenos como el clima, y las crisis de los mercados financieros y bancarios (mercado de acciones, depósitos bancarios) bajo el sistema del patrón oro clásico (hasta 1914).

Fuente: Elaboración propia. Véase la bibliografía para un detalle de las fuentes.

La dinámica climática inglesa pre-industrial

P. Bowden (1967; pp. 623) afirmó que la principal causa de las variaciones de los precios agrícolas era el clima. Éste afectaba tanto a la producción agrícola como a la distribución de los precios y las rentas, pero también condicionaba el consumo de productos agrarios y no agrarios, así como la demanda de trabajo. El clima influía de forma desigual según el tipo de cosecha, del ganado, o de la localización geográfica, aunque de todos modos era difícil que un distrito tuviera una buena cosecha y otro todo lo contrario. Para él, la sequía no pareció ser un motivo poderoso de cosechas escasas, ya que cierta aridez favorecía el florecimiento del trigo. La mayoría de las malas cosechas en tiempos de los Tudor y los Estuardo no fueron causadas por la sequía, aunque hubiera excepciones como la del año de 1637. Según Bowden, el principal peligro para los cereales eran las lluvias fuertes y persistentes de verano, acompañadas por una casi total ausencia de días soleados, lo que impedía la evaporación, ocasionando recolecciones más pobres y precios más elevados. Un excesivo frío en invierno y primavera era también dañino para el trigo de invierno. La cebada, la avena o las legumbres no se veían tan afectadas por el frío invernal porque se sembraban en primavera, pero una primavera gélida o la persistencia de heladas perjudicaba el

desarrollo de sus cultivos. Adicionalmente, un clima que aseguraba una buena cosecha de cereal no era garantía para obtener el mismo resultado con el heno destinado al ganado. Esto explica porque los precios del trigo y del heno divergieron con frecuencia (p. 624), y no solo eso, sino que también la climatología afectaba la fuerza de trabajo animal a través de la calidad de la cosecha y la mortalidad (pp. 624-625). Por otra parte, dice Bowden, *el clima también influía en la demanda de consumo*. El poder de compra campesino dependía de las cosechas y además sus efectos eran distintos según el nivel de renta. Como la demanda de pan era inelástica, el aumento de su precio disminuía la demanda de otros bienes, reduciendo el nivel de vida incluso a umbrales inferiores al de subsistencia (p. 625). Respecto la demanda de trabajo agrícola, (p. 626), una mala cosecha implicaba no solo un aumento de los precios básicos, sino también menores oportunidades de empleo y un descenso aún mayor de unos ingresos ya demasiado pequeños. Unas lluvias muy fuertes no implicaban más o menos trabajo, pero después se requería menos mano de obra para apilar o aventar el grano, entre otras tareas. Si las condiciones meteorológicas eran desfavorables, largos meses con un tiempo perjudicial daban lugar a menores oportunidades de empleo y menos ingresos, lo cual era un verdadero problema para los jornaleros asalariados, que se veían obligados a reducir el consumo del resto de productos como ropa y calzado, incrementando en consecuencia el desempleo en estas industrias.

Especificación teórica del modelo: de la tierra y el trabajo-mercancía a la tierra y el trabajo-energía

Para comprender bien el planteamiento de las hipótesis, voy a proponer su formalización compatibilizando la teoría económica con un enfoque energético. Para ello definiré la función de producción agro-ganadera como:

$$Q = f(S, T, L) \quad (1)$$

Donde Q es la *producción originaria* total, S es la *energía-flujo*, T es la *tierra-materia-energía* y L es el *trabajo-energía*. Son por tanto los factores o inputs de producción del sector rural, uno de los cuales es totalmente exógeno del sistema social (S). Nótese que la función del capital físico K_f (existencias intermedias y formación bruta de capital fijo) es un subconjunto de Q , en cuanto que K_f es una combinación de energía-flujo, tierra-materia-energía y trabajo-energía, y debe alimentarse de materia de reposición y/o energía y/o trabajo. El capital físico es pues el resultado acumulado de combinaciones de estos factores y requiere “ser alimentado” con energía para que pueda producir. Al no ser una fuente original de factor (porque precisamente el capital está compuesto de energía, material y trabajo, factores ya presentes en la función), y por alejarse del enfoque empírico que después daré, no la incluiré en Q ¹.

La *energía S* es una variable-flujo que representa toda aquella energía recibida que no procede de la *tierra-materia-energía* (ahora veremos cómo se define este concepto). En este factor incluimos, por ejemplo, la energía solar recibida en todas sus variantes (de que se ha llamado economía orgánica, basada en la fotosíntesis), pero también otros tipos de energía que recibe la tierra como por ejemplo los rayos cósmicos, la gravitación o la energía interna terrestre (como la electromagnética). S es un “cofactor” de producción *real* omitido por las teorías económicas habituales al uso (por las razones que sean). Sin la energía S la actividad económica como tal *hoy* no existiría. Es por tanto una *condición necesaria* para que el sistema funcione. La función de energía-flujo S está compuesta por un vector energético autónomo \tilde{S} aprovechable de forma directa (por ejemplo la energía solar a través de una central fotovoltaica) y por la incidencia

¹ Por otra parte, se supone que no fue un factor muy relevantes en la Inglaterra pre-industrial.

indirecta de S sobre los factores de producción T y L , con lo que la función de producción agraria queda definida como:

$$Q = f [\tilde{S}, (1 + s_t)T, (1 + s_l)L] \quad (2)$$

Si los impactos energéticos sobre el factor tierra (s_t) o sobre el trabajo (s_l) tienden a 0 ($\rightarrow 0$), los factores no se ven afectados por dicho impacto y la producción tampoco. Por el contrario, si s_t o $s_l \neq 0$, el output se ve afectado. Algunos ejemplos conocidos s_t o s_l son los que se originan por las lluvias o las temperaturas (sea por motivos naturales, como fue en el Mínimo de *Maunder* o el período íntegro de la *Little Ice Age*, o en este siglo mediante el cambio climático provocado por el hombre), que se traducen en la variabilidad del factor trabajo o en las cosechas.

La materia tierra T es una variable stock, y representa toda la masa física de la tierra (nada impide que en el futuro este concepto se extienda a otros planetas), que interviene en la producción. Así mismo T se divide en T_m y T_e , de forma que:

$$T_m + T_e = T \quad (3)$$

T_e es la materia-energía utilizada el sistema económico para producir, es decir, ya no es una energía-flujo (energía pura) como \tilde{S} . Son las materias primas de las que se extraen los diferentes tipos de inputs energéticos. Ejemplos de T_e son la madera, el agua, el aire, el carbón, el petróleo, el uranio o el gas, pero también los alimentos que nutren el factor trabajo humano y el animal (la producción agrícola y ganadera alimentaria forman parte por tanto también de T_e , aunque de forma parcial). Estrictamente hablando, el carbón o el petróleo, son en el fondo derivaciones de s_t (debido al origen orgánico del carbón y el petróleo) pero por convención los incluiremos aquí como T_e .

Por otra parte, T_m es el suelo y todo el conjunto de materias primas naturales que obtenemos con uso distinto al energético. La madera, el agua, el aire, el carbón, el petróleo, el uranio o el petróleo también pueden entrar en este concepto, siempre y cuando no se destinen a la producción de energía (por ejemplo para las industrias del mueble o químicas) como también la producción agropecuaria o industrial (la que no se destina para alimentar al factor trabajo), además de la minería. Además, hemos de realizar una distinción adicional, que nos servirá para análisis posteriores, referida al origen biológico o no biológico de la tierra-materia. Así, hay una parte de T_m y T_e que tiene *origen biológico* (T_m^b y T_e^b) y otra que tiene una procedencia *no biológica* (T_m^{nb} y

T_e^{nb}). Ejemplos de T_m^b son el cuero (materia prima de origen animal), de T_e^b la madera para herrerías (en la Edad Moderna) o los alimentos, de T_m^{nb} el plomo o el suelo y de T_e^{nb} el uranio. Aquí cabe la discusión de donde clasificar a los combustibles fósiles. Por convención de momento los incluiremos en T_e^{nb} , porque no son procedentes de fuentes biológicas contemporáneas.

Finalmente tenemos el factor trabajo-energía L , que es el output que se obtiene de la *fuerza de trabajo* humana (o incluso animal). De aquí se presenta un concepto ampliado de L , en cuanto que representa *el trabajo-energía físico* (L_f) y el *trabajo-energía mental* (L_m). En resumen pues,

$$L=L_f+L_m \quad (4)$$

Nótese que hago aquí una distinción muy clara del trabajo-energía respecto la *fuerza de trabajo*. El trabajo-energía *se mide en unidades físicas* (Kcal, KJ), no en unidades de fuerza de trabajo o personas. Es muy importante tenerlo en cuenta, de aquí en adelante. Una persona, una unidad de fuerza de trabajo, puede proporcionar, por ejemplo, el doble de trabajo-energía por hora que otra. Es justamente lo que Gary S. Becker (1985; pp. 429-452) llamó la *intensidad* de la fuerza de trabajo². Anteriormente he dicho que la *energía S* es una variable-flujo, y que ésta afecta a la función de oferta de la producción Q mediante un componente autónomo \tilde{S} y unos vector de influencia sobre Q , en concreto, de (2) y (4) obtenemos que,

$$(1 + s_l)L = (1 + s_l) (L_f+L_m) \quad (5)$$

Esto significa que la energía-flujo es un factor que influye tanto el trabajo físico como el mental, medido, por ejemplo, en Kcal o cualquier otra unidad física de energía. Así pues, *una de las causas exógenas* (que cita Becker en general) *es la energía-flujo*, que puede modificar la energía mental o física que contiene la fuerza de trabajo. Becker

² Algunas conclusiones importantes en Becker son que a) la elasticidad de la producción con respecto la energía por hora es menor que la unidad, por lo tanto un aumento (descenso) del stock de energía elevaría (bajaría) la producción en un porcentaje más pequeño (grande) que si no hubiese cambio en las horas trabajadas; b) la mala salud reduce los ingresos por hora ya que un nivel mas bajo de energía reduce la energía gastada en cada hora de trabajo laboral o de tarea doméstica. También reduce las horas trabajadas porque el trabajo es relativamente intensivo en esfuerzo, c) la energía disponible por una persona puede cambiar por el gasto de tiempo, bienes y esfuerzo que causa el ejercicio, el sueño, los reconocimientos médicos, la relajación, la dieta apropiada y otras actividades productoras de energía, y también por *otras fuerzas exógenas*, que Becker no menciona. El incentivo para invertir en energía varía a lo largo del ciclo vital a medida que varía el stock de capital humano laboral y otros determinantes del valor de la energía. Los ingresos por hora aumentan durante las edades jóvenes, en parte quizás por la mayor producción de energía, y descienden durante las edades más avanzadas.

distingue dos tipos de causas impulsoras de la energía, las internas (que “controla” la misma fuerza de trabajo, como hacer ejercicio, hacer una dieta, dormir o el ciclo vital de las personas) y las exógenas o externas, de las que no da ningún ejemplo. Sin embargo, algunas de estas variables “internas” que dan energía no son realmente internas, sino que vienen dadas por el capital humano conceptualizado en (6), el cual solo tiene que ver en parte con el concepto neoclásico del mismo³. La deshumanización de la fuerza de trabajo se basa, en parte y bajo este punto de vista, en que la llamada “demanda de trabajo” neoclásica está en realidad interesada solo en trabajo-energía. En cambio existe otra demanda de trabajo que tiene en cuenta, no solo el trabajo-energía, sino también las personas que lo aportan, por las razones que sean.

En este modelo, el capital humano K_h , al igual que el capital físico, tampoco es un factor original, sino que es una función φ resultante del *trabajo-energía* L y sobre todo del trabajo mental, L_m , que se va acumulando con el tiempo y de forma secular. No se descarta que parte de esta acumulación sea recogida y recordada en los códigos genéticos. El trabajo mental y las habilidades tecnológicas se pueden grabar, recordar y mejorar, gracias al sistema cerebral y genético, y por lo tanto, se puede ir acumulando. En otras palabras supondremos que,

$$K_h = \varphi ((1 + s_l) L_m^n) \quad (6)$$

Donde n es el grado de acumulación del trabajo-energía mental. Mientras mayor sea n , mayor será K_h . Desde este punto de vista, las instituciones son también un resultado de $\varphi ((1 + s_l) L_m^n)$. K_h no es solo aquí conocimiento, educación o ciencia sino también normas, organizaciones, estructuras sociales, cultura e incluso los sentimientos de una comunidad o la pertenencia a redes sociales. Algunas de estas variables se incorporan, crecen, se acumulan pero también pueden ser sustituidas o desaparecer, y el recorrido no es ni mucho menos lineal. Acumulación no significa mejor⁴. Algunas de las

³ Sus resultados coinciden con mi análisis, sobre todo en lo referido a la productividad marginal y total. Sin embargo, mi divergencia se centra entre otros aspectos: primero, en que deben considerarse los puntos de partida (quién tiene los derechos de propiedad, cual es papel del acervo cultural o de la costumbre en un entorno concreto, por ejemplo). De aquí que desarrollo un concepto de capital humano muy diferente que puede alterar alguna de las conclusiones. Además, el salario se equipara al precio del trabajo-energía cuando también debería recoger la amortización del capital humano tal como lo presento en los párrafos siguientes. Se hace preciso pues diferenciar también la fuerza de trabajo del trabajo-energía, que es el output del anterior.

⁴ Tal y como he adelantado un poco antes, cuando hablo de las conclusiones de Becker, hay una equiparación entre salario y trabajo-energía, cuando habría que tener en cuenta también los ingresos del trabajo que proceden de las “amortizaciones” del capital humano, que recordemos ahora, es un concepto mucho más amplio y permite asimilar mucho mejor la diversidad de la vida real⁴. Así pues y como

actividades “internas” a las que alude Becker como generadoras de energía, son en realidad resultado del K_h , que tiene en parte un componente individual pero otro muy potente que procede del exterior, de la comunidad, y es de tipo social, institucional o cultural. K_h es una función tremendamente compleja de la que sabemos todavía muy poco, y su estudio se aleja del objetivo de este trabajo, pero lo que interesa ahora es comprender que es el resultado acumulado del trabajo mental humano⁵.

Recogiendo las ecuaciones 2, 3, 4, 5 y 6, la función de producción agrícola pre-industrial quedaría pues expresada de la siguiente forma:

$$Q = f [\tilde{S}, (1 + s_t) (T_m + T_e), (1 + s_l) (L_f + L_m), \varphi ((1 + s_l) L_m^n)] \quad (7)$$

Consideremos un proceso productivo agropecuario pre-industrial que emplea tres factores *originales*, S , T y L para obtener Q . Un aspecto muy importante a la hora de analizar el comportamiento de la unidad de producción (UP) es el tiempo t . La UP se adapta a la demanda del mercado incrementando/reduciendo la cantidad producida Q , gestionando los factores productivos que tiene a su alcance y dependiendo del resto de las variables de forma pasiva (en el largo plazo tendrá más alternativa de elección, excepto con las variables energético-climáticas \tilde{S} , s_t y s_l). Hay pues algunos *inputs* que influyen en su decisión del corto plazo que no puede controlar aunque si en el largo plazo (algunos los elementos que conforman T como el suelo o el componente del capital humano e institucional L_m^n).

En las páginas 42 y 43 de este texto desarrollo una primera situación de corto plazo donde la UP solo puede decidir sobre la fuerza de trabajo y el trabajo-energía, y donde además queda patente como pueden quedar afectadas las decisiones de largo plazo del propietario de la UP con un impacto climático-energético duradero s_l . Tanto el output total como la productividad marginal descienden y esto orienta a la UP a buscar las siguientes alternativas: 1) sustituyendo el trabajo-energía humano por animal. Sin embargo, el efecto climático sobre la fuerza de trabajo animal fue idéntico en el *Mínimo de Maunder*, por lo cual tampoco pudo recurrirse a esta vía; 2) sustituyendo el trabajo-

ejemplo, podría existir una amortización “negativa” a nivel de los ingresos de las mujeres, derivado del K_h , que hace que gane menos que los hombres, aunque el componente individual de este capital humano (que es el Becker analiza) sea el mismo.

⁵ Es importante también especificar que dentro de L incluyo también el trabajo físico o mental del empresario o del directivo-administrador. Éste también dedica, al igual que la fuerza de trabajo, energía, por lo cual es también fuerza de trabajo. La diferencia entre su energía y la del resto de la fuerza de trabajo es que controla los factores que producción que organiza y gestiona.

energía en general por tierra-materia-energía, es decir, incrementando la aportación de nitrógeno en el suelo ampliando la superficie o bien mediante diversas mejoras (reducción del barbecho, rotaciones, drenajes, fijación con leguminosas, introducción de plantas como el trébol, mejorando el rendimiento de las semillas). Adicionalmente, aumenta el porcentaje de la fuerza de trabajo con mejor trabajo mental, dando lugar a un aumento de la desigualdad en las innovaciones.

Por otra parte, en un esquema bastante parecido, tenemos que la UP dispone de T (suelo, materias primas, tierra-energía) para producir Q , de manera que el mismo impacto climático simultáneo también le afecta deprimiendo las cosechas (s_I), lo que reduce la productividad de la tierra por hectárea o acre, esto es, desplaza la curva de productividad marginal de la tierra hacia abajo, descendiendo la producción (el efecto se concentró en la calidad del output de energía producida). Ante esta situación negativa, unida a la que afecta a la oferta de trabajo, solo le queda buscar alternativas que le permitan mejorar los rendimientos de la tierra, y esto fue precisamente lo que hicieron, o bien de forma extensiva (incrementado la superficie útil cultivable) o intensiva (incrementando o recuperando la productividad por unidad de suelo). Sin embargo, al principio los resultados no pudieron ser buenos, en todo caso solo pudieron contrarrestar el impacto climático sobre las cosechas (por eso se ha dudado de la efectividad inmediata de las innovaciones, véase mi discusión sobre la serie de Broadberry et al y la INTTP, pág. 23), pero sin embargo, cuando finalizó el *Mínimo de Maunder* y las condiciones ambientales mejoraron sustancialmente, los resultados fueron muy notables. Esta misma lógica es la que recoge M. Overton (1989b; pp. 286-287) cuando admitió el impacto climatológico de la *Little Ice Age* en los años noventa del siglo XVII en East Anglia, y de cómo las empresas agrícolas tuvieron que innovar en nuevos cultivos forrajeros.

El propietario de la unidad productiva elige su combinación $T_m^b, T_e^b, T_m^{nb}, T_e^{nb}, L_f$ y L_m . Algunos de estos inputs se presentan de forma independiente (suelo o materias primas), o de forma combinada, formando parte del capital físico y materias intermedias, o del K_h . La elección de la UP ya no se centra entre capital-tierra o trabajo, sino que se hace más compleja⁶ y además generará una demanda derivada: en primer lugar, L_f y L_m son generados por una fuerza de trabajo emisora de energía, que es alimentada mediante T_e^b

⁶ Ahora no es el momento de entrar más a fondo, pero este planteamiento nos puede ayudar a entender los distintos hechos históricos que ocurren en diferentes momentos del espacio y del tiempo.

y T_m^{nb} (comida y agua) y calefacción/refrigeración (T_e^b y T_m^{nb}) y por S (calor y luz medioambiental), por lo tanto, la disponibilidad de trabajo-energía desde L_f y L_m dependerá de esta demanda derivada. En segundo lugar, los requerimientos de T dependen del “alimento” de la tierra, esto es, de la energía que la nutre (especialmente del sus nutrientes como el nitrógeno, o la energía directa fotosintética).

Ceteris paribus, un empresario individual decide más rápido sobre L_f y L_m , esto es, sobre el uso de trabajo-energía⁷, tanto el suyo propio y como el contratado. Este trabajo-energía humano (podemos aplicar el animal en el caso de que pretendamos entender algunos procesos históricos de las economías preindustriales) depende de la abundancia o escasez relativa de lo que le alimenta (la energía obtenida con los alimentos, del agua, el aire, del equilibrio térmico). Si estos sumideros son relativamente escasos, su precio es mayor y el coste del trabajo-energía físico y mental es también mayor, ya que la suma de los salarios nominales e ingresos en especie deben ser más altos para que el trabajo-energía pueda procurarse su suministro. Por el contrario, si no se ajusta el salario nominal y en especie a sus necesidades, el rendimiento del trabajo y su intensidad descienden, por lo cual el coste del trabajo también aumenta de forma implícita.

Sin embargo, en el medio plazo, la abundancia o escasez relativas entre el “alimento” del trabajo-energía y el “alimento” de la tierra-energía marcarán la elección de las combinaciones productivas más eficientes. Si se encuentra en un entorno en el que el alimento de trabajo-energía es más escaso que el alimento de la tierra-energía, sustituirá trabajo-energía por tierra-energía; si se encuentra en un entorno donde el alimento del trabajo es más abundante que el alimento de tierra-energía, sustituirá tierra-energía por trabajo. En el caso de existencia de situaciones de “depresión” en la unidad productiva (donde el trabajo-energía efectivo es inferior al potencial, por los motivos que sean), el

⁷ Al igual que en la economía hay desempleo, en la unidad de producción también puede haber una situación de desempleo, cuando la energía potencial útil de la fuerza de trabajo no es aprovechada en su totalidad, es decir, que el trabajo-energía aplicado es inferior al posible. En este caso, la unidad de producción está en una situación de depresión, está “deprimida”. Esta es una de las ventajas de este enfoque, porque hacerlo en unidades de fuerza de trabajo por definición no lo permite. Esto explica en parte por qué los empresarios deciden sustituir trabajo por capital, ya que el segundo se puede controlar mucho mejor y el coste del control se reduce.

coste del control se suma al del alimento del trabajo-energía⁸ y puede acelerar el cambio al factor tierra-energía.

El coste del trabajo-energía no viene únicamente dado por el precio de los sumideros directos de energía de la fuerza de trabajo, se obtengan del mercado o fuera de éste (por ejemplo de la unidad doméstica o mediante el trueque o por impactos climáticos). El capital humano K_h , tal y como lo hemos definido antes, también es una causa de coste, porque el bienestar personal también reduce la brecha entre el trabajo-energía potencial y el efectivo).

La conclusión práctica de lo anterior (en el ámbito de la historia económica), es la posibilidad de analizar de forma detallada todas las series de los precios nominales de los alimentos del factor trabajo-energía (por ejemplo del trigo, del agua, de la madera como fuente de calor, de la ropa) pero también de los factores exógenos no económicos (temperatura u otros), y por otra parte de los alimentos de factor tierra (el coste suministrar más nutrientes y energía, de incrementar la superficie y en general de cualquier proceso que incida en alimentar el factor tierra-energía).

⁸ Un ejemplo conocido sería es el caso de China. Pomeranz afirma que, dada la mayor accesibilidad relativa (es muy importante la palabra relativa porque no significa que el factor sea en sí mismo abundante, si no que lo es solo en relación al otro) al alimento que al carbón, se generó un sistema económico basado en la mano de obra. Nótese también que la escasez relativa de “alimento” de un factor puede suplirse a través de las importaciones, de forma que el comercio internacional abierto puede ayudar a equilibrar la situación.

Series y fuentes

NOMBRE DE LA SERIE	NÚM.	PERÍODO	FUENTE
PR_WHEAT	1	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_RYE	2	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_BARLEY	3	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_OATS	4	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_BEANS	5	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_POTATOES	6	1724-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_MILK	7	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_BEEF	8	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_MUTTON	9	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_PORK	10	1636-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WOOL	11	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_HAY	12	1613-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WHEATx100	13	1613-1740	Elaboración propia
PR_WHEATx10	14	1613-1740	Elaboración propia
ACUM_PR_WHEATx10	15	1613-1740	Elaboración propia
RAIN_RICH	16	1580-1740	R. J. Cooper, T. M. Melvin, I. Tyers, R. J. S. Wilson, K. R. Briffa (2012)
RAIN_RINN	17	1613-1740	K.T. Rinne, N.J. Loader, V.R. Switsur y J.S. Waterhouse (2013)
RAIN_WILS	18	1580-1740	Wilson, R., D. Miles, N.J. Loader, T. Melvin, L. Cunningham, R. Cooper y K. Briffa (2012).
ACUM_WILS	19	1580-1740	Elaboración propia
WILS_RINN	20	1613-1740	Elaboración propia
ACUM_W_R	21	1613-1740	Elaboración propia
RICH_RINN	22	1613-1740	Elaboración propia
ACUM_R_R	23	1613-1740	Elaboración propia
TEMP	24	1659-1740	Manley (1974).
TEMP_RINN	25	1659-1740	Elaboración propia
TEMP_WILS	26	1659-1740	Elaboración propia
GRAD_LONG	27	1660-1740	Elaboración propia
DIF_TEMP	28	1659-1740	Elaboración propia
TEMP_MAX	29	1659-1740	Elaboración propia
TEMP_MIN	30	1659-1740	Elaboración propia
GRAD_SHORT	31	1659-1740	Elaboración propia
G	32	1659-1740	Elaboración propia
PETERSON_INDEX	33	1659-1740	Elaboración propia
TAS_2_5W_52_5N	34	1580-1740	Guiot, J., et al. (2010)
TAS_2_5E_52_5N	35	1580-1740	Guiot, J., et al. (2010)
MEDIA_TAS	36	1580-1740	Elaboración propia
EXTRAPOL_TEMP	37	1580-1740	Elaboración propia
TEMP_DJF	38	1580-1740	Luterbacher, J., et al. 2004.
TEMP_MAM	39	1580-1740	Luterbacher, J., et al. 2004.
TEMP_JJA	40	1580-1740	Luterbacher, J., et al. 2004.
TEMP_SON	41	1580-1740	Luterbacher, J., et al. 2004.

TEMP_YEAR	42	1580-1740	Luterbacher, J., et al. 2004.
DVI_VOLCANIC_INDEX	43	1580-1740	M. Mann <i>et al</i> (2000)
SOLAR_IRRAD	44	1610-1740	M. Mann <i>et al</i> (2000)
MM_11_RAIN_RICH	45	1590-1740	Elaboración propia
MM_11_RAIN_RINN	46	1623-1740	Elaboración propia
MM_11_RAIN_WILS	47	1590-1740	Elaboración propia
MM_11_WILS_RINN	48	1623-1740	Elaboración propia
RAIN_WILS_BASE_100_1659	49	1580-1740	Elaboración propia
TEMP_BASE_100_1659	50	1659-1740	Elaboración propia
TEMP_STAND	51	1659-1740	Elaboración propia
WILS_STAND	52	1659-1740	Elaboración propia
TEMP_WILS_STAND	53	1659-1740	Elaboración propia
WILS_STAND_TEMP_STAND	54	1659-1740	Elaboración propia
MEDIA_TEMP_WILS_STAND	55	1659-1740	Elaboración propia
WILS_RINN_STAND	56	1613-1740	Elaboración propia
SUM_WILS_RIN_STAND__TEMP_STAND	57	1659-1740	Elaboración propia
WILS__MEDIA_15_A__OS_ANTERIORES	58	1590-1740	Elaboración propia
RICH__MEDIA_15_A__OS_ANT_	59	1590-1740	Elaboración propia
PR_CHARCOAL	60	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_COAL	61	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_COAL_LOND	62	1581-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_COAL_NORTH	63	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_COAL_REST	64	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_FIREWOOD	65	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_HOUSING	66	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_LINEN_CLOTH	67	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WOOD	68	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WOOLCLOTH	69	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WAGE_FARM	70	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WAGE_CRAFT	71	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
PR_WAGE_BLDG	72	1580-1740	G. Clark (2004, 2005, 2007)
REAL_GDP_AGR	73	1580-1740	Broadberry <i>et al</i> (2011)
GDP_REAL_STAND	74	1580-1740	Elaboración propia
GDP_REAL_Per_Cap	75	1580-1740	Elaboración propia
PRIC_INDEX_AGR	76	1580-1740	Broadberry <i>et al</i> (2011)
NOM_GDP_AGR	77	1580-1740	Elaboración propia
PR_COAL_LOND_INDEX	78	1581-1740	Elaboración propia
PR_FIREWOOD_INDEX	79	1580-1740	Elaboración propia
PR_COAL_LOND_INDEX__PR_FIREWOO	80	1581-1740	Elaboración propia
PR_COAL_STAND	81	1659-1740	Elaboración propia
PR_FIREWOOD_STAND	82	1659-1740	Elaboración propia
NOM_GDP_AGR_en_Libras	83	1580-1740	Elaboración propia
POP_INDEX	84	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
BIRTHS_YEAR_JAN_DEC	85	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
BIRTHS_YEAR_JUL_JUN	86	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
DEATHS_YEAR_JAN_DEC	87	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
DEATHS_YEAR_JUL_JUN	88	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
MARRIAGES_YEAR_JAN_DEC	89	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
MARRIAGES_YEAR_JUL_JUN	90	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
POPULATION	91	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
BIRTH_RATE	92	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)

DEATH_RATE	93	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
NAT_INCR_RATE	94	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
MARRIAGE_RATE	95	1580-1740	Wrigley <i>et al</i> (1983)
ARABLE_LAND_WHEAT_x_millions_of	96	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
ARABLE_LAND_RYE_x_millions_of_a	97	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
ARABLE_LAND_BARLEY_x_millions_o	98	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
ARABLE_LAND_OATS_x_millions_of_	99	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
ARABLE_LAND_OTHERS_x_millions_o	100	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
TOTAL_SOWN_x_millions_of_acres	101	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
FALLOW_ARABLE_x_millions_of_acr	102	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
TOTAL_ARABLE_x_millions_of_acre	103	Datos puntuales	Broadberry <i>et al</i> (2012)
DEE_CON_PESO_FIJO	104	1659-1740	Elaboración propia
BMR_P_FIJO	105	1659-1740	Elaboración propia
EXCEDENTE_PARA_WORK	106	1659-1740	Elaboración propia
KGS_ESTIMADOS_POR_TMED13A_OS	107	1672-1740	Elaboración propia
DEE_SIN_PESO_FIJO	108	1672-1740	Elaboración propia
BMR_SIN_PESO_FIJO	109	1672-1740	Elaboración propia
EXCED_PARA_WORK	110	1672-1740	Elaboración propia
DAYS_WORKED	111	1613-1740	<i>Broadberry et al</i> (2011)
INDEX_DAYS_WORKED	112	1672-1740	Elaboración propia
KCAL_WORK_YEARLY_Unit	113	1672-1740	Elaboración propia
FUERZA_TRAB_MASC	114	1613-1740	Elaboración propia
FTM_KCAL_TOT_diario	115	1672-1740	Elaboración propia
FTM_KCAL_TOT_diario_Energ_a_co	116	1672-1740	Elaboración propia
FTM_KCAL_YEAR	117	1672-1740	Elaboración propia
FTM_KCAL_YEAR_EN_MILLONES	118	1672-1740	Elaboración propia
FTM_KCAL_TOT_diario_correg	119	1672-1740	Elaboración propia