

Sustentabilidad económica a nivel de empresa: aplicación a unidades familiares de producción de leche en México

Economic sustainability at the farm level: a study on family milk production enterprises in Mexico

José Antonio Espinosa García^a, Steve Wiggins^b, Arturo Tomás González Orozco^c, Ubaldo Aguilar Barradas^d

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la sustentabilidad económica de los sistemas familiares de producción de leche en México, se integró información de producción de leche y carne, cantidad de alimento utilizado, ingresos, costos de insumos e inversión, en unidades de producción de los estados de Guanajuato, Tabasco y Veracruz, así como información estadística de datos de agotamiento y degradación de los recursos naturales. Con esa información se generaron indicadores de sustentabilidad para los sistemas de producción familiar con dos variantes: pastoreo (PLFP) y traspatio (PLFT); y para el sistema doble propósito, con dos variantes, ejidal (PDPE) y pequeña propiedad (PDPP); en cada variante se evaluaron dos niveles tecnológicos, tradicional y mejorado. El método empleado fue el de sustentabilidad débil, que ajusta el valor agregado neto descontando los costos ambientales. Los resultados indican que el valor agregado neto ajustado ambientalmente por vaca en producción por año, para las variantes PLFP, PLFT, PDPP y PDPE fue respectivamente de 289, 215, -2 y 74 pesos, para los ranchos con tecnología tradicional y de 486, 870, 678 y 633 pesos, para los de la tecnología mejorada, por lo tanto la producción de leche con esta tecnología es económicamente sustentable, en cambio para la tecnología tradicional no lo es, en la variante de pequeña propiedad del sistema doble propósito.

PALABRAS CLAVE: Sustentabilidad económica, Lechería familiar, Evaluación de tecnología, Costos de producción.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess economic sustainability of family milk production systems in Mexico. The sustainability indicators were estimated through a weak sustainability model. Ecological net added value was calculated for four family systems: milk in backyard (MinB), milk in grazing (MinG), dual purpose cattle private ownership (DPP) and dual purpose cattle communal ownership (DPC) and for two technology levels: traditional and improved. Data on beef and milk production, costs, investment and income were captured in farms in the States of Guanajuato, Tabasco and Veracruz. Secondary data referred to natural resources degradation and exhaustion was used. Sustainability indicators obtained for MinB, MinG, DPP and DPC were 486, 870, 678 y 633 pesos respectively, for farms applying improved technology and 289, 215, -2 y 74 pesos respectively, for farms using traditional technology. This study indicates that milk production in family enterprises is economically sustainable when improved technology is applied.

KEY WORDS: Economic sustainability, Family milk production, Technology evaluation, Costs of production.

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas de investigación de mayor importancia en la actualidad es la sustentabilidad,

INTRODUCTION

One of the most important present day research subjects is sustainability, especially regarding its

Recibido el 17 de marzo de 2003 y aceptado para su publicación el 8 de julio de 2003.

a Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Km 1 Carretera a Colón, Ajuchitlán, 76280 Colón Qro. Tel. 01(429)20036. espinosa_j@hotmail.com. Correspondencia al primer autor.

b Department of Agricultural and Food Economics. The University of Reading.

c Centro de Investigación Regional del Centro, INIFAP.

d Centro de Investigación Regional del Golfo Centro, INIFAP.

sobre todo al reconocer el papel que representa este concepto para la humanidad, en el sentido de asegurar la supervivencia de los seres vivos. Si bien la sustentabilidad abarca todas las actividades humanas, reviste mayor importancia en la actividad agropecuaria, debido al uso que hace esta actividad de los recursos naturales. Existen numerosas definiciones de sustentabilidad sin que a la fecha haya consenso sobre el significado del término⁽¹⁾, aunque sí hay una área de acuerdo, que se refiere al bienestar de las futuras generaciones, y particularmente con su acceso a los sistemas que soportan la vida del planeta⁽²⁾, también consideran tres objetivos: ecológicos, económicos y sociales⁽³⁾. La sustentabilidad ha ganado importancia internacional a partir de su uso en el reporte de la Comisión de Brundtland, que lo ligó al término de desarrollo económico⁽⁴⁾.

La sustentabilidad agropecuaria se define como “el manejo exitoso de los recursos naturales por las actividades agropecuarias para satisfacer las necesidades humanas cambiantes, mientras se mantiene o mejora la calidad del medio ambiente y se conservan los recursos naturales”⁽⁵⁾, en un contexto más amplio se considera el mantener una cierta existencia de capital (natural, humano y capital hecho por el hombre), así como alcanzar eficiencia y equidad⁽⁶⁾.

La valoración de la sustentabilidad debe considerar las alternativas entre los derechos e intereses de los seres humanos y otras especies, entre la generación presente y las futuras generaciones y entre los diferentes grupos sociales⁽⁷⁾. Los métodos para medir la sustentabilidad, se relacionan a los enfoques: ecológico, económico y social. Para medir la sustentabilidad económica, se aplican dos puntos de vista, el primero es conocido como sustentabilidad débil y requiere que la existencia total de capital no decline, el segundo plantea mantener sin declinar la existencia de capital natural, y se le llama sustentabilidad fuerte^(8,9).

Si bien es amplia la literatura sobre estudios de sustentabilidad agropecuaria, en México se mencionan pocos trabajos que la evalúan, y menos aún los que estudian la sustentabilidad económica

importance for survival of living beings. Although sustainability affects all human activities, it is of more consequence in agriculture, because this activity makes use of natural resources. Many definitions of sustainability are available, but no consensus on its meaning has been arrived⁽¹⁾, although there is some agreement on its impact on the wellbeing of future generations and especially on the their possibility of access to life supporting systems⁽²⁾. Three objectives, ecological, economic and social⁽³⁾ should also be taken into account. Sustainability has gained global importance after its use in the Brundtland Committee Report⁽⁴⁾, which linked sustainability to economic development.

Agricultural sustainability could be defined as “successful management of natural resources in order to satisfy changing human needs, at the same time improving or at least maintaining the quality of the environment and ensuring conservation of natural resources”⁽⁵⁾. In an broader context, sustainability could be considered as maintaining a certain capital (natural, human and man made), as well as obtaining efficiency and equity⁽⁶⁾. When assessing sustainability, the needs and demands of human beings and other living species should be taken into account, as well as that of the current and future generations and of social groups⁽⁷⁾. Sustainability measurement methods are related to ecological, economic and social approaches. To measure economic sustainability, two points of view can be applied, the first is known as weak sustainability and demands that total capital should not decrease, the second requires that natural capital be maintained without decrement and is known as strong sustainability^(8,9). Even though many studies on agricultural sustainability can be found, very few of them are mentioned in Mexico and still less those referred to economic sustainability in livestock production systems. INEGI has published an Economic and Ecological Accounts System for Mexico (SCEyE), providing annual results for Net Ecological Domestic Product (NEDP), which can be used as a sustainability measurement⁽¹⁰⁾. Using the Land’s sustainable management evaluation frame⁽¹¹⁾ as a precedent, a methodology was outlined for assessment of natural resources

de sistemas de producción pecuaria. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) ha publicado el Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México (SCEyE), generando resultados anuales del producto interno neto ecológico (PINE), como una medida de la sustentabilidad⁽¹⁰⁾. Tomando como antecedente el marco para la evaluación del manejo sostenible de la tierra⁽¹¹⁾, se diseñó una metodología para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales, incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)⁽¹²⁾; aplicando esta metodología se evaluó el sistema agro-silvo-pastoril del sur de Sinaloa⁽¹³⁾. También se han publicado trabajos donde se evalúa la sustentabilidad de la utilización de leguminosas⁽¹⁴⁾ y de prácticas de manejo del suelo⁽¹⁵⁾.

De la producción pecuaria, la leche es uno de los productos de mayor importancia por su aporte de proteínas de origen animal para la población. Se distinguen cuatro sistemas de producción: especializado, semiespecializado, familiar y doble propósito, de los cuales los de menor tecnificación y tamaño son los dos últimos, con hatos promedio de 6 y 30 cabezas, y rendimiento de leche por vaca por día de 9 y 6 litros, predominando la mano de obra familiar⁽¹⁶⁾. A estos sistemas se han destinado recursos públicos para mejorar su productividad, a través de la adopción de prácticas tecnológicas mediante la formación de grupos de validación y transferencia de tecnología; dichas prácticas incluyen la captura de información técnico-económica, y se han encontrado incrementos en los niveles de producción⁽¹⁷⁾, pero aún se desconoce que tan sustentables son estos sistemas. Por esta razón se plantea este trabajo que tiene como objetivos, estudiar los sistemas familiares de producción de leche en México con el fin de estimar sus costos de producción, su valor agregado y generar indicadores de sustentabilidad económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para medir la sustentabilidad económica a nivel de unidad de producción se parte de la ecuación que mide el producto interno neto ecológico (PINE)⁽⁹⁾:

management, introducing sustainability indicators (MESMIS)⁽¹²⁾. This methodology was used to assess agro-forest-livestock production systems in southern Sinaloa State⁽¹³⁾. Also, other studies on sustainability of legume use⁽¹⁴⁾ and soil management practices have been published⁽¹⁵⁾.

Of all livestock production, milk could be considered one of the more important products owing to its high contribution of animal protein for human consumption. Four milk production systems can be identified: specialized, semi-specialized, family and dual purpose. These last two are less technified and smaller in scale, herds average between 6 and 30 head, daily production is of 9 and 6 liters and family labor predominates⁽¹⁶⁾. Public funds have been used to increase their productivity, through the adoption of improved production technology by means of technology transfer producers' groups. One of the recommended practices is to keep records of production and economic data, which have shown increases in production⁽¹⁷⁾, but production system sustainability remains an unknown quantity. Therefore, the objectives of this work was to study family milk production systems in Mexico, to estimate their production costs, added value and to generate economic sustainability indicators.

MATERIALS AND METHODS

To measure economic sustainability in farms the following equation can be used as a starting point:

$$NEDP = NDP - (Ago.K_N + Deg.K_N) + E \dots\dots\dots 1$$

In which *Ago.K_N* represents a rent for exhaustion of non renewable resources and use of those renewable; *Deg.K_N* represents depreciation owing to natural capital degradation, resulting in a flow of reduction of services provided by the ecosystem and E represents the flow of environmental services. This equation is based on net domestic product (NDP) that is a macroeconomic measurement calculated from GDP less fixed capital depreciation. If depreciation and exhaustion of natural capital is subtracted from NDP, sustainability in terms of total capital conservation is defined.

$$\text{PINE} = \text{PIN} - (\text{Ago.K}_N + \text{Deg.K}_N) + E \dots\dots\dots 1$$

Donde *Ago.K_N* es una renta por agotamiento de recursos no renovables y la explotación de los renovables, *Deg.K_N* es una depreciación valorada por la degradación del capital natural, resultando en una reducción en el flujo de los servicios que proporciona el ecosistema y E representa el flujo de servicios ambientales. Esta ecuación parte del producto interno neto (PIN), que es una medida macroeconómica deducida a partir del producto interno bruto, menos el consumo de capital fijo (depreciación del capital hecho por el hombre). Si al PIN se reduce la depreciación y el agotamiento del capital natural, se define a la sustentabilidad en términos de mantener una determinada existencia de capital total.

El PIN es la suma del valor agregado de las empresas de un país, por lo tanto es un punto lógico que liga la micro y la macroeconomía; extendiendo el marco de la contabilidad ecológica a nivel micro resulta un indicador de sustentabilidad débil a nivel de unidad de producción⁽¹⁸⁾, que se resume como:

$$\text{VANE} = \text{VAN} - (\text{Ago.K}_N + \text{Deg.K}_N) - X + Y \dots\dots 2$$

Donde VANE es el valor agregado neto ecológico ajustado ambientalmente, *Ago.K_N* y *Deg.K_N* son la depreciación valorada por el agotamiento y la degradación del capital natural de la unidad de producción (principalmente suelo y agua), X representa la suma de todas las externalidades ambientales negativas, incluyendo el agotamiento y degradación del capital natural de fuera de la unidad de producción; Y representa la suma de todas las externalidades ambientales positivas, incluyendo el flujo de servicios no comerciales del ecosistema. Un VANE positivo es un indicador de sustentabilidad débil de la empresa.

La estimación del indicador VANE requiere conocer cuáles son las externalidades, (beneficios o costos ambientales) en que incurre la empresa durante su proceso de producción, definiéndose como las acciones que afectan el bienestar de un individuo o grupo social sin pago directo o compensación, y pueden ser negativas o positivas. En el caso de la

NDP represents the sum of the aggregate value of the enterprises of a given country, and therefore constitutes a logical crossing point that links micro and macroeconomics; and expanding the frame of ecological accountancy to the micro level becomes a weak sustainability indicator for production units⁽¹⁸⁾ and which can be expressed as:

$$\text{NEAV} = \text{NAV} - (\text{Ago.K}_N + \text{Deg.K}_N) - X + Y \dots\dots 2$$

In which NEAV represents the net ecological added value environmentally adjusted, *Ago.K_N* and *Deg.K_N* represent assessed depreciation owing to natural capital degradation and exhaustion outside a production unit (mainly soil and water), X represents the total sum of all negative environmental externalities, including natural capital degradation and exhaustion outside a production unit, Y represents the sum total of all positive environmental externalities, including non commercial service flows. A positive NEAV signifies a weak sustainability indicator for an enterprise.

To estimate NEAV, the externalities (environmental costs and benefits), in which an enterprise incurs while producing, should be identified. These can be defined as the actions which affect the wellbeing of an individual or a social group without direct payments or compensation, and which can be positive or negative. In the case of livestock production, negative externalities derive from manure volume and disposal, including nitrogen and phosphorous percolation (eutrophy), methane, carbon dioxide and ammonia emissions, and sanitary problems due to microorganisms and zoonosis; subterranean water utilization, including lowering of the water table; forest disappearance; overgrazing; changes in the scenery and landscape and noise, smell and waste pollution⁽¹⁹⁾.

The assumption is that milk producers in family systems are interested in maintaining soil productivity but not in water conservation, therefore this study only takes into account depreciation of the water component of the natural capital (in those enterprises which use irrigation). Also, no positive externalities are generated and only those negative externalities that can be assessed are accounted

producción pecuaria, las externalidades negativas que genera se derivan: del volumen de estiércol y su eliminación, cuyos problemas son filtración de nitrógeno y fósforo (eutrofización), emisiones de metano, dióxido de carbono y amoníaco, y problemas sanitarios por microorganismos y zoonosis; de la utilización de aguas subterráneas, con efectos en abatimiento de niveles actuales; la transformación de bosques y selvas a terrenos ganaderos; el sobrepastoreo con problemas de degradación del suelo, alteración del paisaje y molestias locales por ruidos, basura y olores⁽¹⁹⁾.

Para la estimación del VANE se parte del supuesto que el productor de leche de bovino en el sistema familiar, está interesado en mantener la productividad de su unidad de producción, teniendo cuidado de no deteriorar el suelo, cosa que no sucede con el recurso agua; por lo tanto en este estudio sólo se considera la depreciación de su capital natural del componente agua (en aquellas empresas que utilizan agua de riego); también se parte del supuesto que esta actividad no genera externalidades positivas al ecosistema, sólo se toman en cuenta las externalidades negativas que pueden ser estimadas en términos de valor; por esta razón el indicador de sustentabilidad estimado es parcial y se calcula como:

$$VANE = VAN - Ago.K_{N,Agua} - SX_i \dots\dots\dots 3$$

Donde *i*, son los contaminantes que afectan el medio ambiente, y surgen por la falta de derechos de propiedad plenamente definidos. En México la legislación sobre contaminación no considera a las pequeñas empresas productoras de leche como sujetas a sanción por contaminar⁽²⁰⁾, sin embargo estas empresas durante su proceso de producción emiten contaminantes que deterioran el ambiente, los cuales surgen del flujo de nutrientes, principalmente nitrógeno, y que contaminan el agua (por nitratos, X_1) y el aire (por amoníaco X_2)⁽²¹⁾.

El costo de $Ago.K_{N,Agua}$, se estimó sólo para el sistema familiar con la modalidad traspatio, que es el que utiliza agua de riego para los cultivos forrajeros y alfalfa, a partir de la información de los registros de los productores, de donde se tomaron los metros cúbicos de agua utilizada, y de

for. Owing to this, the calculated sustainability indicator is partial and is estimated through this calculation:

$$NEAV = NAV - Ago.K_{Nwater} - SX_i \dots\dots\dots 3$$

In which *i* represents pollutants which affect the environment and are the result of ill defined property rights. In Mexico, pollution legislation does not consider small milk production units as punishable for pollution⁽²⁰⁾. However, these businesses emit pollutants which originate in nutrients and pollute the air (ammonia X_2) and water (nitrates X_1) and therefore damage the environment⁽²¹⁾.

The cost of $Ago.K_{N,water}$ was estimated only for the backyard production system, because usually irrigation water is used in this system to produce alfalfa and other forages. Data on the amount of water used was taken from producers' records and subterranean water exhaustion monetary value from SCEyE.

The following formula was used to estimate the cost of negative externalities (X_i):

$$X_i = e_i * p_i \dots\dots\dots 4$$

Where e_i represents the current level of pollutants and p_i represents the cost of prevention of deterioration or of reestablishment of the natural resource. To estimate e_i the method of nitrogen surplus was applied. This method calculates inorganic nitrogen, ammonia and nitrate emissions through coefficients provided in literature⁽²²⁾ and of data in producers' records. SCEyE information was used to estimate p_i ⁽¹⁰⁾.

NEAV was estimated for milk production family enterprises who participated in a validation and technology transfer program between 1992 and 2002, who adopted the recommended practices, with predominant family labor and having economic data which allows to estimate added value and from it economic sustainability. Data of 57 enterprises divided into four production systems (Table 1) were analyzed. In turn each group was divided into traditional (assuming that in first year no recommended practices were adopted) and improved technology (from the second year onwards).

la información presentada en el SCEyE, de donde se tomó el valor monetario del agotamiento del agua subterránea.

Para estimar los costos de las externalidades negativas (X_j) se aplicó la siguiente fórmula:

$$X_j = e_j * p_j \dots\dots\dots 4$$

Donde e_j , es el nivel actual de cada contaminante de la empresa y p_j , es el costo en que se incurre para evitar o restablecer el deterioro del recurso natural. Para estimar e_j , se aplicó el método de excedente de nitrógeno, que calcula las emisiones de nitrógeno inorgánico, de amoníaco y de nitratos, usando coeficientes de emisiones mencionados en la literatura⁽²²⁾ y la información de los registros de los productores; para estimar p_j se utilizó información del SCEyE⁽¹⁰⁾.

El indicador de VANE se estimó en empresas familiares de producción de leche, que participaron en un programa de validación y transferencia de tecnología de 1992 a 2002, que han adoptado las prácticas tecnológicas recomendadas, que la mano de obra utilizada ha sido predominantemente familiar, y que cuentan con información económica que permite calcular el valor agregado, y a partir de ahí estimar la sustentabilidad económica. Se analizaron 57 datos divididos en cuatro sistemas de producción (Cuadro 1), dividiendo a su vez cada grupo en ranchos con tecnología tradicional (considerando la información del primer año de participación en el programa, asumiendo que en ese año todavía no aplican las prácticas recomendadas) y ranchos con tecnología mejorada (se contempla la información de los ranchos con más de un año de participar en el programa).

Las prácticas tecnológicas recomendadas varían por sistema de producción. En el de leche familiar se recomienda principalmente mejorar el manejo del ganado en las áreas de sanidad y reproducción, y la utilización de fuentes alternas de alimentación, como el uso de ensilados; los ranchos que utilizan el pastoreo se ubican en la zona templada de Veracruz, y los de traspatio se ubican en Guanajuato⁽¹⁷⁾. En el sistema de doble propósito se recomienda mejorar la calidad genética del

Recommended technologies vary in accordance with production systems. For family milk production recommended practices refer mainly to reproduction and animal health management, and to use of alternative feeds, as is the case of silage. Backyard production units are found mainly in Guanajuato and those whose production is based on grazing in the temperate areas of Veracruz⁽¹⁷⁾. For dual purpose cattle systems recommended practices were to improve animal genetic and management and use improved grass; the farms are found in Tabasco and Veracruz States⁽¹⁷⁾.

Data on milk and beef production of each farm was recorded as well as total inputs, assets inventory and product, input and assets prices. With all these, total income (TI), total input cost (TIC), asset depreciation (AD), net added value (NAV), variable milk and beef unit costs (VUC) and milk and beef unit costs including externalities (VUCExt) were estimated.

$$TI = (Pro.M * Pre.M) + (Pro.B * Pre.B) \dots\dots\dots 5$$

$$TIC = \sum Inp_k * PreInp_k \dots\dots\dots 6$$

$$AD = \sum (IVAct_k - FVAct_k)/n \dots\dots\dots 7$$

$$NAV = TI - (TIC + AD) \dots\dots\dots 8$$

$$VUC_j = (TIC * PPP_jTI)/Pro_j \dots\dots\dots 9$$

$$VUCExt_j = ((TIC - (DA + Ago.K_{N,water} + \sum X_j)) * PPP_jTI)/Pro_j \dots\dots\dots 10$$

Where Pro represents production, M milk, Pre price, B beef, Inp inputs, IV initial value, FV final value, Act assets and PPP represents participation of product j in total income; k represents the k -*esim*

Cuadro 1. Número de observaciones analizadas por sistema de producción de lechería familiar

Table 1. Number of observations analyzed per production system

Technology	Production system			
	Family milk		Dual purpose	
	Grazing	Backyard	Communal	Private
Traditional	5	5	6	5
Improved	10	6	10	10

ganado, la utilización de pastos mejorados y también mejorar el manejo; los ranchos tanto ejidales como los de pequeña propiedad se ubican en los estados de Tabasco y Veracruz⁽¹⁷⁾.

En cada rancho se capturó información de producción de leche y carne, total de insumos utilizados, inventario de activos, precios de productos, insumos y activos. Con esa información se estimó el ingreso total (ITo), el costo total de los insumos (CTI), la depreciación de capital hecho por el hombre (DepAct), el valor agregado neto (VAN), el costo unitario variable de producción de leche y carne (CUVPro) y el costo unitario de producción con externalidades de leche y carne (CUPExt).

$$\begin{aligned}
 \text{ITo} &= \text{Pro.L} * \text{Pre.L} + \text{Pro.C} * \text{Pre.C} \dots\dots\dots 5 \\
 \text{CTI} &= \sum \text{Ins}_k * \text{PreIns}_k \dots\dots\dots 6 \\
 \text{DepAct} &= \sum (\text{VIAct}_k - \text{VFact}_k) / n \dots\dots\dots 7 \\
 \text{VAN} &= \text{ITo} - (\text{CTI} + \text{DepAct}) \dots\dots\dots 8 \\
 \text{CUVPro}_j &= (\text{CTI} * \text{PPP}_j / \text{ITo}) / \text{Pro}_j \dots\dots\dots 9 \\
 \text{CUPExt}_j &= ((\text{CTI} - (\text{DepAct} + \text{Ago.K}_{N,agua} + \text{SX}_j)) * \text{PPP}_j / \text{ITo}) / \text{Pro}_j \dots\dots\dots 10
 \end{aligned}$$

input or asset and *n* an asset's working life. All economic values were deflated through the livestock producer price index (INPP), 1994 = 100.

All estimated variables are expressed as average per cow in production per year per farm. Data was analyzed through variance for each production system and technology level, by means of the GLM procedure of the SAS statistical software⁽²³⁾.

RESULTS

All the family milk production units analyzed in the present study can be placed in family production systems with two variables, grazing and backyard, each showing two technology levels, traditional and improved, and those referred to dual purpose cattle also show two variables, communal and private ownership also with two technology levels. Producers characteristics of the first system are shown in Table 2. As can be seen, producers in grazing systems are younger and with more schooling, and no considerable differences were found between technology levels. Production units in the grazing system are larger, and herd composition show differences, while in the backyard

Cuadro 2. Características promedio de las unidades de producción de leche, en el sistema familiar (Media±DE)

Table 2. Average characteristics of family production systems (Mean±SD)

	Grazing/technology		Backyard/technology	
	Traditional	Improved	Traditional	Improved
Producer:				
Age (years)	29 ± 6.2	32 ± 6.1	45 ± 11.4	47 ± 10.2
Schooling*	3.0 ± 1.4	2.9 ± 1.4	1.7 ± 1.2	1.7 ± 1.0
Farm:				
Hectares	11.2 ± 6.7	12.0 ± 6.1	3.3 ± 1.4	3.3 ± 1.3
Animals	24.0 ± 7.0	27.6 ± 6.3	9.3 ± 2.5	7.8 ± 2.6
Cows	12.8 ± 2.6	14.9 ± 3.9	7.0 ± 2.0	5.8 ± 1.5
Investment (\$)	237953 ± 109646	332866 ± 186726	77182 ± 27746	81640 ± 32293
Milk/yr (l)	42883 ± 8904	63942 ± 21881	23283 ± 6887	26693 ± 9280
Beef/yr (kg)	2430 ± 1512	3413 ± 1776	633 ± 321	983 ± 610
Milk/cow/yr (l)	3400 ± 712	4223 ± 608	3317 ± 211	4497 ± 450

* Criteria used were: 1 Elementary, 2 Junior High School, 3 High School, and 4 College.

Source: Information obtained in production units of Veracruz and Guanajuato.

Donde Pro es producción, L es leche, Pre es precio, C es carne, Ins es insumo, VI es valor inicial, VF es valor final, Act es activo, PPP es porcentaje de participación del ingreso del producto *j* en el ingreso total, *k* es *k*-ésimo insumo o activo, *j* es *j*-ésimo producto, *n* es el número de años de vida útil de un activo. Todos los valores económicos se deflactaron con el índice nacional de precios al productor (INPP) de ganadería, 1994 = 100.

Las variables estimadas son promedios por vaca en producción por rancho por año, y se analizaron mediante varianza para el sistema de producción y nivel tecnológico, aplicando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS⁽²³⁾.

RESULTADOS

Las unidades familiares de producción de leche en México estudiadas en este trabajo, se localizan en los sistemas de producción familiar, con dos variantes, la producción en pastoreo y la producción en traspatio, con dos niveles tecnológicos cada uno; y en los de doble propósito, también se presentan dos variantes, producción ejidal y pequeñas unidades de pequeña propiedad y dos niveles tecnológicos.

system cows in production represent 75 % of the total, in grazing systems only 50 %. No appreciable differences were detected between technology levels. Productivity in both variables is similar, as can be seen in production per cow per year, which increases 24 % and 36 % for grazing and backyard systems respectively when improved technology is applied. Standard deviation values allow us to deduce that no great differences exist between production units in each variable.

In dual purpose cattle production systems, communal producers are older, but no differences can be appreciated either in schooling or in technology level (Table 3). When production units are analyzed, smallholder units are larger than communal, regarding productivity, communal units show lower values, while increases in production through the adoption of improved technology are 51 and 57 % for communal and private owners respectively. In these cases also, standard deviation analyses show that no great differences exist in productivity between production units.

Another aspect to be analyzed in production units is input cost per cow per year. Figure 1 shows that

Cuadro 3. Características promedio de las unidades de producción de leche, bajo el sistema doble propósito

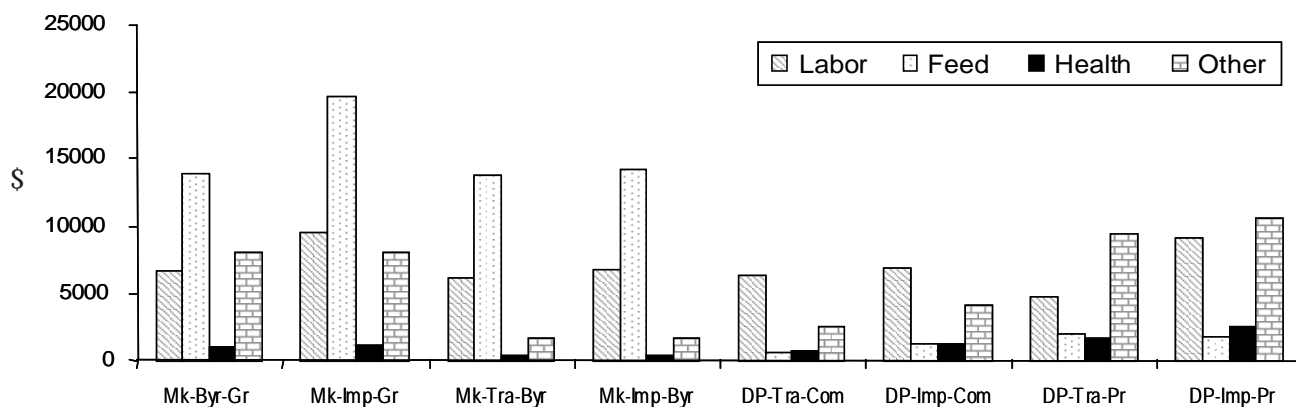
Table 3. Average characteristics of dual purpose cattle production systems

	Communal/technology		Private/technology	
	Traditional	Improved	Traditional	Improved
Producer:				
Age (years)	50.6 ± 4.5	45.8 ± 9.3	36.7 ± 2.1	43.7 ± 8.1
Schooling*	1.4 ± 0.5	1.7 ± 0.9	1.7 ± 0.6	1.2 ± 0.4
Farm:				
Hectares	14.6 ± 5.1	16.7 ± 8.0	26.3 ± 3.2	22.9 ± 4.2
Animals	29.6 ± 8.3	33.5 ± 16.9	41.0 ± 7.9	37.2 ± 1.9
Cows	16.4 ± 5.7	17.2 ± 6.3	20.7 ± 9.9	21.3 ± 5.3
Investment (\$)	105344 ± 37193	136026 ± 79003	172972 ± 41986	112697 ± 38176
Milk/yr (l)	10055 ± 3553	16867 ± 6314	17840 ± 8983	25549 ± 7245
Beef/yr (kg)	2765 ± 902	4872 ± 2291	3544 ± 973	5720 ± 963
Milk/cow/yr (l)	613 ± 52	977 ± 115	856 ± 90	1203 ± 175

* Criteria used were: 1 Elementary, 2 Junior High School, 3 High School, and 4 College.

Source: Information obtained in production units of Veracruz and Guanajuato.

Figura 1. Estructura del costo de los insumos en unidades familiares de producción de leche en México, pesos de 1994
 Figura 1. Structure of input cost in milk production family units (1994 pesos)



Mk= milk, Byr= backyard, Gr= grazing, Tra= traditional, Imp= Improved technology, DP= dual purpose, Com= communal, Pr= private.
 Source: Estimates based on data of production units of the States of Guanajuato, Tabasco and Veracruz.

Las características de los productores del primer sistema se presentan en el Cuadro 2, en donde se aprecia que son más jóvenes y con mayor escolaridad en la variante de pastoreo, no encontrando diferencias marcadas entre niveles tecnológicos.

También se aprecia que son más grandes las unidades en la variante de pastoreo; otra diferencia es la composición del inventario de animales, mientras que en el sistema traspatio el total de vacas en producción representa un 75 %, en la variante pastoreo sólo representa un 50 %, tampoco se detectan diferencias marcadas entre niveles tecnológicos. No obstante las diferencias de tamaño, la productividad de las dos variantes es similar, como se observa en los niveles de producción de leche por vaca por año, esta misma variable se incrementa con la tecnología mejorada, logrando aumentos del 24 y 36 % con las variantes de pastoreo y traspatio respectivamente. Por los valores presentados en las desviaciones estándar, se deduce que en la mayoría de las variables, no hay grandes diferencias entre unidades de producción de cada variante analizada.

En el sistema doble propósito los ejidatarios son de mayor edad, pero no hay diferencias en la variable

backyard production units have the higher, while those in dual purpose systems, the lower. Also, in all systems, improved technology shows higher values than traditional in this area. In order to analyze input structure, four categories were implemented, labor, feed, animal health and others. In family production systems, feed show the higher values, while labor and others show the higher values in dual purpose systems.

Ago. $K_{N,water}$ costs were estimated only for those family production units in the State of Guanajuato who irrigate, owing to subterranean water exhaustion. Annual depreciation cost per hectare was estimated at 18.89 pesos, resulting from annual water use reported by producers, 96 m³/ha, multiplied by its exhaustion cost (Table 4). This concepts was not estimated for other production systems because no irrigation is used in them.

To estimate costs of externalities, emissions of two of the most important pollutants in family production systems were considered, both related to nitrogen flow, ammonia and nitrates. In Table 5, estimates for these pollutants for each production system can be seen. Systems who buy more feed show the higher pollution values.

escolaridad ni entre nivel tecnológico (Cuadro 3). Al analizar las unidades de producción, se aprecia que las de los pequeños propietarios son mayores que las de los ejidatarios y que las del sistema familiar, en cuanto a productividad, los ejidatarios son los que presentan los valores más bajos, pero ambas variantes presentan valores más bajos que las del sistema familiar; cuando se mejora la tecnología, la producción por vaca año se incrementa en 51 y 57 % para los ejidatarios y propietarios respectivamente. También aquí las desviaciones estándar permiten ver que no hay grandes diferencias entre unidades de producción en cada variante.

Otro aspecto a analizar en las unidades de producción son los costos por vaca por año de los insumos utilizados; en la Figura 1 se aprecia que las unidades de lechería familiar del sistema traspatio son las que presentan los mayores promedios, en

Cuadro 4. Costos de agotamiento de agua subterránea y costos para evitar el deterioro de los recursos aire y agua*

Table 4. Subterranean water exhaustion costs and air and water damage prevention costs*

Year	Water exhaustion (\$/m ³)	Pollution water (\$/kg)	Pollution air (\$/kg)
1993	0.18	0.11	1.47
1994	0.19	0.11	2.00
1995	0.21	0.12	2.26
1996	0.19	0.11	1.93
1997	0.19	0.12	2.05
1998	0.20	0.13	2.49
1999	0.22	0.15	2.44
Promedio	0.20	0.12	2.09

* Values provided in 1994 pesos, deflated by the INPP index INEGI, 2000⁽¹⁰⁾.

Cuadro 5. Balance de Nitrógeno (N), emisión de contaminantes y costos para evitar el deterioro de aire y agua, en unidades familiares de producción de leche (kilogramos y costo por año por unidad animal)

Table 5. Nitrogen balance (N), pollutants emissions, costs related to prevention of damages to water and air in family milk production units (kilograms and cost per year per animal)

	Family milk system				Dual purpose cattle system			
	Backyard		Grazing		Private		Communal	
	Trad	Imp	Trad	Imp	Trad	Imp	Trad	Imp
Feed intake (dry base)	1300	1429	2201	2710	102	170	68	92
N excretion*	65.0	71.5	110.1	135.5	5.1	8.5	3.4	4.6
N, inorganic*	44.9	49.3	75.9	93.5	3.5	5.9	2.3	3.2
Ammonia*	13.5	14.8	22.8	28.0	1.1	1.8	0.7	1.0
Nitrates*	30.7	33.7	51.9	64.0	2.4	4.0	1.6	2.2
External costs:								
Due to ammonia**	28.1	30.9	47.6	58.6	2.2	3.7	1.5	2.0
Due to nitrates*	3.7	4.0	6.2	7.7	0.3	0.5	0.2	0.3

Trad= traditional, Imp= improved.

* Usually 5 % of total feed intake is excreted as N, of which 69 % is inorganic, 30 % as ammonia, 1.6 % as nitrous oxide and the rest as nitrates⁽²²⁾.

** Costs of 2.09 and 0.12 1994 pesos, were considered to eliminate ammonia and nitrogen, respectively⁽¹⁰⁾.

Source: Estimates calculated by the authors, based on data recorded in milk production units in the States of Guanajuato, Tabasco and Veracruz.

cambio en los ranchos de doble propósito sus promedios son bajos; también se observa que en todos los sistemas, los costos con tecnología mejorada son mayores que los de la tecnología tradicional. Para analizar la estructura de dichos insumos se clasificaron en cuatro grupos: mano de obra, alimentación, medicinas y otros. Al observar su comportamiento dentro de las unidades de producción, se aprecia que la alimentación representa el mayor valor para los sistemas familiares, con sus dos variantes; en cambio en los sistemas de doble propósito la mano de obra y otros costos son los más importantes.

Los costos de *Ago.K_N.Agua*, se estimaron sólo para las unidades de producción del sistema leche familiar localizadas en Guanajuato, por concepto del agotamiento del recurso agua subterránea, el costo

Other data required to estimate costs of externalities are those related to exhaustion of subterranean water, which are shown in Column 2, Table 4, and those pertaining to prevent or counteract water and air pollution effects. In the case of water, costs are referred to nitrate elimination, to make it apt for human use, and in the case of air, to reduce or eliminate ammonia, in accordance with air quality standards. These external environmental costs were estimated by means of statistical information and have increased unsubstancially in the course of time.

In Table 6 production, costs, income and added value averages for the four production systems analyzed in the present study are shown. Backyard production shows the best values for nearly all the variables considered, and significant differences were found ($P < 0.05$) between the backyard and the small

Cuadro 6. Producción, costos, ingreso y valor agregado por sistema de producción, en unidades familiares de producción de leche en México*

Table 6. Production, costs, income and added value for diverse production systems, carried out in family milk production units of Mexico*

Variable	Production system			
	Backyard	Grazing	Private	Communal
Milk production, liters	4103.30 a	3948.70 a	1122.60 b	863.40 b
Beef production, kg	99.60 b	217.40 a	256.10 a	246.40 a
Labor costs	1132.00 a	607.50 b	379.20 c	427.60 c
Feed costs	2355.20 a	1261.80 b	136.90 c	60.50 c
Animal health costs	64.20 b	74.50 ab	110.60 a	67.30 b
Other costs	602.90 ab	1084.90 a	649.90 b	419.60 c
Asset depreciation	374.90 b	687.00 a	208.90 c	251.60 c
Total income	5321.00 a	4172.80 b	2010.60 c	1686.80 c
Total variable costs	4154.40 a	3028.80 b	1276.60 c	974.90 c
Total costs + externalities	4602.80 a	3749.70 b	1489.40 c	1228.60 c
Milk variable unit cost	0.96 a	0.62 b	0.60 b	0.54 b
Beef variable unit cost	3.00 a	2.79 ab	2.40 bc	2.20 c
Milk variable unit cost + externalities	1.06 a	0.77 b	0.71 b	0.68 b
Beef variable unit cost + externalities	3.80 a	3.10 b	2.80 b	2.70 c
Net Added Value	791.70 a	457.00 a	525.00 a	460.30 a
Ecological Net Added Value	729.50 a	423.10 a	521.20 a	729.50 a

* Variables are shown per cow in production/yr and values in 1994 pesos.

abc Different literals in the same row show significant differences ($P < 0.05$).

Source: Estimates calculated by the authors through equations 5, 6, 7, 8, 9 and 10, based on data recorded in production units of the States of Veracruz, Tabasco and Guanajuato.

por hectárea fue 18.89 pesos, resultado de multiplicar el consumo de agua anual indicado por los productores, que fue de 96 m³/ha, por su respectivo costo de agotamiento (Cuadro 4). En los demás sistemas no se contabilizó este concepto porque no utilizan agua de riego.

Para estimar los costos de las externalidades se calcularon las emisiones de dos de los principales contaminantes de las empresas lecheras familiares, los cuales se relacionan al flujo de nitrógeno, el cual genera dos fuentes de contaminación: amoníaco y nitratos. En el Cuadro 5 se presentan las estimaciones de estos contaminantes para cada sistema de producción estudiado, se aprecia que los sistemas que compran más alimento son los que generan más contaminantes.

El otro dato requerido para la estimación de los costos de las externalidades son los costos de agotamiento del recurso agua subterránea, que se presenta en la columna 2 del Cuadro 4, y los costos para evitar o contrarrestar los efectos de la contaminación del aire y agua. El costo para el caso del agua se refiere a los costos necesarios para eliminar el contenido de nitratos, y hacerla accesible al ser humano; y el costo del aire se refiere a las erogaciones necesarias que se tendrían que realizar para reducir o eliminar el amoníaco, de acuerdo a estándares de calidad ya establecidos. Estos costos ambientales externos de las unidades de producción de leche, se estimaron a partir de información estadística, y se aprecia que ambos costos no presentan fuertes incrementos a través del tiempo.

En el Cuadro 6 se presentan los promedios de las variables de producción, costos, ingreso y valor agregado de los cuatro sistemas de producción estudiados, se aprecia que el sistema traspatio es el que presenta los mejores promedios en casi todas las variables, existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) con los sistemas de pequeña propiedad y ejidal, con excepción de la producción de carne, cuyo mejor promedio es para el sistema de pequeña propiedad. El costo de producción de un kilogramo de carne, incluyendo el costo de las externalidades, a precios de 1994, es diferente ($P < 0.05$), en el

private and communal ownership systems in all areas except beef production, which shows the best value in the private ownership system. Production cost for a kilogram of beef, expressed in 1994 pesos, shows significant differences ($P < 0.05$) between the backyard system and all other systems considered, but NAV and ENAV averages were similar.

These same variables were analyzed by technology level as can be seen in Table 7. Improved technology shows the best values for all variables, however, significant differences ($P < 0.05$) were found for beef and milk production, total income,

Cuadro 7. Producción, costos, ingreso y valor agregado por nivel tecnológico, en unidades familiares de producción de leche en México*

Table 7. Production, costs, income and added value for two technology levels, in family milk production units of Mexico*

Variable	Technology	
	Traditional	Improved
Milk production, liters	2036.20 ^b	2486.20 ^a
Beef production, kg	165.90 ^b	237.10 ^a
Labor costs	512.70 ^a	618.10 ^a
Feed costs	766.90 ^a	827.10 ^a
Animal health costs	68.00 ^a	84.46 ^a
Other costs	662.80 ^a	709.70 ^a
Asset depreciation	381.20 ^a	387.10 ^a
Total income	2570.70 ^b	3310.20 ^a
Total variable costs	2010.40 ^a	2239.20 ^a
Total costs + externalities	2414.40 ^a	2650.30 ^a
Milk variable unit cost	0.62 ^b	0.72 ^a
Beef variable unit cost	2.44 ^b	2.89 ^a
Milk variable unit cost + externalities	0.73 ^b	0.88 ^a
Beef variable unit cost + externalities	2.91 ^b	3.55 ^a
Net Added Value	179.10 ^b	683.90 ^a
Ecological Net Added Value	158.10 ^b	661.80 ^a

* Variables are shown per cow in production/yr and values in 1994 pesos.

ab Different literals in the same row show significant differences ($P < 0.05$).

Source: Estimates calculated by the authors through equations 5, 6, 7, 8, 9 and 10, based on data recorded in production units of the States of Veracruz, Tabasco and Guanajuato.

sistema traspatio que el resto de los sistemas estudiados, en cambio los promedios de las variables de valor agregado neto y valor agregado neto ecológico fueron similares.

Las mismas variables se analizaron por nivel tecnológico, y los resultados se presentan en el Cuadro 7, observándose que la tecnología mejorada presenta los mejores promedios en todas las variables; sin embargo, sólo se presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) para producción de leche y carne, ingreso total, costos unitarios de producción y valor agregado, tanto el neto como el ajustado ambientalmente.

En el Cuadro 8 se presenta las variables que permiten estimar el valor agregado neto ecológico, para las ocho variantes estudiadas. En el sistema familiar con sus dos variantes y niveles tecnológicos, se observa que las unidades de producción presentan valores del VANE positivos, lo que indica que son rentables y además sustentables; se observa también que la producción de traspatio con la tecnología mejorada se comporta mejor económicamente.

En el caso del sistema doble propósito, cuando no se consideran los costos ambientales, todos los

unit costs and added value, both net and environmentally adjusted.

Variables which allow to estimate ENAV for all the variants analyzed can be seen in Table 8. Family production systems in its two variants and technology levels show a positive ENAV, thus proving they are profitable and sustainable. Backyard production systems using improved technology show a better economic behavior.

In dual purpose cattle production systems, when no environmental costs are taken into account, all farms show positive NAV, however, when environmentally adjusted, smallholders who apply traditional technology present negative values, thus proving their unsustainability. In all cases, improved technology showed better economic indicators. When NAV was compared in production systems, backyard system plus improved technology shows the higher value, followed by smallholder and communal ownership, these two also plus improved technology.

DISCUSSION

When average characteristics of the production systems being studied are analyzed, production unit

Cuadro 8. Valor agregado neto ajustado ambientalmente de las unidades de producción de leche, en el sistema familiar*

Table 8. Net added value environmentally adjusted in family milk production units*

Technology	Family milk system				Dual purpose cattle system			
	Grazing		Backyard		Private		Communal	
	Trad	Imp	Trad	Imp	Trad	Imp	Trad	Imp
Income	3723	4398	4264	5849	1396	2195	1108	1950
Input costs	2825	3131	3571	4446	1090	1333	812	1049
Gross income	898	1267	693	1403	306	862	296	901
Depreciation	568	747	415	355	305	180	220	266
Added value	330	521	279	1048	1	682	76	635
Total external costs	32	35	64	78	3	4	2	2
Ecological added value	298	486	215	970	-2	678	74	633

*Values in 1994 pesos.

Trad = traditional, Imp = improved.

Source: Estimates calculated by the authors through equations 3, 4, 5, 6, 7 and 8, based on data recorded in production units of the States of Veracruz, Tabasco and Guanajuato.

ranchos presentan valores agregados netos positivos; sin embargo, al ajustarlo ambientalmente, los de pequeña propiedad con tecnología tradicional presentan valores negativos, lo cual indica que estas empresas no son sustentables. En todos los casos, la tecnología mejorada presentó mejores indicadores económicos. Al comparar el valor agregado neto en los dos sistemas de producción, se observa que el sistema traspatio con tecnología mejorada presenta el mayor valor, le sigue en importancia la pequeña propiedad y la producción ejidal también con tecnología mejorada.

DISCUSIÓN

Al analizar las características promedio de los sistemas estudiados se observa que en cuanto al tamaño de la explotación, no obstante que hay diferencias en cada sistema y variante, están dentro del rango promedio que se conoce para sistemas familiares de producción de leche y para sistemas de doble propósito⁽¹⁶⁾. Donde sí se presentan diferencias, es en la productividad (producción de leche por vaca por año) de los sistemas familiares, dado que el rango máximo promedio a nivel nacional es de 3,120 l, y en este trabajo se encontraron valores cercanos a los 4,500 l, sobre todo con tecnología mejorada. En cambio en el sistema doble propósito, los promedios obtenidos son menores, (1,200 l) al rango máximo promedio nacional, que es de 1,600 l, lo que indica que las unidades de producción evaluadas pueden mejorar su productividad.

Para evaluar la sustentabilidad económica a nivel de unidad de producción se requiere de información técnica y económica generada en la misma empresa, así como también de los costos de las externalidades en que incurre durante su proceso productivo. El análisis de los costos de los insumos permite ver que las unidades estudiadas presentan estructuras diferentes, resultado de su sistema de producción, sin embargo hay coincidencia en que los sistemas familiares de leche destinan mayores recursos a la alimentación del ganado; incluso en la variante pastoreo, el costo de alimentación representa el mayor renglón, por lo tanto la producción de leche depende en gran medida de la suplementación.

size falls within known ranges for family milk production and dual purpose cattle systems, even though differences inside each system and variant exist⁽¹⁶⁾. Productivity (milk production per cow per year) in family systems does show differences, because the higher average range at the national level is 3,120 L and in this study values near to 4,500 L were found, especially when improved technology was used. On the other hand, in dual purpose cattle production systems, the higher average values found in this study, 1,200 L are lower than those of the higher national average, 1,600 L, indicating there is room for improvement in productivity.

To evaluate economic sustainability at the farm level, technical and economic data corresponding to each enterprise should be used, as well as the cost of externalities incurred in the course of production. Input cost analyses allow to perceive that the production units studied show diverse structures, owing to their production systems, however there is a coincidence in the fact that family production systems earmark greater resources to feed. Inclusive in the grazing variant, feed costs represent the higher item, therefore proving that milk production depends to a high degree on supplementation. Also, a great coincidence was found in production systems based on grazing, such as those of dual purpose cattle, which earmark more resources to pasture conservation. Another aspect which should be considered is that improved technology requires more inputs, as shown in total production cost analyses for all variants, a fact which should be taken into account when issuing recommendations. With reference to environmental costs, family production systems show the higher values, especially in the backyard variant, being an intensive production system, which shows that intensive production systems pollute more than extensive ones. This information is in coincidence with studies carried out in Europe, which indicate that one way of reducing pollution in agriculture is through extensive production systems^(21,24,25,26).

Of all the variants studied, for which the sustainability indicator ENAV was estimated, only that of smallholders using traditional technology

También hay coincidencia en que los sistemas que basan su producción en el pastoreo, como son los sistemas de doble propósito, destinan más recursos al mantenimiento de la pradera, por esta razón el monto de otros costos es mayor. Otro aspecto a considerar es que la utilización de tecnología mejorada requiere de más insumos, dado que en todas las variantes presentadas se incrementó su costo cuando aplican esta tecnología, aspecto a considerar al momento de recomendar su uso.

Con respecto a los costos ambientales, se observa que los sistemas familiares son los que presentan los mayores valores, principalmente las unidades de producción de traspatio, que es un sistema intensivo, lo cual quiere decir que los sistemas familiares de traspatio contaminan más que los sistemas extensivos; esta situación coincide con estudios realizados en los países europeos, que indican que una alternativa para disminuir la contaminación ambiental de las actividades pecuarias es la utilización de sistemas extensivos de producción^(21,24,25,26).

De las ocho variantes estudiadas, para las cuales se estimó el indicador de sustentabilidad económica de VANE, se observa que sólo los ranchos de pequeña propiedad del sistema de doble propósito con tecnología tradicional, resultaron ser no sustentables; este resultado coincide con los indicados para el sistema agro-silvo-pastoril del sur de Sinaloa, que si bien no estimaron los mismos indicadores de sustentabilidad, el sistema tradicional resultó ser menos sustentable que el sistema innovador⁽¹³⁾. En general los valores encontrados de VANE son mejores para los sistemas con tecnología mejorada, lo cual coincide con trabajos que mencionan indicadores de sustentabilidad ecológica para una gran variedad de sistemas de producción^(14,15,27,28,29), en los cuales las tecnologías evaluadas son más sustentables.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten visualizar que hay actividades pecuarias que actualmente no son rentables ni sustentables; también permiten ver que el uso de tecnología

showed unsustainability. This result is in coincidence with what was found for agri-forestry-livestock production systems in southern Sinaloa. Although the same indicators were not used, traditional technology systems showed lower sustainability than those applying improved technology⁽¹³⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Results obtained in this study allow us to avow that certain livestock production activities which at present are neither profitable nor sustainable, and also that improved technology increases production, profitability and sustainability. The weak economic sustainability criterion used in this study is questioned by some authors because it takes into consideration that natural capital can be replaced with man made capital and recommending that strong sustainability indicators be used instead, because natural capital is essential for agricultural production and cannot be replaced. This position is right, and insofar as more information becomes available, better sustainability indicators could be generated. Results obtained allow to visualize the advantages related to introduction of technological innovations, especially in dual purpose cattle production systems. To have sustainability indicators for each technological level allows technology research institutions to count on criteria to allocate resources to those technologies which show higher sustainability, and to draw up policies which support sustainable agricultural production systems in Mexico.

End of english version

mejorada incrementa la producción, la rentabilidad y propicia que la producción pecuaria sea sustentable. El criterio de sustentabilidad económica débil aplicado en este trabajo, es cuestionado por considerar que el capital natural puede ser sustituido por el capital hecho por el hombre, recomendando que se estimen indicadores de sustentabilidad fuerte, porque el capital natural es indispensable para la producción agropecuaria y no puede ser sustituido. Esta posición es acertada, y en la medida que se

disponga de mayor información referente a los costos externos de los recursos naturales, se podrán generar mejores indicadores de sustentabilidad. Los resultados obtenidos permiten visualizar las ventajas de la incorporación de innovaciones tecnológicas, principalmente en los sistemas de doble propósito; el contar con indicadores de sustentabilidad por nivel tecnológico permite a las instituciones que generan tecnología contar con criterios para asignar recursos a aquellas tecnologías más sustentables, así como diseñar políticas de apoyo a sistemas sustentables de producción pecuaria en México.

LITERATURA CITADA

- Goldman A. Threats to sustainability in African agriculture: searching for appropriate paradigms. *Human Ecology* 1995;23(3):291-334.
- Bowers J. Sustainability and environmental economics: An alternative text. London, UK: Longman; 1997.
- Douglas GK. The meanings of agricultural sustainability. In: Douglas GK editor. *Agricultural sustainability in a changing world order*. Boulder, CO: Westview; 1994.
- WCED. World Commission on Environment Development. *Our common future*. Oxford, UK: Oxford University Press; 1987.
- CGIAR. Consultative group on international agricultural research. *sustainable agricultural production: Implications for international agricultural research*. FAO Research and Technology Paper No. 4. Rome, Italy: FAO and Technical Advisory Committee, CGIAR; 1989.
- European Commission. *A framework for indicators for the economic and social dimensions of sustainable agriculture and rural development*. 2001.
- Becker B. Sustainability assessment: a review of values, concepts, and methodological approaches. *Issues in agriculture* No. 17695. Washington, DC: World Bank; 1997.
- Hanley N, Shogren JF, White B. *Introduction to environmental economics*. Oxford, UK: Oxford University Press; 2001.
- Pearce D, Hamilton K, Atkinson G. Measuring sustainable development: progress on indicators. In: Pearce D editor. *Economics and environment*. Cheltenham, UK: Edward Elgar; 1998.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México 1993-1999*. México, DF: INEGI; 2000.
- Smyth AJ, Dumanski J. FESLM: an international framework for evaluating sustainability land management. *World soil resources report 73*. Rome, Italy: FAO; 1993.
- Masera OR, Asteir M, López S. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. México, DF: Mundi prensa-GIRA-UNAM; 1999.
- Perales RMA, Fregoso TLE, Martínez ACO, et al. Evaluación del sistema agro-silvo-pastoril del sur de Sinaloa. En: Masera OR, López S editores. *Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco casos de evaluación en el México rural*. México, DF: Mundi prensa-GIRA-UNAM; 2000.
- Bazón EE, García BLE, Pool NL. Leguminosas forrajeras: un recurso para la producción agropecuaria sustentable en Chamula, Chiapas. *Agrociencia* 1999(33):501-507.
- Uribe GS, Francisco NN, Turrent FA. Pérdida de suelo y nutrimentos en un entisol con prácticas de conservación en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Agrociencia* 2002(36):161-168.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Situación actual y perspectivas de la producción de leche en México, 1990-2000*. [en línea] <http://www.sagarpa.gob.mx>. 2001.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Gavatt exitosos*. Publicación Técnica No. 1. México, DF: INIFAP-SAGAR; 2000.
- Hill GW. *Measuring sustainability at the farm level: an integrated environmental and economic approach in Scottish agriculture* [PhD thesis]. Aberdeen, UK: University of Aberdeen; 2001.
- Pretty JN, Brett DG, Hine RE, Mason CF, Morison JIL, Raven H, Rayment MD, Van der Bijl G. An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agr Systms* 2000(65):113-136.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. *Informe trimestral 1995-1997*. Instituto de Ecología, SEMARNAP. México; 1998.
- Ehui S, Li-pun H, Mares V, Shapiro B. The role of livestock in food security and environmental protection. *Outlook Agri* 1998(27)2:82-87.
- Jongbloed AW, Lenis NP. Excretion of nitrogen and some minerals by livestock. *Res Inst Livest Feed Nutri (IVVO-DLO)*. Mededelingen, Netherlands. 1992.
- SAS. *Statistics Analysis System Institute. SAS/SATAT User's Guide*. Release 6.03. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1988.
- Van der Werf HMG, Petit J. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agri Ecosyst Environ* 2002(192)2:1-15.
- Haan C, Steinfeld H, Blackburn H. *Livestock and environment: finding a balance*. European Commission Directorate-General, Development policy sustainable development and natural resource, WREN Media, Suffolk, 1997.
- Kumm KI. Sustainability of organic meat production under Swedish conditions. *Agri Ecosyst Envi* 2002(88):95-101.
- Huffman E, Eilers RG, Padbury G, Wall G, MacDonald KB. Canadian agri-environmental indicators related to land quality: integrating census and biophysical data to estimate soil cover, wind erosion and soil salinity. *Agri Ecosyst Environ* 2000(81):113-123.
- Gutiérrez CN, Palacios VE, Peña DS, Palacios VOL. Escenarios para el aprovechamiento sustentable del acuífero del valle de Querétaro. *Agrociencia* 2002(36):1-10.
- Ali M, Byerlee D. Productivity growth and resource degradation in Pakistan's Punjab: a decomposition analysis. *Policy Research Working Paper No. 2480*. Washington, DC: World Bank; 2000.