MAXIMIZACION DE RENTABILIDAD ECONOMICA, DIETAS OPTIMAS DE COSTO MINIMO Y DIVERSIFICACION DE CULTIVOS PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES DEL ALTIPLANO DE GUATEMALA

Jorge A. Alarcón[1], *Maarten D. C. Immink*[2] *y Luis F. Méndez*[3]

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, Guatemala, C. A.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo como parte de la evaluación económica y nutricional de un programa de diversificación de cultivos para pequeños agricultores del Altiplano de Guatemala. Se aplicaron modelos de programación lineal para obtener combinaciones óptimas de cultivos tradicionales y no tradicionales en diferentes condiciones ecológicas, que aporten: (a) dietas de costo mínimo en familias de agricultores de autoconsumo y (b) patrones de producción que maximizan la rentabilidad económica y disponibilidad de calorías en mercados locales (en tierras disponibles para producción comercial). Los datos utilizados provienen de una encuesta agroeconómica realizada en 1983 en un total de 726 familias beneficiarias y no beneficiarias del Programa referido; también se usaron precios de venta de los alimentos del Instituto de Mercadeo Agrícola, y datos de costos de producción del Banco Nacional de Desarrollo Agrícola. Asimismo, los períodos vegetativos de cada cultivo fueron obtenidos como promedios, de tres fuentes diferentes.

Los resultados indican que los patrones óptimos de producción para dietas de costo mínimo incluyen alimentos tradicionales (maíz, frijol, haba, trigo, papa), no-tradicionales (zanahoria, brócoli y remolacha) y de origen animal (leche, huevos). Un número importante de agricultores en la muestra no tuvo suficiente tierra de

Manuscrito modificado recibido: 14–3–88.

1 Economista Agrícola, Investigador de la División de Planificación Alimentaria y Nutricional del INCAP.

2 Economista, Jefe de la División de Planificación Alimentaria y Nutricional del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

3 Ingeniero Agrónomo, Asistente de Investigación de la misma División.

Publicación INCAP E-1289.

cultivo disponible para producir los alimentos requeridos para la dieta de costo mínimo. El patrón de producción que brinda la mayor rentabilidad económica consiste solamente de alimentos no-tradicionales (cebolla, zanahoria, brócoli, remolacha, coliflor, rábano en las zonas bajas y brócoli, rábano, zanahoria y coliflor en las zonas altas). Asimismo, el patrón óptimo de producción para maximizar la disponibilidad de calorías en mercados locales consiste de alimentos tradicionales y no-tradicionales; para agricultores de las áreas bajas: trigo, maíz, rábano, remolacha, zanahoria y cebolla, y para agricultores de áreas altas: papa, trigo, rábano, zanahoria y repollo.

INTRODUCCION

La diversificación de la agricultura de subsistencia, en general, y el cambio de los cultivos de alimentos tradicionales por cultivos modernos para comercialización[4] en particular, a menudo se considera como un aspecto básico del desarrollo agrícola en muchos países del Tercer Mundo. Sin embargo, los resultados notificados con base en evaluaciones realizadas en programas de transformación de producción agropecuaria, no muestran consistencia en lo que a mejoras sustantivas se refiere, tanto del ingreso real como del estado nutricional de los miembros de las familias involucradas en el proceso de modernización y comercialización agrícola (1).

Se han señalado muchos elementos positivos de la diversificación de cultivos por pequeños agricultores, entre ellos: a) la mayor disponibilidad de alimentos a nivel familiar y comunitario, b) la generación de empleo, que permite la ocupación de mano de obra excedente de las familias participantes en el proceso de diversificación y de otros miembros de la comunidad, y c) incrementos en ingresos agrícolas y, por ende, mayor capacidad de adquisición de alimentos. Los efectos negativos se asocian frecuentemente a las limitaciones de la materialización del ingreso incrementado debido a: a) incrementos en precios locales de alimentos (2), y b) baja propensión marginal a consumir alimentos, y en particular a consumir calorías. El hecho de que la propensión marginal a consumir alimentos sea mayor o menor depende en mucho de las relaciones intrafamiliares existentes y de la conducta asumida para el gasto del dinero, el control del mismo, etc. (3). Por ejemplo, si el ingreso es distribuido por la madre, o si el ingreso no es recibido en un solo efectivo sino en partes, normalmente un mayor porcentaje se destina al consumo de alimentos (4).

Cuando la producción de alimentos se destina al autoconsumo de las unidades productoras y al consumo local, la diversificación de cultivos debe ser considerada en términos tanto de la dieta mínima u óptima para los miembros de las familias participantes, como de la rentabilidad económica y la disponibilidad de energía dietética a nivel local.

---

4 Convencionalmente denominamos alimentos tradicionales a aquellos bienes que son y han sido el sustento básico de las familias del Altiplano. En contraste, llamamos alimentos modernos a aquéllos que en el Programa de Diversificación de la Agricultura del Altiplano Noroccidental de Guatemala, se pretende inducir en los patrones de producción y consumo.

El objetivo del presente estudio fue determinar patrones de producción que optimicen la rentabilidad económica, la dieta de las familias de los pequeños agricultores en el Altiplano Noroccidental de Guatemala, y la disponibilidad local de energía dietética. Se plantean las siguientes hipótesis: que la introducción de hortalizas en el patrón de producción de los pequeños agricultores, permite patrones de consumo óptimo en función de las recomendaciones dietéticas diarias (5), aumenta la rentabilidad económica de la actividad agrícola en comparación a la producción de cultivos tradicionales básicos (maíz, frijol, trigo, papa, haba, etc.), y permite un patrón productivo óptimo en términos de disponibilidad local de energía dietética.

Limitaciones del Estudio

1. -Los datos utilizados en este estudio son secundarios y provienen de una muestra aleatoria con agricultores beneficiarios y no beneficiarios del Programa de Diversificación Agrícola. Por lo tanto, se usan promedios que, como todo promedio, no recogen especificidades relacionadas con diferente calidad del producto, diferente calidad de suelos de los agricultores, y variaciones del clima de un año a otro. Se intenta únicamente orientar de manera general en cuanto a la efectividad del Programa de Diversificación de Cultivos en términos de una dieta adecuada de costo mínimo y del mejor patrón productivo. Los resultados, pues, son de carácter evaluativo antes que normativo, y miden la potencialidad de un programa en funciones. Por consiguiente, no constituyen una respuesta a una problemática particular de un agricultor determinado, y tampoco podrían generalizarse a cualquier región del país que no sea la del Altiplano Noroccidental de Guatemala.

2. Por las mismas características de los datos, el estudio no puede considerar aspectos de operacionalización de los programas de diversificación agrícola. Así, no se contemplan factores limitantes de importancia de acceso a la tierra, falta de infraestructura, tecnología y comercialización de alimentos, ni la propia dinámica y perspectivas de la agricultura campesina.

Los aspectos de operacionalización requerirían de datos primarios obtenidos con un diseño más ajustado a la realidad de los agricultores y sus familias. En este último caso, los resultados pueden perfectamente aprobar o desaprobar las conclusiones señaladas en este documento.

3. En lo que respecta a la disponibilidad de nutrientes en la evaluación de la dieta, no se ha tomado ninguna consideración detallada acerca de la calidad ni valor biológico de las calorías y proteínas aportadas por cada uno de los alimentos, así como tampoco para mezclas de los mismos. La razón es la inexistencia de datos uniformes para todos los cultivos que han sido motivo de evaluación.

MATERIAL Y METODOS

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos mediante una encuesta agroeconómica aplicada a 726 unidades productoras en seis

departamentos de Guatemala (Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, El Quiché y Sololá). La encuesta se llevó a cabo en octubre y noviembre de 1983 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de Guatemala, en un área del Altiplano donde se lleva a cabo un programa de diversificación de cultivos para pequeños agricultores, con fines de recolección de información basal que permitan medir el impacto del referido programa. Las unidades productoras incluidas en la encuesta fueron seleccionadas al azar, según un marco muestral por áreas o segmentos. La encuesta estuvo compuesta en un 85o/o de los casos, por familias no beneficiarias del proyecto de diversificación agrícola, y sólo 15o/o por familias beneficiarias, ubicadas en 76 segmentos, los que constituyen el 0.6o/o del total de segmentos del área total que abarcó el estudio.

El componente agropecuario de la encuesta agroeconómica suministró datos sobre disponibilidad de tierra, capital de trabajo, uso de mano de obra, tecnología agrícola y pecuaria, patrones de cultivos y rendimientos por cultivo; además, aporta datos sobre ingresos y gastos, acceso a crédito, así como de composición familiar. Este acopio de información permite una tipología de las unidades productoras de acuerdo al nivel de uso de sus recursos de producción (Tabla 1), y son fundamentales para la aplicación de modelos de programación lineal.

Para complementar el banco de datos requerido para el análisis aquí presentado, se hizo uso de las siguientes fuentes: del Banco Nacional de Desarrollo Agrícola (BANDESA) se obtuvieron los datos sobre costos de producción por cultivo para el ciclo agrícola 1983-84, y coeficientes tecnológicos relacionando varios insumos (tierra, mano de obra, fertilizantes, semillas, etc.) y productos. Los precios de venta de los productos fueron obtenidos a partir de las estadísticas publicadas por el Instituto de Comercialización Agrícola (con excepción de trigo, brócoli y rábano que se recabaron por medio de otras fuentes).

El período vegetativo para cada cultivo se obtuvo de tres fuentes distintas: BANDESA, Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, y del Banco de Guatemala. Se utilizó un promedio en cada caso, de discrepancia entre los datos de las tres fuentes. Para convertir los datos sobre el aporte de los alimentos a la ingesta energética, proteínica y de micronutrientes, se utilizó la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica y Panamá (6).

A los fines de alcanzar los objetivos del estudio, se aplicó a los datos la técnica estadística conocida como programación lineal, para la cual se formularon modelos apropiados (véase Anexo Matemático). Los modelos de programación lineal están formalmente constituidos por una función objetivo, en donde ciertos parámetros de decisión están representados, y por un conjunto de relaciones matemáticas que representan las restricciones al cumplimiento del objetivo. Los resultados del modelo generan combinaciones "óptimas" de alimentos a consumir, o de cultivos a producir, pues permiten el menor costo para propósitos de consumo y el mayor beneficio para propósitos de producción, con el ajuste respectivo de las restricciones impuestas (7).

Se fórmuló un modelo de minimización para determinar dietas de costo mínimo, en el que en la función objetivo se incluyeron los costos de producción, y las restricciones se presentaron al nivel mínimo de aportes

TABLA 1

CLASIFICACION DE AGRICULTORES QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO DE EVALUACION DEL PROGRAMA DE DIVERSIFICACION DE CULTIVOS

Tipo de agricultor	Rango de extensión agrícola (Manzanas)	Número de agricultores	Extensión agrícola promedio en Mz. $\bar{x}$ DE	Capital variable disponible en Q. $\bar{x}$ DE	Jornales contratados días/hombre $\bar{x}$ DE	Crédito usado de Bandesa en Q. $\bar{x}$ DE
Mediano	> 2 A 6	76	2.60 (0.92)	856.0 (276.9)	86 (74.3)	400 (63.0)
Pequeño	> 1 A 2	153	1.50 (0.28)	645.0 (219.9)	60 (54.5)	300 (25.2)
Subsistencia	> 0 A 1	488	0.42 (0.26)	405.0 (216.7)	16 (26.9)	240 (66.8)

Fuente: USPADA/INCAP/UCPRODA. *Encuestas Agroeconómicas, Dieta y Estado Nutricional del Proyecto de Diversificación del Pequeño Agricultor del Altiplano de Guatemala,* 1983.

Sólo 12.4o/o del total de agricultores usaron crédito de BANDESA. Por lo tanto, los promedios y variaciones corresponden sólo a ese porcentaje de productores.

DE = Desviación estándar y $\bar{x}$ = Promedio.

de micronutrientes a una dieta recomendada para Centro América y Panamá (5).[5] Además de energía y proteína, los micronutrientes que participaron a nivel de las restricciones fueron: calcio, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, ácido ascórbico y vitamina B_{12}.

Para determinar los patrones óptimos de producción en términos de rentabilidad económica y disponibilidad local de calorías, se formularon modelos de maximización. La función objetivo fue evaluada considerando dos criterios: a) precios de venta de los diferentes alimentos, y b) aporte calórico por 100 g de alimentos. Los rendimientos por unidad de área de terreno y el uso de los recursos requeridos para cada cultivo han sido ponderados por unidad de tiempo, utilizando el período vegetativo del cultivo respectivo. La siembra, cosecha y utilización del producto fueron definidas como actividades principales, y el uso de mano de obra familiar, la contratación de mano de obra eventual y el uso de crédito agrícola, fueron las actividades complementarias. En todos los modelos se incluyeron las siguientes restricciones: a) la mano de obra familiar; b) un límite de contratación de mano de obra impuesto por el capital disponible y la capacidad organizativa de los agricultores; c) el capital de trabajo destinado a la compra de insumos básicos; d) la tierra disponible, y e) un límite máximo de crédito disponible. Los coeficientes de utilización de los recursos productivos, así como los propios niveles de uso de los mismos recursos, son promedios.

En Guatemala se han definido 14 zonas de vida diferentes, basadas en características topográficas y ambientales. De éstas, siete se encuentran en la región del estudio (8), y dan existencia a dos patrones de producción relativamente diferentes, denominados el área "baja" (1,500 – 2,425 msnm) y el área "alta" (2,426 – 2,700 msnm). Además, se estratificaron las unidades productoras por extensión de tierra, en: mediana, pequeña, y de subsistencia (Tabla 1).

RESULTADOS

1. *Dieta Optima de Costo Mínimo*[6]

El modelo de minimización permitió obtener una dieta óptima de costo mínimo, fundamentalmente con dos características: 1) cumplen con todas las recomendaciones mínimas de energía, proteína y los micronutrientes, y 2) incorporan alimentos correspondientes al patrón de producción de cultivos de los propios agricultores. Asimismo, el modelo se

---

5 Se utilizaron precios de venta promedio de cinco años como una variable aproximada de los costos de producción en la función objetivo, dado que estos últimos no estaban disponibles para todos los alimentos y eran incompletos como una serie histórica que permite el cálculo de promedios.

6 Se maneja el término óptimo tal como es manejado en la literatura especializada (7) para hacer notar que es la única mejor combinación de alimentos que disminuye los costos de la alimentación al mínimo, ajustándose a los requerimientos de nutrientes mínimos de ingesta recomendados.

estimó para familias de 5, 6 y 7 miembros,[7] siendo los tamaños familiares más representativos en la población en estudio (Tabla 2).

El modelo contiene restricciones acerca de un valor máximo para la ingesta de algunos alimentos que participan en la evaluación de la dieta familiar en el área denominada alta, que no permitieron hallar una solución óptima con los cultivos que en el área alta constituyen el patrón productivo. En la Tabla 2 se exponen los resultados obtenidos con las unidades productoras del área baja.

TABLA 2

DIETA OPTIMA DIARIA, A NIVEL FAMILIAR, OBTENIDA POR EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA TRES FAMILIAS PROMEDIO DE AGRICULTORES DEL AREA BAJA DEL ALTIPLANO DE GUATEMALA

Alimento	Unidad de medida	Familias de:		
		5 miembros	6 miembros	7 miembros
Frijol	(Lb)	0.10	0.62	1.02
Maíz	(Lb)	3.70	3.96	4.32
Papa	(Lb)	—	—	0.28
Trigo	(Lb)	1.32	1.59	1.85
Zanahoria	(Lb)	0.66	0.79	0.72
Haba	(Lb)	1.95	1.59	1.62
Remolacha	(Lb)	1.20	1.41	1.28
Brócoli	(Lb)	0.35	0.40	0.46
Carne de res	(Lb)	—	—	0.25
Leche	(Lt)	0.58	1.54	1.76
Huevos	(U)	0.42	3.50	3.90
Mínimo de tierra requerido	(Mz)	(1.37)	(1.39)	(1.51)

Nota: Los 5 miembros de la familia tipo son:
Un adulto varón (hasta 40 años).
Un adulto mujer (hasta 40 años).
Un niño de 3-4 años.
Un varón de 10-12 años.
Un varón de 13-15 años.
Para constituir los 6 miembros de la familia tipo, se agrega:
Un niño de 1-2 años.
Para constituir los 7 miembros de la familia, se agrega a los 6 anteriores:
Un varón de 16-18 años.

7 Las familias tipo de obtuvieron a partir de las frecuencias de ubicación de la población por grupos de edad.

En general, las dietas óptimas están constituidas por cultivos tradicionales: trigo, maíz y haba, así como frijol, en menor grado. De los cultivos hortícolas, la zanahoria, la remolacha y el brócoli están también presentes en las dietas óptimas. De los cuatro productos pecuarios incluidos en el modelo (carne de res y de ave, leche y huevos), la leche y los huevos aparecen en todas las soluciones óptimas obtenidas, y la carne de res sólo en la dieta óptima para la familia de siete miembros. Los alimentos no tradicionales claramente representan un aporte significativo a la dieta óptima de costo mínimo, lo que justifica su inclusión en los patrones de producción, ya que aumentan su disponibilidad para el autoconsumo de estas familias.

En la Tabla 2 se presenta también el mínimo de tierra requerido[8] para producir los alimentos, y sus respectivas cantidades de las dietas óptimas, teniendo en cuenta los períodos vegetativos de cada cultivo, y los rendimientos promedio. Al comparar las necesidades de tierra para producir la dieta óptima con clasificación de los agricultores por tamaño de extensión, solamente aquéllos con disponibilidad de tierra relativamente mayor tienen un excedente de área de cultivo, mientras que la extensión promedio de agricultores de subsistencia no alcanza el mínimo requerido para producir la dieta óptima (Tabla 1).

Los niveles de adecuación de las dietas óptimas se dan a conocer en la Tabla 3 en términos de energía, proteína y micronutrientes. Los porcentajes de adecuación son particularmente altos para proteína, hierro, tiamina y vitamina C.

2. Rentabilidad Económica

La rentabilidad económica se refiere al potencial productivo de cada cultivo en términos del valor económico aportado a la función objetivo. Los modelos fueron formulados para grupos de agricultores con excedentes de tierra, después de restar tierras para producción de la dieta óptima de costo mínimo: el agricultor mediano con 1.52 manzanas[9] de excedente (y familia de 7 miembros) y con 1.37 manzanas de excedente (y familia de 5 miembros)[10] segúnTablas 1 y 2.

En los modelos de maximización de ingresos derivados de la producción agrícola, comúnmente los resultados generan áreas de terreno de una

---

8 El mínimo de tierra requerido es una estimación obtenida a partir de los cultivos cuya producción para autoconsumo requiere la mayor cantidad de terreno agrícola, y tienen el período vegetativo más largo. El supuesto básico usado es la producción intensiva de la tierra, con rotación de cultivos.

9 La manzana es una unidad local de medida de la superficie de la tierra, equivalente a 0.7 de hectárea.

10 Debido a que no se estimó una dieta de costo mínimo para agricultores en el área alta del Altiplano, no se calculó el tamaño mínimo para la producción de la dieta óptima. Se utilizó entonces el tamaño mínimo de tierra de los agricultores en el área baja para los del área alta, a fin de estimar el terreno excedente para producción con destino comercializable.

TABLA 3

RESULTADOS DEL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA LA DIETA DE COSTO MINIMO EN TERMINOS DEL NIVEL DE ADECUACION DE ENERGIA, PROTEINA Y NUTRIENTES

Nutriente	Familia de 5 miembros		Porcentaje de adecuación	Familia de 6 miembros		Porcentaje de adecuación	Familia de 7 miembros		Porcentaje de adecuación
	Requerido[1]	Aportado[2]		Requerido[1]	Aportado[2]		Requerido[1]	Aportado[2]	
kcal	11,450.0	12,230.9	106.8	13,000.0	13,677.8	105.2	15,850.0	15,850.0	100.0
Proteína (g)	240.3	472.7	196.7	270.5	270.5	197.2	330.5	641.7	194.2
Calcio (mg)	2,416.7	2,416.7	100.0	3,033.4	3,033.4	100.0	3,683.4	3,683.4	100.0
Hierro (mg)	82.0	127.3	155.2	90.0	146.5	162.8	108.0	177.4	164.3
Vitamina A (µg)[3]	3,195.8	3,819.1	119.5	3,391.6	4,699.4	138.6	4,116.6	5,612.3	136.3
Tiamina (mg)	4.6	11.3	245.6	5.2	13.5	259.6	6.3	16.1	255.5
Riboflavina (mg)	6.3	6.3	100.0	7.1	7.1	100.0	8.7	8.7	100.0
Niacina (mg)	75.5	80.4	106.5	85.8	89.6	104.4	104.6	104.6	100.0
Vitamina C (mg)	136.7	274.0	200.4	153.4	307.0	200.1	183.4	183.4	196.3

1 Requerido: Los niveles mínimos de energía, proteína y nutrientes recomendados para Centro América y Panamá (5).
2 Aportado: Los niveles de energía, proteína y nutrientes aportados por la dieta óptima estimada.
3 Vitamina A, en su equivalente de retinol.

combinación de cultivos que brinda el máximo beneficio neto y un uso adecuado de los recursos de la producción. Sin embargo, cuando la competencia relativa entre cultivos no es grande, el modelo puede arrojar resultados con sólo uno o dos cultivos presentes en el patrón óptimo de producción. Este fue nuestro caso, procediéndose entonces a correr el programa más de una vez hasta obtener seis cultivos (de 12) en la parte baja, y cuatro (de 8) en la parte alta. Por razones similares el mismo procedimiento se aplicó con la evaluación de la disponibilidad local de energía dietética. Las extensiones de tierra informadas en los planes óptimos no son relevantes para los objetivos del estudio; por lo tanto, no han sido consideradas en los cuadros correspondientes. El orden en que los cultivos fueron seleccionados por el modelo de programación lineal es el mismo de la Tabla 4.[11]

TABLA 4

PATRON OPTIMO DE CULTIVOS PARA MAXIMIZAR LA RENTABILIDAD ECONOMICA EN AREAS BAJAS Y ALTAS DEL ALTIPLANO

Areas bajas Superficie de tierra disponible para producción comercial		Areas altas Superficie de tierra disponible para producción comercial	
1.09 Mz	1.23 Mz	1.09 Mz	1.23 Mz
1. Cebolla	1. Cebolla	1. Brocolí	1. Brócoli
2. Brócoli	2. Remolacha	2. Rábano	2. Rábano
3. Remolacha	3. Brócoli	3. Zanahoria	3. Zanahoria
4. Zanahoria	4. Zanahoria	4. Coliflor	4. Coliflor
5. Rábano	5. Rábano		
6. Coliflor	6. Coliflor		

Los resultados muestran que todos los cultivos seleccionados son cultivos hortícolas, no existiendo variación importante entre un tipo de agricultor y otro. Destacan la cebolla, la zanahoria, el brócoli, la coliflor y la remolacha en agricultores de la zona baja; y el rábano, el brócoli, la coliflor y la zanahoria en los agricultores de la zona alta del altiplano de Guatemala. Ninguno de los denominados cultivos tradicionales figura en el plan óptimo formulado por los modelos.

3. Disponibilidad de Calorías

Los mismos modelos fueron estimados con el fin de evaluar los cambios que podrían ocurrir en la disponibilidad de calorías a nivel local con

11 Los resultados para la familia de seis miembros son idénticos a los de la familia de cinco miembros.

la diversificación de cultivos. Las kilocalorías por 100 g de peso de los alimentos reemplazan los precios de venta en la función objetivo. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Para los agricultores de las áreas bajas el patrón óptimo de producción incluye cultivos tradicionales (trigo y maíz) y hortalizas (remolacha, zanahoria, rábano y cebolla). Un patrón similar resultó para los agricultores de las áreas altas: papa y trigo como cultivos tradicionales, así como rábano, zanahoria y repollo del grupo de hortalizas. Es probable que la inclusión de hortalizas en el patrón óptimo de producción en ambas zonas ecológicas se deba en parte al menor período vegetativo en comparación con los cultivos tradicionales, a pesar del mayor número de calorías de estos últimos en 100 g de alimento.

TABLA 5

PATRON OPTIMO DE CULTIVOS PARA MAXIMIZAR LA DISPONIBILIDAD DE CALORIAS EN MERCADOS LOCALES EN AREAS BAJAS Y ALTAS DEL ALTIPLANO

Areas bajas		Areas altas	
Superficie de tierra disponible para producción comercial		Superficie de tierra disponible para producción comercial	
1.09 Mz	1.23 Mz	1.09 Mz	1.23 Mz
1. Zanahoria	1. Remolacha	1. Zanahoria	1. Zanahoria
2. Maíz	2. Maíz	2. Trigo	2. Rábano
3. Remolacha	3. Zanahoria	3. Rábano	3. Papa
4. Cebolla	4. Cebolla	4. Papa	4. Repollo
5. Trigo	5. Trigo		
6. Rábano	6. Rábano		

DISCUSION

Los patrones óptimos de producción en el área baja del Altiplano para dietas de costo mínimo por medio de autoconsumo, incluyen alimentos de origen vegetal, tradicionales y no tradicionales, y alimentos de origen animal. Para maximizar la rentabilidad económica, después de producir los alimentos para autoconsumo, el patrón de cultivos está conformado únicamente de alimentos no tradicionales que tienen ventajas sobre los alimentos tradicionales en cuanto a precios de mercado y períodos vegetativos más cortos. Los patrones de producción comercial para maximizar la disponibilidad de calorías en los mercados locales consisten de alimentos tradicionales y no tradicionales.

Los resultados están condicionados por el supuesto de que todas las unidades productoras tienen un acceso igual al mercado, tanto para la venta de sus productos como para la adquisición de insumos productivos.

En particular, el patrón óptimo de producción para maximizar la rentabilidad económica varía según el grado de acceso al mercado, tal como se refleja en los precios obtenidos y costos económicos de los insumos para cada productor. El análisis tampoco contempla una variación en precios por calidad del producto ni variaciones drásticas de clima de un período a otro. Los patrones de producción también pueden estar condicionados por factores socioculturales y demográficos, por ejemplo, el proceso de toma de decisión intrafamiliar, roles y composición familiar.

Por último, los patrones actuales de consumo de alimentos están basados en factores socioculturales. Al considerar la dieta óptima de costo mínimo se debe tener en cuenta que el consumo de la remolacha y el brócoli, por ejemplo, no es frecuente en las poblaciones del altiplano de Guatemala. Así, dicha dieta tal vez podría ajustarse considerando únicamente los alimentos que entran en el patrón actual de consumo. Como alternativa, los programas de diversificación podrían incluir un componente de educación alimentario-nutricional dirigido a la incorporación de alimentos no tradicionales en la dieta.

Los beneficios económicos y nutricionales de la diversificación parecen limitarse a las unidades productoras de tamaño relativamente grande (medio). Las unidades de subsistencia, tal como se definieron en el presente estudio, generalmente no tienen suficiente tierra para producir una dieta óptima de costo mínimo para autoconsumo. No obstante, en la medida que estas unidades están integradas al sector comercial, la disponibilidad de tierra para producción de alimentos destinados al autoconsumo es aún menor. La venta de servicios de mano de obra en el mercado para tener un ingreso adicional que complemente la dieta de autoconsumo con alimentos comprados, tiene un costo privado y social elevado. Las mismas consideraciones aplican a las unidades denominadas pequeñas que, sin embargo, generalmente disponen de tierra suficiente para producir una dieta de costo mínimo con propósitos de autoconsumo.

SUMMARY

NET INCOME MAXIMIZATION, OPTIMAL MINIMUM COST DIETS AND CROP DIVERSIFICATION AMONG SMALL-SCALE FARMERS IN THE HIGHLANDS OF GUATEMALA

The present study was conducted as part of an evaluation of the economic and nutritional effects of a crop diversification program for small-scale farmers in the Western highlands of Guatemala. Linear programming models are employed in order to obtain optimal combinations of traditional and non-traditional food crops under different ecological conditions that: a) provide minimum cost diets for auto-consumption, and b) maximize net income and market availability of dietary energy. Data used were generated by means of an agroeconomic survey conducted in 1983 among 726 farming households. Food prices were obtained from the Institute of Agrarian Marketing; data on production costs, from the National Bank of Agricultural Development in Guatemala. The gestation periods for each crop were obtained from three different sources, and then averaged.

The results indicated that the optimal cropping pattern for the minimum-cost diets for auto consumption include traditional foods (corn, beans, broad bean, wheat,

potato), non-traditional foods (carrots, broccoli, beets) and foods of animal origin (milk, eggs). A significant number of farmers included in the sample did not have sufficient land availability to produce all foods included in the minimum-cost diet. Cropping patterns which maximize net incomes include only non-traditional foods: onions, carrots, broccoli and beets for farmers in the low highland areas, and raddish, broccoli, cauliflower and carrots for farmers in the higher parts. Optimal cropping patterns which maximize market availability of dietary energy include traditional and non-traditional foods; for farmers in the lower areas: wheat, corn, beets, carrots and onions; for farmers in the higher areas: potato, wheat, raddish, carrots and cabbage.

BIBLIOGRAFIA

1. International Food Policy Research Institute. **A Common Framework for Research on the Income and Nutrition Effects of Increasing Commercialization of Semi-Subsistence Agriculture.** Washington, D. C., IFPRI, 1984.
2. Lappe, F. M. & J. Collins. **Food First: Beyond the Myth of Scarcity.** Boston, Haughton Mifflin Company, 1977.
3. Goldman, R. & C. Overholt. Agricultural production, technical change and nutrition goals. In: **Nutrition Intervention in Developing Countries.** Cambridge, Massachussets, Degleschlager, Gunn and Hain, 1981.
4. Kennedy, E. & P. Pinstrup-Andersen. **Nutrition-Related Policies and Programs: Past Performance and Research Needs.** Washington, D. C., International Food Policy Research Institute, 1982.
5. Menchú, M. T., G. Arroyave & M. Flores. **Recommendaciones Dietéticas Diarias para Centro América y Panamá.** Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1973, 33 p.
6. Flores, M., Y. Gularte, Z. Flores & B. García. **Tabla de Composición de Alimentos de Centro América y Panamá.** Cuarta ed. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1960.
7. Beneke, R. & R. Winterboer. **Linear Programming Applications to Agriculture.** Ames, The Iowa State University Press, 1973.
8. INAFOR/DIGESA. **Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento.** Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 1982.

ANEXO MATEMATICO

Un modelo de programación lineal puede ser representado así:

$$\text{Max } Z = \sum_{J=1}^{n} Cj \; Xj$$

ó

$$\sum_{N}$$

$$\text{Min } Z = j = 1 \; Cj \; Xj$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

i) $bi >= \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = 1, \ldots\ldots\ldots, m)$

ii) $bi = \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = m + 1, \ldots\ldots\ldots, k)$

iii) $bi <= \sum_{J=1}^{n} Aij \; Xj \quad (i = K + 1, \ldots\ldots\ldots r)$

iv) $Xj > 0$

Donde Z es la función objetivo a optimizar en un determinado período de tiempo: un año agrícola por ejemplo.

Xj Es la unidad de actividad para la alternativa j durante el período considerado.
Cj Es el ponderador de la actividad j; pueden ser costos, precios, nutrientes, etc.
bi Es el nivel del recurso limitante en el año.
Aij Es el coeficiente que refleja una absorción (a > o) o una contribución (a < o) de una cantidad limitante.
n Es el número total de actividades.
m, k y r Son el número total de restricciones o filas de transferencias.