Distr.
RESTRINGIDA

E/CEPAL/PROY.6/R.43
16 de marzo de 1982

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina

Seminario regional sobre políticas agrarias y sobrevivencia campesina en ecosistemas de altura, organizado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Secretaría de Desarrollo Rural Integral de la Presidencia de la República del Ecuador con la colaboración del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador

Quito, Ecuador, 23 - 26 de marzo de 1982

MODELO TECNOLOGICO Y OFERTA ENERGETICA AMBIENTAL EN LA AGRICULTURA LATINOAMERICANA

Nicolo Gligo

Este estudio es una contribución a una labor conjunta del proyecto Gobierno de Holanda/CEPAL "La agricultura campesina en el desarrollo de los países andinos", adscrito a la División Agrícola Conjunta CEPAL/FAO, y al Proyecto CEPAL/PNUMA sobre "Cooperación horizontal en América Latina en materia de estilos de desarrollo y medio ambiente", adscrito a la Unidad de Desarrollo y Medio Ambiente de CEPAL.

82-3-541

INDICE

INTRODUCCION

El debate actual del problema energético del sector rural tiende a canalizarse hacia el análisis de las perspectivas de producción energética en función de las fuentes alternativas que ofrece este sector. Por una parte, los esfuerzos se han concentrado en las investigaciones sobre la bioenergía proveniente de cultivos, de la explotación forestal o de la transformación de residuos. Por otra parte, ha habido un notable esfuerzo para aprovechar fuentes energéticas de recursos renovables o inagotables como las energías eólica, solar, hidráulica y de residuos orgánicos. 1/

Sin dejar de reconocer que es muy importante explorar las posibilidades de producción energética en la perspectiva planteada, la situación y las proyecciones del desarrollo agrícola de América Latina hacen necesario poner énfasis a un aspecto del problema energético que por su

---

1/ Al respecto, existe una copiosa bibliografía sobre el tema; véase entre otras: FAO, Energía para la agricultura mundial (por B.A. Stout), Roma, 1980, 303 pp.; World Bank, "Alcohol Production from Biomass in the Developing Countries", Washington, D.C., septiembre, 1980, 69 pp.; A. Makhijani y Poole, Energy and Agriculture in the Third World, Ballinger Publishing Co, Cambridge, Massachusetts, 1975; Fernando Homen de Melo, "A agricultura nos años 80. Perspectivâs e conflictos entre objetivos de politicas", Universidad de Sao Paulo, Facultad de Economía y Administración, IPEA, marzo, 1980, 61 pp.; P.H. Abelson, "Energy and Chemicals from Biomass", Science, vol. 213, Nº 4508, agosto, 1981; D.E. Earl, Forest Energy and Economic Development, Clarendon Press, Oxford, 1975; EMBRAPA, Programa Nacional de Pesquisa en Energía, Brasil, 1980, 27 pp.; UNEP, "New and Renewable Sources of Energy. Information Sources", INFOTERRA, Nairobi, Kenya, 1981, 320 pp.; Mattews S. Gamser, "The Forest Resources and Rural Energy Development", World Development, Gran Bretaña, vol. 8, 1980, pp. 769-780; NU, Conferencia mundial sobre energía, Nairobi, 1981; PNUD-OLADE, "Plan de acción latinoamericano para el desarrollo de la energía no convencional", Seminario latinoamericano sobre políticas de energía no convencional, Río de Janeiro, noviembre, 1979; PNUD, "El PNUD y la energía, exploración, conservación, innovación", Estudio de Evaluación Nº 5, mayo, 1981; UNEP-PNUD-OLADE, "Energy Alternatives in Latin America", Quito, octubre, 1979; OLADE, "Programa latinoamericano de Cooperación energética", Serie Documentos OLADE Nº 15, Quito, noviembre, 1981.

/complejidad ha

complejidad ha sido encarado en forma parcial y limitada. Es toda la problemática en torno a la energía en la producción agropecuaria de los ecosistemas latinoamericanos. El hecho de dilucidar cómo se están artificializando los ecosistemas, cómo se maneja la oferta ambiental de ellos y sus atributos y cuál es la especificidad en el comportamiento energético de éstos, podría servir para contribuir a plantear políticas tecnológicas para la ocupación de nuevos espacios y para la intensificación del uso de los recursos naturales renovables. Los grandes desafíos de la región se centran en la incorporación de las grandes áreas de bosques tropicales muchas de las cuales están vírgenes, tratando de modificar los negativos sistemas utilizados hasta la fecha que son de alto costo ecológico, y además de revertir la tendencia deteriorante de las zonas áridas y semiáridas, tratando de aprovechar las particulares características de éstas.

Para enfrentar estos desafíos habría que alterar las determinantes socio-económicas que condicionan el uso de los recursos. Ello presupone modificaciones sustanciales en el estilo de desarrollo actual generando estrategias de desarrollo alternativas. Dentro de éstas debe incorporarse la dimensión energética para tender a un desarrollo autosostenible que trate de maximizar la oferta del medio ambiente. Es bajo este contexto que se hace necesario innovar en el enfoque de las políticas de desarrollo agrícola incorporando de lleno esta problemática.

Las hipótesis que sustentan este análisis son las siguientes.

En primer lugar, los ecosistemas latinoamericanos que aún no han tenido transformaciones estructurales y que mantienen la totalidad o gran parte de sus atributos originales poseen, en términos relativos, una capacidad de utilización energética; por otra parte, estos ecosistemas en estado climáxico o cercano a él, han acumulado energía como biomasa, la que evidentemente constituye su principal atributo.

Una segunda hipótesis plantea que las formas de artificializar los ecosistemas en América Latina tienden a desaprovechar tanto la oferta energética del medio ambiente como los sistemas naturales de reciclaje

/de la

de la energía acumulada, creándose agrosistemas dependientes de subsidios energéticos. En estos agrosistemas, en la mayoría de los casos, se usan tecnologías que los van paulatinamente deteriorando, estableciéndose demandas crecientes de energía para la producción agropecuaria.

Los dos aspectos planteados en las hipótesis resumen la problemática de la agricultura latinoamericana: cómo artificializar los ecosistemas, en particular los tropicales y los áridos y semiáridos, que se incorporan a la actividad agropecuaria permanente, de manera tal que, por un lado no se pierda la energía acumulada en éstos ni se degrade la capacidad de captación energética y, por otro lado, se pueda crear un agrosistema perdurable a mediano y largo plazo donde los requerimientos de insumos energéticos para mantenerlos no sean crecientes y que, en lo posible, se equilibren con un adecuado aprovechamiento de la oferta ambiental.

I. LA ENERGIA EN EL MODELO TECNOLOGICO DEL ESTILO DE DESARROLLO PREDOMINANTE EN AMERICA LATINA

1. Energía comercial, no comercial primaria y útil

Hay dos aspectos básicos que hay que dilucidar antes de profundizar el tema de la energía en los sistemas de producción agrícola a los que tiende la agricultura latinoamericana: la proporción de energía comercial correspondiente a la agricultura y los consumos de energía primaria y útil del sector rural y específicamente de la agricultura.

En relación al primer punto es bien sabido que a la agricultura se le asigna sólo un pequeño porcentaje del consumo total de energía comercial. Según FAO, se estimó el promedio mundial en 3,5%, correspondiéndole a América Latina un 3,8%. 2/ Ello se circunscribe exclusivamente a la producción silvoagropecuaria. Es indudable que los sistemas de utilización de la producción insumen un porcentaje aún mayor. Si se considera la alimentación, la que corresponde a la cuota más importante de producción de la agricultura, el consumo de energía comercial de ella sube a

2/ FAO, Energía para ..., op. cit., pp. 51-52.

/niveles que

niveles que fluctúan alrededor del 20%. Existen pocos datos de América Latina, pero algunos estudios muestran que en elaboración, transporte y comercio y en la energía para consumo doméstico se usa un porcentaje mayor que en la producción misma. La producción absorbe entre el 3 y 3.5%, elaboración, transporte y comercialización de 5 a 7% y consumo doméstico un 4.7%. En suma, la energía comercial utilizada en la cadena alimentaria fluctuaría entre 12.7 y 15.2%. 3/

Este simple análisis puede llevar a recomendar políticas tecnológicas para la producción agrícola basadas en altos subsidios energéticos, dado que los sistemas de producción insumen poca energía. Pero lo que se quiere destacar es que si se adoptan agrosistemas que desaprovechan la oferta ambiental, habrá una tendencia a las necesidades crecientes de energía y además se perderán irreversiblemente atributos del ecosistema que podrían permitir una agricultura más viable ecológica y económicamente.

El segundo punto se refiere a la energía primaria y energía útil de la agricultura donde cabe hacer algunas consideraciones aclaratorias. El hecho de que la producción agrícola, y en general el sector rural insuma un porcentaje bajo de la energía comercial, no quiere decir que no se use energía. Al contrario, la energía primaria suele ser muy alta aunque la energía útil sea baja debido a la ineficiencia de utilización de la energía primaria. Revelle en 1978, citado por D.V. Smith, 4/ especificaba que la energía primaria consumida por sectores campesinos de Bolivia era de 25 370 kcal/per cápita/día, cifra notablemente superior al promedio consumido por habitante de las ciudades latinoamericanas. El trabajo humano, la fuerza animal, la combustión vegetal y los residuos vegetales y animales, y la fuerza hidráulica varían notablemente de un ecosistema a otro y también en función de la estructura de apropiación de ella. Amplias áreas de América Latina ocupadas con campesinos

---

3/ FAO, Energía para la agricultura mundial, op. cit.

4/ Douglas V. Smith, "Rural Electrification or Village Energization?", Interciencia, vol. 5, Nº 2, Caracas, marzo-abril 1980, pp. 86-91.

/presenten notorios

presentan notorios déficit en disponibilidad energética útil, particularmente en zonas áridas y semiáridas. Pero ello no quiere decir que exista una baja oferta ambiental de energía primaria. La situación es heterogénea y aunque existe un cierto grado de correlación entre la energía primaria y la útil hay, a su vez, numerosas situaciones en que tal correlación no se da en estas áreas donde hay que analizar las nuevas perspectivas de utilización.

2. La tendencia de la eficiencia energética del modelo tecnológico tipo

En los últimos decenios en América Latina los aumentos de la producción agropecuaria se han basado en la intensificación de la agricultura de áreas ya ocupadas. Excluyendo Brasil, un 80% del crecimiento de la agricultura se logra a través de la intensificación agrícola y un 20% a la expansión de la frontera agropecuaria. 5/ En Brasil es evidente que la cuota debido a la expansión de la frontera agropecuaria es muy grande.

Con algunas notables excepciones la intensificación de la agricultura se ha realizado en función de la adopción del modelo tecnológico tipo "revolución verde" generado a partir de la intensa experimentación de los EEUU; pero tal como dicen C. y J. Steinhart, éste es el sistema más ineficiente del mundo en términos del uso de energía. 6/ La insistencia del uso de este modelo en América Latina, sin incluso considerar su evolución en el último decenio, está estrechamente ligada al ascenso del estilo de desarrollo en la región. Este estilo se ha implantado a través del manejo de la demanda de productos determinados, con estándares de calidad dados, a través de la estructuración de los sistemas de comercialización de insumos y productos, de la demostración y de la extensión

---

5/ CEPAL, División Agrícola Conjunta CEPAL/FAO, "Veinticinco años en la agricultura de América Latina, rasgos principales, 1950-1975", en Cuadernos de la CEPAL, Santiago, Chile, 1978.

6/ C. Steinhart y J. Steinhart, Energy, Duxbury Press, North Scituate, 1974.

/agrícola de

agrícola, de las alternativas "únicas" para el incremento de la producción, de la labor de la asistencia técnica estatal o privada basada en profesionales formados para la aplicación de tecnologías exógenas, etc.

Se considera a la modernización agrícola casi como sinónimo de tecnología empleada en EE.UU. Pero como afirma G.W. Cox y M.D. Atkins, 7/ "un simple análisis indica que es imposible alimentar a la población mundial al nivel nutricional de EE.UU con una tecnología semejante". Agrega que Pimentel et al, calcularon por ejemplo, que el insumo energético requerido al aplicar el estilo de agricultura americana, para el total del sistema alimentario, es de 1 250 litros de gasolina per cápita al año. Si tales insumos son empleados para alimentar la población mundial a los niveles nutricionales de EE.UU y si las reservas conocidas de petróleo (a comienzos del decenio del 70) fueran la fuente de la energía utilizada, estas reservas estarían exhaustas en 13 años. Haciendo una proyección similar con las reservas conocidas actualmente en América Latina, y proyectando la tendencia actual del incremento poblacional, en la región se agotarían en unos 15 a 20 años. Bajo ningún punto de vista habría que renunciar a esa meta de desarrollo sino que habría que plantear estrategias alternativas de desarrollo agrícola que incorporen los adelantos tecnológicos que inciden en menores requerimientos energéticos.

El problema es aún más complejo si se analiza la evolución de la eficiencia energética en la producción del alimento. Ya se ha afirmado que el modelo de generación y adopción tecnológica en América Latina, salvo contadas excepciones, tiende a reproducir el generado en los países centros. En este contexto se hace necesario analizar qué ha pasado en otros países con agricultura más avanzada. Ello dará la posibilidad de estimar, al menos cualitativamente, la tendencia de la eficiencia en el uso de energía y las posibles transformaciones a que están sometidos los ecosistemas latinoamericanos.

7/ G.W. Cox y M.D. Atkins, Agricultural Ecology, Freeman Ed., San Francisco, 1970, p. 626.

/Según FAO,

Según FAO, las proyecciones para 1985-86 indican que el consumo de energía en la agricultura aumentaría un 177% en los países en desarrollo, en relación al consumo de 1973. 8/

Esta proyección ratifica las afirmaciones anteriormente planteadas. Ahora bien, interesa ver cuál es la tendencia en la eficiencia energética. Los distintos estudios observados centran su atención en la producción alimentaria y no en la agrícola global. En 1950 se necesitaban en EE.UU. menos de 1 kcal para producir una kcal biológica. En 1970 el balance energético para la agricultura de este país se indica en el Cuadro 1.

Como puede apreciarse se necesitan en EE.UU. 2.06 kcal por 1 kcal de alimento. Ahora bien, si se incorporan a estos cálculos los cultivos no alimenticios, las cifras "relaciones" no sufren modificaciones de importancia, pero es posible incluso que ellas se incrementen levemente por el alto nivel de artificialización de rubros como el algodón.

En países con rendimientos agrícolas no tan elevados como EE.UU., los requerimientos energéticos son menores para producir una unidad de energía calórica aunque la tendencia es hacia un incremento sostenido de la energía requerida. El caso de Italia ilustra adecuadamente esta evolución: en 1955 era necesaria 0.46 kcal subsidiaria para obtener 1 biológica; en 1965 esta relación había subido a 0.61 y recientemente en 1977 ya estaba en 1.01. 9/

El problema, desde el punto de vista físico-agronómico se complica, pues no sólo los requerimientos energéticos se incrementan debido al mayor uso de tecnologías energía-intensivas, sino que hay determinadas leyes que hacen que este rendimiento sea de incrementos decrecientes (Ley de Mittcherlich). Esto se traduce en que a mayores niveles de productividad de la tierra hay un menor incremento marginal. Por ello que

---

8/ FAO, Energía para ..., op. cit., p. 55.

9/ Roberto Volpi, "All servizio dello sviluppo agricolo", (Problemi attuali e prospettive dell'energia nel mondo), en Politica Internazionale, Nº 1, Gennaio 1981, pp. 41-48.

/Cuadro 1

Cuadro 1

BALANCE ENERGETICO DE LA AGRICULTURA DE ESTADOS UNIDOS EN 1970

Insumos energéticos culturales:	
Riego	133×10^{12} kcal
Fertilizantes	150×10^{12} "
Pesticidas (fuera de los de riego)	12×10^{12} "
Combustibles	326×10^{12} "
Maquinaria	101×10^{12} "
Electricidad	107×10^{12} "
Total	829×10^{12} kcal
Productos en energía alimentaria:	
Consumo (200×10^6 personas a $1\,095 \times 10^6$ kcal/ind/año)	219×10^{12} kcal
Residuos de la producción alimentaria (20% más)	24×10^{12} "
Exportación (40×10^6 ton a 4×10^6 kcal/ton)	106×10^{12} "
Total	403×10^{12} kcal
Relaciones	
Alimento consumido Insumo/producto	3,08
Alimento exportado Insumo/producto	0,50
Total producción (Insumo/producto)	2,06

Fuente: G.W. Cox y M.D. Atkins, Agricultural Ecology, op. cit., p. 620.

en las áreas altamente artificializadas la eficiencia energética, aplicando las mismas tecnologías, es progresivamente menor.

Si a este problema de los rendimientos decrecientes se suma el problema económico derivado del incremento de precio del petróleo, la situación se hace aún más negativa. Según Volpi, 10/ volviendo al

10/ Roberto Volpi, "Al servizio dello ...", op. cit., tabla 7.

/caso de

caso de Italia, la relación de petróleo equivalente para aumentar 1 000 libras (1963) de producción agrícola brutavendida era en 1965 de 1.21 con respecto a 1955. Esta relación en 1977 con respecto a 1965 había subido a 5.01.

Aunque en la coyuntura actual los precios del petróleo no han tenido el incremento previsto, a largo plazo, no cabe duda que la tendencia será alcista lo que repercutirá en un progresivo crecimiento de la citada relación.

II. LOS INSUMOS ENERGETICOS EN LOS AGROSISTEMAS

1. Los insumos tecnológicos en términos energéticos

Para poder explorar cuáles son las posibles alternativas a las tecnologías tipo revolución verde se hace necesario analizar la diferente importancia relativa de los insumos energéticos utilizados y, además, confrontar las relaciones entre los subsidios y los productos medidos en términos de energía.

En términos generales la actividad tradicional extensiva es la que tiene una baja relación insumo-producto. El Cuadro 2 recopila y resume diversas mediciones. Aquí se dividen los insumos subsidiados en humanos, animales e industriales.

En el cuadro citado se puede apreciar que los insumos energéticos, pese a que los agrosistemas no son mecanizados, varían notablemente según el trabajo animal agregado y el tipo de producto final. En los sistemas pastoriles y semipastoriles hay un muy bajo subsidio energético, pero el producto final animal es bajísimo debido a las pérdidas de conversión de este tipo de explotación. Destaca el alto producto energético del cultivo de yuca de Zaire (Nº 7) y además su eficiencia energética. La relativamente baja eficiencia energética de los cultivos de trigo en India (Nº 11) y sorgo en Nigeria (Nº 13) se explica por el gran insumo energético de fuerza animal y su relativamente bajo rendimiento.

/ Cuadro 2

Cuadro 2

INSUMOS ENERGETICOS Y ENERGIA ALIMENTICIA DE VARIOS AGROSISTEMAS NO MECANIZADOS

(Kcal/m^2/año)

Sistema	Alimentos	Subsidio energético				Producto elemento/ energía	Relación energética subsidio/ producto
		Humano	Animal	Industrial	Total		
1. Pastoril, Africa a/	Leche, carne	0.51	-	-	0.51	4.95	0.104
2. Semipastoril Uganda b/	Leche, carne, granos	6.90	-	-	6.90	19.70	0.350
3. Cultivo limpia y nueva, barbechos rotativos, Guinea c/	Granos mixtos	139.00	-	-	139.00	2 278.00	0.061
4. Bis Tailandia d/	Arroz	34.00	-	0.60	34.60	622.00	0.056
5. Bis México e/	Maíz	65.92	-	1.65	67.57	684.30	0.099
6. Bis Sudan e/	Sorgo	19.33	-	1.65	20.98	297.00	0.071
7. Bis Zaire e/	Yuca	55.62	-	1.65	57.27	2 145.00	0.027
8. Riego p/inundación Tailandia d/	Arroz	12.40	1.00	1.80	15.20	573.00	0.027
9. Riego tipo arrozal Tailandia d/	Arroz	34.80	1.90	4.70	41.40	940.00	0.044
10. Hacienda permanente México e/	Maíz	20.84	69.30	4.14	97.94	331.23	0.294
11. Bis India e/	Trigo	33.47	224.70	4.14	283.76	270.93	1.047
12. Bis Filipinas e/	Arroz	31.35	95.20	16.19	183.13	600.40	0.305
13. Bis Nigeria e/	Sorgo	6.31	255.50	4.14	272.22	247.17	1.101

Fuente: G.W. Cox y M.D. Atkins, Agricultural Ecology, op. cit. p. 601.
a/ Brown, 1971; b/ Odum, 1967; c/ Rappaport, 1971; d/ Hanks, 1972; e/ Pimentel, 1974.

/El Cuadro 3

El Cuadro 3 compara el cambio en la estructura de insumos del maíz en USA entre 1945 y 1970. Destacan, en primer lugar el notable incremento en el uso de energía (213%). Los fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio), que en 1945 sumaban un 8.06% pasaron en 1970 a un 36.45%, influyendo notoriamente la importancia del nitrógeno que creció en 1 500% aportando este solo insumo casi un tercio de toda la energía invertida. Aunque la importancia relativa de la maquinaria y la gasolina bajan (de 78.17 a 42.01%) en términos absolutos, crecieron un 133 y un 47% respectivamente. Finalmente cabe destacar que el único insumo que disminuyó fue la fuerza de trabajo (un 61%).

El cuadro calculado para el maíz es demostrativo de la tendencia de la agricultura norteamericana. Si se hace el análisis con otros cultivos se podría constatar que en algunas el consumo energético se agudiza.

Al comparar trigo, arroz y papa (véase Cuadro 4), se notan importantes diferencias en la cantidad de insumos energéticos. En el arroz un 44.88% corresponde a riego. En los otros dos cultivos que no usan riego, la importancia de la maquinaria y el combustible es muy alta: 49,56% para el trigo y 34.31 para la papa. La suma de los fertilizantes (NPK) también es muy significativa: 28.71% para el trigo y 45.79% para la papa. La mayor productividad es del arroz con 21 039 480 kcal, pero destaca el alto rendimiento de la papa que no usa riego (19 712 000 kcal).

Al analizar los tres últimos cuadros, se ratifica la afirmación del bajo rendimiento energético de los sistemas altamente subsidiados. Debe advertirse que la comparación expuesta en el Cuadro 5 debe considerarse sólo como referencia aproximada debido a que los métodos utilizados en varios de los cálculos son muy diferentes.

El Cuadro 5 permite hacer algunas consideraciones importantes. En primer lugar, existe una correlación entre el alto subsidio energético y la ineficiencia en el uso de energía. Esto puede apreciarse en los frutales y hortalizas (letras h, i, y j). En segundo lugar, esta correlación no es muy alta, ya que existen explotaciones no mecanizadas que tienen

/Cuadro 3

Cuadro 3

INSUMOS Y PRODUCTOS ENERGETICOS (KCAL) POR HECTAREA/AÑO PARA MAIZ EN ESTADOS UNIDOS, 1945 Y 1970

Insumos	1945	Porcentaje	1970	Porcentaje	Porcentaje cada insumo respecto 1945
Trabajo	5 062,5	1.35	1 984,5	0,17	-61
Maquinaria	72 900,0	19.45	170 100,0	14.50	133
Gasolina	220 077,0	58.72	322 785,0	27.51	47
Nitrógeno	23 814,0	6.35	381 024,0	32.47	1 500
Fósforo	4 293,0	1,15	19 075,5	1.63	344
Potasio	2 106,0	0.56	27 540,0	2.35	1 208
Semillas	13 770,0	3.67	25 515,0	2.18	85
Riego	7 695,0	2.05	13 770.0	1.17	79
Insecticidas	-	-	4 455,0	0.38	-
Herbicidas	-	-	4 455,0	0.38	-
Secado	4 050,0	1.08	48 600,0	4.14	1 100
Electricidad	12 960,0	3.46	125 550,0	10.70	869
Transp. int.	8 100,0	2,16	28 350,0	2.42	250
Total	374 827,5	100,00	1 173 204,0	100.00	213
Producción maíz	1 388 016,0		3 306 744,0		

Nota: Elaborado en base a Pimentel et al, American Association for the Advancement of Science, 1973.

Cuadro 4

Cuadro 4

INSUMOS Y PRODUCTOS ENERGETICOS POR HECTAREA/AÑO EN TRIGO, ARROZ Y PAPAS EN ESTADOS UNIDOS (APROX. 1971)

	Trigo		Arroz		Papa	
	Cantidades	Porcentaje	Cantidades	Porcentaje	Cantidades	Porcentaje
Trabajo	6 531	0.14	16 328	0.11	32 655	0.38
Maquinaria	1 037 400	21.63	1 037 400	7.11	1 000 000	11.54
Combustible	1 339 800	27.93	2 153 250	14.76	1 971 420	22.77
Nitrógeno	1 284 800	26.78	2 358 400	16.17	2 601 280	30.03
Fósforo	54 230	1.13	-	-	818 235	9.45
Potasio	37 400	0.80	147 400	1.01	546 920	6.31
Semillas	552 750	11.52	813 120	5.57	269 500	3.11
Riego	-	-	6 545 880	44.88	-	-
Insecticidas	26 620	0.55	135 520	0.93	135 520	1.56
Herbicidas	-	-	135 520	0.93	135 520	1.56
Fungicidas	-	-	-	-	135 520	1.56
Electricidad	370 500	7.72	-	-	765 700	8.84
Secado	-	-	1 070 597	7.34	-	-
Transporte	86 450	1.80	172 900	1.18	250 000	2.89
Total	4 796 481	100.00	14 586 315	100.00	8 662 270	100.00
Producto	8 428 200		21 039 480		19 712 000	

Fuente: Elaborado en base a cuadros de Pimentel et al (1974), American Association for the Advancement of Science. 11/

11/ G.W. Cox y M.D. Atkins, Agricultural Ecology, op. cit. p. 608.

/Cuadro 5

Cuadro 5

INSUMO TOTAL, PRODUCTOS ENERGETICOS Y EFICIENCIA ENERGETICA DE AGROSISTEMAS

(En kcal/há/año)

Agrosistema	Insumo energético total	Producto energético	Insumo producto
1. Pastoril, Africa a/	5 150	49 500	0.104
2. Limpia y barbecho rotativo, México b/	675 700	6 843 000	0.099
3. Hacienda permanente, México b/	979 400	3 331 230	0.294
4. Hacienda permanente, India b/	2 837 760	2 709 300	1.047
5. Maíz, USA c/	1 173 204	3 306 744	0.355
6. Trigo, USA b/	4 796 481	8 428 200	0.569
7. Arroz riego, USA b/	14 586 315	21 039 480	0.693
8. Manzana, USA d/	18 000 000	9 600 000	1.875
9. Espinaca, USA d/	12 800 000	2 900 000	4.414
10. Tomate, USA d/	16 000 000	9 900 000	1.616

Nota: Fuente elaboración propia en base a datos de Pimentel, Brown y Pimentel y Pimentel.
a/ Brown, 1971.
b/ Pimentel, 1974.
c/ Pimentel, 1973.
d/ Pimentel y Pimentel, 1979.

coeficientes muy ineficientes. Ello se debe al uso de energía animal cuyo costo energético es bastante alto (véase 3. y 4.). En tercer lugar, aunque también aparece una alta correlación entre alto subsidio y alto rendimiento, no siempre es así, ya que mediante rotaciones y barbechos pueden obtenerse altos rindes aportando relativamente bajos subsidios (véase 2.), lo que da una alta eficiencia energética.

En cuarto lugar, lo que no cabe duda es que cuando se usa el "paquete tecnológico" ligado a la mecanización, éste es casi en su totalidad proveniente de energía comercial. Cuando se usa energía animal sólo una cuota de ella proviene de energía comercial. El costo energético

/de la

de la mantención de los animales es muy alto, pero en términos de energía comercial es normalmente bajo. Por último, cabe destacar que los métodos para calcular el valor energético (en kcal) de los sistemas pastoriles y de agricultura no permanente no dan detalles sobre la "cosecha" ecosistema o en otras palabras, lo que se aprovecha de la energía acumulada en el ecosistema a través del tiempo de formación de él.

En relación a los alimentos animales, interesa sobre todo analizar la eficiencia energética de la producción proteica. Esta evidentemente es muy baja debido a dos factores: por un lado, la transformación energética de vegetal a animal es un paso más en la cadena trófica y, por otro, se necesitan insumos energéticos para mantener la masa ganadera de reproducción.

El Cuadro 6 muestra las diferentes relaciones entre el subsidio de energía fósil y el producto proteico. La relación más ineficiente es la de la producción de vacunos en forma intensiva ya que 1 kcal proteica necesita un subsidio energético de 77.7 kcal. La relación menos ineficiente es la de la producción de huevos (13.1:1).

Cuadro 6

PRODUCTO PROTEICO E INSUMO FOSIL ENERGETICOS POR HECTAREA/AÑO EN ESTADOS UNIDOS

(Kcal/há/año)

Producto animal	Producto proteico	Subsidio energético fósil	Insumo fósil / producto proteico
Leche	238 468	8 561 000	35.9
Huevo	729 771	9 560 000	13.1
Ave (Broiler)	463 032	10 233 000	22.1
Puerco	260 226	9 212 000	35.4
Vacuno (intensivo)	203 925	15 845 000	77.7
Cordero (extensivo)	679	11 000	16.2

Nota: Elaboración propia en base a datos de Pimentel et al (1975), American Association for the Advancement of Science.

/2. El rendimiento

2. El rendimiento energético de la fuerza de trabajo

El cuestionamiento a las tecnologías de la revolución verde tiene como contrapartida los argumentos en torno a los altos rendimientos de la fuerza de trabajo como se aprecia en el Cuadro 7. Este tipo de agricultura tiene un alto rendimiento energético: por ejemplo, en el cultivo de trigo en USA, un mes hombre produce 1 204 029 kcal y el maíz, 275 562 kcal, mientras que en México el rendimiento es de sólo 4 800 kcal. Pero por otro lado, hay un notable insumo de energía comercial: mientras que en USA, en maíz hay que subsidiar 97 767 kcal por mes-hombre, en México este subsidio es insignificante (242 kcal). Si se resta a la energía comercial producida la energía comercial consumida, y se calcula el rendimiento por mes-hombre, éste es mayor en los cultivos altamente artificializados. Por ejemplo, en relación con el maíz, el rendimiento neto comercial es de 177 795 kcal por hombre-mes, mientras que en México es de sólo 4 558. Pero estas conclusiones deben tomarse con cierto cuidado, ya que existen muchos cultivos en que este balance es negativo. Así, la relación entre el balance energético comercial de una fruta (la manzana) por mes-hombre es de -48 000 kcal y de un cultivo hortícola (la espinaca) es de -176 786 kcal.

III. LAS OPCIONES LATINOAMERICANAS

El estilo de desarrollo predominante en América Latina no sólo deteriora el medio ambiente, sino que, por la tendencia a reproducir tecnologías exógenas, desaprovecha la enorme oferta ambiental de los ecosistemas de la región. 12/

12/ Véase Nicolo Gligo, "Estilos de desarrollo, modernización y medio ambiente en la agricultura latinoamericana", Estudios e Informes de la CEPAL, Nº 4, junio de 1981.

/Cuadro 7

Cuadro 7

RELACIONES DE LA FUERZA DE TRABAJO CON LA ENERGIA COMERCIAL, EL PRODUCTO ENERGETICO Y EL BALANCE ENERGETICO NETO

País	Producto	Insumo energético comercial (kcal) (1)	Producto comercial bruto (kcal) (2)	Balance energético neto (kcal) (3)=(2)-(1)	Fuerza de trabajo horas hombre/ año (4)	Insumo energético comercial/ fuerza de trabajo (1) : (4)	Producto comercial bruto/ fuerza de trabajo (2) : (4)	Balance energético comercial/ fuerza de trabajo (3) : (4)
Africa	Pastoril	-	49 500	49 500	17	-	2 912	2 912
México	Cultivo maíz de limpia y barbechos rotativos	66 825	6 843 000	6 675 330	2 297	29	2 979	2 906
México	Maíz (hacienda permanente)	167 670	3 331 230	3 163 560	694	242	4 800	4 558
India	Trigo (hacienda permanente)	167 670	2 709 300	2 541 630	1 115	150	2 430	2 279
Estados Unidos	Maíz mecanizado	1 173 204	3 306 744	2 133 540	12	97 767	275 562	177 795
Estados Unidos	Trigo mecanizado	4 796 481	8 428 200	3 631 719	7	685 212	1 204 029	518 817
Estados Unidos	Arroz (viejo) mecanizado	14 586 315	21 039 480	6 453 165	17	858 019	1 237 616	379 598
Estados Unidos	Manzana	18 000 000	9 600 000	-8 400 000	175	102 857	54 857	-48 000
Estados Unidos	Espinaca	12 800 000	2 900 000	-9 900 000	56	228 571	51 786	-176 786
Estados Unidos	Tomate	16 000 000	9 900 000	-6 100 000	165	96 970	60 000	-36 970

Nota: Elaboración propia sobre la base de datos de Pimentel et.al. (1973) (1974) Pimentel y Pimentel (1979) y Brown (1971).

1. La oferta energética ambiental

Antes de analizar la especificidad de los ecosistemas latinoamericanos, es necesario hacer algunas consideraciones en torno a la eficiencia energética de los vegetales, base del aprovechamiento de la energía solar a través de la fotosíntesis. No se entrará a analizar aquí cómo la luz solar se transforma en moléculas químicas compleja a través del proceso fotosintético; cómo éstas se transmiten a los consumidores por tramas tróficas o cómo se utiliza la energía para degradar estas moléculas y liberar calor. 13/

Lo que fundamentalmente interesa es reflexionar acerca de lo que significa esta aparente ineficiencia energética de los ecosistemas naturales. De la energía solar que llega a las plantas sólo una pequeña parte, menos del 5% se convierte en biomasa. Los herbívoros que utilizan fuentes energéticas más concentradas usan un 90% de los vegetales consumidos para mantenerse. 14/ A medida que la energía se moviliza dentro de las tramas tróficas de las comunidades ecológicas, se produce una pérdida importante de ella en forma de respiración. Pero interesa destacar que en "los ecosistemas naturales los organismos, a diferencia de las máquinas, se mantienen a sí mismos, cubren la necesidad de almacenamiento, se reproducen y tienden a la diversidad para la supervivencia futura". 15/ Por esta razón, en los ecosistemas naturales "maduros" los aportes solares de energía tienden al mantenimiento y su producción energética neta; en consecuencia, es baja. La agricultura en su proceso de artificialización, por ende, trata de transformar estos ecosistemas en agrosistemas más simplificados para poder extraer,

13/ Para más detalle véase: Jaime Hurtubia, "Ecología y desarrollo: Evolución y perspectivas del pensamiento ecológico", en Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, Serie Lecturas Nº 36, México 1981, pp. 158-204; y "La evolución del pensamiento ecológico", E/CEPAL/PROY.2/R.45, octubre 1979; E.P. Odum, Ecología, Nueva Editorial Interamericana, 1972.

14/ Joshua Dickinson, "Perspectivas ecológicas sobre el desarrollo", Interciencia, vol. 6, Nº 1, Caracas, enero-febrero 1981, pp.30-38.

15/ Jaime Hurtubia, "La evolución del ...", op. cit..p. 42.

/de esta

de esta forma, biomasa (medible en términos energéticos). Los numerosos ecosistemas que aún no han sufrido cambios estructurales, si se quiere evitar deteriorarlos o si se quiere tratar de simplificarlos aprovechando determinados atributos, deben manejarse como sistemas en donde al mismo tiempo que los niveles energéticos pasen del "mantenimiento" hacia ciertos niveles de "producción neta", se trate de no perder otras conductas como estabilidad y resistencia.

En relación a la oferta ambiental energética es evidente que no puede hacerse un análisis parcial de este solo recurso, sino que debe analizarse como parte integral del ecosistema. No obstante, hay que destacar que América Latina presenta alta radiación solar por el alto porcentaje de la región entre las líneas de los trópicos y por los singulares pisos altitudinales. Casi las tres cuartas partes del territorio tienen una radiación de 16 kcal/cm^2 en el mejor mes y en 12 y 16 kcal/cm^2 en el peor mes. 16/

Además en el trópico húmedo existe una relación cercana al óptimo de temperatura/humedad en función de la producción de biomasa.

El hecho de que casi todo el territorio de América Latina tenga homogeneidad en la relación horas luz/horas oscuridad, le otorga a la región cierta homogeneidad entre las funciones productoras y consumidoras, lo que se traduce en grandes superficies foliares para acumular materia seca por encima de la superficie del suelo.

La relación energía lumínica/temperatura, en extensos sectores de la región, es muy adecuada y tiende a maximizar la fotosíntesis en relación a la respiración.

La adecuada energía ambiental se combina en el trópico húmedo con una gran oferta hídrica para dar una alta productividad en términos de biomasa. Margaleff 17/ para una biomasa de selvas tropicales que fluctúa

---

16/ PNUD-OLADE, "Requerimientos futuros de fuentes no convencionales de energía en América Latina", Quito, Ecuador, junio 1979, p. 80.

17/ Ramón Margaleff, Ecología, Ediciones Omega, Barcelona, 1974, pp. 465-951.

/entre 3 200 y

entre 3 200 y 40 000 gr/carbono/m^2, da una producción neta entre 1 000 y 1 500 gr/carbono/m^2/año. FAO da para estos ecosistemas un rendimiento fotosintético que varía entre 3 y 10 gr/m^2/día de materia seca orgánica bruta. 18/ No cabe duda que en términos absolutos, la producción neta de estos ecosistemas superan a cualquier otro, pero en términos de eficiencia energética, ecosistemas con menor biomasa gastan menos en respiración lo que da una mayor eficiencia en la conversión de energía neta sobre energía solar. Esto debe ser considerado cuando se exploran las posibilidades de mejoramiento de áreas de baja biomasa por unidad de superficie. Este es el caso de las áreas alejadas de los trópicos donde hay en promedio baja radiación solar, pero en la época de crecimiento, sobre todo en los largos días de verano hay una mayor eficiencia de conversión de energía solar en producción bruta y, además por tener menos organismos de respiración, también hay una mayor eficiencia de producción neta en relación a la producción bruta.

En las zonas áridas o semiáridas sucede algo similar a las áreas del trópico húmedo; la alta temperatura condiciona a las plantas a gastar más energía de producción bruta en respiración. 19/ Aquí la gran limitante es el agua y la gran oferta es la radiación solar.

2. La energía en las políticas tecnológicas para el desarrollo agropecuario de América Latina

La complejidad tecnológica de los aspectos energéticos es tal que hace necesario especificar conceptos en torno al grado de artificialización de los ecosistemas, para posteriormente entrar a analizar dos realidades de especial interés para la región: el trópico húmedo que aún no sufre transformaciones estructurales ecosistémicas y las áreas áridas y semiáridas.

18/ FAO, Energía para ..., op. cit., p. 105.

19/ Eugene P. Odum, Fundamentals of Ecology, W.B. Saunders Company, Filadelfia, 1971, p. 45.

/No es

No es intención de este estudio recomendar políticas energéticas específicas, sino que el objetivo perseguido es que mediante la introducción de la problemática energética, se logre una visión más acabada del problema tecnológico. La generación de políticas tecnológicas, lógicamente que deberá estar enmarcada dentro de la estrategia global de desarrollo agrícola de cada país. Dentro de estas estrategias habrá que buscar alternativas en que se modifique sustancialmente la demanda energética. 20/

a) El grado de artificialización de los ecosistemas

La región presenta toda la gama de grados de intervención de los ecosistemas, desde áreas vírgenes hasta monocultivos altamente artificializados que usan insumos energéticos iguales y en ocasiones mayores a los países desarrollados.

Los ecosistemas que son vírgenes o los que tienen un grado de artificialización bajo, y que no han sufrido transformaciones estructurales de importancia están en condiciones de tener un tratamiento alternativo en base a una política tecnológica que se base en el conocimiento acabado del funcionamiento y los atributos de los ecosistemas y que además tienda a aprovechar la oferta ambiental. Estos dos principios básicos deberán servir para elaborar pautas diferenciadas para cada ecosistema.

Las áreas de mayor artificialización y que han sufrido transformaciones estructurales importantes han perdido una parte significativa de atributos como la resilencia y evidentemente que tienen una baja estabilidad si no se les subsidia. La gran mayoría de estas transformaciones son irreversibles aunque existen algunos disclímax que desarrollan algunos de estos atributos, pero en los que el funcionamiento del ecosistema es muy diferente al primitivo. En términos generales, las áreas tradicionales de agricultura que se han incorporado desde ya

---

20/ Un estudio en ejecución de Sergio Alvarado y Osvaldo Sunkel, (CEPAL), está explorando sobre las perspectivas de la crisis del petróleo y la imperiosa necesidad de modificar la demanda.

/hace varios

hace varios lustros o decenios, se han convertido en agrosistemas que para producir deben ser subsidiados con energía y que para aumentar su productividad los aportes energéticos tienen rendimientos decrecientes.

No obstante, existen formas diferenciadas de subsidiar estos ecosistemas en función del uso de los fertilizantes "orgánicos". Ya Lockeretz et al, 21/ hicieron un profundo estudio comparativo entre haciendas que usaban energía intensiva en fertilizantes inorgánicos versus la que utilizaban sistemas orgánicos. Llegaron a la conclusión, primero, que no habían diferencias en la utilidad neta de todas las hectáreas de las haciendas; segundo, que la producción total en las explotaciones orgánicas era sólo entre un 55 y 77% de las que usaban fertilizantes inorgánicos; tercero, los costos eran sustancialmente menores en la energía invertida en las haciendas "orgánicas" (aproximadamente sólo un 30% de las "inorgánicas").

Dadas estas circunstancias, habría que preguntarse el por qué se sigue insistiendo en políticas que fomentan casi exclusivamente la fertilización inorgánica. La respuesta hay que buscarla explorando las condicionantes del estilo: especialización en la oferta de determinados insumos, rol de las transnacionales en la comercialización de insumos tecnológicos, experimentación agropecuaria "inducida" por modelos tecnológicos no neutros, tendencia tecnocrática a maximizar la productividad de la tierra, etc.

Por otra parte, dentro de los esquemas adoptados para aumentar la producción a través del "paquete" tecnológico clásico, también pueden hacerse sustanciales modificaciones para reducir el uso de energía comercial. Johnson et al, citado por G.W. Cox y M.D. Atkins estudian la posibilidad de mantener un alto nivel de producción por unidad de superficie con tecnologías energéticamente menos intensivas. El estudio

---

21/ W. Lockeretz; R. Klepper; B. Commoner; M. Gertler; S. Fast; D.O'Leary y R. Blobaum, A Comparison of the Production, Economic Returns, and Energy Intensiveness of Corn Belt Farms that Do and Do not Use Inorganic Fertilizers and Pesticides, Washington University Center for the Biology and Natural Systems, Sn. Luis, 1975.

/estuvo encaminado

estuvo encaminado a demostrar que bajo el mismo modelo tecnológico se podía ahorrar energía, fundamentalmente ahorrando en mecanización. Pudo demostrar que las relaciones de 1.81:1 (subsidio:producto) podían bajarse a 0.99:1 y la producción se diferenciaba sólo un 4%. Este significativo ahorro podía efectuarse sólo hasta cierto punto, pues cuando se bajaba a 0.67:1 la producción era un 47% más baja. 22/

b) El desafío del trópico húmedo

El gran espacio latinoamericano que sólo ha sido parcialmente ocupado ofrece opciones diferentes según el rol que se le asigna en el futuro mediato e inmediato. Los reiterados fracasos para enfrentar el desafío de la ocupación de estos espacios presiona hacia cambios significativos en relación a las estrategias de desarrollo de estas áreas. Bajo este contexto tiene especial interés el análisis de la expansión de la frontera agropecuaria desde el punto de vista energético.

El primer gran punto de discusión es el problema de la energía acumulada como biomasa. Esta se ha acumulado a través de siglos hasta llegar a la etapa climáxica donde tiende a mantenerse dinámicamente estacionaria. La tendencia usual es a eliminar esta biomasa o para usarla como madera ya sea para su utilización industrial, ya sea para combustible o quemarla para realizar una rápida y barata habilitación de suelos para la agricultura. En ambos casos el ecosistema energéticamente se degrada pues se elimina parte importante de la superficie foliar y por ende se limita la capacidad fotosintética de él. El primer gran desafío en consecuencia, es tratar de mantener un grado de capacidad de transformación y acumulación energética de los ecosistemas.

Desde el punto de vista de la producción forestal, ya se ha planteado que el bosque maduro tiene crecimiento anual nulo, dado que las funciones fotosintéticas se equilibran con las respiratorias. Pero estableciéndose que hay en la actualidad en América Latina existencias de bosques explotables y en formación se puede estimar un potencial de

---

22/ G.W. Cox y M.D. Atkins, Agricultural Ecology, op. cit. p.625.

/crecimiento anual

crecimiento anual que equivale a la capacidad de acumulación energética. J.I. Leyton 23/ da para esta región sobre 506 millones de hectáreas de bosques húmedos tropicales que tienen una existencia total de 50 600 a 75 900 millones de metros cúbicos (100 a 150 m^3/há), volumen explotable en formación de 30 400 millones de metros cúbicos (60 m^3/há) con un potencial total de crecimiento anual de 508 a 1 016 millones de metros cúbicos (1-3 m^3/há/año).

El otro gran problema de estos ecosistemas es responder tecnológicamente en su artificialización de tal forma que cuando se trate de incorporarlos, se les someta a transformaciones que por un lado, tengan la capacidad de aprovechamiento de la oferta ambiental y por otro, no deriven a formas deterioradas.

Este planteamiento lleva a establecer los siguientes principios generales.

i) Es fundamental la mantención de la arquitectura de los ecosistemas del trópico húmedo. Su alteración se traduce en una marcada pérdida de la energía acumulada y los convierte en agrosistemas de baja sostenibilidad que requieren subsidios energéticos.

ii) La artificialización debe tratar de evitar la pérdida de la inercia o estabilidad para posibilitar la mantención de la capacidad de acumulación energética.

iii) La artificialización moderada permite un proceso de cicatrización en función de la elasticidad del ecosistema en donde mejora la eficiencia energética.

iv) Si hay un proceso de especialización por eliminación o cosecha de especies deben tratar de reemplazarse por especies exógenas que cumplan funciones equivalentes.

23/ José I. Leyton, "Manejo y utilización del bosque húmedo tropical", FAO, Consulta técnica sobre los bosques latinoamericanos, México, 11-15 de febrero de 1980.

/En base a

En base a estos principios, la problemática energética debería orientar las políticas tecnológicas de la siguiente manera:

i) Establecer criterios de eficiencia energética tratando de configurar sistemas de ocupación que minimicen los subsidios.

ii) Orientar las prácticas silvoagropecuarias hacia las técnicas de manejo en donde se mantengan la estructura y los atributos básicos del ecosistema para realizar explotaciones silvoagropastoriles. Esto es, no reemplazar ni eliminar la cubierta boscosa, salvo donde la justificación agronómica sea sostenible a largo plazo.

iii) Adoptar innovaciones técnicas genéticas que tiendan a una mayor eficiencia fotosintética. Las amplias perspectivas de la ingeniería genética en este campo podrían posibilitar espectaculares saltos tecnológicos. Los bancos genéticos del trópico húmedo deben, a su vez, suministrar la base de este mejoramiento.

iv) Minimizar las técnicas químicas y la mecanización tratando de reducirla en las prácticas de labranza. Es evidente que estas medidas repercutirán en la eficiencia genética.

v) Mejorar o introducir elementos para lograr mayor fijación biológica del nitrógeno.

vi) Reducir las pérdidas de recolección.

Las orientaciones citadas podrán hacerse efectivas en la medida en que se compatibilice la productividad de la tierra a corto plazo con la conservación de los recursos naturales a mediano y largo plazo. Para ello habrá que configurar estrategias que consideren todas las políticas en torno a la ocupación de los trópicos húmedos.

c) <u>El desafío de las zonas áridas y semiáridas</u>

Las zonas áridas y semiáridas tienen como factor limitante la disponibilidad hídrica, la que, a su vez, impide o reduce el aprovechamiento de la energía solar.

Desde el punto de vista de la problemática energética para establecer políticas tecnológicas, interesa destacar los siguientes principios:

i) Los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas son normalmente poco estables ante factores antrópicos, por lo que se degradan rápidamente.

/ii) En general

ii) En general y a pesar de la alta oferta ambiental energética, las limitaciones hídricas impiden o reducen la fijación fotosintética, lo que se traduce en baja biomasa por unidad de superficie.

iii) Los cambios estructurales del ecosistema pueden realizarse con menos complicaciones que en el trópico húmedo.

En América Latina estas zonas han estado sometidas a diversos disturbios. Por un lado, han habido transformaciones importantes en las áreas que han sido regadas. En estos casos se ha producido una transformación estructural total que al superar la limitante hídrica, se ha traducido en un mayor aprovechamiento de la oferta ambiental energética. En realidad las obras hídricas constituyen una de las mayores oportunidades del ser humano para hacer una gestión ambiental total. 24/ Aún queda mucho que hacer en el riego con miras a la conservación de la energía. En la agricultura de riego la necesidad de ahorrar agua se ha traducido en la introducción de sistemas de aspersión o de goteo que insumen energía, por lo que las nuevas técnicas deben orientarse hacia ahorros en estos sistemas. Por otra parte, las nuevas técnicas de recolección y utilización de enmiendas de suelos para mejorar la capacidad de retención de agua pueden contribuir a ahorros energéticos significativos. 25/

Pero el problema tecnológico productivo-energético de las zonas áridas y semiáridas no está en las partes regadas, sino en el secano. En las zonas con potencial de riego el problema es normalmente económico-financiero, pero una vez que se dispone del agua y se cuenta con sistemas de distribución, existen variadas y conocidas tecnologías para la puesta en producción.

En las zonas de secano de América Latina la situación es muy difícil pues la mayoría de éstas ha estado sometida a sobre uso de los recursos. La baja disponibilidad de biomasa por unidad de superficie

---

24/ Axel Dourojeanni y Terence Lee, "Aspectos ambientales de la gestión de grandes obras de infraestructura", E/CEPAL/PROY.6/R.2, 24 de septiembre de 1981.

25/ FAO, Energía para la agricultura mundial, op. cit., p. 258.

/unida a

unida a la vulnerabilidad de estos ecosistemas ha provocado, en términos generales procesos degradatorios que corrientemente han derivado a procesos de desertificación. "En algunos casos la proporción de energía fotosintetizada es muy baja debido a la falta de agua, pero en otro se debe a la ineficiencia de las prácticas culturales". 26/

Por ello que el primer desafío de estas áreas es detener los procesos degradatorios. Para ello el análisis energético incorporado a las políticas tecnológicas debe orientarse hacia las siguientes medidas:

i) Determinarse las relaciones hombre/tierra, necesidades básicas per cápita, disponibilidad de recursos per cápita, con el objeto de establecer las presiones sobre los recursos y prever tasas de extracción que los sobreusen.

ii) Realizar balances energéticos de las áreas artificializadas con el objeto de determinar las tasas de extracción.

iii) Usar fundamentalmente tecnologías de manejo, rotaciones culturales, asociaciones de cultivos, etc.

iv) Establecer sistemas de cultivos en las áreas no planas, que por un lado reduzcan la energía de relieve y, por otro, puedan obtener utilidad de ella. Por ejemplo, reimplantar el uso de terracerías y técnicas similares.

El segundo gran desafío de estas zonas es tratar de recuperar áreas degradadas y/o en proceso de desertificación. El enfoque energético permite completar las orientaciones de las políticas tecnológicas con las siguientes recomendaciones:

i) Establecer las tendencias de la degradación en base a los flujos de energía y relacionarlos con las condicionantes económico-sociales..

ii) Tratar de construir un agrosistema que reproduzca alguno de los atributos básicos del ecosistema clímax y que tienda a la mayor eficiencia posible en la conversión de la energía solar vía fotosíntesis.

26/ Roberto Nava, Roberto Armijo y Juan Gastó, "Ecosistema la unidad de la naturaleza y el hombre", Serie Recursos Naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 1979.

/iii) La función

iii) La función fotosintética deberá interactuar en la recuperación con la capacidad de retención hídrica para de este modo poder invertir la espiral negativa de sobre explotación del recurso y deterioro a acumulación energético-hídrica. Para ello deberán implantarse políticas de apoyo que permitan acumular energía evitándose la extracción en los primeros años. 27/

iv) Las tecnologías genéticas deberán tener primera prioridad en esta recuperación para tratar de incrementar la eficiencia. Especies vegetales como las denominadas C_4 deben tratar de adoptarse.

v) Las tecnologías de manejo deben tender a establecer nuevas relaciones hombres/tierra donde la tasa de extracción sea tal que mantenga un adecuado disclímax con mayor eficiencia, pero evitando sobreutilizar los recursos.

vi) Establecer manejo integral donde la ganadería cumpla un rol integrado.

El tercer gran desafío de estas zonas de secano es incorporar áreas muy poco utilizadas por ser marginales o submarginales. Este desafío en América Latina tiene especial relevancia en la zona andina, en donde existen pisos ecológicos superiores que han sido incorporados muy extensivamente. La perspectiva energética debe orientarse a:

i) Configurar un tipo de explotación que privilegie la visión ecológica y que en consecuencia trate de enfrentar tecnológicamente las limitantes ambientales para aprovechar las ofertas ambientales. En este contexto debe considerarse a la energía como un factor de oferta.

ii) Las causales de marginalidad hay que buscarlas en las limitaciones de los ecosistemas. Por ello que la incorporación debe ser

---

27/ Un interesante trabajo al respecto es la experiencia realizada por la Universidad de Cajamarca en Perú. Véase de esta Institución: "Experiencia del programa de desarrollo rural integral silvoagropecuario de Cajamarca-Perú", E/CEPAL/PROY.6/R.37, febrero de 1982.

/cautelosa y

cautelosa y gradual tratando de mantener la baja energía acumulada. 28/

iii) Debe dársele prioridad a las tecnologías genéticas, con el objeto de obtener una artificialización positiva y anular el costo energético de extracción. Por ello que, en primer lugar, deben introducirse plantas tipo CAM, dado que por sus características metabólicas genéticamente controladas, estas plantas tienen el mayor rendimiento hídrico del mundo. Las especies forrajeras arbustivas deben ser cuidadosamente estudiadas, tanto en su aporte genético como actual, como en sus posibilidades de mejoramiento.

iv) En este contexto deben tenerse presente las investigaciones que logren avances en los mecanismos fotosintéticos de fijación del carbono; en las investigaciones de ingeniería genética usando cultivos de tejidos celulares que puedan influir en la eficiencia hídrico-energética; en la selección de plantas para mayor eficiencia en condiciones negativas de disponibilidad de agua y temperatura; investigaciones encaminadas a una mayor fijación del nitrógeno y su regulación por la fotosíntesis. 29/

v) La especificidad de determinadas áreas las hace aptas para tipos de producción ganaderos exclusivos de alta potencialidad. Aquí se debe aprovechar la selección natural ecológica que ha producido máquinas biológicas de alto grado de eficiencia energética. Tal es el caso de la utilización de los camélidos. Su mejoramiento y desarrollo pueden servir para aprovechar ecosistemas de escasos recursos hídrico-energéticos. 30/

28/ Sobre las perspectivas agrícolas ver: FAO/UNESCO/OMM: "Estudio agroclimatológico de la zona andina", Informe técnico, Roma, 1975.

29/ Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS): Advances in Food-producing Systems for Arid and Semiarid Lands, Academy Press, Nueva York, 1981, p. 126.

30/ Véase Alejandro Colomés, "Producción pecuaria y desarrollo de la ganadería de Vicuña en la ecorregión andina", E/CEPAL/PROY.6/R.40, Santiago, Chile, marzo 1982.