
Pablo Campos
y
José Manuel Naredo

*La energía
en los sistemas
agrarios **

I. INTRODUCCION

La vehemencia que alcanzan muchas veces ciertas discusiones aparentemente técnicas e incluso científicas, se inspira a menudo en el empeño en defender ciertas creencias, valores e ideas preconcebidas, tratando de vestir las con el manto de la razón. La más importante de estas ideas, en lo que al enjuiciamiento del cambio tecnológico se refiere, es la idea del «progreso», es decir, la creencia de que la humanidad se ha movido, se mueve y se seguirá moviendo siempre en la dirección deseable.

Frente a la creencia de que se asistía a un proceso de degradación del mundo y de la civilización que era común en la Antigüedad, la idea del «progreso» empezó a tomar

(*) Lo fundamental de este texto y los cálculos que lo respaldan han sido elaborados por Pablo Campos y por mí hace más de dos años y presentados a la Fundación Juan March como avance de los trabajos que estamos realizando en colaboración con otras personas en el curso de un Programa de Investigación sobre *La gran explotación agraria en España*. Hoy este tipo de análisis se encuentra respaldado por la aparición en otros países de nuevos estudios sobre agricultura y energía, cuyas referencias hemos incluido a posteriori en algunos casos. Sin embargo, estos estudios no nos han obligado a modificar nuestra metodología e hipótesis de trabajo que siguen en lo esencial siendo acertadas. Ello explica algunas de las ligeras diferencias metodológicas existentes entre

cuerpo en el siglo XVII y acabó dominando el mundo actual. Buena parte de los argumentos con los que se intentan justificar esta creencia y presentarla como axiomática proceden de ensalzar los aspectos positivos de los cambios tecnológicos acaecidos. Pues, como señala Aldous Huxley «la creencia en un progreso general se basa en el antojadizo sueño de que cabe conseguir algo a cambio de nada. La suposición subyacente es que las ganancias obtenidas en un campo no hay que pagarlas con pérdidas en otros. Para los antiguos griegos, a la Hubris, es decir, a la arrogante insolencia, ya se dirigiera ésta contra los dioses o contra la naturaleza, le seguía indefectiblemente, tarde o temprano, de una forma o de otra, la vengadora Némesis. A diferencia de los griegos, nosotros, los hombres del siglo XX creemos

los cálculos de los flujos energéticos de los sistemas agrarios y aquellos otros más recientes del balance energético global de la agricultura española que incluimos como artículo independiente en este mismo volumen. Por ello hemos creído conveniente explicitar en sus respectivos anexos los criterios adoptados en el cálculo.

Advertimos también que hemos eliminado del texto original una primera parte sobre las insuficiencias del análisis económico hoy convencional para inspirar una buena gestión de los recursos naturales y en la que se avanzaban otros principios metodológicos diferentes y se exponían, como base del análisis energético, los principios de la termodinámica. En la decisión de eliminar esos capítulos han influido tanto la razón de evitar que este texto fuera excesivamente voluminoso, como el sentimiento de que, consciente de la complejidad de estos temas en los que he seguido trabajando, es preferible no tratarlos a hacerlo en un espacio tan limitado que obliga a simplificaciones necesariamente banalizadoras. Sobre todo, cuando yo mismo he publicado, y voy camino de publicar elaboraciones más acabadas de estos temas de las que hubieran cabido aquí [1]. Asimismo, el lector interesado puede encontrar buenas exposiciones del significado económico de los principios de la termodinámica [2] sobre las que no consideramos necesario recaer en este artículo, sobre todo cuando creemos que su texto resulta directamente comprensible sin necesidad de exposiciones teóricas previas. Sólo incluimos como primer capítulo una breve entradilla sobre la conversión de la energía solar por las plantas verdes advirtiendo que el lector mínimamente familiarizado con estos temas puede saltarla sin menoscabo del resto de nuestra exposición. Teniendo en cuenta que los comentarios tan prolifos que se hacen sobre los flujos energéticos de los sistemas agrarios estudiados pueden resultar «insufribles» a las personas que no estén particularmente interesadas en la cuestión, sugerimos a aquellos que no se vean asistidos por tal interés, que pasen directamente de la lectura de la introducción a la del último capítulo que sintetiza lo esencial de los análisis anteriores ofreciendo además, las conclusiones oportunas. Esta lectura abreviada puede servir de introducción desde la que el lector se adentre, con

[1] Vid. J. M. Naredo, «Energía y crisis de civilización» en *Energía, política, información*, Cuadernos de Ruedo Ibérico, núms. 63-66, Ibérica de Ediciones y Publicaciones, Barcelona, 1979; J. Martínez Alier y J. M. Naredo, «La noción de fuerzas productivas y la cuestión de la energía» en *Ibidem*; J. M. Naredo, capítulos 3, 5 y 10 de la Primera Parte del libro *Extremadura Saqueada, Recursos naturales y autonomía regional*, Ibérica de Ediciones y Publicaciones & Ruedo Ibérico, Barcelona, 1979; J. M. Naredo *Los límites del análisis económico*, *Ibidem* en prensa.

[2] Vid. Barry Commoner, *La escasez de la energía*, Plaza & Janés Barcelona, 1978; Nicolás Georgescu Roegen «Energía y mitos económicos», *El trimestre económico*, diciembre de 1975.

que se puede ser insolente con impunidad» (1). Sin embargo, la pretensión de demostrar la certitud de esta idea es completamente ilusoria, pues aunque siempre existan hechos que permitan argumentar en su favor, también los hay que apuntan en sentido contrario, como consecuencia del carácter ambivalente que suelen tener las innovaciones tecnológicas.

En los últimos tiempos parece que se está asistiendo a una pérdida de fe en el «progreso» y a un aumento de la preocupación por las consecuencias negativas que la sociedad industrial ejerce sobre el medio ambiente y sobre el individuo. Pero aunque los problemas de la polución del aire, del agua, de los alimentos, se planteen de forma cada vez más angustiosa, aunque el impacto sobre el medio del desarrollo de las fuerzas destructivas que acompaña al actual proceso de industrialización se haga cada vez más acuciante, o aunque las modernas leyes de la termodinámica den nueva vida a través del concepto de «entropía» a la creencia de los antiguos pensadores griegos en un mundo que avanza hacia el «caos», resultará igualmente difícil demostrar la falsedad de la idea del «progreso». Solamente en el caso extremo de una catástrofe planetaria originada por una guerra nuclear, o de una alteración del medio am-

intensidad variable según sus deseos, bien hacia los análisis más detallados que se incluyen en este mismo artículo, bien hacia los otros trabajos que componen el resto del dossier.

El cálculo de los flujos energéticos de los sistemas agrarios ha corrido en lo fundamental por cuenta de Pablo Campos, aun cuando hayamos discutido juntos los problemas metodológicos que suscitaba y la forma de presentar los resultados. Asimismo, Pablo Campos ha redactado el primer borrador de los capítulos IV y V en los que se discuten tales resultados. Yo les he dado la forma definitiva y he redactado, además de esta introducción, los capítulos III y VI que analizan otros sistemas agrarios introduciendo el tema y extrayendo conclusiones en un marco general. El capítulo II sobre la conversión de la energía solar por las plantas verdes está tomado en su mayor parte de la entrada que hicimos conjuntamente al capítulo 6 de la Primera Parte del libro *Extremadura Saqueada*, donde calculábamos el balance energético de la agricultura extremeña.

Por último, cabe señalar que este primer artículo forma un bloque coherente con los dos que le siguen: nuestro trabajo, que recae, fundamentalmente, sobre sistemas agrícolas, se ve completado por el análisis de los sistemas ganaderos realizado por Miguel Ángel García Dory en el artículo que le sigue y ambos encuentran su colofón en el estudio de los balances energéticos del sector agrario que acometemos en el tercer artículo que compone este volumen.

J. M. N.

(1) Aldous Huxley, *Science, Liberty and Peace*, textos recopilados por Denis Thompson, *Science in perspective*, John Murray, Londres, 1965, pág. 18.

biente que provocara la degradación genética de la especie humana, o que liquidara los equilibrios ecológicos sobre los que se basa la vida evolucionada en el planeta, cabría esperar que los argumentos que apuntan en el sentido de una «regresión» se impongan de forma aplastante sobre los que apoyan la creencia en el «progreso», aunque ya poco importaría dado el carácter irreversible de los procesos desencadenados (2).

En las páginas que siguen evitaremos adentrarnos en el análisis de los presupuestos que hacen de la actual ciencia económica una mala consejera a la hora de sopesar las ventajas e inconvenientes que comportan los cambios tecnológicos introducidos por el capitalismo, dado que resalta casi exclusivamente sus aspectos positivos. Conscientes de que las interferencias de tipo ideológico dificultan el enjuiciamiento de los cambios en la tecnología, en vez de extendernos en una discusión global de los mismos, hemos preferido partir del análisis detallado de algunos casos que nos permitan afinar nuestra metodología y llegar a conclusiones más firmes y alejadas de terrenos ideológicos irreductibles a la discusión. A pesar de su carácter concreto, se pretende que los casos analizados permitan ilustrar ciertas tendencias generales y situaciones que abarcan un amplio espacio temporal, y ayuden a comprender el significado tanto de la llamada «revolución agrícola» que tuvo lugar en el neolítico, como el que corresponde a la reciente «revolución verde», en lo referente a las relaciones entre los distintos tipos de agricultura y el sistema ecológico. Para ello se utiliza como instrumento analítico básico el flujo de energía sobre el que se articula la actividad agraria en cada caso, desvelando así una parte de la realidad material que permanece oculta bajo el velo del análisis económico convencional.

(2) En realidad los patrones de comportamiento impuestos por la sociedad industrial «avanzada» empujan de forma inequívoca y en un plazo relativamente próximo hacia una situación catastrófica. Tras el examen de la información actualmente disponible, el cualificado grupo de científicos que suscribe el *Manifiesto para la Supervivencia* (Ed. Alianza, Madrid, 1972) confirma que «si no se cortan de raíz las tendencias que se observan en la actualidad, el derrumbamiento de la sociedad y la destrucción irreversible de los sistemas de mantenimiento de la vida en este planeta serán inevitables, posiblemente a finales de este siglo y con toda seguridad antes de que desaparezca la generación de nuestros hijos».

Cabe advertir que no pretendemos que nuestro enfoque vaya a refutar las elaboraciones de la ciencia económica que transcurren dentro del campo de la «producción» y del «valor». Simplemente, no aceptamos los principios de los que parten tales elaboraciones, lo que hace que nuestros análisis transcurran a niveles de abstracción diferentes, que son de utilidad para acotar las claras limitaciones que ofrece el terreno en el que se mueve esa ciencia económica que paradójicamente contribuyó a erigir la «producción» como meta suprema de la actividad humana, cuando de hecho se acentuaba el carácter depredador de una actividad económica basada cada vez más en la apropiación de riquezas naturales ya existentes y no en la producción de tales riquezas. Esa ciencia que asumió, en suma, la idea de «sistema económico» para designar una gestión de recursos que desde un punto de vista global se ha revelado la más antieconómica que jamás ha existido en la historia de la humanidad.

Cabe advertir también, que —como ya habíamos indicado en otra ocasión (3)— no se pretende que el análisis en términos de energía que vamos a practicar vaya a sustituir por sí sólo las formulaciones en dinero comúnmente utilizadas en economía. Antes al contrario, consideramos que un planteamiento que contribuya realmente a desvelar las relaciones del hombre con su entorno con ánimo de inspirar una buena gestión de esos recursos escasos, no debe enjuiciarlas desde el prisma de una única unidad de análisis, ya sea ésta el dinero, el trabajo, la energía o la gracia divina.

El análisis de cómo se capta y se degrada la energía en los sistemas agrarios constituye un instrumento valioso para descubrir el significado en términos físicos de tales relaciones. Pero a nuestro juicio el enfoque energético no debe ser el único, ni siquiera el más importante, para asegurar una buena gestión de los recursos.

Aunque sea echar un jarro de agua fría sobre esta moda de ocuparse de los temas energéticos en la que obligadamente se encuadra este trabajo, recordemos que, a largo

(3) Vid. *Extremadura Saqueada; Recursos naturales y autonomía regional*, Ibérica de Ediciones y Publicaciones & Ruedo Ibérico. Barcelona, 1979, pág. 63.

plazo, la escasez está llamada a presentarse de forma más acuciante por el lado de la materia que por el lado de la energía (4). En primer lugar, la actual «crisis energética» no nos debe hacer olvidar que desde el ángulo de la energía, nuestro planeta constituye un sistema abierto (5) que recibe diariamente el flujo solar, mientras que desde el ángulo de la materia constituye un sistema cerrado (6). Y en segundo lugar, la obtención de energía a partir de la materia se revela mucho más fácil, que la obtención de materia a partir de la energía. Precisamente la conversión de la energía solar irradiada por el sol en materia orgánica a través del fenómeno de la fotosíntesis constituye un raro ejemplo de conversión de energía en materia, que ha servido de base a la extensión y enriquecimiento de la vida en el planeta, que en los últimos tiempos aparece truncado por la desertización y degradación en gran escala de la biosfera desencadenadas por el hombre.

La agricultura y la ganadería han tratado de desviar esa conversión del flujo solar hacia materias útiles para el hombre, ya sea para aportarle mediante la alimentación la energía necesaria para mantenerse en vida, o para asistir otras necesidades más o menos conspicuas o energéticas.

Las páginas que siguen se centrarán sobre la forma en que los sistemas agrarios captan, degradan y convierten la energía, haciendo abstracción de la degradación de la materia por ellos originada, ya sea mediante la destrucción del suelo fértil, la polución del agua y del aire, el empobrecimiento de los ecosistemas o el posible agotamiento de los yacimientos de fosfatos. Aunque estos hechos constituyan el telón de fondo de la discusión que vamos a abordar, dada su estrecha vinculación con los temas energéticos tratados.

(4) Vid. N. Georgescu Roegen, «De la science économique à la bioéconomie», *Revue d'économie politique*, mayo-junio de 1978.

(5) Se dice que un sistema termodinámico es abierto cuando intercambia energía con el exterior.

(6) Hacemos abstracción de la materia recibida en forma de meteoritos.

II. LA CONVERSION DE LA ENERGIA SOLAR POR LAS PLANTAS VERDES *

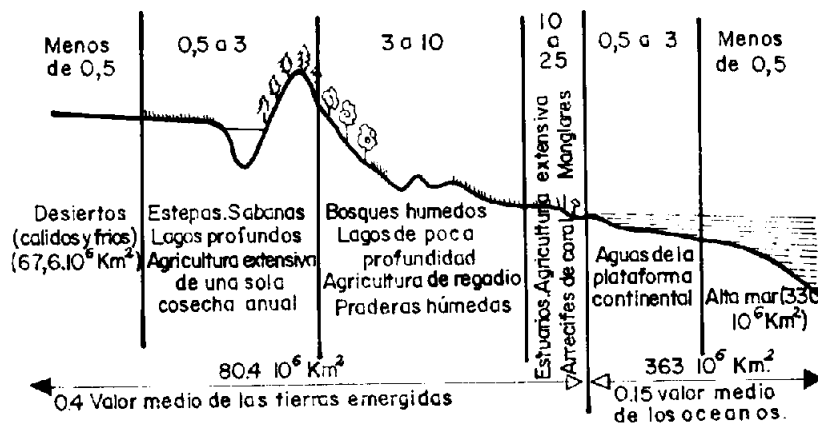
Toda actividad biológica está basada directa o indirectamente en la conversión por las plantas verdes de una parte de la energía solar que llega a la superficie terrestre o marina en materia orgánica (protoplasma) y ésta es indispensable para el sostenimiento de la vida en el planeta. Así, un campo de alfalfa de cuatro hectáreas que reciba $6,3 \times 10^9$ kilocalorías (kcal) de energía solar puede producir $1,49 \times 10^7$ kcal de alfalfa; ésta puede ser utilizada para alimentar a 4,5 terneros produciendo $1,19 \times 10^6$ kcal en carne que sería suficiente para alimentar durante un año a un muchacho de 48 kg. Este ejemplo hipotético sacado de Odum (1959) nos da una clara idea de la dependencia a todos los niveles de la vida de la energía solar.

La productividad de los ecosistemas en la conversión de energía solar en materia vegetal depende del flujo de nutrientes, de la intensidad de la radiación solar y de la capacidad de los ecosistemas para utilizar los elementos puestos a su disposición. En los desiertos el factor limitante es la falta de agua, mientras que en las profundidades marinas lo será la falta de luz y la concentración de sales nutritivas. Pero la productividad también depende de la estructura del ecosistema: la productividad primaria de un bosque caducifolio sobrepasa normalmente a la de un campo de trigo en función de la estratificación vertical que existe en el bosque, donde cada nivel (árboles, arbustos, matorrales bajos, hierbas) fija una parte de la energía solar. Por término medio las plantas verdes almacenan sobre el 1 por 100 de la energía solar recibida por la superficie terrestre (ésta viene a ser de una caloría/cm²/min.). En el gráfico adjunto pueden verse las diferencias de productividad bruta en los distintos ecosistemas de la biosfera me-

(*) El texto de este apartado está tomado, en parte, de la entradilla que hicimos al capítulo 6 de la primera parte del libro *Extremadura saqueada. Recursos naturales y autonomía regional*. Ibérica de Ediciones y Publicaciones, Ruedo Ibérico, Barcelona, 1979.

cida en gramos de materia seca por metro cuadrado y día (se pasa a valores energéticos con sólo tener en cuenta que un gramo de materia seca contiene 4 kcal por término medio).

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION PRIMARIA BRUTA EN GRAMOS DE MATERIA SECA POR M²/DIA EN DIVERSOS ECOSISTEMAS DE LA BIOSFERA (ODUM)



Fuente: Tomado de R. Dajoz. *Tratado de ecología*. Mundiprensa, pág. 339. Madrid, 1974.

Las cifras del gráfico son de producción bruta (7). Pero al hombre le interesa más conocer la producción neta (8) desde un punto de vista alimenticio. Veamos esto con un ejemplo: una hectárea de maíz recibe 5.044 millones de kcal de energía solar durante un período de crecimiento de cien días. Durante este tiempo se han almacenado en el tejido de las plantas (protoplasma) 62,46 millones de kilocalorías (producción neta) y se han perdido en la respiración de las plantas 19 millones de kilocalorías. La producción bruta es, pues, de 81,46 millones de kilocalorías, habiendo fijado las plantas durante los cien días el 1,6 por 100 de la energía solar recibida. El hombre sólo puede aprovechar la producción neta, que es el 77 por 100 de la producción bruta, perdiéndose en la respiración de las

(7) Producción bruta = cantidad total de energía fijada por las plantas verdes por unidad de tiempo (día, mes, año).

(8) Producción neta = cantidad total de energía almacenada en los tejidos de las plantas verdes (cosechas) = producción bruta menos la energía gastada en la respiración de las plantas.

plantas el 23 por 100 de la energía fijada (9). Las pérdidas debidas a la respiración varían de unos ecosistemas a otros. En el campo de maíz era del 23 por 100 de la producción bruta, en un campo de pastos perennes el 15 por 100; pero en los bosques templados se pierde en la respiración entre el 50 y 60 por 100, y en los bosques tropicales del 70 al 75 por 100.

Como es sabido, no toda la energía almacenada por las plantas verdes puede ser consumida directamente por el hombre. Desde muy antiguo el hombre ha utilizado técnicas culinarias para hacer más fácilmente asimilables y mejorar el sabor de los productos vegetales. Asimismo, como el hombre comía también animales, la utilización de éstos para aprovechar aquellas plantas que no eran directamente asimilables para él constituyó una práctica común junto con la domesticación de animales que acompañó a la domesticación de plantas tratando de hacer que proliferaran aquéllas y aquellos que le ofrecían mayor interés. Hoy los sistemas agrícolas vienen a recoger cerca del 5 por 100 del total de energía almacenada por las plantas en el área terrestre (10).

A efectos económicos no tiene sentido contabilizar la energía irradiada por el sol, ya que constituye una constante cosmológica sobre la que no podemos intervenir y su utilización al servicio de la vida no entraña ninguna degradación adicional del medio. Lo que sí interesa, para hacernos una idea del funcionamiento de los sistemas agrarios que sirva de orientación a una buena gestión de los recursos, es contabilizar la energía invertida por el hombre en el proceso y compararla con aquella otra contenida en los productos agrarios (11). La relación entre ambas nos da cuenta de la eficiencia de los sistemas agrarios en el uso de la energía. Además, hay que tener en cuenta que el

(9) E. N. Transeau, *Ohio Journal of Science*, 1-10-1926. Citado por E. J. Kormondy, *conceptos de ecología*, Alianza editorial, 1973.

(10) Robert, M. Whittaker & George M. Woodwell, «Primary Production in terrestrial ecosystems», *American Zoologist*, Vol. 8, n.º a. febrero 1968, págs. 19-30. Citado por G. M. Woodwell, «El ciclo de la energía en la biosfera», *La biosfera*, Alianza Editorial, Madrid, 1972, pág. 62.

(11) En los anexos se detalla la forma en que se han realizado estos cálculos, por lo que no nos detenemos ahora sobre ello.

significado económico de los sistemas agrarios varía sensiblemente según sea el origen de la energía utilizada. Como mínimo cabe diferenciar entre energías renovables más o menos ligadas al flujo solar y aquellas otras procedentes de los «stocks» de materias energéticas contenidas en el planeta cuyo uso plantea el problema de su agotamiento y origina por fuerza una degradación adicional del medio ambiente. Y habría que asignar un lugar aparte a la energía del trabajo humano. Pues si recordamos que el único cometido capaz de justificar la existencia de los sistemas económicos en general o de los sistemas agrarios en particular es el que contribuyan a mantener y enriquecer la vida humana, parece a todas luces deseable reducir en lo posible la participación del trabajo humano entre los *inputs* energéticos en la medida en que éste atente contra el disfrute de la vida. Cosa que no habría ni que mencionar si no llega a ser porque el trabajo se ha erigido en un valor en sí hasta el punto de proponerse como deseable, con independencia de los resultados, la ampliación de las cargas del trabajo sobre el conjunto social.

Al no contabilizar la energía irradiada por el sol entre los *inputs* energéticos de los sistemas agrarios, se puede decir que éstos han arrojado tradicionalmente —como veremos más adelante— un excedente energético en el sentido de que la materia vegetal obtenida contenía más energía que la incorporada por el hombre directa o indirectamente en el proceso. Pero en los últimos cincuenta años, la utilización masiva en la agricultura de productos de alto contenido energético (abonos, insecticidas, herbicidas químicos...), así como de combustibles fósiles para sustituir la energía metabólica del trabajo humano y animal que constituían convertidores eficientes de la energía renovable contenida en los alimentos, ha contribuido a recortar cada vez más los excedentes energéticos de las agriculturas de los países industrializados, haciendo que incluso se llegaran a convertir en saldos deficitarios. En este caso, al igual que en el de los productos primarios, en general, se observa que se puede intensificar el volumen de producción de alimentos por unidad de superficie, o de trabajo, a base de un gasto muy superior de energía que puede incluso

eliminar el excedente que en este terreno suponía tradicionalmente la agricultura. Lo cual explica la importancia que han adquirido como exportadores de productos agrarios en los últimos tiempos algunos países industrializados. Con lo que la energía constituye también en última instancia un factor limitativo que impide la expansión exponencial del consumo y de la «producción» de alimentos, al que habría que añadir otros derivados de la degradación de la materia de los ecosistemas locales y de la calidad dietética de los productos originadas por las nuevas técnicas agrícolas.

III. LA LLAMADA «REVOLUCION AGRICOLA» DEL NEOLITICO. EL CASO DEL «CULTIVO ITINERANTE» COMO FORMA PRIMITIVA DE AGRICULTURA

Los continuos intentos de la especie humana para ampliar y adaptar a sus necesidades la conversión orgánica de la energía solar culminaron en la llamada «revolución agrícola» del neolítico, cuyos inicios se suelen fechar en el cercano Oriente entre el 9000 y el 7000 antes de Cristo (12). Aunque la agricultura y la domesticación de animales tomaron cuerpo definitivo en esas fechas, no por ello deben considerarse como un fenómeno repentino, como un corte radical con el pasado en el que la caza, la pesca y la recolección de frutos silvestres proporcionaban el sustento de la especie humana. Ciertamente al terminarse el período glacial, lo templado del clima y la desecación de muchas tierras antes pantanosas ayudaron a extender las prácticas de cultivo en el neolítico, pero «la domesticación de plantas» aparece entre las mutaciones producidas mucho antes de terminarse el último período glacial. Asociar este proceso con el momento en que contemplamos los resultados finales o atribuir tal cambio a las mejoras logradas en la fabricación de herramientas desviará nuestra atención de la realidad de estos problemas. Las hoces de arcilla halladas en Palestina nos demuestran que el hombre cosechaba sistemáticamente los cereales antes de decidirse a plantarlos,

(12) Sobre la periodificación y características de la «revolución agrícola» véase el escueto y documentado trabajo de Sonia Cole, *The Neolithic Revolution*, Trustees of the British Museum, Londres, 1970.

al igual que los morteros de piedra se usaban para pulverizar pinturas miles de años antes que para moler granos (13). Asimismo, muchos de los conocimientos que exige la agricultura y que van más allá de la simple identificación de las plantas útiles, se habían alcanzado con anterioridad como lo sugiere, por ejemplo, el hecho de que pueblos buscadores de frutos silvestres, hayan llegado a cambiar el curso de algunos arroyos para regar los campos de granos salvajes que pensaban cosechar después. De esta manera, el término «revolución agrícola» puede no ser oportuno para designar el avance en la domesticación de plantas y animales que tuvo lugar en el neolítico, en cuanto que «revolución» implica rechazo del pasado, ruptura y olvido de sus costumbres, mientras que este proceso, lejos de constituir un corte brusco con el pasado, recogía los avances milenarios que se habían producido en la selección y mejora de plantas y apuntaba en el mismo sentido.

La primera forma de agricultura que tuvo lugar en el neolítico se realizó sobre pequeños huertos en los bosques, pues con el instrumental entonces existente resultaba más fácil abrir un claro en el bosque, valiéndose de hachas y quemar las hojas y ramas secas, que romper la dura alfombra de raíces existentes en las praderas. Además, cultivar en claros de bosque era el paso siguiente al cuidado y recolección, que se realizaban con anterioridad, de las hojas y frutos que crecían espontáneamente en esos claros. Aparece así el sistema de cultivo denominado «barbecho forestal» o «cultivo itinerante» que pasamos a analizar a continuación y que permitió por vez primera el cultivo en los trópicos y perduró hasta la Edad Media en algunos bosques templados del norte de Europa. Los datos concretos de este sistema de cultivo, obtenidos por Roy A. Rappaport, en *Pigs for Ancestors. Ritual in the Ecology of a New Guinea People* (Yale University Press, New Haven, 1968) (14), servirán de base a esta exposición.

(13) Lewis Mumford, *El mito de la máquina*, Ed. EMECE, Buenos Aires, 1969, páginas 200-201.

(14) Un artículo resumen de este trabajo aparece publicado por el autor en «El flujo de energía en una sociedad agrícola», *La Energía*, Alianza, Ed. Madrid, 1975.

El caso a estudiar constituye un ejemplo típico de acción del hombre sobre el medio para adaptar la conversión orgánica a sus exigencias manteniendo la estabilidad de los sistemas ecológicos en los que se encuentra inmerso. El bosque tropical constituye quizá el ecosistema más intrincado, estable, eficaz y productivo existente en el planeta, pero es poco útil para cubrir las necesidades inmediatas de los hombres. Se estima que sólo puede alimentar a una persona por milla cuadrada (2,59 kilómetros cuadrados). El establecimiento del «cultivo itinerante» es una solución técnica elegante que permite con poco esfuerzo mantener una densidad de población comparable a la de los países industrializados con una menor degradación del medio que la originada por la agricultura actual de esos países.

Las operaciones a realizar en este sistema de cultivo se resumen esquemáticamente en las siguientes:

— En primer lugar se elimina la maleza existente en la parcela del bosque en la que se piensa instalar el huerto. Esta labor de desbrozamiento constituye el trabajo más duro.

— Dos semanas más tarde se talan los árboles. Los troncos se arrastran fuera de la parcela y las ramas se amontonan en pilas y se dejan secar dentro de ella. Si los árboles son demasiado grandes para poder cortarlos y arrastrarlos, se podan totalmente y se dejan en pie.

— Se construye una valla que impida el paso de los animales salvajes o domésticos que pueden deteriorar el huerto.

— De uno a cuatro meses después de empezar la limpieza se queman los montones de ramas y maleza ya secas. Esta operación es esencial por dos motivos: en primer lugar libera en forma de cenizas los nutrientes necesarios para el cultivo, y en segundo lugar, brinda un suelo muy blando evitando también la erosión de la capa del suelo fértil que queda enterrada por las cenizas.

— Precisamente la blandura del suelo permite usar como único apero un palo con el que se plantan cómodamente las semillas y esquejes seleccionados. En los huertos

analizados por Rappaport se plantaban juntas 36 especies y 264 variedades de plantas. Entre ellas dominaban distintas clases de tubérculos, judías, guisantes, maíz, caña de azúcar, plátanos y hortalizas diversas.

— La primera escarda se realiza entre cinco y siete semanas después de la plantación. En las escardas son respetados los brotes de los nuevos árboles que surgen, que, además de proteger el suelo, impedirán más tarde la formación de la hierba facilitando así la regeneración del bosque.

— La recolección tiene lugar diariamente y se prolonga durante 14 ó 18 meses, lo que permite aprovechar al máximo el crecimiento de los frutos que se recogen a medida que van madurando.

— Finalmente, el huerto se abandona antes de que se haya empobrecido el suelo y se deja que crezca el bosque durante quince años (en las tierras altas de la zona estudiada por Rappaport se alarga hasta veinte años y a veces llega hasta cuarenta) antes de volver a cultivarlo.

Para el motivo que nos ocupa cabe resaltar que no hacen falta ni aperos ni abonado: los nutrientes y la blandura del suelo se reponen por el procedimiento antes expuesto, basado en la capacidad de renovación del sistema ecológico autóctono. Hay que destacar el gran respeto que los cultivadores tienen hacia el bosque. Respeto que se traduce en no dañar en las escardas los brotes de nuevos árboles —que los nativos califican de «madre de los huertos»— a pesar de que hacen más trabajosa la recolección y menos productiva la cosecha. Pero debe considerarse que este cuidado en mantener no sólo las plantas útiles que se cultivan en los huertos, sino también aquellas especies de la selva de la que en última instancia dependen, es lo que ahorra los trabajos de abonado y labores que en otro caso se harían necesarios y evita el empobrecimiento del suelo extremadamente frágil que existe bajo el bosque tropical, que sería fácilmente degradable por otros sistemas de agricultura más agresivos contra el medio.

Destaca, asimismo, la gran variedad de plantas observadas en los huertos, lo que parece ser un hecho común en la agricultura de este tipo practicada en el neolítico, en la que

se adaptaron las principales plantas alimenticias conocidas permitiendo por primera vez en la historia de la humanidad alcanzar una dieta equilibrada y estable. Rappaport concluye en el caso estudiado que este sistema de cultivo aporta una dieta adecuada (15).

En cuanto a la forma de cultivo de las numerosas especies y variedades existentes en los huertos cabe destacar que se hace de tal manera, que se ha apreciado una similitud entre la estructura de éstos y la del bosque tropical en cuyo seno se albergan. Pues «en el huerto, como en el bosque, las especies no están ordenadas en grupos o en hileras, sino todas mezcladas, de manera que, a medida que maduran, el huerto se estratifica y las plantas aprovechan al máximo la superficie y las variaciones en las dimensiones verticales. Por ejemplo, los tubérculos de la batata y el taro maduran justo debajo de la superficie, la raíz de la mandioca es algo más profunda y la del boniato es la más profunda de todas. Las hojas de la mata de batata nacen a ras de suelo. Las hojas del taro se proyectan por encima de la mata de batata, el hibisco, la caña de azúcar y el pitpit crecen todavía más y las hojas de la palmera platanera destacan por encima de las anteriores. Esta mezcla, además de aprovechar al máximo un volumen determinado, evita las plagas de insectos especializados en una planta concreta, permite sacar ventaja de cualquier variación en el hábitat del huerto, protege la delgada capa vegetal del suelo y consigue un alto rendimiento de la fotosíntesis» (16).

Un comportamiento más agresivo contra el medio podría de momento ahorrar trabajo y mejorar la productividad, pero también podría hacer incompatible el cultivo con el sistema ecológico en el que se desenvolvía de forma estable, exigiendo a los cultivadores un mayor esfuerzo en el futuro y poniendo en peligro el mantenimiento de la

(15) Vid. Rappaport, *Pigs for Ancestors. Ritual in the Ecology of a New Guinea People*, Op. Cit. págs. 72-76. Esta dieta se cubre, fundamentalmente, a partir de los huertos, aunque se complementa, en lo que se refiere a proteínas, con el consumo de ciertas verduras recogidas sin cultivo previo y, en menor parte, con la carne de cerdos domésticos y de pequeños animales de selva.

(16) Vid. Rappaport, Op. Cit. pág. 157.

fertilidad del suelo. Un buen ejemplo de esto lo dan los lamentables resultados de las roturaciones masivas realizadas en la selva tropical que pusieron al descubierto una delgada capa de tierra vegetal que se degradaba con facilidad una vez despojada de la compleja biomasa que la había conservado secularmente. Si a los Tsembaga —comunidad de los Maring estudiada por Rappaport en nueva Guinea— no se les pasaba por la cabeza semejante comportamiento destructor es, entre otras cosas, porque consideraban su actividad como necesariamente autónoma y no esperaban contar con aportaciones externas de energía y de recursos supuestamente inagotables. Por ello, en vez de construir su economía agraria sobre tales aportaciones, velaban por su integración estable dentro del ecosistema local buscando, en la conversión de la energía solar en productos útiles, obtener un rendimiento óptimo que fuera compatible con el mantenimiento estable del ecosistema del que eran dependientes y no maximizar a corto plazo este rendimiento sin preocuparse de las implicaciones que ésto pudiera tener. Pues en un sistema cerrado como el que se acaba de describir, las consecuencias de los abusos ocasionales se detectan con facilidad y se acaban pagando por aquellos que los originaron.

Considerando en términos de energía la eficiencia del sistema de cultivo analizado, los estudios de Rappaport (17) permiten concluir que en los huertos de las zonas más elevadas en condiciones normales se obtenía 18,4 kilocalorías de cosecha por cada una de ellas invertida por los cultivadores en el proceso, y en los huertos de las zonas más bajas esta relación era del 20,1 (18). El único tipo de energía invertida por los cultivadores es la de su propio trabajo en las distintas operaciones y la de su esfuerzo al desplazarse hasta las parcelas, ambas contabilizadas por Rappaport. Pues éstos no utilizan tracción animal ni ningún tipo de abono distinto del liberado al quemar la materia vegetal aportada por el crecimiento del bosque durante el período

(17) Vid. Rappaport. Op. Cit. y art. cit.

(18) El año estudiado por Rappaport era un año festivo en el que las viviendas estaban agrupadas y las distancias a recorrer para llegar a los huertos eran mayores de lo normal, por lo que en ese año la eficiencia era algo más baja (el 15,9 y el 16,5, respectivamente).

de descanso de las parcelas, y la energía contenida en esta materia vegetal no es tenida en cuenta en el cálculo, ya que es un producto que no es directamente útil para el hombre y que el ecosistema se encarga de renovar sin dificultad dadas las precauciones observadas para que tal cosa ocurra.

Pero la contribución de este primer tipo de agricultura no ha sido el fomentar la simple conversión de la energía solar en materia vegetal. Esta era mayor en la selva tropical que sustituyen los huertos sin requerir ningún trabajo, pero resultaba escasamente útil para las exigencias humanas. El interés del paso realizado reside en forzar a que la energía solar se convierta en un tipo de materia vegetal directamente útil para el hombre manteniendo la estabilidad del ecosistema que le sirve de base. Ello permite mantener con una dieta equilibrada una densidad de población muy superior a la que sería posible mediante la simple recolección y captura de plantas y animales salvajes.

Los estudios existentes de densidades de población de pueblos cazadores y recolectores que puede soportar un territorio, rara vez bajan de una persona por cada 10 kilómetros cuadrados, con la excepción de los estuarios fértiles en pesca. Así, en Nueva Zelanda, mientras existieron los «moa» (aves de gran tamaño que apenas podían levantar el vuelo y eran fácilmente capturables) había pueblos que vivían de la caza y recolección de frutos silvestres con una densidad de una persona por cada 10 ó 15 kilómetros cuadrados. Pero una vez extinguidos los «moa» la densidad decayó a una persona por cada 30 kilómetros cuadrados, densidad ésta similar a la observada por los aborígenes australianos que vivían como cazadores en una tierra árida y seca (19). Cipolla ofrece como límite máximo para pueblos cazadores-recolectores la de una persona por kilómetro cuadrado (20). En la selva tropical este máximo se estima, como se ha indicado, en una persona por milla cuadrada, es decir, una persona por cada 2,59 kilómetros cuadrados.

(19) Vid. Colin Clark, *Crecimiento demográfico y utilización del suelo*, Alianza Ed. Madrid, 1968, pág. 164 y la bibliografía citada.

(20) Cfr. Carlo M. Cipolla, *Historia económica de la población mundial*, EUDEBA. Buenos Aires, 4.^a edición, 1973, pág. 69 y la bibliografía citada como referencia.

El territorio utilizado por los Tsembaga era —según estudia Rappaport— de 3,2 millas cuadradas (unas 800 hectáreas) y como su población era de 204 individuos, la densidad resultante es de una persona por cada cuatro hectáreas. Si se estima la densidad sobre la superficie cultivable, en vez de sobre la superficie total, resulta ser de una persona por cada dos hectáreas. Rappaport estima también que la densidad máxima que podría permitir este sistema de cultivo oscila entre 0,4 y 0,6 personas por hectárea para el conjunto del territorio. Densidades todas ellas muy superiores a la de una persona por cada 259 hectáreas que se supone permitiría el entorno mediante la simple captura y recolección de animales y frutos salvajes.

De todo lo anterior se sigue que la generalización de los avances en la domesticación de plantas y animales ocurridos en el neolítico supusieron un mejor aprovechamiento de la conversión orgánica sin que ello acentuara la degradación entrópica del *stock* de riquezas existente. Los huertos neolíticos aseguraron por primera vez en la historia de la humanidad una alimentación equilibrada y estable con alimentos variados y de calidad, lo cual favoreció el proceso de sexualización de la vida que entonces tuvo lugar y dio nuevas posibilidades a la buena crianza de los hijos. La población mundial, que había permanecido más o menos estancada entre dos y veinte millones (21) antes del neolítico, inició una etapa de auge que tocaría techo antes de la revolución industrial alcanzando unos 750 millones.

Esta racionalización a posteriori de los logros neolíticos no quiere decir que los protagonistas de los cambios entonces producidos en el aprovechamiento de las plantas y los animales persiguieran conscientemente como objetivo prioritario, ni mucho menos único, mejorar la conversión orgánica o aumentar la «producción material». Pues cabe advertir que aunque «las abrumadoras preocupaciones materiales» de nuestra época actual y sus impacientes esfuerzos para convertir a las estrechas «economías de subsistencia» en «economías industriales afluentes», nos tienta a mirar a

(21) Cfr. Cipolla, Op. Cit., pág. 69.

todo este proceso de domesticación como el mero esfuerzo, más o menos deliberado, para aumentar las provisiones de alimentos, sólo muy lentamente han ido coincidiendo unos pocos eruditos en que los hombres primitivos no miraban el mundo de esta manera, y que lo que para nosotros es un motivo fundamental, sólo era secundario, si lo era, en la vida de aquellos neolíticos (22).

En los últimos tiempos se está desarrollando un conjunto de trabajo que confirma la realidad de tales afirmaciones, desmitificando además la creencia bastante generalizada de que las llamadas sociedades primitivas eran «economías de subsistencia» que a duras penas podían superar la penuria alimenticia. Libros como el de Marshall Sahlins —*Edad de Piedra, edad de abundancia* (23)— o el de Pierre Clastres —*La sociedad contra el Estado* (24)— ponen de manifiesto que las sociedades de este tipo se encontraban normalmente por encima del mínimo de subsistencia y dedicaban a ésta sólo una parte de lo que hoy se considera jornada normal de trabajo. Si en ellas no se acumulaban productos no era por su incapacidad técnica de hacerlo, sino porque no estaban interesadas en ello, como indican por otra parte los numerosos ejemplos de destrucción periódica de excedentes practicada en ese tipo de sociedades.

IV. DEL «BARBECHO FORESTAL» AL «BARBECHO CORTO». ANALISIS DEL «CULTIVO AL TERCIO» EN LA CAMPIÑA DEL GUADALQUIVIR

El tipo de agricultura de pequeños huertos con gran variedad de plantas, analizado en el capítulo anterior, permitió avanzar en la selección de cultivos anuales sirviendo de puente hacia otro tipo de agricultura más especializada en la que se empezaron a cultivar, a finales del neolítico, extensiones cada vez mayores de cereales.

(22) Mumford, Op. Cit., pág. 232.

(23) Marshall Sahlins, *Stone age economics*, Chicago, 1972 (hay traducción en castellano en AKAL).

(24) Pierre Clastres, *La société contre l'Etat*, París, 1976.

De esta manera se completó, con un aumento en la cantidad, el avance que con la agricultura de los huertos se había conseguido en la calidad de la alimentación. Como el contenido de los cereales entonces cultivados en proteínas y minerales asimilables permitía por sí solo —con la excepción del maíz— cubrir las necesidades dietéticas básicas (25) de los individuos, se consiguió una abundancia alimenticia no superada hasta el siglo XIX en los países industrializados mediante el recurso a los combustibles fósiles.

Es a partir de esta ampliación del excedente energético en forma de alimento como se suele explicar —siguiendo los análisis de Engels en *El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado*, la aparición de las clases sociales y el Estado. A nuestro juicio, hay que dudar de la capacidad explicativa de esta causalidad en sentido único. Pues, como señala Sahlins apoyándose en diversos materiales etnográficos, «no es la aparición de un excedente lo que propiciaría el surgimiento de los caciques (y después de una sociedad de clases y del Estado), sino más bien a la inversa, o por lo menos en mutua relación». Y concluye que «la existencia de la autoridad genera continuamente excedente». Y que «el desarrollo de las jerarquías y jefes se convierte así en una fuerza productiva» (26).

Igualmente hay que ver con reservas la pretensión de explicar los cambios tecnológicos acaecidos desde la agricultura de «tala y quema» hasta la agricultura del arado, atribuyendo a los hombres de aquella época un comportamiento motivado por el actual racionalismo productivista. Pues la mayoría de los nuevos aperos y técnicas debutaron como instrumentos en prácticas religiosas y no como herramientas inventadas únicamente para alcanzar una mayor eficiencia técnica en ciertas prácticas de cultivo racional. Es significativo recordar que donde primero aparecieron los animales enjaezados y ensillados fue en las procesiones religiosas; que los primeros vehículos tirados por animales

(25) Colin Clark, Op. Cit. págs. 159-161. Se estima que consumiendo entre 185 y 230 Kilogramos de cereales por persona-año se podrían satisfacer las necesidades alimenticias de un hombre.

(26) Marshall Sahlins, *Stone age economics*, 1972, pág. 140.

fueron las carrozas fúnebres; que el arado comenzó siendo un instrumento religioso que, tirado por un buey sagrado y conducido por un sacerdote, penetraba en las entrañas de la madre-tierra asegurando su fecundidad y que la siembra misma y el estercolado de las tierras obedecían también inicialmente a prácticas religiosas de culto a la fertilidad. Y por qué no pudo también obedecer a la intención de asegurar el maridaje entre el cielo y la tierra, y la consiguiente fertilización de esta última, la idea de recubrir de hierro —ese mineral de origen celeste— la punta del arado que iba a penetrar a la madre-tierra. Como los oficiantes en estos nuevos cultos tendentes a infundir fertilidad a la tierra eran hombres, se fue perdiendo el papel dominante que ocupaba la mujer en la agricultura de los primeros tiempos del neolítico y trasladándose hacia los varones. Carl Sauer lo resume con precisión: «El ganado vacuno, la carreta, el arado, el trazar largos surcos derechos y sembrar a voleo, fueron actos que comenzaron en el Cercano Oriente, como ceremonias del culto a la fertilidad; en tal culto los oficiantes eran hombres, y de ahí que el cuidado de los grandes rebaños, el brazo que mantenía firme y recto el arado, y el sembrador, fueran atributos masculinos.» (27)

Pero dejando a un lado las motivaciones que originariamente habían empujado a introducir las nuevas prácticas de cultivo, el hecho es que si se reduce el largo período de descanso a que se sometía la tierra en el denominado «barbecho forestal» y se empieza a quemar repetidas veces un bosque todavía joven, el matorral y las malas hierbas ganan terreno, el fuego no puede exterminar totalmente sus raíces y semillas, y el suelo se hace cada vez más compacto, exigiendo para cultivarlo un objeto más contundente que el simple palo utilizado en el sistema anterior. Se entra así en el sistema denominado «barbecho arbustivo», en el que se empieza a trabajar con azada y a escardar más a menudo. Finalmente, si se sigue reduciendo el período de descanso de la tierra y se impide que el bosque crezca de nuevo, la invasión de plantas herbáceas se acentúa y se llega a crear

(27) Citado por Mumford, Op. Cit., pág. 245. Vid. Carl O. Sauer, *Agricultural origins and dispersals*, Nueva York, 1952; *Land and life. A selection from the writings of Carl Ortwin Sauer*, edited with an introduction by John Leighly. Berkeley, 1963..

una tupida alfombra de raíces que hace cada vez más trabajoso el uso de la azada en la preparación del suelo para el cultivo. Se impone entonces la utilización del arado y la tracción animal, que permitieron la implantación estable en extensiones cada vez mayores de sistemas de cultivo de «barbecho corto» (cultivo de «año y vez», «cultivo al tercio», etc.). Hacia el 3500 antes de Cristo se tienen ya noticias del uso generalizado de la azada y del arado. Este fue primero de madera, limitándose su uso a suelos blandos, después de hierro, lo que permitió la extensión de estos sistemas de cultivo a tierras más duras como las que dieron origen a las civilizaciones griega y romana. Asimismo, la siembra a voleo y el abonado de los campos fueron perdiendo su significado ritual originario para convertirse en una práctica común de los agricultores. Cabe señalar que aunque se siguieran quemando los rastrojos o las hierbas que crecían en las tierras dejadas en descanso, la cantidad de cenizas fertilizantes era entonces incomparablemente menor a la obtenida en el antiguo sistema del «barbecho forestal», por lo que tenía que completarse con la aplicación de estiércol, barro de estanques, u otros desperdicios orgánicos para asegurar la estabilidad de los nuevos sistemas agrícolas.

Tanto la agricultura de la azada como la del arado, si bien permitieron aumentar la cantidad de productos obtenidos por unidad de superficie, constituyeron ecosistemas más frágiles y entrañaron inicialmente una menor eficiencia energética que la alcanzada por la agricultura de «tala y quema» (28). Sólo en la medida en que se fueron descubriendo los beneficios que para la fertilidad del suelo y el uso eficiente del trabajo humano y animal podían aportar ciertas alternativas y sistemas de cultivo, se consiguió mejorar de nuevo la eficiencia energética y aumentar la cantidad de productos por unidad de superficie manteniendo estable el sistema ecológico. Un paso en este sentido fue la introducción del llamado «cultivo al tercio» con barbecho

(28) El cultivo de azada entrañaba una mayor fuerza de trabajo por unidad de producto y con la intervención del arado y la sustitución de trabajo humano por la tracción animal se reducía aún más la eficiencia del conjunto, dada la menor eficiencia de los animales de tiro como convertidores de la energía contenida en los alimentos, en energía mecánica.

«semillado», que acortaba el período de descanso de la tierra con relación al cultivo de «año y vez» con barbecho «blanco». El «cultivo al tercio» apareció en el norte de Europa hacia el 800 después de Cristo y en él se aplicaban ya rotaciones con leguminosas y tubérculos forrajeros que, al parecer, no fueron descubrimientos de la llamada «revolución agrícola» del siglo XVIII, como habían indicado ciertos historiadores, sino que eran ya conocidas en el mundo antiguo, cayendo en desuso su cultivo al disminuir las densidades de población en Europa tras la caída del imperio romano (29).

En el presente capítulo pasamos a analizar las características de este sistema de cultivo y la forma en que capta y convierte la energía. Para ello se toman como base los datos que hemos obtenido sobre fincas cultivadas «al tercio» en la Campiña del Guadalquivir, donde este sistema estaba bastante implantado todavía en los años treinta, y de publicaciones que lo describen en el primer tercio del siglo XX.

Antes de iniciar la descripción del sistema cabe apuntar que no debe confundirse el cultivo «al tercio» de la Campiña del Guadalquivir con el cultivo de cuatro o más hojas que ha sido tradicional en las dehesas de las sierras y plenillanuras del suroeste de la península. Pues mientras aquél era un sistema básicamente agrícola, en éstos la hoja de cultivo se integra y se pone al servicio de la compleja economía de la dehesa en la que tenían un peso decisivo los aprovechamientos ganaderos y forestales.

El sistema de cultivo al tercio se caracteriza por reponer en la misma finca la casi totalidad de la energía necesaria para la obtención de las producciones. Siendo la tracción animal y las semillas los *inputs* energéticos más importantes de este sistema de explotación del suelo.

La producción en la finca de la tracción animal obliga a un sistema de explotación del suelo a tres hojas (de aquí el nombre de al tercio). La primera hoja se siembra de trigo, la segunda hoja (barbecho semillado) se siembra en su mayor parte de leguminosas (garbanzos, habas, etc.) y la tercera

(29) Cfr. Colín Clark, Op. Cit. pág. 168.

hoja se deja un año descansando, sin roturar, recibiendo en Andalucía Occidental el nombre de «manchón» y en Extremadura de «posio». Tenemos, pues, un sistema rotativo de tres hojas en las que en cada una de ellas se recoge cada tres años una cosecha de trigo.

El uso de la tracción animal obliga a disponer una parte del suelo en función de las necesidades alimenticias del ganado de labor. La forma más económica de utilizar el suelo no era sembrar toda la finca y alimentar el ganado a base de cultivos forrajeros, sino dejar una parte de la finca de manchón y emplearla como recurso alimenticio básico del ganado de fuerza y usar parte de los granos de la hoja de barbecho como alimentación complementaria. Como la necesidad de ganado de labor en este sistema de explotación es muy elevada debido a la concentración estacional de la demanda de yuntas, y en el caso que nos ocupa, a la dificultad de labrar la tierra dura y arcillosa de la Campiña antes de que entren las lluvias otoñales, la hoja de manchón suponía alrededor de un tercio de la finca. A la vez que en primavera y verano se disponía de un fuerte excedente de pastos y rastrojeras que debían de ser utilizados por ganado de renta, generalmente vacuno y ovino, que solía bajar de la sierra. Tenemos así una forma de explotación del suelo agrícola-ganadera con una máxima utilización de los subproductos de la finca, y donde el cultivo del trigo es el principal aprovechamiento de la explotación, y en función de él se ordenan los demás cultivos y aprovechamientos ganaderos de la finca.

El ganado, además de proporcionar la fuerza necesaria para realizar las labores de cultivo, suministra el abono orgánico imprescindible para el cultivo del trigo.

Con la adopción de la tracción mecánica y los abonos químicos el «cultivo al tercio», desde un punto de vista rentabilista, dejó de tener interés en relación a otros sistemas de explotación del suelo más intensivos (30). De modo que con la tracción mecánica y los abonos químicos no era

(30) Véase la monografía entregada a la Fundación March «Análisis de las motivaciones del paso del cultivo al tercio al de año y vez en la Campiña del Guadalquivir», publicada como artículo en el número 6 de *Agricultura y Sociedad*.

necesario mantener la hoja de manchón para alcanzar la máxima rentabilidad. Esta ahora se obtenía con los nuevos sistemas intensivos como el de «año y vez», con barbecho semillado (31), que se generalizó en la Campiña incluso antes de la desaparición de las restricciones institucionales (autarquía económica) que limitaban en los años cuarenta la importación de maquinaria. En las grandes fincas de la Campiña se disponía en muchas de ellas de tractores porque sus propietarios habían tenido en los años cuarenta acceso al limitado mercado de importación de maquinaria o bien habían utilizado el mercado negro como vía alternativa a las licencias nominales de importación para adquirir la maquinaria que necesitaban para hacer labores profundas en el arcilloso suelo de la Campiña y mejorar la rentabilidad que obtenían de sus fincas (32).

Para llegar a obtener los flujos energéticos de los sistemas agrícolas es necesario calcular las entradas (*inputs*) de energía necesaria para obtener unos productos determinados (*outputs*). El primer paso es conocer las distintas técnicas agrícolas y el segundo hacer la transformación energética de los *inputs* físicos, este se hace bajo ciertos supuestos que más tarde concretaremos.

Vamos a considerar como *inputs energéticos*, sólo a aquellos que han sufrido alguna transformación previa por la acción del hombre antes de usarlos en la actividad agraria. Así, no consideraremos como *input* energético a la energía solar u otras formas de energía procedentes de los desechos orgánicos de la misma actividad agraria, lo cual se ajusta a la metodología empleada por Rappaport para hacer

(31) Recordemos que aunque a mediados del siglo XVIII, el Catastro de Ensenada muestra en la Campiña un predominio del cultivo de «año y vez» (a diferencia de las estadísticas de finales del XIX, que muestran el predominio del «tercio») se trataba de un cultivo de «año y vez» con barbecho «blanco» y no con barbecho semillado como el que se impuso en el siglo actual.

(32) Otra solución comúnmente empleada en la preguerra para pasar al cultivo de «año y vez» sin mecanización, con resultados ventajosos para el propietario, consistía en compensar la menor rentabilidad que suponía el cultivo de cereales pienso para el ganado de labor, con la introducción de colonos que aceptaban retribuciones por unidad de trabajo inferiores a los asalariados, aun cuando, dada la importancia del paro, obtuvieran ingresos familiares anuales superiores a los de éstos (sobre este punto véase la monografía entregada a la Fundación March: «La crisis de las aparcerías en el secano de la posguerra», publicada como artículo en el número 3 de *Agricultura y Sociedad*).

el balance energético del «cultivo itinerante» al que nos hemos referido en el capítulo anterior. En nuestro caso el concepto de *input* energético se aproxima conceptualmente al de *input* económico en el sentido de que existe un precio de mercado para cada uno de estos *inputs*.

Como *outputs energéticos* vamos a considerar el contenido energético de las producciones físicas obtenidas en la actividad agraria.

En el Anexo I que se ofrece al final de este trabajo describimos la forma de calcular el aporte energético de cada uno de los *inputs* empleados en los sistemas de explotación del suelo estudiados.

El «cultivo al tercio» es un sistema muy eficaz desde el punto de vista del uso de energía no renovable. Al emplear la tracción animal y como abono el estiércol, la exigencia de tracción mecánica es nula y de abono químico o mineral muy reducida. En el conjunto de nuestra finca modelo sólo el 1,73 por 100 del gasto energético procede de fuera del sector agrario. Mientras que el consumo de energía renovable, en forma de semillas y tracción animal, alcanza el 97,3 por 100 de los gastos energéticos de la finca.

CUADRO 1

Cultivo al tercio

<i>Gastos</i>	%	<i>Productos</i>	%
-Trabajo	0,97	Grano	56,93
Obradas	85,48	Carne	0,37
Semilla	11,82	Leche	0,06
Fertilizantes de fuera de la finca	1,73	Subproductos	42,64
		Cosecha	57,36
TOTAL	100,00	TOTAL	100,00

Subproductos = Paja, rastrojera y manchón

Cosecha = Grano, carne y leche

Productos = Cosecha + subproductos

La eficacia en la transformación de la energía por la tracción animal es muy baja. Ello se debe a dos tipos de razones. La primera resulta de las características productivas del «cultivo al tercio». Los aprovechamientos típicos de este sistema exige grandes disponibilidades de yuntas en momentos muy cortos de tiempo, fundamentalmente en la sementera y la barbechera. Al mismo tiempo hay muchos meses al año en los que la utilización de las yuntas es muy pequeña o nula (diciembre, enero, abril, etc.), durante los cuales las yuntas han de recibir necesariamente la alimentación de conservación. La segunda razón se debe a que los animales tienen unos índices de transformación de la energía muy bajos. En el caso del sistema al tercio sólo el 3,79 por 100 de la energía invertida en la producción de una obrada de bueyes se convierte en energía mecánica realizada durante el tiempo de trabajo efectivo de la yunta. En el caso de las yuntas de mulos este porcentaje es de 3,03 por 100.

Sin embargo, la baja eficacia del trabajo animal se compensa con una eficiente utilización de recursos naturales no utilizables directamente por el hombre. En nuestro caso, en el «cultivo al tercio» el 80 por 100 de la energía consumida por los animales de labor procede de los subproductos de la finca. Tenemos, pues, que la tracción animal presenta tantos aspectos positivos como negativos desde el punto de vista de la utilización de la energía. El dato positivo más interesante es que los animales de labor transforman la energía renovable no utilizable directamente por el hombre (energía contenida en la paja, rastrojera y manchón) en fuerza útil para desarrollar trabajos productivos. El aspecto negativo proviene de que, además de la eficiencia tan baja en la transformación en energía útil para el hombre que realizan las yuntas, el trabajo efectivo es muy bajo en el sistema al tercio, en relación con la energía potencial de las yuntas, debido a la fuerte estacionalidad de las labores, de modo que la infrautilización de las yuntas alcanza el 56 por 100 de la utilización potencial, que es en los sistemas intensivos de 225 obradas al año por yunta (Olalquiaga, *Productividad agrícola y costes de producción*, Oficina Agrícola, Madrid, 1960).

De la importancia de la tracción en el sistema al tercio da idea el dato de que ésta representa el 85 por 100 de los gastos energéticos totales de la finca. Por esta razón en los años cuarenta se pasó del «cultivo al tercio» al de «año y vez» antes de mecanizar las labores porque el grado de utilización de las yuntas aumentaba para el conjunto de la finca casi al 100 por 100 de su potencial de 225 obradas/año y, por supuesto, porque el nivel de precios y salarios hacía mucho más rentable el cambio de sistema de cultivo.

Pero el gran peso de la tracción animal entre los *inputs* energéticos de este sistema de cultivo tiene por efecto el aumentar notablemente la eficiencia del trabajo humano con relación al sistema de «barbecho forestal» y, por supuesto, con respecto a otros sistemas de agricultura de azada en los que la eficiencia del trabajo es menor. Así, mientras que en el «barbecho forestal» se obtenían entre 18 y 20 kilocalorías de cosecha por cada kilocaloría de trabajo humano invertido en el proceso, según nuestros cálculos en la hoja de trigo del «cultivo al tercio» se obtiene 143 kilocalorías de grano por cada kilocaloría de trabajo, y para el conjunto de la finca se obtienen 65 kilocalorías de productos alimenticios útiles para el hombre (trigo, leguminosas, carne y leche) por cada una de ellas invertida en trabajo. Ciertamente el mayor empleo de la tracción animal como sustitutiva del trabajo humano entraña una menor eficiencia del conjunto de la energía invertida en el sistema de cultivo, como se expone seguidamente, pues la eficiencia de la máquina humana para transformar en energía mecánica la ingerida en forma de alimentos es muy superior a la de los animales de tiro, además de que la fuerza de trabajo humano es susceptible de aplicaciones mucho más variadas y permite, por tanto, un mayor empleo en las tareas agrícolas que se ofrecen a lo largo del año; el hombre puede transformar en trabajo hasta un 25 por 100 de la energía obtenida en la dieta alimenticia, mientras que los animales de tiro difícilmente superan el 6 ó el 7 por 100 y en el caso analizado, su eficiencia se reduce al 3 por 100 al permanecer subempleados durante buena parte del año. No obstante, si se acepta que la finalidad de la actividad económica, y en este caso de la actividad agraria, debe ser el mantener y enriquecer la

vida de los hombres en general, incluidos aquellos que la realizan, y no sólo de ciertos grupos privilegiados, entonces debe considerarse positivo este cambio tecnológico que hace posible la sustitución de la fuerza de trabajo humano por otra fuente de energía, sobre todo cuando ésta es también renovable y no entraña un aumento adicional de la entropía, aunque ello arroje una menor eficiencia energética para el conjunto del sistema.

Para el conjunto de la finca llevada al tercio se obtienen 1,6 kilocalorías de cosecha y subproductos por cada kilocaloría de *input* (entre lo que se incluye el reemplazo de energía producida en la propia finca: semillas, tracción animal). El 57 por 100 del *output* energético de la finca lo constituyen productos útiles para el hombre susceptibles de ser comercializados. Consolidando todos los reemplazos de energía en la finca se obtienen 23 kilocalorías de cosecha por cada kilocaloría invertida por el hombre procedente de fuera de la finca (trabajo y fertilizantes), porcentaje éste algo superior al calculado por Rappaport para el «cultivo itinerante» en una zona más propicia para la fotosíntesis que el valle del Guadalquivir. (Véase Anexo II, donde aparecen los cuadros en los que se desglosa el cálculo de los distintos componentes.)

La mayor eficiencia con que este sistema retribuye la energía invertida por el hombre desde fuera del mismo no origina, en el caso del «cultivo al tercio», una degradación, progresiva del medio. Ello es así tanto por las fuentes de energía renovable que emplea como porque el uso que se hace del suelo permite reponer holgadamente la fertilidad. En ello juegan un papel fundamental la materia orgánica incorporada al mismo y la rotación de leguminosas en la hoja de barbecho. En la finca que estamos considerando llegan a producirse los 3.000 kilos de estiércol por hectárea y año. Si se añaden a éstos los residuos de cosechas que permanecen en el suelo y las hierbas del «manchón», se observa que se añade al suelo una cantidad de materia orgánica bastante superior a los 1.300 kilos de grano y 1.500 de paja extraídos de la hoja de trigo. La carencia de potasio que podría aparecer a largo plazo, en este sistema de cultivo se trata de compensar con los 50 kilos por hectárea de

sulfato potásico que, junto con los 150 kilos de superfosfato de cal, con los que se intenta corregir quizá el elevado grado de acidez que suelen tener las tierras de la Campiña del Guadalquivir, constituyen los únicos abonos químicos empleados: la materia orgánica incorporada al suelo, la hoja de «manchón», y la rotación de leguminosas se encargaban de reponer el nitrógeno tomado por las cosechas, evitando tener que recurrir al empleo de abonos nitrogenados para sustituir la acción de las colonias de bacterias que fijan el nitrógeno en el suelo, hoy degradadas por un proceso de mineralización del mismo que atenta contra la principal fuente natural de fertilidad.

De todo lo anterior, podemos concluir que la orientación de la tecnología en el «cultivo al tercio» no ha supuesto ninguna ruptura con respecto a la que inspiraba el «cultivo itinerante». Hemos visto cómo en uno y otro caso se mantenía la estabilidad del ecosistema agrario. Sin embargo, el «cultivo al tercio» supone un fuerte avance en la productividad, tanto de la cosecha como del trabajo humano. Pero ello se producía sin necesidad de recurrir a fuentes de energía no renovables, ni a la introducción de prácticas que atentaran contra la estabilidad del ecosistema y provocaran una degradación progresiva del mismo. Finalmente, un indicador complementario a los anteriores que permite analizar los avances en la producción y adaptación de las riquezas naturales del ecosistema agrario, es el número de personas que es capaz de alimentar por unidad de superficie cada sistema. Mientras el «cultivo itinerante» podía sostener a 0,5 personas por hectárea, «el tercio» mantendría a 1,8 personas con una dieta que podríamos considerar también más o menos equilibrada, puesto que acompaña cereales y leguminosas con alguna producción ganadera, aunque ciertamente sería mucho menos variada que la del «cultivo itinerante».

V. ANALISIS DEL CULTIVO DE «AÑO Y VEZ» EN LA CAMPIÑA DEL GUADALQUIVIR

Cultivo de «año y vez» tradicional

El cultivo de «año y vez» que denominaremos «tradicional» se diferencia del «tercio» por no tener la hoja de manchón y haber desaparecido el ganado de renta. La tracción sigue siendo toda animal. La diferencia con el «tercio» es que en el «año y vez» tradicional se eleva el grado de utilización de las yuntas. En nuestros cálculos, el número de obradas por hectárea es de 11,78 para el «cultivo al tercio», y de 13,18 para el año y vez tradicional, que representa un 12 por 100 más de obradas por hectárea que en el cultivo al «tercio». Pero la energía gastada en cada obrada de yunta en el cultivo al «tercio» es más económica porque el consumo de granos es inferior que en el «año y vez». En el «tercio» la yunta dispone de la hoja de manchón para pastar y de más tiempo libre. La yunta del «año y vez» produce unas 225 obradas anuales, mientras que la del «tercio» sólo produce 126 obradas. En el «tercio», por ser bajo el coste económico de la alimentación del ganado de labor y ser las tierras arcillosas de la Campiña difíciles de roturar con las yuntas, se prefería disponer de un mayor número de yuntas, a cambio de acortar la época de la sementera y la barbechera. Y de esta forma sembrar o barbechar en el momento adecuado. Pero, al desaparecer la hoja de manchón, el coste económico de la alimentación de las yuntas se eleva fuertemente al incrementarse el consumo de granos, de manera que en este caso convenía tener un menor número de yuntas, aunque ello supusiera alargar tanto la época de la sementera como la de la barbechera. De manera que se prefería aumentar el grado de utilización de las yuntas a acortar la duración de las labores.

El paso del «cultivo al tercio» al de «año y vez» con barbecho semillado en los cortijos de la Campiña del Guadalquivir tuvo lugar comúnmente en los años veinte y treinta del presente siglo, a través de su parcelación y

cultivo mediante colonos. En el caso de las fincas de tierra calma llevadas directamente por sus propietarios, el empleo de las yuntas dificultaba el paso al cultivo de «año y vez». De modo que sólo la vigencia en los años cuarenta de los «salarios de hambre», como llaman los jornaleros a los salarios de la época, permitía en el «año y vez» con trabajo asalariado y el empleo de la tracción animal. En cuanto los salarios se elevaron un poco no interesó la utilización de las yuntas en las grandes fincas. E incluso con los salarios muy bajos de los años cuarenta se observaba un interés fuerte de los propietarios en el empleo de la tracción mecánica, pues sólo ésta permitía realizar las labores en el momento oportuno, dada la dificultad que ofrecía un terreno duro y arcilloso. Pero la escasez de medios de tracción mecánica impedía su generalización en la Campiña, cuando después de la Guerra Civil, se había asegurado una actitud respetuosa de los jornaleros hacia la maquinaria. Con estas bases el «año y vez tradicional» estaba condenado a desaparecer en favor del «año y vez moderno» en las grandes fincas. Entre uno y otro se da un «año y vez de transición» en el que permanecían juntos las yuntas y el tractor, hasta que aquellas desaparecieron de las grandes fincas en los primeros años sesenta.

Hay que advertir que, entre las fincas de que disponemos de datos, hemos tomado como base principal de nuestros cálculos por la calidad y detalle de su información contable, una explotación de 423 hectáreas ubicada en la zona de la Campiña, próxima a Estepa. Los datos que ofrecemos de lo que hemos denominado «año y vez» tradicional corresponden a una situación media en la década del cuarenta para la alternativa simplificada que proponemos (ver Anexos). El primer tractor entra en la finca al finalizar la década del cuarenta, solapándose en la década siguiente la tracción animal con la mecánica, a la vez que se acentúa el recurso a los medios químicos, ofreciendo así la base sobre la que se han establecido los cálculos del «sistema de año y vez de transición», que responde en lo fundamental a lo ocurrido en los años cincuenta en esta finca, que consideramos representativa de un proceso bastante general en la zona.

Sin embargo, el cálculo del cultivo de «año y vez moderno» no lo hemos construido sobre los datos de esta finca, habida cuenta que consideramos que emplea menos medios químicos y obtiene menores rendimientos de lo que es usual en la Campiña. Los flujos energéticos que ofrecemos para este sistema de cultivo pretenden reflejar una situación media cuyos datos se presentan en el Anexo y estaremos encantados de recibir cualquier puntualización al respecto. Entre las fincas de que disponemos de datos, hemos encontrado oscilaciones en el contenido energético de los *inputs* entre un -15 y un $+30$ por 100 respecto a la situación que presentamos como media y en el *output* entre un -22 y un $+26$ por 100. Asimismo, los valores de la eficiencia energética, una vez consolidados los reemplazos, ha oscilado entre el 1,7 y el 3,1, siendo la de 2,4 la retenida como caso medio. En el gráfico que ofrecemos en el capítulo siguiente, hemos representado los flujos energéticos de estos dos casos extremos con ánimo de mostrar que el abanico en el que se mueven los datos no oscurece la magnitud de las transformaciones que son objeto de nuestra reflexión, ni altera en lo fundamental las conclusiones que se extraen de los datos medios recogidos en los cuadros.

En los anexos III y IV pueden verse los índices más importantes de las diferentes fases por las que ha atravesado el «cultivo de año y vez» en la Campiña. Comparemos ahora el «cultivo de año y vez tradicional» con el «cultivo al tercio». Para ello, vamos a considerar los distintos *inputs* energéticos de estos sistemas y de aquí que nos sirvamos de los *flujos energéticos antes de consolidar los reemplazos*. Al final de este capítulo nos detendremos a comparar la eficiencia con que los diferentes sistemas estudiados transforman la energía procedente de fuera de la finca, no considerando los *inputs* que son reemplazo del sector agrario y tomando como cosecha la energía de los granos netos de semillas. En este caso, nos basaremos en los *flujos energéticos después de consolidar todos los reemplazos*.

Producción y gasto de energía en el cultivo de «año y vez tradicional» antes de consolidar los reemplazos

El cultivo de «año y vez tradicional» no supone una ruptura con el cultivo al «tercio» desde el punto de vista de la energía que utilizan. Ambos se basan en el uso de energía renovable (ver cuadro núm. 2). El 92 por 100 de la energía gastada es en forma de obradas y semillas. Los gastos energéticos no renovables siguen siendo en este sistema muy reducidos. Los únicos *inputs* de fuera de finca siguen siendo —además del trabajo— los fertilizantes químicos, que sólo se emplean en la hoja de trigo. La cantidad empleada de fertilizantes químicos no es muy elevada, ya que el «año y vez tradicional» se favorece de la fertilidad natural del suelo, creada secularmente por el cultivo al «tercio» y del estiércol procedente del abundante ganado de labor. La energía de los fertilizantes químicos se multiplica por tres respecto al «cultivo al tercio» (Anexo III).

CUADRO 2

Cultivo de «año y vez de transición»

<i>Gastos</i>	%	<i>Productos</i>	%
Trabajo	1,5	Trigo.	28,71
Obradas	70,23	Cebada	6,03
Semillas	21,71	Maíz	2,63
Fertilizantes	6,56	Garbanzos	5,61
		Cosecha	43,98
		Paja	47,12
		Rastrojera	8,90
		Subproductos	56,02
TOTAL	100,00	TOTAL	100,00

En el «año y vez tradicional» el gasto energético de los fertilizantes químicos supone el 6,56 por 100 de todos los gastos, mientras que en el «cultivo al tercio» sólo representaba el 1,73 por 100.

Suponemos que no hay diferencias significativas en la intensidad y duración de la peonada de trabajo, de modo que seguimos manteniendo un gasto de 860 kilocalorías por peonada de trabajo de ocho horas. El gasto energético del trabajo se multiplica por 1,26 en el «año y vez tradicional» respecto al «tercio», representando el trabajo el 1,5 por 100 de los gastos energéticos de la finca.

En el total de productos obtenidos en la finca, la cosecha supone el 44 por 100 de la energía producida. Los subproductos en forma de paja y rastrojera aportan el 56 por 100 restante. Estos subproductos en el «cultivo al tercio» se reemplazan todos en la finca, pero en el «año y vez» el ganado de labor sólo consume el 17 por 100 de los subproductos. Lo que implica un excedente alimenticio no utilizable por el hombre, y que necesariamente ha de ser utilizado por el ganado de renta. Si no se dispone de ganadería estabulada se arrienda el aprovechamiento de la rastrojera y se vende el excedente de paja. En algunos casos quedan sin utilizarse los subproductos al no utilizarse la rastrojera y/o la paja total o parcialmente. La quema de rastrojeras ha sido una práctica negativa, tanto desde el punto de vista del uso de unos recursos naturales como del mantenimiento de la fertilidad del suelo.

La productividad de la hoja de trigo en kilogramos-hectárea, se incrementa en un 8 por 100 al pasar del «cultivo al tercio» al de «año y vez tradicional», como consecuencia del uso conjunto de nuevas variedades y de fertilizantes químicos, y del consumo de la fertilidad acumulada en el suelo procedente del sistema al tercio.

La productividad de la cosecha antes de consolidar los reemplazos es de 1,77 kilocalorías, obtenidas en la cosecha por cada kilocaloría gastada. Esta mayor eficacia en el uso de la energía del sistema de «año y vez» es consecuencia del aumento del grado de utilización de las yuntas y el incremento de fertilizantes.

La productividad del trabajo es en el «año y vez tradicional» de 118 kilocalorías, obtenidas en la cosecha por kilocaloría gastada en trabajo (ver Anexo IV).

En el «año y vez de transición», se combinan algunas características del «año y vez» tradicional con otras totalmente nuevas, como es el caso del uso de la tracción mecánica. En este sistema se sigue manteniendo algo de tracción animal (el 18 de la tracción total) y se eleva fuertemente el uso de fertilizantes, como consecuencia de haberse ido reduciendo la fertilidad natural del suelo procedente del sistema al «tercio» y haber disminuido el estiércol disponible, sustituyéndose ambos con los fertilizantes químicos. Los gastos de fuera del sector agrario pasan a representar sobre el 66 por 100 del total de gastos. La energía del trabajo humano desciende al 0,51 por 100 de los gastos. Elevándose la eficiencia del trabajo a 505 kilocalorías obtenidas en la cosecha por kilocaloría gastada en trabajo.

La eficiencia total del «año y vez de transición» se eleva a 2,6 kilocalorías obtenidas en la cosecha por kilocaloría gastada (ver Anexo IV).

No nos detendremos más en analizar el «año y vez de transición»: en los anexos pueden verse la totalidad de sus flujos energéticos. En lo que sigue analizaremos con detalle el «año y vez moderno».

CUADRO 3

Cultivo de "Año y vez de transición"

<i>Gastos</i>	<i>%</i>	<i>Productos</i>	<i>%</i>
Trabajo	0,51	Trigo	28,71
Semilla	25	Habas	11,45
Obradas	7,94	Remolacha	4,53
I Fertilizantes:		Vaza - avena	9,47
Químicos	30,56	Cosecha	54,16
Carburante	34,12	Subproductos	45,84
Maquinaria	1,87		
TOTAL	100,00	TOTAL	100,00

Subproductos: Paja y rastrojera.

El cultivo de «año y vez moderno»

En el cultivo de «año y vez moderno» no sólo ha desaparecido la tracción animal, sino que también han cambiado los cultivos de la hoja de barbecho semillado. En lugar de cebada, maíz y garbanzos, que eran los cultivos más típicos en los años cuarenta y cincuenta, se tienen alternativamente girasol y remolacha, como cultivos de la hoja de barbecho semillado más típicos hoy en la Campiña. (En nuestros cálculos vamos a considerar la alternativa trigo/girasol.) El barbecho semillado pierde por completo en este sistema la función de reponer la fertilidad del suelo actuando como complemento del cultivo principal. La fertilidad ha de reponerse casi exclusivamente recurriendo a los abonos químicos.

En este caso la mecanización es general y únicamente el entresaque del girasol se hace a mano. Los tractores y cosechadoras empleados son de mayor potencia: 55 C.V. para el tractor y 114 C.V. para la cosechadora. Los rendimientos que vamos a tomar son los que consideramos medios para 1976 con las técnicas empleadas en la Campiña.

Los flujos energéticos del «año y vez moderno» antes de consolidar los reempleos

En el cuadro 4 puede observarse cómo los gastos energéticos procedentes de fuera del sector agrario suponen el 90,3 por 100 del total de gastos de la explotación.

CUADRO 4

Cultivo de año y vez moderno

<i>Gastos</i>	<i>%</i>	<i>Productos</i>	<i>%</i>
Trabajo	0,05	Cosecha	77,6
Semillas	9,6	Trigo	53,2
Fertilizantes	57,3	Girasol	24,4
Herbicidas	1,1	Subproductos (paja)	22,4
Gas-oil	30,5		
Maquinaria	1,4		
TOTAL	100,00	TOTAL	100,00

Esta energía no renovable procede de los fertilizantes (57,3 por 100), el gas-oil (30,5), herbicidas (1,1 por 100) y la maquinaria (1,4 por 100).

La productividad de la hoja de trigo en kilogramos-hectárea se eleva respecto al «tercio» en un 156 por 100 y respecto al «año y vez de transición» en un 75 por 100. La eficiencia de la cosecha es de 2,29 kilocalorías obtenidas por kilocaloría gastada, frente a las 0,92 y 1,77, respectivamente, en el «tercio» y el «año y vez tradicional». La eficiencia se eleva, por tanto, 2,48 veces respecto al «tercio» (véase cuadro 5). Pero esta eficiencia disminuye con relación al cultivo de «año y vez de transición».

En el cultivo de «año y vez moderno» la eficiencia del trabajo se eleva fuertemente, obteniéndose 4.290 kilocalorías en la cosecha por kilocaloría gastada en el trabajo humano. Esto representa un incremento en la eficiencia del trabajo de 45 veces sobre el «cultivo al tercio».

CUADRO 5

<i>Indice</i>	<i>Cultivo al tercio (A)</i>	<i>Cultivo de año y vez moderno (A)</i>	<i>(B) / (A)</i>
Cosecha/Gasto	0,92	2,29	2,48
Cosecha/Trabajo . . .	95	4.290	45,16
Cosecha/Tracción . .	1,05	7,18	6,84
Cosecha/Gasto fuera	53,59	4,0	0,07

La eficiencia de la tracción se eleva en 6,8 veces al pasar del «cultivo al tercio» al «año y vez moderno». Esto se debe a que mientras la tracción animal desarrolla en el «cultivo al tercio» una fuerza equivalente entre el 3 y 5 por 100 de la energía consumida en la alimentación, la tracción mecánica desarrolla una fuerza equivalente al 45 por 100 de la energía empleada en forma de gas-oil.

La eficiencia de los gastos energéticos de fuera del sector agrario disminuye 13 veces al pasar del «tercio» al «año y vez moderno».

Desde el punto de vista tecnológico el cultivo de «año y vez moderno» supone una verdadera ruptura con el «cultivo al tercio» y el de «año y vez tradicional». El cultivo de «año y vez moderno» ya no se basa como aquéllos en el consumo de energía renovable. Los *inputs* energéticos no renovables alcanzan el 90 por 100 de todos los gastos. De este modo este sistema entra de lleno en la aplicación de todas las técnicas de la «revolución verde», tanto en la vertiente de la utilización de maquinaria y medios químicos como el uso de variedades de semillas selectas, de elevado rendimiento y no menos fragilidad de adaptación al medio natural, de tal forma que el consumo de tipos de semillas selectas y las necesidades crecientes de medios químicos van íntimamente ligados. El sistema de «año y vez moderno» se asemeja, pues, en el uso que hace de la energía al que es típico en la actividad industrial. El sector agrario no es ya sólo una actividad transformadora de la energía solar en productos útiles para el hombre, sino que se ha convertido en una actividad transformadora de la energía no renovable, invertida en la fabricación de la maquinaria, los fertilizantes químicos, los herbicidas, los insecticidas, los carburantes y la electricidad, en productos alimenticios, maderas, textiles, pieles..., para la satisfacción de las necesidades humanas. Muchas veces las características nutritivas de estos productos alimenticios, aunque se siguen llamando por el mismo nombre, poco se parecen a las que tenían en el pasado, pero este tema queda fuera del presente trabajo.

En los últimos años, el encarecimiento de los productos energéticos ha puesto de relieve en los países industriales la fuerte dependencia de la agricultura de los recursos energéticos no renovables. Al mismo tiempo se ha puesto de manifiesto el carácter degradante sobre el medio de los sistemas agrarios surgidos de la «revolución verde». Los herbicidas destruyen los pastos naturales y con ello su posibilidad de aprovechamiento a diente por el ganado, la formación de materia orgánica en los suelos y la fijación natural de nutrientes mediante la acción de las bacterias ligadas a las leguminosas; los insecticidas eliminan la lucha biológica, fomentando el incremento de plagas de nuevas variedades de insectos resistentes a los plaguicidas, etc.

Tras la euforia inicial de la agricultura química, actualmente empieza a hablarse de la «segunda fase de la revolución verde», con la que se «pretende obtener la superplanta, que no requiere fertilizantes, ni insecticidas, ni fungicidas, o que los requiere en pequeñísimas cantidades. Esto beneficiaría no sólo al agricultor pobre, sino también a los pobres de centros urbanos, ya que representa una mayor oferta de productos de alimentación, con la consiguiente baja de precios. Y beneficiaría también al mundo occidental, en general, al reducir el consumo de los recursos necesarios para producir fertilizantes e insecticidas» (33). El hecho de que en las mismas instituciones ligadas al desarrollo de las técnicas de la revolución verde se reconozca el fracaso del desarrollo agrario en base al consumo de medios químicos, supone reconocer la superioridad de otros sistemas agrarios que hagan compatible la producción de recursos alimenticios con el mantenimiento a largo plazo del equilibrio de los ecosistemas agrarios. Sin embargo, la contradicción más evidente es que, como ha señalado Rappaport (34), el desarrollo de una agricultura biológica «no puede reconciliarse fácilmente con los valores, fines e intereses, ni con las instituciones políticas y económicas que prevalecen en las naciones industrializadas».

Análisis comparativo de la eficiencia de los sistemas agrícolas estudiados, consolidados todos los reemplazos agrarios

El análisis de la eficiencia de los sistemas agrarios estudiados, una vez consolidados todos los reemplazos, es útil para apreciar el rendimiento con que los distintos sistemas emplean la energía tomada de fuera del sistema agrario. Al no considerar los reemplazos agrarios podemos comparar la eficiencia decreciente de esta energía a medida que se intensifica su uso.

En el cuadro número 6 puede observarse, cuando se consolidan todos los reemplazos, cómo disminuye la eficiencia total de los ecosistemas agrarios en la medida que se incre-

(33) Paul Harrison, «Superplantas contra el hambre», *ABC*, 9 de octubre de 1977.

(34) R. A. Rappaport, art. cit., pág. 173.

menta el consumo de la energía no renovable. Mientras que en el paso del «cultivo itinerante» al «cultivo al tercio» se eleva la eficiencia total, pasando de 18-20 kilocalorías obtenidas en la cosecha por cada kilocaloría gastada en el trabajo en el «cultivo itinerante», que es el único *input* en este sistema, a 23 kilocalorías en el cultivo al tercio. Sin embargo, en el siguiente paso, del sistema «al tercio» al año y vez tradicional disminuye la eficiencia total. Ello se debe a

Cuadro 6

Eficiencia energética y eficacia de los diferentes sistemas de cultivo consolidados todos los reempleos

	<i>Cultivo itinerante</i>	<i>Cultivo al tercio (A)</i>	<i>Cultivo de año y vez tradicional (B)</i>	<i>Cultivo de año y vez de transición (C)</i>	<i>Cultivo de año y vez moderno (D)</i>
Eficiencia total . . .	18 – 20	23	15	3,46	2,43
Eficiencia del trabajo	18 – 20	65	82	450	4,110
Eficiencia de los gastos fuera		37	19	3,47	2,43
Eficiencia de los fertilizantes químicos		54	27	8,51	4,0
Densidad de personas por hectárea que mantiene . . .	0,5	1,8	2,88	5,34(1)	9,72

(1) Hemos calculado la densidad de población no considerando la producción de verza-avena, por lo que la cosecha no es de 5.778.409 Kcal. como en todos los restantes casos, sino de 4.832.727 Kcal.

la desaparición de la ganadería de renta y al cambio de las rotaciones de cultivo, que obligan a multiplicar por 3 el consumo de fertilizantes químicos, mientras que la cosecha sólo se incrementa 1,59 veces. La eficiencia total en el «año y vez tradicional» baja a 15 kilocalorías obtenidas en la cosecha, neta de reempleos, por cada kilocaloría gastada en energía no renovables de trabajo. En el cultivo de «año y vez de transición» la caída en la eficiencia total llega hasta 3,46 kilocalorías, obtenidas en la cosecha por cada kilocaloría gastada. Esto sucede por los efectos que tiene el fuerte

uso de fertilizantes y la introducción de la tracción mecánica. Y aunque la cosecha se ha multiplicado por 3,54 veces respecto al «cultivo al tercio», los fertilizantes lo han hecho por 17 veces. La última fase de este sistema es el «año y vez moderno», en el que ha desaparecido la tracción animal y se ha introducido el uso de los herbicidas. En este caso la eficiencia total ha descendido hasta 2,43 kilocalorías obtenidas en la cosecha neta de reemplazos por cada kilocaloría gastada en trabajo y energía no renovable. En esta fase del cultivo de «año y vez» supone un paso importante, lo que hemos venido llamando degradación de los ecosistemas de la fertilidad del suelo, aspecto éste que queda fuera del presente trabajo.

En el cuadro 6 se puede observar la pérdida de eficiencia de los fertilizantes que acompaña a los cambios tecnológicos estudiados, y que está llamada a acentuarse en el futuro, a medida que se vaya haciendo sentir la pérdida de la fertilidad natural del suelo, originada por la actual tecnología. La caída en la eficiencia de los fertilizantes recogida en ese cuadro (ver con más detalle en el Anexo) resulta de que mientras el consumo de abonos se multiplicó por 3 en el cultivo de «año y vez tradicional» respecto al «tercio» y el *output* energético lo hizo por 1,6, en el «año y vez de transición» las dosis de abonado hubieron de multiplicarse por 17 para que el *output* lo hiciera por 3,5 y en el «año y vez moderno» por 49 para obtener un *output* sólo cinco veces mayor que el obtenido con el cultivo al «tercio».

La eficiencia de trabajo aumenta progresivamente en los sistemas agrícolas estudiados. El paso del «cultivo itinerante» al «cultivo al tercio» es el único caso en el que este avance se logra sin necesidad de disminuir la estabilidad del ecosistema agrario. Todos los demás sistemas consiguen elevar la eficiencia del trabajo mediante la maquinaria y/o los medios químicos. Del «cultivo itinerante» al «cultivo al tercio» se incrementa de 18-20 kilocalorías a 65 kilocalorías, obtenidas en la cosecha neta de reemplazos por kilocaloría gastada en trabajo, para pasar a 82 kilocalorías en el cultivo de «año y vez tradicional». En este último caso el uso de fertilizantes químicos supone sólo el 6,56 por 100 de la energía gastada. El gran avance en la

productividad del trabajo se consigue por la generalización de la mecanización. Así tenemos que en el cultivo de «año y vez moderno» se obtienen 4.110 kilocalorías en la cosecha neta de reempleos por cada kilocaloría gastada en trabajo.

La eficiencia en el uso de la energía procedente de fuera del sector agrario desciende desde el «cultivo al tercio» que aportaba 37 kilocalorías en la cosecha neta de reempleos por kilocaloría gastada, fuera del sector agrario hasta las 2,4 kilocalorías que se obtienen en el cultivo de «año y vez moderno».

El uso de la tracción mecánica aumenta la eficiencia en el uso de la energía gastada en la tracción. Los tractores tienen un rendimiento potencial mayor que las yuntas. Un tractor puede desarrollar un rendimiento potencial del 41 por 100 de toda la energía gastada en gas-oil, maquinaria, conservación de la maquinaria y amortización. Una yunta convierte en trabajo útil entre el 3 y el 5 por 100 de la energía gastada en la alimentación y amortización. Si consideramos sólo el trabajo útil, entonces el rendimiento del tractor es menor, siendo su equivalente en trabajo útil de unas 5 yuntas de mulos por un tractor de unos 45 C. V. de potencia.

En nuestros cálculos observamos que en el paso del cultivo de «año y vez tradicional» al cultivo de «año y vez de transición», 0,69 kilocalorías gastadas en tracción mecánica sustituyen a una kilocaloría gastada en tracción animal. En el paso del cultivo de «año y vez de transición» al cultivo de «año y vez moderno», 1,66 kilocalorías de tracción mecánica sustituyen a una kilocaloría de tracción animal. El aumento de la relación de sustitución de la tracción animal por la tracción mecánica en este caso se debe tanto al aumento de la potencia media de los tractores como al descenso del trabajo útil que tienen que acometer al realizar labores que todavía seguían realizando las yuntas, y que eran las que exigían menos fuerza de tracción. Sin embargo, el efecto total de la sustitución de la tracción animal por la tracción mecánica es un aumento en la eficiencia en el uso de la energía gastada en tracción, pasando desde el «cultivo

de año y vez tradicional», en el que sólo se usa tracción animal, a sustituir cada 0,82 kilocalorías de tracción mecánica a una kilocaloría de tracción animal.

Para enjuiciar este cambio tecnológico, además de considerar la eficiencia global en el uso de la energía, hay que diferenciar entre el tipo de energía utilizada. Pues el papel de cada tipo de energía es muy distinto de unos casos a otros, tanto en relación con el ecosistema agrario como con el hombre. Así los gastos energéticos en que se incurre por el uso de la maquinaria pueden no afectar a la fertilidad del ecosistema agrario. El único problema que plantea su uso es la escasez a largo plazo de los combustibles fósiles. Sin embargo, la introducción de maquinaria no sólo sustituye a la tracción animal, sino que libera al hombre de parte de la fuerza de trabajo que tiene que gastar penosamente para obtener unos productos con que satisfacer sus necesidades vitales. De modo que la creciente productividad del trabajo humano en la medida que se mecaniza la actividad agraria constituye un factor de liberación del hombre de las servidumbres de un trabajo alienante.

Si aceptamos que el tiempo dedicado a trabajar en un sistema económico cualquiera suele ser con frecuencia una penosa carga que colectivamente ha de asumirse en orden a procurarse los recursos necesarios para el sostenimiento de la vida, cualquier avance que suponga aligerar el tiempo dedicado a procurarse estos recursos, permitiendo una mayor dedicación a actividades placenteras y creativas, supondrá un avance en el disfrute de la vida humana. Sin embargo, aunque en el caso indicado el ahorro de trabajo no tenga que llevar necesariamente a un descenso en la estabilidad ecológica del ecosistema agrario, hay que poner en el otro platillo de la balanza la mayor entropía originada por la degradación de las reservas combustibles fósiles. Por lo que serían más interesantes otro tipo de tecnologías, que aun siendo igualmente ahorradoras del trabajo, se basaran en el uso de energía renovable.

El empleo de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y semillas selectas también reducen a corto y medio plazo el tiempo de trabajo necesario para obtener una unidad de

producto. Sin embargo, la entropía adicional que originan y la degradación a largo plazo del ecosistema agrario no suele compensar la reducción a corto y medio plazo del tiempo necesario para obtener una unidad de producto. Aquí tenemos un caso claro de la degradación de la energía no renovable y del ecosistema agrario sin que ello suponga elevar la calidad de vida del hombre.

El resultado del uso de la energía no renovable en la actividad agraria es, pues, ambivalente y hay que dilucidar cuidadosamente en qué medida las ventajas que pueda ocasionar sobre el enriquecimiento de la vida humana exceden de sus consecuencias degradantes sobre el medio.

La intensificación de los sistemas agrícolas elevan la densidad de personas que puede sostener una hectárea cultivada. El cultivo «de año y vez» con barbecho semillado eleva en todas sus fases esta densidad respecto al «cultivo al tercio». Sin embargo, las cosechas del «tercio» y del «año y vez» no son enteramente comparables respecto a las características nutritivas para el hombre de los productos que se obtienen. El «cultivo itinerante» y «el tercio» suministran una dieta más equilibrada para la alimentación humana: ambos tienen productos vegetales y productos ganaderos. El «cultivo de año y vez» sólo tiene productos vegetales de peor calidad dietética y le faltan productos ganaderos. Cabe advertir que la densidad de población que sostiene una hectárea de «cultivo de año y vez» en todas sus fases está sobrevalorada respecto al «cultivo al tercio» si, como hacemos en el cuadro 6, la medimos sólo por el número de calorías producidas por hectárea. Así, el cultivo de «año y vez» requiere paralelamente una ganadería industrial que transforme con eficiencias negativas los granos de cultivos forrajeros en carne y leche. En nuestros cálculos observamos que la densidad de población que puede sostener una hectárea de «cultivo al tercio» se multiplica por 3,6 respecto al «cultivo itinerante», que hemos visto que sólo puede sostener a 0,5 personas por hectárea. El cultivo de «año y vez tradicional» puede sostener a 2,88 personas por hectárea, multiplicándose la densidad por 1,6 veces respecto al tercio, que

hemos visto que sostenía a 1,8 personas por hectárea. El cultivo de «año y vez moderno» multiplica por 5,4 y 3,4 este indicador respecto al «tercio» y al «año y vez tradicional», respectivamente, siendo, pues, la densidad del «año y vez moderno» de 9,72 personas por hectárea, con las limitaciones indicadas por la ausencia de productos ganaderos y por el deterioro en la calidad de los productos agrícolas.

VI. DISTINTOS SIGNIFICADOS DE LOS CAMBIOS TECNOLOGICOS PRODUCIDOS DESDE LA «REVOLUCION AGRICOLA» DEL NEOLITICO HASTA LA «REVOLUCION VERDE» DEL PRESENTE SIGLO

Ya hemos expresado con anterioridad ciertas dudas sobre la procedencia de emplear el término «revolución» para designar los cambios tecnológicos en el aprovechamiento de los ciclos naturales que acompañaron a la aparición de la agricultura en el neolítico, dado que tales cambios, que se fueron madurando durante miles de años, no supusieron una ruptura radical con el pasado: esos cambios tecnológicos tuvieron como resultado adaptar la conversión orgánica a las necesidades de la especie humana y mejorar su eficiencia manteniendo la estabilidad del nuevo ecosistema, sin originar para ello una degradación progresiva del medio en el que se desenvolvían. En este mismo sentido apuntan los cambios tecnológicos que caracterizan la historia de la agricultura hasta épocas muy recientes y que aparecen ejemplificados en los dos capítulos precedentes en el sistema de «cultivo al tercio» y de «año y vez tradicional» analizados. Bien es cierto que se han producido muchos ejemplos en los que el forzar la adaptación y/o la eficiencia de la conversión orgánica ha traído como consecuencia la degradación de los ecosistemas locales y la pérdida de fertilidad del suelo. Tal ha sido el caso de la aridez provocada por la erosión en el norte de Africa y en otras zonas del litoral mediterráneo, que ha convertido en desiertos zonas que en la antigüedad habían sido cultivadas, o el caso de la muerte

por salinización de las tierras de los antiguos regadíos de Mesopotamia, y otros posibles ejemplos de degradación del suelo por la práctica de un pastoreo esquilante o, en general, de la apropiación de ciertos productos o elementos que forman parte del ecosistema, a ritmos superiores a los que los ciclos naturales podían reponerlos. Pero esto no quiere decir que la simplificación y empobrecimiento del ecosistema que acarrea la práctica de la agricultura origine por fuerza una degradación progresiva del medio. Pues hasta que se generalizó el uso de los carburantes y los medios -químicos, la agricultura se basaba en la energía solar captada directamente, o a través de su conversión en energía metabólica, o en fertilizantes orgánicos. Es decir, que al articularse sobre la energía solar y sus derivados no entrañaba por fuerza una degradación entrópica adicional.

— Hasta épocas relativamente recientes, las sociedades humanas han tomado como principal *input* energético el excedente de energía obtenido localmente a través de la conversión orgánica (35) y, en menor medida, de la conversión mecánica de la energía del viento y del agua. La magnitud de este excedente ha explicado en buena medida el auge o regresión de las sociedades que sobre él se sustentaban: si el excedente declinaba por una pérdida de la fertilidad del suelo se seguía indefectiblemente una crisis social o una ola emigratoria. En estas condiciones, el aumento adicional de la entropía motivado por la presencia de la especie humana era bastante limitado: tanto el sistema económico como el sistema ecológico se basaban, fundamentalmente, en la energía solar, que de una u otra forma captaban localmente. La limitación del excedente energético obtenido con la tecnología entonces disponible entrañaba la limitación de los medios utilizados en la apropiación de riquezas naturales, haciendo que los resultados extractivos y recolectores raras veces permitieran su apropiación a mayor ritmo que el que los ciclos naturales empleaban para

(35) Pues la materia vegetal, fruto de la conversión orgánica, servía directamente de base a la alimentación humana y animal y a la elaboración de numerosos objetos útiles, así como —a través del calor liberado en su combustión— a adaptar los alimentos, los metales... o la temperatura ambiente a las exigencias del hombre.

reponerlos y las catástrofes ecológicas apenas podían desbordar la escala local en la que se originaban.

Durante el tercer milenio antes de Cristo se afianzó ese nuevo tipo de organización social que constituyó la fuerza «productiva» —y/o destructiva— que hizo posible desde la construcción de las pirámides hasta la gran muralla china y que presidiría hasta hoy la historia de la humanidad. Este nuevo tipo de organización social en la que se integraban pequeñas comunidades de población antes autónomas, era autoritario, concentraba el poder en una minoría dominante, y en vez de confinarse en un territorio reducido, trataba de extender su dominio y apoderarse de las riquezas naturales y los hombres de otras tierras. Pero su acción agresiva se veía frenada por la limitación de los convertidores de energía entonces existentes. El perfeccionamiento de la vela (36) y la utilización de la pólvora para fines bélicos permitieron a este sistema poner en práctica más eficazmente su vocación de dominio a través de la explotación colonial. Pero fue el descubrimiento de la conversión de los combustibles fósiles en energía mecánica lo que dio unos poderes sin precedentes a este tipo de organización social jerárquica, centralizada, coactiva, que desbordó el aparato estatal para reproducirse en el seno de la empresa capitalista, tomando cuerpo en la actual civilización industrial que, al decir de Mumford (37) se comportó «como un heredero borracho en juerga», que no reparaba en la destrucción de las riquezas heredadas ante la euforia de tal descubrimiento. Esta destrucción rebasó las limitadas posibilidades que ofrecía el territorio de las metrópolis industriales, ofreciendo, por primera vez en la historia, el panorama de una civilización que se mantiene sobre un déficit crónico de energía y de materias primas que tiene que cubrirse mediante la apropiación de las reservas de combustibles fósiles y minerales de los países del llamado Tercer Mundo.

(36) Hasta el siglo XIX la vela constituyó el convertidor de energía más eficiente disponible por el hombre: se ha calculado que los barcos ingleses del siglo XVIII eran capaces de aplicar a la navegación unas 240 veces más energía que la invertida por el hombre en su puesta a punto y en su manejo.

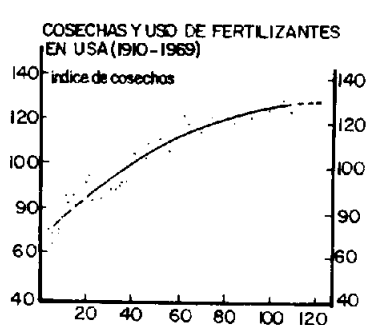
(37) Lewis Mumford, *Ciencia, técnica y civilización*. Op. cit., pág. 178.

Aunque con retraso, la agricultura acabó sufriendo una transformación similar a la producida en otras actividades económicas a partir de la «revolución industrial»: se hizo fuertemente dependiente del consumo de energía y materias primas no renovables. Esto ocurrió ya bien entrado el siglo XX, cuando se generalizó en los países industrializados el empleo de las técnicas de la llamada «revolución verde», que conjugaban el cultivo de nuevas variedades de elevado rendimiento con el empleo de fertilizantes y tratamientos químicos y el uso de la tracción mecánica. El término «revolución» resulta ahora más propicio para designar estos cambios tecnológicos que para hacerlo con aquellos otros acaecidos durante el neolítico. Ello debido tanto al corto espacio de tiempo en el que se generalizó su aplicación, como en virtud del corte radical que supusieron respecto del significado que en términos físicos había caracterizado hasta entonces a la actividad agraria. Pues aunque la finalidad continúe siendo el facilitar la conversión de la energía solar en productos orgánicos útiles para el hombre, ahora los medios para conseguirlo eran radicalmente distintos.

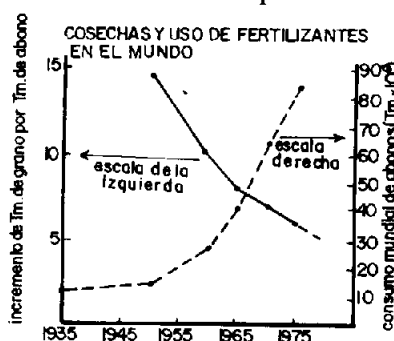
La creencia en la omnipotencia de la técnica mantenía viva la esperanza de que se podría conseguir algo a cambio de nada y empujaba a mejorar, sobre una base científica, la eficiencia en la conversión orgánica de ciertos productos sin preocuparse ya de respetar el funcionamiento estable del ecosistema que les servía de base, limitándose a paliar los desarreglos en él ocasionados, mediante el recurso a medios químicos. Así, en vez de reforzar la acción de las fuentes naturales de fertilidad del suelo y de control de las plagas, se intentaba restituir aquella o combatir éstas a base de aplicar ciertos productos químicos. Ahora la utilización de la energía mecánica de convertidores orgánicos y el aprovechamiento de subproductos en el curso de la propia actividad agraria, se sustituía por el uso de la conversión mecánica de la energía contenida en los combustibles fósiles y por la aplicación de productos químicos en su mayor parte derivados de éstos. De esta manera, al igual que el resto de las actividades económicas, los cambios tecnológicos de la «revolución verde» llevarían a una agricultura basada en el uso de la energía contenida en los

combustibles fósiles, con el consiguiente aumento de la entropía, y no en otras fuentes derivadas de la energía solar; es decir, a una agricultura que despreciaría lo abundante y renovable, para basarse en la degradación de lo escaso.

El giro provocado por esta nueva orientación de la tecnología en el carácter de la actividad agraria no es como pretende hacer creer la ideología dominante —el resultado simple e inevitable de la mayor demanda de alimentos provocada por el aumento de la población en el planeta. Baste recordar que esta tecnología tan particular surgió en los países industrializados y tuvo como consecuencia la aparición de excedentes de productos invendibles y la contingencia de las superficies de cultivo para evitar que se derrumbaran los precios de determinados productos. Así, mientras en Estados Unidos se multiplicó por 22,7 la energía contenida en los abonos químicos aplicados al maíz y los kilos cosechados por unidad de superficie se multiplicaban por 2,5 entre 1945 y 1970 (38), la superficie cultivada de este cereal se redujo en un 16 por 100 como consecuencia de las restricciones impuestas por el gobierno para sostener los precios agrícolas. Igualmente, en nuestro estudio sobre las implicaciones de los cambios tecnológicos producidos en la Campiña del Guadalquivir, hemos observado que mientras la energía contenida en los abonos químicos apli-



Fuente: National Academy of Science (1975).



Fuente: David and Marcia Pimentel, *Food, Energy and Society*, pág. 138. Londres, 1969.

(38) D. Pimentel, «World Food, Energy, Man and Environment» en *Energy, Agriculture and Waste Management*. Proceeding of the 1975 Cornell Agricultural Waste Management Conference, Ed. by William J. Jewel, Ann Arbor Science, Michigan, 1975, página 12.

cados al trigo por unidad de superficie se multiplicaban por 20 entre la década de los cuarenta y la del sesenta, la energía de la cosecha se multiplicaba por 2 y disminuía la eficiencia en la conversión de abonos en cosecha. La creciente ineficiencia que acompaña el empleo de los abonos químicos, a medida que se acentúa su uso, es un hecho general que ejemplifican los datos adjuntos de cosechas y empleo de abonos para los Estados Unidos y para el conjunto mundial: mientras el empleo de aquéllos crece de forma exponencial, el incremento de éstas es cada vez menor.

Los economistas podrían decir que asistimos a un ejemplo de lo que los manuales denominan ley de los rendimientos decrecientes, que tiene lugar inexorablemente siempre y cuando se vaya intensificando el uso de los factores de producción con vistas a incrementar el producto obtenido, siendo el abono químico en nuestro caso uno de los «factores de producción». Este es en el fondo el esquema de razonamiento seguido en el informe del Club de Roma sobre «los límites del crecimiento»; en él se establece una correlación positiva entre el empleo de los abonos químicos y la producción de alimentos, pero al observar que su eficiencia decrece a la vez que aumenta la polución y la degradación del suelo por ellos originada y que además contienen un tipo de energía no renovable, se concluye lógicamente la necesidad de frenar el crecimiento en la producción de alimentos —y, por tanto, de la población— propugnando un crecimiento cero si se quiere evitar que se acentúe la degradación provocada que tendría como límite el agotamiento de los combustibles fósiles, o la catástrofe ecológica.

Este planteamiento, a pesar de ser engañoso, tiene la virtud de recordar a los economistas, con la lógica y el aparato matemático que les es familiar, que en un mundo finito no es posible alcanzar un crecimiento infinito. Fue esta formulación matemática altamente formalizada la que sacó de quicio a muchos de los creyentes en la idea del progreso que proliferaban en el campo de los economistas y que tomaban como dogma este tipo de formulaciones matemáticas para dar un aire de asepsia y objetividad a la

actual ciencia económica construida sobre un concepto de «producción» que constituye un instrumento ideológico al servicio de la idea del progreso. Cuando tal concepto de «producción» servía de indicador eficiente del progreso cifrándolo en dólares o pesetas a través del crecimiento de la renta nacional, el modelo del Club de Roma tuvo la osadía de señalar que este crecimiento no podría proseguirse y de establecer límites temporales al respecto (39).

Decimos, sin embargo, que tal planteamiento es engañoso en primer lugar, porque puede dar a entender que congelando el crecimiento económico se evitaría la degradación ambiental cuando tal cosa no es cierta: una determinada tecnología —como es el empleo de medios químicos en la agricultura— puede originar una degradación progresiva del medio sin necesidad de que el número de unidades por ella producidas vaya en aumento. En segundo lugar, aun dentro de una misma tecnología la degradación del medio no tiene por qué variar linealmente con el número de unidades producidas. En el caso de la aplicación de nitratos como fertilizantes, los análisis de Commoner realizados sobre el cinturón maicero de Illinois muestran que con dosis inferiores a 30 libras de nitrógeno por acre drenado (90 por acre de maíz) la concentración de nitrato no difiere significativamente de la que caracteriza a las aguas naturales. Es cuando se llega a dosis próximas a las 50 libras por acre drenado cuando la concentración de nitratos se eleva rápidamente en las aguas del río alcanzando el límite máximo tolerado para agua potable. Ello se debe, según Commoner, a que a partir de esos niveles el cultivo se satura siendo los

(39) Hemos insistido en que fue más bien el método que el contenido del informe del Club de Roma «los límites del crecimiento» lo que provocó mayor impacto porque como señala Georgescu Roegen (art. cit.)— ya habían existido con anterioridad informes de gran solvencia que habían señalado la existencia de tales límites sin que levantaran tanta polvareda, como fue el *Manifiesto para la supervivencia*, patrocinado por el grupo *The Ecologist* (hay traducción en castellano en Alianza Editorial) y, por otra parte, la imposibilidad de un crecimiento ilimitado se desprende de la aplicación de la lógica más elemental, como la que razona que si la especie humana hubiera crecido desde una época relativamente reciente en la historia de la humanidad, como es la época de la aparición de la agricultura en el neolítico, unos diez mil años antes de Cristo, a una tasa media anual acumulativa del 1 por 100, la población mundial de hoy formaría una esfera de carne viviente con un diámetro de muchos miles de años luz, expandiéndose con una velocidad radial que, sin tener en cuenta la relatividad serían muchas veces mayor que la de la luz. Vid. Puatnan, P. C. *The Future of Land Based on Nuclear Fuel*, Oak Rigs, pág. 18. 1950.

incrementos de cosecha más reducidos y originándose un proceso cada vez mayor de lixiviación del fertilizante no absorbido desde la tierra hacia los ríos (40).

Además, en este caso —como ocurre normalmente en el mundo orgánico— entran en juego procesos que no son estrictamente reversibles. Pues cuando «los abonos nitrogenados —y la escarda química, añadimos nosotros— han sido utilizados de forma continua y en cantidades importantes, las colonias de bacterias fijadoras del nitrógeno se reducen en proporciones considerables. De ello resulta que será cada vez más difícil renunciar a la utilización intensiva de abonos nitrogenados, dada la desaparición de la principal fuente natural de fertilidad. Desde el punto de vista del vendedor, los abonos nitrogenados, representan el producto «perfecto»: su uso elimina definitivamente la competencia» (41).

Asimismo, la mineralización del suelo que se deriva del empleo de medios químicos y el monocultivo en grandes extensiones, propio de la agricultura industrial, acentúan el grave problema de la erosión. En los Estados Unidos se estima que la erosión ha dañado seriamente o arruinado por completo la fertilidad originaria de 80 millones de hectáreas, afectando a una tercera parte de las mejores tierras de cultivo hoy en uso, cuya pérdida de fertilidad motivada por la erosión ha podido ser compensada hasta el momento con un empleo adicional de medios químicos cuyo contenido energético se estima en 47 litros por hectárea de petróleo equivalente (42).

(40) Barry Commoner, *Dos enfoques de la crisis ambiental*, «Journal of the Royal Institute of British Architects», Nov. 1972, o «Journal of the American Institute of Planners», mayo 1973, hay traducción en castellano en «Comercio exterior», México n.º 7.

(41) Barry Commoner, *The Closing Circle*. Ed. Knoph. Nueva York. 1971, cita tomada de la pág. 152 de la edición francesa (Ed. Suil, París. 1972) (hay traducción en castellano).

(42) Cfr. David and Marcia Pimentel, *Food, Energy and Society*, Londres, 1969, pág. 139, y David Pimentel and John Krummel, «America's Agriculture Future». *The Ecologist*, vol. 7, n.º 7, agosto-septiembre, 1977. La energía de los medios químicos necesarios para compensar la pérdida de fertilidad de las tierras cultivadas debida a la erosión, se estima en cinco galones por acre —es decir, 46,8 litros por hectárea— de petróleo, que equivale a 441×10^3 Kcal por hectárea, suponiendo aproximadamente el 5.5 por 100 del *input* de energía por hectárea de superficie agrícola útil.

De esta manera, la hipotética curva de rendimientos decrecientes sería una curva en sentido único, dado que una simple reducción de las dosis de abonado no permitiría alcanzar los antiguos niveles de rendimiento, sino otros inferiores, como consecuencia de la degradación del suelo originada por las técnicas que acompañan al uso de los abonos.

Todos estos aspectos engañosos se derivan de que la ley de los rendimientos decrecientes puede servir para discutir la conveniencia —dentro de una tecnología dada— de pisar el acelerador y echar el freno en la aplicación de ciertos «factores», pero no como marco de referencia para evaluar el cambio tecnológico. La aplicación del esquema de razonamiento de esta ley a un marco más amplio lleva implícito el supuesto de que no hay más tecnología que la actualmente dominante, cuando de hecho siempre han existido y existirán toda una gama de tecnologías alternativas. Es esta visión lineal del «desarrollo de las fuerzas productivas» la que se encuentra en la base de la correlación entre el aumento de la producción de alimentos y el empleo de abonos químicos, cuando a lo largo de la historia de la humanidad se había conseguido aumentar aquélla sin necesidad de recurrir a éstos ni de basarse en sistemas tan inestables y desequilibrados como los que resultan de la aplicación de las técnicas de la llamada «revolución verde», tal y como hemos expuesto en los anteriores apartados. Commoner ha comparado los resultados económicos obtenidos en la producción de maíz por una muestra de fincas que utilizaban un sistema de agricultura orgánica y no aplicaban ningún abono ni tratamiento químico, con los obtenidos por otra muestra de fincas que recurrían a uso de medios químicos como normalmente ocurre en los Estados Unidos (43). El resultado de esta investigación indicó que mientras las diferencias en el rendimiento por unidad de superficie de la cosecha no eran estadísticamente significativas (éste era un 8 por 100 inferior en las fincas orgánicas)

(43) Barry Commoner, et al., «A comparison of the Production, Economic Returns, and Energy-intensiveness of Corn Belt Farms that do and do not Use Inorganic Fertilizers and Pesticides», Center for Biology of Natural Systems, Washington University, St. Louis, Missouri, July 1975.

las fincas orgánicas empleaban diez veces menos energía no renovable que las fincas convencionales y evitaban la contaminación y la degradación del suelo originadas por el uso de medios químicos. Parece obvio que aunque el rendimiento fuera ligeramente inferior en las fincas orgánicas, la tecnología empleada por éstas —en la que, entre otras cosas, se introducen aprovechamientos ganaderos que permiten una mejor utilización de los subproductos y ayudan a reponer la fertilidad del suelo sin necesidad de recurrir a medios químicos— resulta mucho más interesante para la comunidad que la de las fincas convencionales, sobre todo cuando en los Estados Unidos tradicionalmente se ha venido limitando la superficie de cultivo para defender los precios de los agricultores. Sin embargo, el cálculo económico convencional no sólo resulta insensible a este tipo de razonamientos, sino que puede presentar a las fincas convencionales como capaces de crear un mayor «valor añadido», una mayor «renta nacional» y, en consecuencia, un mayor bienestar y progreso que las fincas orgánicas. Pongamos un ejemplo simplificado de las conclusiones absurdas a las que conduce la aplicación de las actuales categorías de «producción» y de «valor» que sirven para glorificar en nombre del progreso la tecnología impuesta por el actual sistema socioeconómico. Supongamos una finca orgánica que alcanza una producción total de 100 unidades monetarias, de las que se reemplazan en la finca 50 permitiendo reponer en ciclo cerrado la fertilidad del suelo y los demás elementos del ecosistema que sirven para generar esa producción, sin necesidad de recurrir a la compra de medios químicos u otro tipo de productos de fuera de la explotación. La contribución total de esta finca estaría valorada con arreglo al sistema de cómputo comúnmente empleado en la Contabilidad Nacional, en un «valor añadido» de 50 unidades. Supongamos que esta finca hubiera empleado otra tecnología que le permitiera alcanzar las mismas 100 unidades de producción total sin ningún reemplazo de productos en la finca, pero con una compra de medios químicos y demás productos de fuera de la explotación por valor de 50. El «valor añadido» de la finca sería también en este caso igual a 50, pero ahora se sumarían a la renta nacional

los «valores añadidos» de todas las actividades que han intervenido en la extracción de minerales, fabricación, transporte, comercialización, etc., de las 50 unidades de «medios de producción» compradas por la finca, actividades que en el caso anterior no habían sido necesarias. Si a ello se añade que en este último caso se origina una mayor degradación del medio que empujaría a un mayor empleo de medios químicos y a un mayor aumento de la renta nacional, se observará que en este caso, como en otros muchos, el aumento de la renta nacional está inversamente correlacionada con el bienestar de la comunidad: en vez de contribuir a sostener y enriquecer la vida humana contribuye a degradarla.

Tras haber discutido algunos de los efectos negativos que acarrea el uso de abonos químicos, consideraríamos repetitivo extendernos sobre las consecuencias que acompañan el empleo de los insecticidas y tratamientos químicos que, por otra parte, son bastante conocidos. Baste recordar que los insecticidas constituyen para el vendedor un producto que quizá sea todavía más «perfecto» que los abonos químicos: al exterminar las variedades de insectos útiles que frenan el desarrollo de los insectos perjudiciales, eliminan una competencia natural que hace a los cultivadores cada vez más dependientes de la compra de estos productos. Así, el empleo de insecticidas crece normalmente a ritmos superiores que los de los abonos y, por supuesto, a los de las cosechas, y contribuyen en mayor medida que aquéllos a la polución del medio y a la degradación de los ecosistemas. Hoy existen cerca de medio millón de productos químicos artificiales en el mercado, sin que podamos predecir para la mayor parte de ellos las consecuencias que se derivarán de su dispersión en el medio ambiente. Pero sí sabemos que la acción conjunta de la contaminación y la destrucción del habitat pone en peligro actualmente la supervivencia de 280 especies de mamíferos, 350 de aves y 20.000 de plantas, como mínimo (44) y que el hombre depende de diversos ciclos ecológicos de los que forman parte estas especies. Esto sin

(44) Edward Goldsmith et aliter, *Manifiesto para la supervivencia*. Alianza Editorial, Madrid, 1972, pág. 19.

contar los casos nada despreciables descritos en la literatura sobre el tema (45) en que la salud humana se ve comprometida directamente por el uso de los insecticidas, estimándose en 200.000 ó 300.000 los casos anuales de envenenamiento directo de personas.

Un indicador de la euforia con que se dió el falso paso tecnológico hacia el empleo masivo de medios químicos sin reparar en sus consecuencias, viene dado por la concesión, en el 1948, del Premio Nobel a Paul Hermann Müller, por poner a punto la aplicación como insecticida del DDT (dicloro-difenil-tricloro-etano) sintetizado por primera vez en 1874. Curiosamente, una generación más tarde se prohibía su uso en muchos países por considerarlo nocivo, cuando por otra parte mostraba ya una escasa eficiencia al haberse desarrollado variedades de insectos cada vez más resistentes a ese producto.

Junto al problema general de polución y degradación del medio que entrañan las técnicas de la «revolución verde» aparece también el deterioro en la calidad de los alimentos producidos que no podemos menos que apuntar. Por una parte, éste deterioro resulta de la incorporación en ellos de productos químicos no degradables, que se acumulan a lo largo de la cadena trófica. Tal es el caso de los ejemplos sorprendentes tantas veces citados de que se han encontrado residuos de DDT hasta en la grasa de los pingüinos de la Antártida, o que la leche de las madres americanas llegará a tener concentraciones de este producto superiores a las permitidas por la Organización Mundial de la Salud. Por otra parte están los cambios observados en la composición misma de los productos alimenticios obtenidos con este tipo de tecnología. Así, por ejemplo, el recurso masivo al N-P-K, en forma de abonos químicos, eleva sensiblemente el contenido de estos elementos en los productos obtenidos, pero reduce su contenido en magnesio, sodio y cobre, estando la carencia del

(45) David Pimentel y otros, «Pesticides, insects in foods, and cosmetic standards», *Bio-science* n.º 27, 1977, págs. 178-185; Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, *Strategy of the Environmental Protection Agency for Controlling the Adverse Effects of Pesticides*, Washington, 1974, Ref. David and Marcia Pimentel, *Food, Energy and Society*, Op. cit. págs. 142.

primero en la base de ciertas depresiones nerviosas, enfermedades cardiovasculares, cánceres y alergias, a la vez que la carencia de cobre afecta a la producción de una enzima fundamental en la defensa del organismo contra las infecciones, haciéndolo más vulnerable a éstas. Igualmente se observa que las variedades de elevado rendimiento son menos ricas en vitaminas y aminoácidos esenciales. Así, el contenido en vitamina C de las manzanas oscila de 1 a 6 según las variedades (46) necesitando ingerir una Reineta Gris o tres Golden Delicious para abastecer los cincuenta miligramos de ácido ascórbico diarios que necesita por término medio el individuo. Hechos estos normalmente ignorados por unos consumidores para los que sólo cuenta el aspecto exterior de los productos y que razonan en términos de una sabiduría dietética adquirida a través de muchos siglos de experiencia sobre una serie de variedades autóctonas que tienden a desaparecer. El aumento del rendimiento de la conversión orgánica en materia vegetal o de ésta en productos animales que conlleva la aplicación de la tecnología de la «revolución verde» no sólo tiene como contrapartida la progresiva degradación del medio, sino que origina también una regresión en la calidad dietética de los productos, que se vuelven contra el único objetivo que debe justificar la actividad económica: el que ésta permita el mantenimiento y enriquecimiento de la vida humana. En los países industrializados en los que se ha generalizado esta tecnología, se ha producido, simultáneamente a la aparición de excedentes de productos y la reducción de superficies de cultivo para evitar que se derumbaran los precios, una pérdida de calidad de los alimentos y un deterioro de la dieta alimenticia. Es el objetivo de incrementar lo que la ciencia económica actual denomina engañosamente «producción» el que ha llevado a estos países a aumentar las dimensiones del «pastel» por encima de las exigencias de los comensales a costa de un deterioro de la calidad del mismo, y de una degradación del medio ambiente en el que transcurren necesariamente tanto la producción como el consumo.

(46) Vid. Claude Aubert, *L'Agriculture biologique*, Ed. Le Courier du Livre, París, 1970.

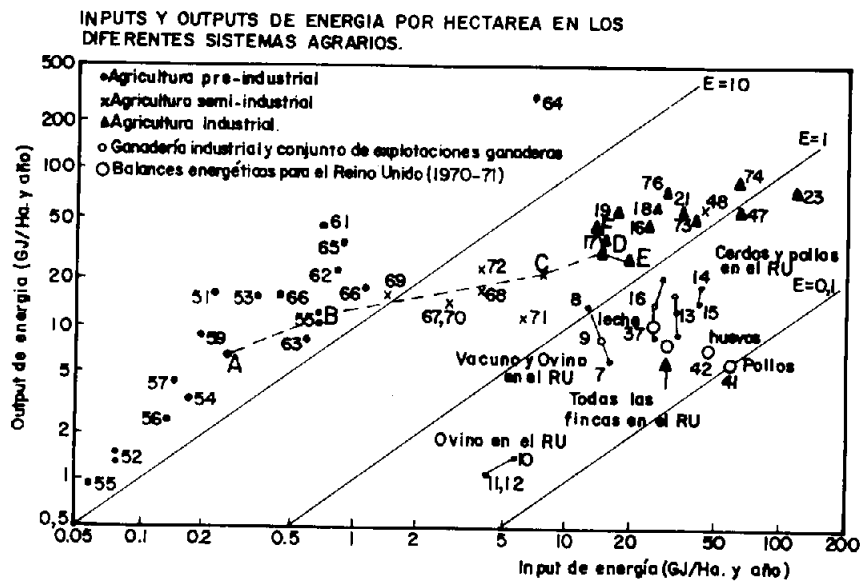
Puede pensarse que aun siendo esto cierto para los países industrializados en general, la tecnología de la «revolución verde» permitiría alimentar a la población de los países del llamado Tercer Mundo, en los que el hambre plantea problemas de cantidad de alimentos y no de calidad, estando dispuestos incluso a sacrificar ésta en aras de aquélla. Pero hoy se observa que la creencia de que esta tecnología pueda solucionar el problema del hambre en el mundo no deja de ser un espejismo que sólo tiene realidad en la mente de ciertos especialistas, que razonan de forma fragmentaria y creen que se podrían generalizar a nivel planetario sistemas de cultivo que sólo se han implantado en zonas muy particulares y que se basan sobre un déficit energético creciente y originan una progresiva degradación del medio. Así, mientras los sistemas agrarios que podríamos llamar preindustriales convierten la energía incorporada por el hombre (generalmente renovable) en una energía contenida en la materia orgánica con una eficiencia normalmente superior a 10, esta eficiencia se reduce en sistemas de transición o semiindustriales, aunque permanece superior a la unidad, mientras que en los sistemas de agricultura industrial se llegan a alcanzar eficiencias inferiores a la unidad que se acentúan sensiblemente en el caso de la ganadería industrial, que se convierte en el complemento obligado de la dieta aportada por aquélla, como se puede observar en el gráfico adjunto (47).

Este gráfico, tomado de Gerald Leach (48), sintetiza la información disponible sobre datos medios del *input*, el *output* y la eficiencia energética de los distintos sistemas agrarios. Como se observa, la eficiencia de los sistemas denominados por Leach «preindustriales» se sitúa en todos los casos por encima de la bisectriz que marca una eficiencia igual a 10. Los números que acompañan a cada punto

(47) El que utilicemos los términos de agricultura preindustrial, semiindustrial e industrial para describir globalmente los distintos estadios de la evolución tecnológica seguida por los sistemas agrarios en los países industrializados, no quiere decir que excluyamos la posibilidad de sistemas agrarios con una tecnología compleja que tengan un comportamiento energético tan equilibrado o más que el de los sistemas de agricultura preindustriales. Antes al contrario, consideramos que tales sistemas, que podríamos llamar de agricultura orgánica posindustrial, son los únicos viables a largo plazo.

(48) Vid. Gerald Leach, *Energy and Food Production*. Science and Technology. IPC Press Limited, Guildford Surrey, 1976, pág. 11.

constituyen la clave por la que se pueden localizar los datos de los sistemas agrarios a que corresponden en los anexos de la citada obra de Leach. El número 52 corresponde a las estimaciones del sistema agrario estudiado por Rappaport al que nos hemos referido en la primera parte de nuestro



artículo. Asimismo, hemos incluido en el gráfico los datos referentes a los sistemas agrarios estudiados por nosotros: los puntos señalados por las letras A, B, C, D, corresponden al sistema de «cultivo al tercio», al de «año y vez tradicional», al de «año y vez de transición» y al de «año y vez moderno», respectivamente, y la línea de trazos muestra la trayectoria energética seguida por los sistemas agrarios de la Campiña del Guadalquivir. Asimismo, hemos representado con el punto E los flujos energéticos de una finca de esta misma zona que arroja resultados excepcionalmente desfavorables, y con el punto F, el de otra finca cuyos resultados son excepcionalmente favorables con el fin de mostrar el entorno en el que se mueven los datos.

La información referente al cultivo «al tercio» y al de «año y vez tradicional» se sitúa en línea con los otros sistemas denominados por Leach «preindustriales», con eficiencias superiores a 10, mientras que el de «año y vez de transición» corresponde a los sistemas «semiindustriales» y el de «año y vez moderno» encaja con los sistemas de agricultura «industrial», con eficiencia más baja, aunque todavía superior a la unidad. Cabe advertir que las eficiencias superiores a la unidad de esta agricultura industrial cerealícola no deben encubrir el hecho de que la mayoría de sus elevados *inputs* energéticos y materiales no son renovables y que la pérdida de calidad dietética de los cereales obtenidos (49) exige un complemento de productos ganaderos que se obtienen a través de sistemas con una eficiencia energética bajísima, como se refleja en el gráfico adjunto y como se analiza en el artículo de Miguel Angel García Dory incluido en este volumen. Asimismo, cabe advertir que entre los sistemas de agricultura «industrial» representados por Leach en el gráfico que ofrecen mayores *outputs* e *inputs* energéticos por hectárea, se encuentran varios casos de agricultura de regadío, mientras que los sistemas que hemos estudiado son de secano. Habida cuenta de la diversidad de suelos y climas en que se practican los 80 sistemas recogidos en el gráfico y el diferente contenido energético de los productos, hay que advertir que no pretendemos con él más que ofrecer un panorama general del uso que hacen de la energía, denotando, por encima de estas diferencias una homogeneidad de comportamiento en los grupos antes indicados. Y en este aspecto representa un esfuerzo de síntesis muy logrado, sobre todo si recordamos que al estar expresado el *output* energético por unidad de superficie, nos da también una idea de la densidad de población por hectárea que cada sistema agrario es capaz de mantener (por ejemplo, para una dieta de 2.400 kilocalorías por persona y día, es decir,

(49) El caso más notorio de pérdida de calidad dietética es el de los maíces híbridos, pero también las variedades de trigos de elevado rendimiento tienen poco que ver con ese trigo «arcaico» que, como hemos señalado, aportaba por sí solo los nutrientes de una dieta equilibrada. Asimismo, la extensión en el mundo del consumo de patatas y de maíz, productos ricos en calorías, pero pobres en proteínas de buena calidad, exigieron un mayor recurso a los productos ganaderos para mantener el equilibrio de la dieta.

de 10 MJ, no hay más que dividir la abscisa de cada sistema por 3.650 MJ para obtener la población que es capaz de alimentar). Se observa, asimismo, la pérdida de eficiencia en el uso de la energía que entraña el falso paso tecnológico hacia la agricultura «industrial», que se acentúa si recordamos que, a diferencia de los sistemas preindustriales, se basa fundamentalmente en *inputs* no renovables.

De esta manera se llega a que la agricultura de los países industrializados sea globalmente deficitaria en términos energéticos, al tener que invertir en ella más energía no renovable de la que se capta del sol a través de la fotosíntesis y se convierte en productos agrícolas y ganaderos. Así, en los Estados Unidos la energía contenida en estos productos apenas cubre poco más de la mitad de la invertida por el hombre en medios de producción a lo largo del proceso agrario y ello sin contar los gastos energéticos originados por el transporte y elaboración posterior de los productos agrarios y ganaderos (50). En Inglaterra la eficiencia energética del conjunto del sector agrario es sólo del 0,34 (51). Lo cual pone de manifiesto el corte radical con el pasado que supone la aplicación de las técnicas de la «revolución verde», al hacer que la agricultura pasara de ser una actividad tendente a favorecer la producción de riquezas naturales a convertirse en otra basada en la apropiación de riquezas naturales ya existentes, equiparándose con las de otras actividades industriales.

El déficit energético originado por este tipo de agricultura se cubre con cargo a los combustibles fósiles, provocando un aumento adicional de la entropía. De esta manera, la agricultura de la «revolución verde» se sostiene hoy, al igual que la industria de los países «ricos», sobre un déficit energético global que se enjuga mediante la apropiación de las reservas de combustibles fósiles y otros productos no renovables del bloque de países no industrializados. Pues como hemos visto, los mayores rendimientos que se consiguen con esta tecnología no son sino el resultado de conver-

(50) A. Vez. «Energy et Agriculture», Revue D'agriculture Suisse, mayo-junio de 1976.

(51) Vid. Gerard Leach, op. cit. pág. 32.

tir, con una eficiencia fuertemente decreciente, energía fósil en alimentos. Hace unos años cuando se descubrió que se podían obtener proteínas del petróleo recorrió una ola de efímero optimismo entre los técnicos del hambre. Pero hoy, aunque se sabe que hacen falta $465,9 \cdot 10^6$ kcal de energía fósil para obtener un kilo de proteínas (52), a nadie se le ocurre que esto pueda resolver el hambre en el mundo, todo lo más, podría aplazarlo para que apareciera poco después de forma mucho más acentuada y la agricultura industrial no es sino una forma indirecta de comerse el petróleo. Así, aunque algunos autores han estimado que extendiendo las técnicas agrarias empleadas en los países industrializados se podría alimentar a una población de más de cien mil millones, lo que no nos dicen es por cuánto tiempo. Porque para los niveles actuales de población «si el petróleo constituyera la sola fuente de energía utilizada con la agricultura y si todas las reservas existentes sirvieran únicamente a alimentar a la población mundial según métodos norteamericanos, se agotarían en cincuenta y siete años» (53). Y este límite temporal se rebaja a once años según ha estimado más recientemente Pimentel (54). A estas restricciones de orden energético habría que añadir otras referentes a la degradación de la fertilidad del suelo o al agotamiento de las reservas de ciertos minerales —especialmente de fosfatos— que resultan del uso de la agricultura química actual, cuyo examen se sale del marco de este trabajo, y que evidenciarían más aún, si cabe, que ese tipo de agricultura no aporta soluciones duraderas y realistas al problema de la alimentación mundial.

Lo mismo que hoy se sabe que sería imposible generalizar a todas las sociedades humanas los niveles de «producción», de polución y consumo de los países industrializa-

(52) Cfr. G. Leach, Op. cit., pág. 128.

(53) Según estima F. Ramade, «Crise de l'énergie, ressources naturelles et protection alimentaire», *Economie Rurale*, n.º 124, marzo-abril, 1978.

(54) Cfr. David and Marcia Pimentel, *Food, Energy and Society*, Londres, 1979, pág. 137. Véase también la crítica de Gerald Foley (en *The Energy Question*, Londres, 1976, págs. 268-269) a la estimación de Colin Clark de las potencialidades alimenticias de nuestro planeta, sin tener en cuenta restricciones energéticas ni de otra índole, a la que hicimos referencia en otra ocasión (J. M. Naredo, *Energía y crisis de civilización*, Cuadernos de Ruedo Ibérico núms. 63-66).

dos (55), tampoco sería posible generalizar los frutos de unas técnicas agrícolas que se basan en la desigualdad y exigen una creciente apropiación de energía y recursos no renovables externos a los propios sistemas agrarios y, en general, a las fuentes de energía y de materia renovable. En estas páginas hemos tratado de analizar con humildad las ventajas e inconvenientes que comportan algunos sistemas agrarios del pasado y de compararlos con los presentes con el fin de que esta comparación ayude en la búsqueda de nuevos sistemas que permitan alimentar a la humanidad con unas tecnologías menos agresivas, desequilibradas y degradantes que las traídas por la «revolución verde», que ensalcen la autonomía y no la dependencia de los sistemas y que, en una palabra, reconcilien e integren nuevamente al hombre en la naturaleza contribuyendo al enriquecimiento de ambos y no a su progresiva degradación.

Para concluir vamos a presentar parte de la carta dirigida al presidente Franklin Pierce, en 1855, por Sealth, cacique de los indios duwamish, quienes habitaban la comarca donde actualmente se encuentra la ciudad de Seattle (Washington). Los ciento veintidos años transcurridos han transformado sus expresiones poéticas en una profecía inquietante: «Sabemos que el blanco no comprende nuestros modos. A él le da lo mismo una porción de tierra que la siguiente, ya que es un forastero que llega de noche y despoja a la tierra de cuanto él necesite. La tierra no es su hermana, sino su enemiga, y cuando la ha conquistado, sigue su camino. Abandona las tumbas de sus padres y se olvida de los derechos que tienen las criaturas que engendró. La vista de las ciudades de ustedes da dolor a los ojos del indio. Pero quizá sea porque el indio es un salvaje y no entiende.»

(55) «Como ha señalado Preston Cloud (en «Mineral Resources in Fact and Fantasy», *Environment*, William W. Murdoch Press, 1971), la cantidad suplementaria de hierro, plomo, cinc, etc., necesaria para elevar el nivel de consumo de los 3.400 millones de no-norteamericanos hasta el nivel de sus iguales en Estados Unidos es de cien a doscientas veces la producción anual presente; y aunque esto sería excepcionalmente difícil de alcanzar, es empresa baladí comparado con el problema de proporcionar un nivel equivalente de consumo para la duplicada población mundial que se prevé para dentro de cuarenta años. Y, sin embargo, en los países industriales esperamos que siga aumentando el consumo de metales y al mismo tiempo engañamos a los países no-industriales prometiéndoles que ellos podrán tener una "riqueza" como la nuestra...» (Edward Goldsmith y otros, *Manifiesto para la supervivencia*. Op. cit. pág. 165).

«No hay ningún sitio sosegado en las ciudades de los blancos. Ningún lugar donde se pueda oír el murmullo del viento al pasar por las hojas de primavera o el susurro de las alas de los insectos. Pero quizá porque es un salvaje y no entiende el alboroto sólo parece insultar los oídos. El indio prefiere el suave sonido del viento que pasa raudamente sobre el espejo de la charca, y el aroma que en sí tiene el aire depurado por una lluvia de mediodía, o cuando huele a pino. El aire es un elemento preciado para el indio. Pues todos los seres —las bestias, los árboles, el hombre— comparten el mismo hálito. En cambio el blanco no parece fijarse en el aire que respira.»

«¿Qué es el hombre sin las bestias? Si se fueran todas las bestias, los hombres morirían por la gran soledad del alma, porque todo cuanto acontece a las bestias también acontece al hombre. Todas las cosas están relacionadas entre sí. Cualquier cosa que afecte a la tierra, afectará, asimismo, a los hijos de la Tierra...» (56)

(56) Citado por Russell W., Peterson, *La ecología de la bioconversión*. Perspectivas Económicas núm. 16, 1976, pág. 26.

ANEXO I

Cálculo del contenido energético de los factores que intervienen y de los productos obtenidos en los sistemas de cultivo analizados

Trabajo. El cálculo del aporte energético del trabajo humano depende de la duración e intensidad de las labores que realice el hombre. Se ha estimado que por término medio el hombre desarrolla una potencia de forma continuada, durante un cierto tiempo, entre 0,13 y 0,17 CV/h. Esta potencia viene a representar un gasto de energía entre 85,44 y 111,72 kilocalorías por hora trabajada.

Otras veces se ha calculado el aporte energético del trabajo humano por las kilocalorías ingeridas en la dieta alimenticia. Nosotros no lo vamos a hacer así por considerar que el hombre realiza otras actividades no imputables directamente al sistema económico y que son un fin en sí mismas y no un medio para efectuar trabajo directamente imputable al sistema económico.

Tracción animal. El coste energético de la obrada de ganado depende de la alimentación necesaria para realizar trabajos de distinta intensidad, de la amortización del ganado, de la conservación, del trabajo humano dedicado a cuidar el ganado y del número de días de utilización anual de las yuntas. El coste energético de una obrada de ganado varía mucho con el grado de su utilización, pues al existir unos gastos energéticos fijos en forma de alimentación de

conservación y amortización; el coste energético de la obra disminuye cuando aumenta el grado de utilización.

La energía de la tracción animal no la valoramos por su aporte energético como la del trabajo humano. Mientras que en el trabajo humano medimos el gasto energético por la energía aportada durante el tiempo de trabajo, en el trabajo animal consideramos el total de energía gastada para producir una obra de ganado en unas circunstancias concretas. Lo hacemos así por considerar que el animal de labor se produce sólo como medio de tracción y, por tanto, tenemos que considerar todo el coste energético que ha supuesto su producción. Por el contrario consideramos que el hombre no se produce sólo para trabajar en unas condiciones específicas en cada sistema económico, sino para realizar otras actividades distintas de las atribuibles a la «actividad económica» y que obviamente se realizan mediante un gasto energético. Este gasto energético no debe, en nuestra opinión, atribuirse a la actividad económica en sentido estricto.

Semillas. El aporte energético de las semillas se valora por el contenido energético del producto de que se trate.

Abono orgánico (estiércol). Normalmente no lo vamos a considerar como un *input* energético, ya que el estiércol es un desecho cuyo aporte energético es de una magnitud residual comparada con la procedente de los desechos de cosechas y praderas que quedan en los suelos (raíces, paja, pastos, etc.).

Sólo en una ocasión consideraremos al estiércol como *input* energético al tratar de él como coste de oportunidad. En el caso del «cultivo de año y vez moderno» no se utilizan los abonos orgánicos, mientras que en el «cultivo de año y vez tradicional», sí se emplean éstos. En este caso haremos una estimación del número de kilos de abono químico que sustituyen a un kilogramo de abono orgánico.

Abono químico. Consideramos como aporte energético de los abonos químicos la energía gastada en la obtención del producto más la contenida en éste.

Se han calculado los siguientes valores energéticos por unidad de elemento puro (1):

Nitrógeno, 1 kilogramo = 17.600 kilocalorías, incluyendo producto y fabricación.

Fósforo, 1 kilogramo = 3.190 kilocalorías, incluyendo producto y fabricación.

Potasio, 1 kilogramo = 2.200 kilocalorías, incluyendo producto y fabricación.

Tratamientos (herbicidas e insecticidas). Reciben el mismo tratamiento que los abonos químicos.

Tanto para los herbicidas como para los insecticidas, se ha estimado un valor energético por kilo de producto de 24.200 kilocalorías, incluyendo la energía gastada en la fabricación y contenida en el producto (2).

Tracción mecánica. El aporte energético de la tracción mecánica se valora por el consumo de carburante y por los gastos energéticos de la fabricación y conservación de la maquinaria.

El valor energético de los carburantes se valora por la energía contenida en una unidad de producto. Se ha estimado que 1 litro de gas-oil desprende al quemarse 9.570 kilocalorías (3).

Se ha estimado un gasto energético de fabricación de maquinaria (tractores, cosechadoras, etc.) de 20.902 kilocalorías por kilogramo de maquinaria (4).

En la reparación de la maquinaria se estima un gasto energético del 6 por 100 del gasto energético de la construcción de la maquinaria (5).

(1) Leach, G. and M. Slesser. «Energy Equivalents of network inputs to food producing processes» (Strathclyde University, Glasgow, 1973).

(2) Pimentel, D. H. Nooney and L. Stickel. «Panel Report for Environmental Protection Agency», in preparation (1975).

(3) La misma fuente de la nota 1.

(4) Berry, R. S. and N. F. Fels «The production and consumption of automobiles. An energy analysis of the manufacture, discard, and reuse of automobile and its component materials». Department of Chemistry, Univ. of Chicago, Chicago, 1973.

(5) Geral Leach, *Energy and Food Production*, IPC Science and Technology Press, 1976.

Electricidad. El aporte energético se valora por los kilovatios/hora consumidos.

No consideramos otros *inputs* agrarios por las dificultades que entraña su cálculo. Como el gasto energético del *transporte* de los medios de producción y productos agrarios, por no poseer información y ser un *input* extraordinariamente variable de unas zonas a otras y aun en la misma zona de unos años a otros (6).

Sin embargo, los *inputs* considerados suponen más del 90 por 100 de los *inputs* energéticos de la actividad agraria. Y las estimaciones a las que se llega pueden considerarse como una buena aproximación de los flujos energéticos de los sistemas agrícolas analizados.

Coste energético de la obrada de ganado

En el sistema de «cultivo al tercio» debido a la fuerte estacionalidad de las labores se produce una baja utilización del ganado de labor.

En el caso que estamos analizando (una finca de 1.800 hectáreas llevada al tercio) se dispone de 170 yuntas de bueyes que producen 18.110 obradas al año y de 40 yuntas de mulos que producen 2.582 obradas al año. Según Olalquiaga (1) una yunta debe producir 225 obradas al año. En nuestro caso de sistema de «cultivo al tercio» la yunta de bueyes sólo produce 106,5 obradas al año y una yunta de mulos 64,5 obradas al año. Esto para la yunta de mulos respecto de utilización potencial.

(6) Para el cultivo del maíz en Estados Unidos se ha estimado un gasto energético en el transporte del grano hasta los lugares de uso y consumo, de 172.700 kcal por hectárea, en 1970 (G. Leach, Op. cit.).

(1) Ramón Olalquiaga. *Productividad agrícola y costes de producción*. Madrid, 1960.

Cálculo de la energía gastada en la obtención de una obrada de bueyes. Buey de 600 kg:

	<i>Kcal</i>
<i>Alimentación:</i>	
Ración de conservación = 4,02 U. A. (2)	
Ración de trabajo fuerte = 9,6 U. A.	
Energía: 4,02 U. A. × 3.626 Kcal × 365 días	5.321.897
9,6 U. A. × 3.627 Kcal × 106,5 días	3.708.245
Total de energía gastada en la alimentación anual de un buey de 600 kg que trabaja en la finca	9.030.142
Energía gastada en la alimentación de una yunta de bueyes en la finca	<u>18.060.284</u>
<i>Amortización:</i> 1/10 × 18.060.284 Kcal	<u>1.806.028</u>
<i>Trabajo:</i> 7 boyeros, con ocho horas de trabajo efectivo.	
7 boy. × 8 h × 365 días = 16.800 horas/año.	
Energía = 16.800 h × 85,44 Kcal/hora	<u>1.435.392</u>
Coste energético total anual de una yunta de bueyes	<u>21.301.704</u>
Obradas producidas al año por una yunta de bueyes en la finca	<u>106,5</u>
Coste energético de una obrada de bueyes = = 21.301.704/106,5	<u>200.016</u>

Cálculo de la energía gastada en la obtención de una obrada de mulos. Mulo de 400 kg.

	<i>Kcal</i>
Ración de conservación = 3,6 U. A.	
Ración de trabajo fuerte 7 por 100 U. A.	
Energía = 3,6 U. A. × 3.627 Kcal × 365 días	4.765.878
7 U. A. × 3.627 Kcal × 64,5 días	1.637.591

(2) Una unidad alimenticia (U. A.) = 1 kg de cebada = 3.627 kilocalorías (Kcal.).

	<i>Kcal</i>
Total de energía gastada en la alimentación de un mulo de 400 kg al año que trabaja en la finca	6.403.469
Energía gastada en la alimentación de una yunta de mulos en la finca	12.806.938
<i>Amortización:</i> $1/10 \times 12.806.938$ Kcal	<u>1.280.694</u>
<i>Trabajo:</i> 4 veladores, con 8 horas diarias de trabajo efectivo. $4 \text{ vel.} \times 8 \text{ h} \times 365 \text{ días} = 11.680$ horas/año.	
Energía = $11.680 \text{ h} \times 85,44 \text{ Kcal/hora}$	<u>997.939</u>
Coste energético anual de una yunta de mulos en la finca	<u>15.085.571</u>
Obradas producidas al año por una yunta de mulos en la finca	<u>64,5</u>
Coste energético de una obrada de mulo = $= 15.085.571/64,5$	<u>233.885</u>

Abonos químicos

P_2O_5 ; Superfosfato de Cal del 17 % = 542,3 Kcal/kg de producto comercial.

K_2O ; Sulfato Potásico del 48 % = 1.056 Kcal/kg de producto comercial.

Contenido energético de las producciones de finca

	<i>Kcal/l kg</i>
Trigo	3.617
Cebada	3.627
Maíz	3.520
Garbanzo	3.036
Paja	3.372
Rastrojera	3.161

	<i>Kcal/l kg</i>
Manchón	862
Lana	4.000
Cordero	2.680
Leche	670

Trabajo

Estimamos un gasto energético por peonada de 8 horas de 860 Kcal.

Cálculo energético de la tracción mecánica

Tractor. Hemos supuesto una potencia media de los tractores de 45 CV con un peso de 2.000 kg.

Consumo de gas-oil:

$$0,1875 \text{ L} \times \text{CV/hora} \times 45 \text{ CV} = 8,44 \text{ litros/hora}$$

$$8,44 \text{ litros} \times 9.655 \text{ Kcal/litro} = 81.488 \text{ Kcal/hora.}$$

$$\text{Jornada de 8 horas} = 651.904 \text{ Kcal.}$$

Maquinaria = construcción y conservación = 4.432 Kcal/hora.

$$35.456 \text{ Kcal/8 horas}$$

Trilladora. Hemos supuesto una potencia de 0,5 CV por cm de anchura del cilindro desgranador (Olalquiaga, página 208). Suponemos una trilladora de 0,9 m de cilindro desgranador que debe trillar como media 7.200 kg de grano en jornada de 8 horas (Olalquiaga, pág. 233).

Esta trilladora está accionada por un tractor de 45 C.V. y sólo consideramos como gasto energético el carburante y la maquinaria del tractor, por lo que los gastos energéticos son los mismos que los del tractor en jornada de 8 horas.

Cosechadora. La cosechadora recoge 5.000 kg por metro de corte (Olalquiaga, pág. 233) suponemos una cosechadora de 4,2 metros de corte y de 114 C.V. de potencia, que viene a cosechar unos 21.000 kg de grano en jornada de 8 horas.

En estas condiciones, la cosechadora consumiría unas 1.650.616 Kcal de carburante en jornada de 8 horas y unas 88.640 Kcal de maquinaria, en jornada de 8 horas.

ANEXO II

Cálculo de los flujos de energía del cultivo al tercio en la Campiña del Guadalquivir durante la década de los treinta

Coste energético de la obrada de ganado en el «cultivo al tercio»

En el sistema de «cultivo al tercio» debido a la fuerte estacionalidad de las labores se produce una baja utilización del ganado de labor.

En el caso que estamos analizando (una finca de 1.800 hectáreas llevada al tercio) se dispone de 170 yuntas de bueyes que producen 18.110 obradas al año y de 40 yuntas de mulos, que producen 2.582 obradas al año. Según Olalquiaga (1) una yunta debe producir 225 obradas al año. En nuestro caso de sistema de «cultivo al tercio», la yunta de bueyes sólo produce 106,5 obradas al año y una yunta de mulos 64,5 obradas al año. Esto supone una infrautilización del 52,6 por 100 para la yunta de bueyes y del 71 por 100 para la yunta de mulos respecto de su utilización potencial.

(1) Ramón Olalquiaga Soriano: *Productividad agrícola y Costes de producción*, Madrid, 1960.

Cálculo de la energía gastada en la obtención de un obrada de bueyes. Buey de 600 kg.

Cálculo de la energía gastada en la obtención de una obrada de bueyes. Buey de 600 kg.

Ración de conservación = 4,02 U. A. (2)

Ración de trabajo fuerte = 9,6 U. A.

	<i>Kcal</i>
Energía: 4,02 U. A. × 3.627 Kcal × 365 días	5.321.897
9,6 U.A. × 3.627 Kcal × 106,5 días	3.708.245
Total de energía gastada en la alimentación anual de un buey de 600 kg, que trabaja en la finca	9.030.142
Energía gastada en la alimentación de una yunta de bueyes en la finca	18.060.284
Amortización: $a/10 \times 18.060.284$ Kcal	1.806.028
Trabajo: 7 boyeros, con 8 horas de trabajo efectivo. $7 \text{ boyeros} \times 8 \text{ h} \times 365 \text{ d} = 16.800$ horas/año.	
Energía = 16.800 horas × 85,44 Kcal/hora ..	1.435.392
Coste energético total anual de una yunta de bueyes	21.301.704
Obradas producidas al año por una yunta de bueyes en la finca	106,5
Coste energético de una obrada de bueyes = $= 21.301.704/106,5$	200.016

Cálculo de la energía gastada en la obtención de una obrada de mulos. Mulo de 400 kg.

Alimentación:

Ración de conservación = 3,6 U. A.

Ración de trabajo fuerte = 7 U. A.

	<i>Kcal</i>
Energía: 3,6 U. A. × 3.627 Kcal × 365 días	4.765.878
7 U. A. × 3.627 Kcal × 64,5 días	1.637.591

(2) Una Unidad Alimenticia (U. A.) = 1 kg de cebada = 3.627 kilocalorías (Kcal).

	<u>Kcal</u>
Total de energía gastada en la alimentación de un mulo de 400 kg al año, que trabaja en la finca	6.403.469
Energía gastada en la alimentación de una yunta de mulos en la finca	12.806.938
Amortización: $1/10 \times 12.806.938$ Kcal.....	1.280.694
4 veladores \times 8 horas \times 365 días = 11.680 horas/año.	
4 veladores \times 8 horas \times 365 días = 11.680 horas/año	
Energía por 100 11.680 ha \times 85,44 Kcal/hora	997.939
Coste energético anual de una yunta de mulos en la finca	15.085.571
Obradas producidas al año por una yunta de mulos en la finca	64,5
Coste energético de una obrada de mulos = = $15.085.571/64,5$	233.885

Abonos químicos

PO; Superfosfato de Cal del 17 por 100 = 542,3 Kcal/l kilogramo de producto comercial.

KO; Sulfato potásico del 48 por 100 = 1.056 Kcal/l kg. de producto comercial.

Contenido energético de las producciones de la finca

	<u>Kcal/kg</u>
Trigo	3.617
Cebada	3.627
Maíz	3.520
Garbanzos	3.036
Paja	3.372
Rastrojera	3.161
Manchón	862
Cordero	2.680
Leche	670 Kcal/l

Trabajo. Estimamos un gasto energético por peonada de ocho horas de 860 Kcal.

CULTIVO AL TERCIO**Hoja de trigo****Gastos energéticos (Ha)**

	<i>Kcal</i>
Trabajo: 38,3 peonadas × 860 Kcal.....	32.938
Kcal.	
Obradas:	
10,55 ob. bueyes × 200.016 Kcal.....	2.110.169
2,2 ob. mulos × 233.885 Kcal.....	<u>514.547</u>
Total gastos obradas	2.624.716
Semillas = 160 kg × 3.617 Kcal	578.720
Fertilizantes:	
Superfosfatos de cal del 17 por 100 = 150 kg ×	
× 542,3 Kcal	81.345
Sulfato potásico del 48 por 100 = 50 kg × 1.056	
Kcal	<u>52.800</u>
Total gastos fertilizantes químico	134.145
Total gastos energéticos	<u>3.370.519</u>

Productos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Grano = 1.300 kg × 3.617 Kcal	4.702.100
Paja = 1.500 kg × 3.372 Kcal	5.058.000
Rastrojera = 400 kg × 3.161 Kcal	<u>1.264.400</u>
Total producto energético	11.024.500

CULTIVO AL TERCIO**Hoja de barbecho semillado****Gastos energéticos (Ha)**

	<i>Kcal</i>
Trabajo: 35,1 peonadas × 860 Kcal.....	30.186
Kcal.	

	<i>Kcal</i>
Obradas:	
10,3 ob. bueyes \times 200.016 Kcal	2.060.165
3,3 ob. mulos \times 233.885 Kcal	<u>771.821</u>
Total gastos obradas	2.831.986
Semillas:	
Garbanzos (110 kg \times 0,7 ha) = 77 kg \times 3.036 Kcal	233.772
Cebada (120 kg \times 0,2 ha) = 24 kg \times 3.627 Kcal	87.048
Maíz (60 kg \times 0,1 ha) = 6 kg \times 3.520 Kcal	<u>21.120</u>
Total gastos semillas	341.940
Total gastos energéticos	<u>3.204.112</u>

Productos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Garbanzos (450 kg \times 0,7 ha) = 315 kg \times 3.036 Kcal	956.340
Cebada (1.417 kg \times 0,2 ha) = 283,4 kg \times 3.627 Kcal	1.027.892
Maíz (1.273 kg \times 0,1 ha) = 127,3 kg \times 3.520 Kcal	<u>448.096</u>
Total producto granos	2.432.328
Paja:	
Garbanzo (503 kg \times 0,7 ha) = 34211 kg \times 3,362 Kcal	1.187.281
Cebada (1.900 kg \times 0,2 ha) = 380 kg \times 3.372 Kcal	<u>1.281.360</u>
Total producto paja	2.468.641
Rastrojera (400 kg \times 0,2 ha) = 80 kg \times 3.161 Kcal	<u>252.880</u>
Total producto energético	5.153.849

CULTIVO AL TERCIO**Hoja de manchón*****Gastos energéticos (Ha)***

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 6 peonadas × 860 Kcal	5.160
Obradas:	
6 ob. de bueyes × 200.016 Kcal	<u>1.200.096</u>
Total gastos	1.205.256

Producto energético (Ha)

Manchón = 1.737 kg × 862 Kcal	1.497.294
-------------------------------------	-----------

CULTIVO AL TERCIO**Ganadería*****Gastos energéticos (Ha)***

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 2,84 peonadas × 860 Kcal	2.442
<i>Alimentación:</i>	
<i>Grano:</i>	
Cebada = 81 kg × 3.627 Kcal	293.787
Maiz = 41 kg × 3.520 Kcal	<u>144.320</u>
Total gastos granos	438.807
<i>Paja:</i>	
Trigo = 500 kg × 3.372 Kcal	1.686.000
Garbanzos = 117 kg × 3.372 Kcal	394.524
Cebada = 127 kg × 3.372 Kcal	<u>428.244</u>
Total gastos paja	2.508.708

	<i>Kcal</i>
Rastrojeras:	
Trigo = 133 kg × 3.161 Kcal	420.413
Cebada = 27 kg × 3.161 Kcal	<u>85.347</u>
Total gastos rastrojeras	505.760
Manchón = 579 kg × 862 Kcal	<u>499.098</u>
Total gastos energéticos	3.954.115

Productos energéticos (Ha)

Obradas:	
10,06 ob. bueyes × 200.016 Kcal	2.012.161
1,43 ob mulos × 233.885 Kcal	<u>334.455</u>
Total productos obradas	2.346.616
Corderos = 5,75 kg × 2.680 Kcal	15.410
Leche = 4 litros × 670 Kcal	<u>2.680</u>
Total producto energético	2.364.706

Agricultura

Gastos e ingresos energéticos de la «agricultura» de 1 hectárea de cultivo al tercio, sin consolidar los reempleos.

<i>Gastos energéticos (Ha)</i>	<i>Kcal</i>
Trabajo = 26,47 peonadas × 870 Kcal	<u>22.761</u>
Obradas:	
8,95 ob. de bueyes × 200.016 Kcal	1.790.143
1,83 ob. de mulos × 233.885 Kcal	<u>428.789</u>
Total gastos obradas	2.218.933
Semillas:	
Trigo = 53,33 kg × 3.617 Kcal	192.907
Garbanzos = 25,7 kg × 3.036 Kcal	77.924
Cebada = 8 kg × 3.627 Kcal	29.016
Maíz = 2 kg × 3.520 kg	<u>7.040</u>
Total de gastos de semillas	306.887

	<i>Kcal</i>
Fertilizantes químicos:	
Superfosfatos de cal del 17 por 100 = 50 kg × × 542,3 Kcal	27.115
Sulfato potásico del 48 por 100 = 16,7 kg × × 1.056 Kcal.....	<u>17.600</u>
Total de gastos fertilizantes	<u>44.715</u>
Total de gastos energéticos.....	2.593.296

Productos energéticos (Ha)

Granos:

Maíz = 42,43 kg × 3.520 Kcal.....	149.365
Trigo = 433,33 kg × 3.617 Kcal	1.567.367
Garbanzos = 105 kg × 3.036 Kcal	318.780
Cebada = 94,5 kg × 3.627 Kcal	<u>342.631</u>
Total productos granos.....	2.378.143

Paja:

Trigo = 500 kg × 3.372 Kcal	1.686.000
Garbanzos = 117,37 kg × 3.372 Kcal	395.760
Cebada = 126,7 kg × 3.372 Kcal	<u>427.120</u>
Total productos paja	2.508.880

Rastrojera:

Trigo = 133,33 kg × 3.161 Kcal	421.467
Cebada = 26,7 kg × 3.161 Kcal	<u>84.293</u>
Total rastrojera	505.760
Manchón = 579 kg × 872 Kcal	<u>499.098</u>
Total productos energéticos	5.895.214

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo al tercio consolidada sólo la alimentación de las ovejas

Consideramos que las ovejas consumen solamente pastos, rastrojeras y paja. De este modo, conociendo la energía

consumida por las ovejas se deduce de los subproductos y el resto queda como subproducto para el ganado de labor. Pero el reemplazo del ganado de labor no lo vamos a consolidar para poder hacer más fácil la comparación con el año y vez. La cuenta sin consolidar el reemplazo de las yuntas queda así:

<i>Gastos</i>		<i>Productos</i>	
	<i>Kcal</i>		<i>Kcal</i>
Trabajo	25.207	Grano	2.378.143
Obradas	2.218.933	Carne	15.410
Semilla	306.887	Leche	2.680
Fertilizante ...	44.715		
		Cosecha	2.396.233
		Subproducto (1)	1.780.998
Total	2.595.742	Total	4.177.231

Subproductos: Paja, rastrojera y manchón.

CONJUNTO DE LA FINCA

Gastos e ingresos energéticos de la explotación de «cultivo al tercio», consolidados todos los reembolsos.

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 29,31 peonadas × 860 Kcal	25.207
Fertilizantes químicos	44.715
Total gastos energéticos	69.922

(1) Total consumido por el ganado de renta y labor 3.951.673 Kc/ha
 Total consumido por el ganado de labor -2.218.933 Kc/ha
 Total consumido por el ganado de renta 1.732.740 Kc/ha
 Subproductos no reemplazados en el ganado de renta. Total de subproducto producido
 menos alimentación de las ovejas = 3.513.738 - 1.732.740 = 1.780.998 Kcal.

Productos energéticos (Ha)*Grano:*

	<i>Kcal</i>
Trigo = 380 kg × 3.617 Kcal	1.374.460
Garbanzos = 79,3 kg × 3.036 Kcal	240.755
Total producto grano	<u>1.615.215</u>
Cordero = 5,75 kg × 2.680 Kcal	15.410
Leche de oveja = 4 litros × 670 Kcal	<u>2.680</u>
Total producto energético	<u>1.633.305</u>

ANEXO III

Cálculo de los flujos de energía en el cultivo del año y vez «tradicional» (1940-1950), de «transición» (1951-1963) y «moderno» (1964-1976) en la Campiña del Guadalquivir

Cálculos energéticos de la tracción mecánica

Tractor. La potencia media de los tractores en el año y vez de transición es de 45 C.V. y el peso medio es de 2.000 kg. En el año y vez moderno, la potencia media es de 55 C.V. y el peso medio de 2.000 kg.

Consumo de gas-oil: 0,1875 litros/C.V. × hora (1)

Maquinaria: construcción, conservación y amortización
= 4.432 Kcal/hora.

Trilladora. Hemos supuesto una potencia de 0,5 C.V. 0por cm de anchura de cilindro desgranador (Olalquiaga, pág. 200). Suponemos una trilladora de 0,9 m de anchura del cilindro desgranador, que debe trillar como media 7.200 kg de grano en jornada de ocho horas (Olalquiaga, pág. 233). Esta trilladora está accionada por un tractor de 45 C.V. y sólo consideramos como gasto energético de la trilladora el consumo de gas-oil y maquinaria del tractor, por lo que los gastos energéticos son los mismos de los del tractor por unidad de tiempo.

Cosechadora. La cosechadora recoge 5.000 kg por metro de corte (Olalquiaga, pág. 233). Suponemos una cosechadora de 4,2 metros de corte y de 114 C.V. de potencia, que viene a cosechar 21.000 kg de grano en jornada de ocho horas.

(1) 1 litro de gas-oil = 9.655 Kcal.

La cosechadora consume gas-oil en estas condiciones 206.327 Kcal a la hora y el consumo de la maquinaria es de 11.080 Kcal/hora.

Cálculo energético de la tracción animal en el cultivo de año y vez

En el cultivo de año y vez suponemos una producción de 220 obradas por año y yunta. En estas condiciones y para trabajos fuertes una obrada de bueyes supone un gasto energético de 118.000 Kcal y una obrada de mulos 94.000 Kcal.

HOJA DE TRIGO

Cultivo de año y vez tradicional

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 39 peonadas × Kcal 860	33.540
Obradas = 10,55 ob. bueyes × 18.000 Kcal.	1.244.900
2,2 obradas mulas × 94.000 Kcal.....	206.800
	<hr/>
Total obradas	1.454.700
Semillas = 160 kg × 3.617 Kcal	578.720
Fertilizantes:	
Superfosfato de cal, 17 % = 150 kg × 542,3 Kcal	81.345
Sulfato potásico, 38 % = 50 kg × 1.056 Kcal	52.800
Nitrato: Amónico Cálcico, 20,5 % = 40 kg × × 3.608 Kcal	144.320
	<hr/>
<u>Total fertilizantes</u>	<u>278.465</u>
	<hr/>
Total gastos energéticos	2.345.425

Productos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trigo = 1.400 kg × 3.617 Kcal	5.063.800
Paja = 1.650 kg × 3.372 Kcal	5.563.800
Rastrojera = 400 kg × 3.161 Kcal	1.264.000
Total producto energético	<u>11.891.600</u>

HOJA DE BARBECHO SEMILLADO

(70 % garbanzos, 20 % cebada y 10 % maíz)

Cultivo de año y vez tradicional**Gastos energéticos (Ha)**

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 35,1 peonadas × 860 Kcal.....	30.186
Obradas = 10,3 ob. bueyes × 118.000 Kcal	1.215.400
3,3 ob. mulos × 94.000 Kcal.....	319.200
Total obradas	<u>1.525.600</u>
Semillas:	
Garbanzos (110 kg × 0,7 ha) = 77 kg × 3.036	
Kcal	233.772
Cebada (120 kg × 0,2 ha) = 24 kg × 3.627 Kcal	87.048
Maíz (60 kg × 0,1 ha) = 6 kg × 3.520 Kcal .	21.120
Total semilla	<u>341.940</u>
Total gasto energético	1.897.726

Productos energéticos (Ha)

Grano:	<i>Kcal</i>
Garbanzos (450 kg × 0,7 ha) = 315 kg × 3.520	
Kcal	956.340
Cebada (1.417 kg × 0,2 ha) = 283,4 kg × 3.627	
Kcal	1.027.892
Maíz (1.273 kg × 0,1 ha) = 127,3 kg × 3.520	
Kcal	448.096
Total grano	<u>2.432.328</u>

	<i>Kcal</i>
Paja:	
Garbanzos (503 kg × 0,7 ha) = 352,1 kg × × 3.372 Kcal	1.187.281
Cebada (1.900 kg × 0,2 ha) = 380 kg × 3.372 Kcal	1.281.360
Total paja	2.468.641
Rastrojera (400 kg × 0,2 ha) = 80 kg × 3.161 Kcal	252.880
Total producto energético	5.153.849

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo de año y vez tradicional consolidados todos los reemplazos

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo	31.863
Obradas	1.490.150
Semillas	460.330
Fertilizantes	139.232
Total gastos energéticos	2.121.575

Productos energéticos (Ha)

Trigo	2.531.900
Garbanzos	478.170
Cebada	513.946
Maíz	224.048
Cosecha	3.748.064
Paka	4.016.220
Rastrojera	758.440
Subproductos	4.774.660
Total productos energéticos	8.522.724

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo de año y vez tradicional consolidados todos los reemplazos

	<i>Kcal</i>
Trigo = cosecha – semilla = 2.531.900 Kcal – – 289.360 Kcal	2.242.540
Garbanzo = cosecha – semilla = 478.170 Kcal – – 116.886 Kcal	361.284
Cebada = cosecha – semilla – obrada = = 513.946 Kcal – 43.524 Kcal – 470.420 Kcal	0
Maíz = cosecha – semilla – obradas = = 224.048 Kcal – 10.560 Kcal – 213.488 Kcal	0
Paja = subproducto paja – obrada = 4.016.220 Kcal – 670.567 Kcal	3.345.653
Rastrojera = subproducto rastrojera – obra- das = 758.440 Kcal – 135.673 Kcal	622.767

Gastos energéticos (Ha)

Trabajo	31.863
Fertilizantes	139.232
Total gastos energéticos	171.095

Producto energético (Ha)

Trigo	2.242.540
Garbanzos	361.284
Cosecha	2.603.824
Paja	3.345.653
Rastrojera	622.767
Subproductos	3.968.420
Total productos energéticos	6.572.244

CULTIVO DE AÑO Y VEZ DE TRANSICION

Hoja de trigo

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 9,9 peonadas × 860 Kcal.....	8.154
Semilla = 175 kg × 3.617 Kcal	632.735
Obradas de ganado = 1,35 ob. × 94.000 Kcal	126.900
Obradas de tractor:	
Carburante = 1,01 ob. × 651.904 Kcal	658.423
Maquinaria = 1,01 ob. × 35.456 Kcal	35.811
Total obradas de tractor	<u>694.234</u>
Trilladora:	
Carburante = 0,0454 ob. trac. × 651.904 Kcal	29.596
Maquinaria = 0,0454 ob. trac. × 35.456 Kcal	1.610
Total trilladora	<u>31.206</u>
Cosechadora:	
Carburante = 0,0749 ob. × 1.650.616 Kcal..	123.631
Maquinaria = 0,0749 ob. × 88.640 Kcal	6.639
Total cosechadora	<u>130.270</u>
Fertilizantes:	
Superfosfato de cal 17 % = 514 kg × 542,3 Kcal	278.742
Sulfato potásico 48 % = 127,6 kg × 1.056 Kcal	134.746
Nitrito amónico cálcico 26 % = 127 kg × 4.565 Kcal	586.186
Total fertilizantes	<u>999.674</u>
Total gastos energéticos	2.623.173

Productos energéticos (Ha)

Trigo = 1.900 kg × 3.617 Kcal	6.872.300
Paja = 1.950 kg × 3.372 Kcal	6.575.400
Rastrojera = 400 kg × 3.161 Kcal	1.264.400
Total productos energéticos	<u>14.712.100</u>

**CULTIVO DE AÑO
Y VEZ DE TRANSICION (Veza - avena)**

Hoja de barbecho semillado

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo = 3,8 peonadas × 860 Kcal	3.268
Semillas:	
Veza = 130 kg × 3.511 Kcal	456.430
Cebada = 109 kg × 3.627 Kcal	395.343
Total gastos semilla	851.773
Obradas de ganado = 0,43 ob. × 94.000 Kcal	40.420
Obradas de tractor:	
Carburante = 2,16 ob. × 651.904 Kcal	1.408.113
Maquinaria = 2,16 ob. × 35.456 Kcal	76.585
Total obradas tractor	1.484.698
Total gastos energéticos	2.380.159

Productos energéticos (Ha)

Heno: 2.116 kg × 3.569 Kcal	7.552.004
Rastrojera: 400 kg × 3.161 Kcal	1.264.400
Total productos energéticos	8.816.404

Habas

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo: 24 peonadas × 860 Kcal	20.640
Semilla: 212 kg × 3.493 Kcal	740.516
Obradas de ganado: 3,7 ob. × 94.000 Kcal	357.200
Obradas de tractor:	
Carburante: 0,92 ob. × 651.904 Kcal	599.752
Maquinaria: 0,92 ob. × 35.456 Kcal	32.619
Total obradas de tractor	632.371

	<i>Kcal</i>
Fertilizante:	
Superfosfato de cal del 17 % = 129 kg × 542,3 Kcal	62.957
Total gastos energéticos	1.829.684

Productos energéticos (ha)

Habas: 1.634 kg × 3.493 Kcal	5.707.562
Paja: 1.700 kg × 3.372 Kcal	5.532.400
Total productos energéticos (1)	<u>11.439.962</u>

Remolacha

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo: 35 peonadas × 860 Kcal	30.100
Semilla: 23 kg × 313 Kcal	7.199
Obradas de ganado = 4,12 ob. × 94.000 Kcal	387.280
Obradas de tractor:	
Carburante = 1,24 ob. × 651.904 Kcal	808.360
Maquinaria = 1,24 ob. × 35.456 Kcal	43.965
Total obradas de tractor	<u>852.325</u>
Fertilizantes:	
Superfosfato de calcio del 17 % = 855 kg × 542,3 Kcal	463.666
Sulfato potásico del 48 %: 407 kg × 1.056 Kcal	429.792
Cloruro potásico del 50 % = 366 kg × 1.100 Kcal	402.600
Nitrato amónico cálcico del 26 % × 203 kg × 4.576 Kcal	928.928
Total gastos fertilizantes	<u>2.224.986</u>
Total gastos energéticos	3.501.890

(1) Habas: la recolección es anual y la trilla, con mulos.

Producto energético (Ha)

	<i>Kcal</i>
Remolacha: 15.748,5 kg × 313 Kcal (2).....	4.929.281

Cultivo «de año y vez» de transición

Una Ha de barbecho semillado (30 % veza-cebada, 48 % habas y 22 % remolacha azucarera)

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo	17.510
Semillas	612.563
Obradas de ganado	268.783
Obradas de tractor:	
Carburante	888.154
Maquinaria	48.305
Total obradas de tractor	936.459
Fertilizante químico	523.076
Total de gastos energéticos	2.358.391

Producto energético (Ha)

Heno de veza-cebada	2.265.601
Habas	2.789.630
Remolacha	1.084.442
Paja	2.751.552
Rastrojera	379.320
Total productos energéticos	9.220.545

CONJUNTO DE LA FINCA**Cultivo de año y vez de transición**

Gastos e ingresos energéticos de la explotación de cultivo de año y vez sin consolidar los reemplazos

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo	12.832
Semillas	622.649

(2) Remolacha: la escarda es manual y también la recolección.

	<i>Kcal</i>
Obradas de ganado	197.842
Fertilizantes químicos	761.375
Carburante	46.183
Total gastos	<u>2.490.783</u>

Productos energéticos (Ha)

Trigo	3.536.150
Habas	1.369.815
Remolacha	542.221
Heno veza-cebada	1.132.801
Cosecha	<u>6.480.987</u>
Paja	4.663.476
Rastrojera	821.860
Subproductos	<u>5.485.336</u>
Total productos	11.966.323

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo de año y vez de transición

Gastos e ingresos energéticos de la explotación de cultivo «de año y vez» consolidados todos los reemplazos

<i>Gastos energéticos (Ha)</i>	<i>Kcal</i>
Trabajo	12.832
Fertilizantes químicos	761.375
Carburante	849.902
Maquinaria	<u>46.183</u>
Total gastos	1.670.292

Productos energéticos (Ha)

Trigo	3.119,783
Habas	1.172.307

	<i>Kcal</i>
Remolacha	540.637
Heno de veza-cebada	945.682
Cosecha	5.778.409
Paja	4.544.771
Rastrojera	821.860
Subproductos	5.366.631
Total productos	11.145.040

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo de vez y año moderno sin consolidar reemplazos (0,5 ha de trigo y 0,5 ha de girasol).

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>	<i>%</i>
Trabajo: 22,76 horas × 90 Kcal/hora	2.048	0,05
Semilla:		
Trigo: 97 kg × 3.617 Kcal	350.849	
Girasol: 4 kg × 4.000 Kcal	16.000	
Total semillas	366.849	9,6
Fertilizantes:		
Nitrógeno (N): 111,8 kg × 17.600 Kcal	1.968.560	
Fósforo (P ₂ O ₅): 52,5 kg × 3.190 Kcal	167.475	
Potasio (K ₂ O): 27,5 kg × 2.200 Kcal	60.500	
Total fertilizantes	2.196.535	57,3
Herbicidas 1,8 kg × 24.200 Kcal	43.560	1,1
Gas-oil 121,29 litros × 9.655 Kcal/l ..	1.171.061	30,5
Maquinaria	53.295	1,4
Total gastos energéticos	3.833.348	100,00

	<i>Kcal</i>	<i>%</i>
Productos energéticos (Ha)		
Trigo: 1.665,5 kg × 3.616 Kcal.....	6.024.113	
Girasol: 690,5 kg × 4.000 Kcal.....	<u>2.762.000</u>	
Cosecha	8.786.113	77,6
Subproducto (paja) 750 kg × 3.372 Kcal	<u>2.529.000</u>	22,4
Total productos energéticos	11.315.113	100,00

(1) El tractor tiene una potencia de 55 CV y la cosechadora, 114 CV.

(2) El tractor emplea 10,5 horas/Ha y la cosechadora, 0,61 horas/Ha.

(3) Se emplean 3 kg/Ha de herbicida de una riqueza del 60 por 100.

(4) Suponemos una intensidad media del trabajo humano de 90 Kcal/hora de trabajo efectivo.

CONJUNTO DE LA FINCA

Cultivo de año y vez moderno y consolidados los reemplazos

Gastos energéticos (Ha)

	<i>Kcal</i>
Trabajo	2.048
Fertilizantes	2.196.535
Herbicidas	43.560
Carburante	1.171.061
Maquinaria	<u>53.291</u>
Total gastos energéticos	3.466.495

Productos energéticos (Ha)

Trigo	5.673.264
Girasol	<u>2.746.000</u>
Cosecha	8.419.264
Subproducto (paja)	2.529.000
Total productos energéticos	10.948.264

ANEXO IV

Algunos índices significativos en la comparación de los sistemas de cultivo estudiados

Conjunto de la finca

Índices energéticos de los diferentes sistemas, antes de consolidar los reemplazos.

SISTEMA	CULTIVO AL TERCIO	CULTIVO DE AÑO Y VEZ		
	Años 30	Tradicional 1940-50	Transición 1951-63	Moderna 1964-76
Producto/Gasto	1.61	4.01	4.80	2.95
Producto/Tracción	1.88	5.72	10.94	9.24
Producto/Reemplazo	1.65	4.37	14.58	30.84
Cosecha/Gasto	0.92	1.77	2.60	2.29
Cosecha/Trabajo	95	117.63	505.0	4.29
Cosecha/Tracción	1.05	2.51	5.92	7.18
Cosecha/Fertilizantes	53.59	26.92	8.51	4.0
Cosecha/Gasto fuera	53.59	26.92	3.91	2.43
Cosecha/Reemplazo	0.95	1.92	7.80	23.90
	%	%	%	%
Trabajo/Gasto	0.97	1.5	0.51	0.06
Reemplazo/Gasto	97.30	91.94	32.94	9.5
Gasto fuera/Gasto	1.73	6.59	66.55	90.4

SISTEMA	CULTIVO AL TERCIO	CULTIVO DE AÑO Y VEZ		
	Años 30	Tradicion. 1940-50	Transición 1951-63	Moderna 1964-76
	100 %	100 %	100 %	100 %
Fertilizantes/Gasto	1,73	6,56	30,37	57,30
Tracción/Gasto	85,48	70,29	43,92	31,94
Trac. animal/Gasto	85,48	70,24	7,94	—
Trac. mecánica/Gasto	—	—	35,98	31,94
Trac. animal/Tracción	100	100	18,09	—
Trac. mecánica/Trac.	—	—	81,91	100,00
Cosecha/dieta/2.477 Kcal/día	1,81	2,88	5,92	9,72

RÉSUMÉ

Dans cet article on prend les fluxes énergétiques comme moyen d'analyser les relations entre les systèmes agraires et leur entourage. On souligne la rupture sans précédents que supposent dès l'apparition de l'agriculture dans le néolithique, les changements technologiques de la «Révolution Verte» qui ont terminé par généraliser dans les derniers temps l'agriculture chimique et l'élevage industriel.

On montre également les problèmes suscités par la nouvelle technologie comme instrument capable à long terme de satisfaire les besoins alimentaires de l'humanité. Ces thèmes sont relationnés avec la disfonctionnalité de certain valeurs, concepts et théories que conditionnent aujourd'hui la gestion des ressources.

Cette interprétation générale est exemplifiée avec des analyses concrets des fluxes énergétiques de certains systèmes agraires parmi lesquels on calcule pour la première fois ceux qui correspondent au «secano» de la «Campaña du Guadalquivir», dès debuts du siècle jusqu'à l'actualité.

SUMMARY

In this article it is adopted the energetic flows as a means to analyse the relationships between the agrarian systems and their environment. It is outlined the unprecedented rupture caused since the upsurge of agriculture in the neolithic period by the technological changes of the «Green Revolution» that ended with a generalisation in

the last period of chemical agriculture and industrial livestock production.

The problems created by the new technology are also shown as an instrument to provide in the long run for the food needs of humanity. These are topics related to the disfunctionality of certain values, concepts and theories that condition today the management of the resources.

This general interpretation is exemplified with concrete analysis of energetic flows for certain agrarian systems among which are calculated for the first time those corresponding to the dry farming of the «Campiña del Guadalquivir», since the beginning of the century till today.

