

# **Beneficios económicos potenciales de tecnología bovina de doble propósito en el trópico mexicano**

## **Potential economic benefits of dual purpose livestock technology in the mexican tropics**

José Antonio Espinosa García<sup>a</sup>, Steve Wiggins<sup>b</sup>

### **RESUMEN**

El objetivo del estudio fue evaluar los retornos económicos de la tecnología bovina de doble propósito en México. Los beneficios de la tecnología fueron estimados mediante un modelo de excedente económico, bajo los supuestos de un país pequeño. Definiéndose dos mercados: leche y carne, integrados por dos funciones de oferta (región tropical y resto de México) y una función de demanda bajo dos escenarios: país importador neto con economía abierta (PINEA) y país con economía cerrada (PECE). Para estimar los incrementos en el excedente del productor y del consumidor de cambios en el uso de tecnología, se integró información estadística de oferta, demanda y precio de leche y carne; información secundaria de elasticidades, precio e inversiones para generar y promover dicha tecnología; se aplicaron dos encuestas: una a productores, para cuantificar la reducción neta del costo de producción y una a técnicos para cuantificar el retraso en la adopción de tecnología. Se asumió un retraso de siete años entre la generación de tecnología y la adopción por los productores. Las estimaciones de beneficio-costos obtenidas para los escenarios de PINEA y PECE, muestran respectivamente, retornos del 51 y 50 % a las inversiones en investigación y extensión, si todos los productores adoptaran la tecnología. El nivel mínimo de adopción para generar retornos de al menos 10 % sobre las inversiones públicas fue de 11 y 10 %. El estudio indica que los retornos a la investigación y extensión pública en ganadería bovina en México son altos y que a pesar de los niveles bajos de adopción, éstos justifican los gastos realizados.

**PALABRAS CLAVE:** Tecnología pecuaria, Leche, Carne, Excedentes económicos, Trópico.

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to assess economic returns of dual-purpose cattle production technology in the tropics of Mexico. Benefits due to this technology were estimated through an economic surplus model, surmising a small country and with modeling of milk and beef markets for the tropics and the rest of Mexico. Two scenarios were considered: that of a net importer country with an open and with a closed economy. Data on aggregate beef and milk production and consumption, prices, secondary elasticity, technology development and extension costs were used to estimate producer and consumer surplus increases arising from changes in technology. Two surveys were carried out, one of producers on net production cost reduction, and another of technicians to quantify a technology adoption lag. A seven year lag between technology generation and maximum uptake by producers was considered. Benefit-cost estimates obtained for both scenarios, showed very high returns, of 50 and 51 % respectively, to research and extension investments if all producers took advantage of this technology. The minimum adoption levels needed to generate returns of at least 10 % on public investment were only 10 and 11 %. This study indicates that returns to public sector cattle research and extension in Mexico are high and that even with modest adoption levels, public spending is justified.

**KEY WORDS:** Livestock technology, Dual purpose cattle, Beef, Milk, Economic surplus, Tropics.

### **INTRODUCCIÓN**

La investigación agropecuaria en México en gran medida la han desarrollado las instituciones públicas,

### **INTRODUCTION**

Agriculture and livestock research in Mexico has traditionally been carried out by public institutions,

Recibido el 6 de mayo de 2002 y aceptado para su publicación el 23 de julio de 2002.

<sup>a</sup> Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP SAGARPA. KM 1 Carr. A Colón, 76280. Ajuchitlán, Colón Qro. Tel. 01 (419) 2 92 00 36. [espinosa\\_j@hotmail.com](mailto:espinosa_j@hotmail.com). Correspondencia y solicitud de separatas al primer autor.

<sup>b</sup> The University of Reading, Department of Agricultural and Food Economics.

cuyo financiamiento es principalmente con recursos fiscales. Sin embargo, debido a las políticas de ajuste económico implementadas por el gobierno, es notable la caída de este financiamiento<sup>(1)</sup>, cuyas causas son los recortes presupuestales, la incorporación de capital privado a la generación de tecnología agropecuaria<sup>(2)</sup> y la escasa información sobre análisis económico de la tecnología generada, que justifique una inversión mayor por parte del Estado<sup>(3)</sup>.

En 1997, el Banco Mundial recomendó integrar análisis económicos en la preparación y priorización de proyectos en los sistemas nacionales de investigación agropecuaria<sup>(4)</sup>. El análisis económico de la investigación y extensión (I&E) agrícola usa modelos y principios económicos para evaluar las actividades de investigación, con el propósito de ayudar a designar y seleccionar las actividades que proporcionen mayor bienestar a un país<sup>(4)</sup>. Existen dos tipos de análisis, el *ex post*, que se hace para justificar presupuestos a la I&E y para identificar áreas que requieran investigación futura y el *ex ante*, que es realizado para ayudar a fijar prioridades, asignar recursos y decidir si se procede o no con un programa de investigación o un proyecto de extensión o transferencia de tecnología<sup>(5)</sup>.

Existen diversos métodos económicos que pueden ser usados para evaluar las inversiones en investigación y extensión agrícola, los cuales varían desde una simple lista o modelos de ponderación, hasta los complejos modelos de programación matemática y de simulación<sup>(4)</sup>. El método más usado es el de excedente económico (EE)<sup>(5)</sup>, el cual estima los retornos a la inversión mediante el cambio en el excedente del productor y consumidor, que resulta de un cambio tecnológico promovido por la investigación agrícola, y después usa el excedente económico estimado y los costos de la investigación, transferencia y extensión, para estimar la tasa interna de retorno (TIR) o el valor actual neto (VAN)<sup>(4)</sup>. Este método es factible de aplicarse cuando se conoce el cambio en la oferta del producto analizado, la tasa y el retraso en la adopción de tecnología y las características del mercado de dicho producto.

A nivel mundial existe una gran cantidad de estudios de análisis económico de la I&E agrícola, el

funded with public money. However, owing to government policy, geared to reduce government expenditure, total funding, in answer to budget cuts, emergence of private agriculture and livestock research<sup>(2)</sup> and last but not least, scant information on economic impact of new technologies<sup>(3)</sup> which would justify an increase of public investment, has decreased dramatically<sup>(1)</sup>.

In 1997, the World Bank recommended integration of economic analyses to agriculture research projects and for setting priorities within the National Agriculture Research Systems<sup>(4)</sup>. Agriculture research and extension (R&E) analyses make use of economic principles and models to evaluate research, to help design and select those activities which should have a higher impact on the country's wellbeing<sup>(4)</sup>. Two types of analyses can be carried out, *ex-post*, to justify R&E budgets and to identify future research areas, and *ex-ante*, to set priorities, allocate resources and for decision making on research and extension programs and projects.

Several economic methods can be used to assess agricultural R&E, from a simple list or ponderation models to highly complex simulation and mathematical programming models<sup>(4)</sup>. The most widely used method is that of Economic Surplus<sup>(5)</sup>, in which returns on investment are estimated through changes in consumers' and producers' surpluses and research, transfer and extension costs to calculate an IRR and a NPV<sup>(4)</sup>. This method can be applied when changes in supply of the item being analyzed, the rate and lag of technology uptake and market characteristics are known.

At the global level many studies on economic analysis of agricultural R&E have been performed. An 65 % IRR average of 1,128 cases in various countries has been calculated (80 % for research only, 80 % for extension only and 47 % for R&E)<sup>(6)</sup>. In Mexico, very few studies of this nature have been made.

This lack of information on economic impact of agricultural R&E in Mexico, highlights the need to assess technologies, especially of production systems which have been funded and for which tested

promedio de 1,128 TIR estimadas en diferentes países es de 65 % (80 % cuando se trata sólo de investigación, 80 % cuando es sólo extensión y 47 % cuando es investigación y extensión combinada)<sup>(6)</sup>. No obstante esta cantidad de estudios, en México son pocos los trabajos de análisis económico de la I&E agropecuaria.

La falta de información acerca de los beneficios de la investigación agropecuaria en México, pone de manifiesto la necesidad de evaluar las tecnologías, principalmente en sistemas de producción que han recibido recursos y para los cuales se cuenta con tecnología probada en campos experimentales y bajo condiciones del productor, pero que todavía no ha sido adoptada por la mayoría de los productores, como es la tecnología bovina de doble propósito que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha promovido a través de la formación de grupos ganaderos de validación y transferencia de tecnología<sup>(7)</sup>.

Los sistemas bovinos de doble propósito generan dos productos a la vez, leche y carne, se desarrollan principalmente en las regiones tropicales con niveles de tecnificación bajos<sup>(8)</sup>, por lo cual se han destinado recursos públicos para mejorar su productividad mediante la adopción de prácticas tecnológicas que incluyen el uso de forrajes y razas mejoradas, así como un mejor manejo de prácticas sanitarias, reproductivas y administrativas. En ranchos donde se han adoptado estas prácticas se mencionan incrementos en los niveles de producción<sup>(9)</sup>, pero se desconoce cuáles serían los beneficios económicos en caso de haber una adopción mayor de esta tecnología. Por lo tanto los objetivos de este trabajo fueron estimar el impacto económico potencial de la aplicación de tecnología bovina de doble propósito en México, y evaluar la rentabilidad de las inversiones destinadas a la generación y promoción de dicha tecnología.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado fue de excedente económico (EE), el cual mide el efecto de un cambio en el

technology under farm conditions in experimental stations exist, but which haven't been taken up by most of the producers. This is the case of dual purpose cattle technology that INIFAP has sponsored through technology validation and transfer cattle farmers groups<sup>(7)</sup>.

Dual-purpose cattle systems output two products, milk and beef, and generally are carried out using low technology in the tropics<sup>(8)</sup>. Owing to this, public monies have been allocated to increase their productivity through the adoption of improved technology, such as improved breeds and pastures, better animal health and reproduction practices and improved overall management and farm organization. Information on increases in output in ranches is available<sup>(9)</sup>, but not of data on economic benefits in cases of major adoption of this technology. Therefore, the objectives of this study were to estimate the potential economic impact of adoption of dual-purpose cattle technology in Mexico and to evaluate return on research and extension investment in this technology.

## MATERIALS AND METHODS

The method used in this study was that of Economic Surplus. This method takes into account the effect of prices on consumers and producers profits<sup>(10)</sup> and how this methodology is applied depends on initial assumptions, which vary from a closed economy, with strong controls in input and output markets, to an open economy without any restrictions.

As dual-purpose cattle generates two outputs, milk and beef, adoption of new technology reduces costs and/or increases yields, which in turn increases supply. Under the assumption of linear supply and demand curves and a closed economy, an increase in supply causes a decrease in consumer prices and in producers' costs (Figure 1). Price and initial equilibrium supply and demand amounts are  $P_0$  and  $Q_0$  respectively, and at this point, Consumers' Surplus (CS) is equal to the area of the triangle  $faP_0$ , which can be observed below the demand curve, minus consumption cost. Producers' Surplus (PS) is equal to the area of the  $P_0aI_0$  triangle

precio en la utilidad del consumidor y en el beneficio del productor<sup>(10)</sup>. Su aplicación depende de los supuestos iniciales del análisis, los cuales van desde considerar una economía cerrada, con fuerte intervención en mercados de factores y productos, hasta una economía de libre mercado sin ninguna restricción.

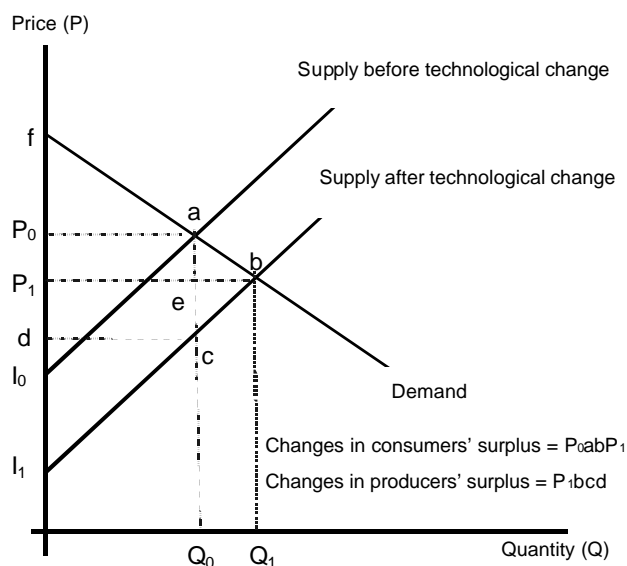
Como la ganadería bovina de doble propósito genera dos productos, carne y leche, la adopción de una nueva tecnología reduce costos o aumenta rendimientos, lo cual incrementa la oferta de dichos productos. Bajo el supuesto de curvas de oferta y demanda lineales y de una economía cerrada, al incrementarse la oferta se reduce el precio para los consumidores y el costo para los productores, como se puede observar en la Figura 1. El precio y las cantidades demandadas y ofrecidas iniciales de equilibrio son respectivamente  $P_0$  y  $Q_0$ ; en este punto el excedente del consumidor (EC) es igual al área triangular  $faP_0$ , que se localiza debajo de la curva de demanda menos el costo del consumo; y el excedente del productor (EP) es igual al área triangular  $P_0aI_0$  que es el ingreso total menos el costo total de producción, medido por la área bajo la función de oferta. El excedente total (ET) es igual a la suma de los EC y EP, área  $faI_0$ , que es igual al valor económico total del consumo menos el costo total de producción<sup>(11)</sup>.

Al cambiar la curva de oferta, asumiendo un desplazamiento paralelo, se presenta un nuevo punto de equilibrio en  $P_1$  y  $Q_1$ , el beneficio total anual de este cambio es igual al área bajo la curva de demanda y entre las dos curvas de oferta ( $\Delta ET =$  área  $habl_1$ ). Esta área puede ser vista como la suma de dos partes: a) el ahorro en costo sobre la cantidad original (área  $h_0acl_1$ ), y b) el excedente económico debido al incremento en producción y consumo (el área del triángulo  $abc$ ). También el beneficio total se puede dividir en beneficio del consumidor, visto como el cambio en el EC ( $\Delta EC =$  área  $P_0abP_1$ ) y beneficio del productor, visto como el cambio en el EP ( $\Delta EP =$  área  $P_1bl_1$ , menos el área  $P_0al_0$ ).

La Figura 2 representa el mercado de economía abierta de un país importador neto; como se puede

Figura 1. Medida del beneficio bruto anual de los productos leche y carne con la utilización de nueva tecnología. El caso de un país pequeño, con economía cerrada y desplazamiento paralelo de la curva de oferta

Figure 1. Milk and beef total gross annual profits when new technology is adopted, for a small country with a closed economy, showing a parallel displacement of the supply curve



abcdefl= Intersection points between supply and demand functions, and between these and the quantity and price axes.

0,1= values before and after technological change.

Source: Adapted from Alston, Norton and Pardey, 1995<sup>(5)</sup>.

which represents total income minus total production cost, as observed in the area below the supply function. Total Surplus (TS) is equal to the sum of the two previous surpluses, which is equal to total economic consumption minus total production cost and is represented in area  $faI_0$ <sup>(11)</sup>.

When the supply curve moves in a parallel fashion, a new equilibrium point,  $P_1$  and  $Q_1$ , is found, and the total annual net profit due to this change is equal to the area below the demand curve and between both supply curves ( $TS = habl_1$ ). This area can be seen as the sum of cost savings ( $I_0acI_1$ ) and economic surplus owing to increases in production and consumption ( $abc$ ). Also, TS can be divided into consumer's profit, seen as changes

ver el precio del producto no cambia, por lo tanto los productores enfrentan precio mundial y una curva de demanda perfectamente elástica, el EC no cambia y el cambio en el EP se puede medir por el área  $I_0abI_1$ .

Los mercados en México, tanto de leche como de carne, se constituyeron por una curva de demanda y dos curvas de oferta, compuestas por la producción en la región tropical (ReTro), que incluye los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz, Yucatán<sup>(12)</sup>, y la producción en la región resto de México (RReMex) que incluye los 20 estados restantes. También se supone que sólo en la región tropical se puede usar la tecnología de doble propósito, por lo tanto el cambio en la curva de oferta sólo se da en esta región.

Algebráicamente el modelo utilizado para cada mercado se describe como<sup>(13)</sup>:

Oferta:  $Q_{s,i} = Q_{s,i}(P, c_{tropical}) \dots\dots\dots (1)$

Demanda:  $Q_d = Q_d(P) \dots\dots\dots (2)$

Clareo del mercado:  $\sum_{i=1}^n Q_{s,i} = Q_d \dots\dots\dots (3)$

Donde  $Q_{s,i}$  es la cantidad ofrecida en la  $i$ -ésima región,  $c_{tropical}$  es cambio tecnológico en la región tropical,  $Q_d$  es la cantidad total demandada,  $P$  es el precio al productor e  $i$  son las dos regiones productoras. Por diferenciación y reagrupando términos, el cambio de precio inducido por la tecnología para cada producto puede ser calculado como:

$$\text{Cambio de precio } Z = \frac{dP}{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (ss_i \cdot e_{s,i} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^n (ss_i \cdot e_{s,i}) - h_d} \dots\dots (4)$$

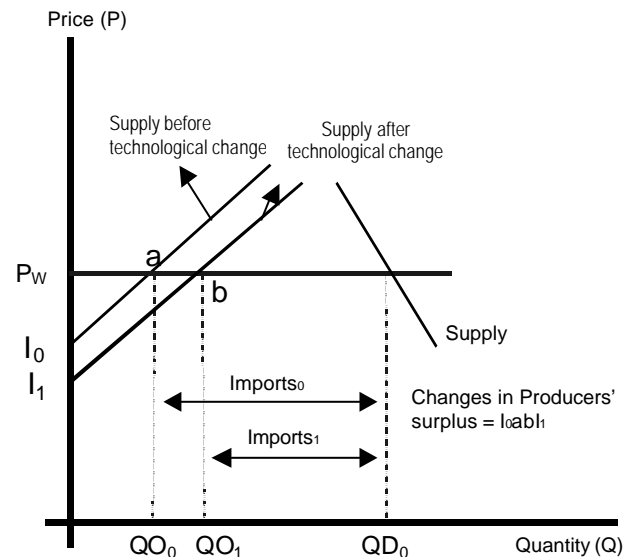
Donde  $ss_i$  es la participación de la región  $i$  en la producción total,  $e_{s,i}$  es la elasticidad precio de la oferta en la región  $i$ ,  $e_d$  es la elasticidad precio de la demanda y  $K_i$  es el cambio en la curva de oferta debido al incremento en la productividad, y se define como<sup>(13)</sup>:

in CS ( $\Delta CS = P_0abP_1$ ) and producer's profit, seen as changes in PS ( $\Delta PS = P_1bI_1 - P_0aI_0$ ).

In Figure 2 can be see what happens in an open economy market of a net importing country. Product price suffers no changes, therefore producers face a world price and a perfectly elastic demand curve, CS suffers no changes and PS is represented by the area  $I_0abI_1$ . Mexican markets for milk and beef were constructed with two supply and one demand curves, made up by the tropical production area (ReTRO) which includes the states of

Figura 2. Medida del beneficio bruto anual de los productos carne y leche con la utilización de nueva tecnología. El caso de un país pequeño importador, con economía abierta y desplazamiento paralelo de la curva de oferta

Figure 2. Milk and beef total gross annual profits when new technology is adopted, for a small importing country with an open economy, showing a parallel displacement of the supply curve



$abI_1$ = Intersection points between supply and demand functions, and between these and the quantity and price axes.

0,1= values before and after technological change.

$P_w$  = world price;  $QO$ = supply (quantity)  $QD$ = demand (quantity).

Source: Adapted from Alston, Norton and Pardey, 1995<sup>(5)</sup>.

$$\text{Cambio del factor } K_{i,t} = k_{i,\text{pot}} \cdot A_{i,t} \dots\dots (5)$$

Donde  $k_{i,\text{pot}}$  es la reducción potencial del costo unitario de producción en el año  $t$ , atribuible a la nueva tecnología y  $A_{i,t}$  es la tasa de adopción de dicha tecnología en el periodo  $t$ ;  $k_{i,\text{pot}}$  se obtiene<sup>(14)</sup> al estimar el incremento potencial de la productividad por vaca en producción  $E(Y)$ , medido como:

$$E(Y) = (q_1 - q_0)/q_0 \dots\dots\dots (6)$$

Donde  $q_1$  es la producción por vaca por año con la nueva tecnología y  $q_0$  es la producción por vaca por año sin la nueva tecnología;  $E(Y)$  es medida empíricamente en términos de cantidad (es decir un cambio horizontal en la curva de oferta, o distancia  $eb$  en la Figura 1), y trasladada a reducción de costo ( $C$ ), medido en \$/unidad producida, al calcular la distancia  $ac$  en la Figura 1 (cambio vertical en la curva de oferta), aplicando la ecuación:

$$C = E(Y)/\varepsilon \dots\dots\dots (7)$$

Esta es una reducción en el costo del producto, sin embargo al utilizar la nueva tecnología hay un incremento en el costo ( $E(c)$ ) asociado a la utilización de nuevos insumos, el cual se estima aplicando la siguiente ecuación:

$$E(c) = (c_1 - c_0)/c_0 \dots\dots\dots (8)$$

Donde  $c_1$  es el costo total de producción por vaca por año con la nueva tecnología y  $c_0$  es el costo total de producción por vaca por año sin la nueva tecnología. Para obtener el costo por unidad producida se aplica la siguiente ecuación:

$$i = E(c)/(1 + E(Y)) \dots\dots\dots (9)$$

Este incremento en costo se le resta a  $C$  para obtener  $k_{i,\text{pot}}$ :

$$k_{i,\text{pot}} = C - i \dots\dots\dots (10)$$

El otro factor que determina el valor de  $K_{i,t}$ , es la tasa de adopción de tecnología ( $A_{i,t}$ ), la cual está determinada por dos variables<sup>(15)</sup>: el retraso en la

Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz and Yucatán<sup>(12)</sup> and the production of the rest of the country (RreMex). Another assumption is that the tropical area is the only one in which dual-purpose cattle production technology can be used. Because of this, changes in the supply curve are only for this region.

Algebraically, the model for each market can be described as<sup>(13)</sup>:

$$\text{Supply: } Q_{s,i} = Q_{s,i}(P, ct_{\text{tropics}}) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Demand: } Q_d = Q_d(P) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Market clear: } \sum_{i=1}^n Q_{s,i} = Q_d \dots\dots\dots (3)$$

In which  $Q_{s,i}$  is the quantity offered in the  $i$ -esm region,  $ct_{\text{tropics}}$  is technological change in the tropics,  $Q_d$  represents total demand,  $P$  is price paid to producers and  $i$  is the two production regions. Through differentiation and term regroupment, changes in prices owing to technology for each product can be calculated as:

$$\text{Price change } Z = \frac{dP}{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (ss_i \cdot \varepsilon_{s,i} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^n (ss_i \cdot \varepsilon_{s,i}) - \eta_d} \dots\dots (4)$$

In the above  $ss_i$  is region  $i$ 's share in total production,  $\varepsilon_{s,i}$  is supply price elasticity in region  $i$ ,  $\eta_d$  is demand price elasticity and  $K_i$  is changes in the supply curve owing to increases in productivity, and can be defined as<sup>(13)</sup>:

$$\text{Changes in factor } K_{i,t} = k_{i,\text{pot}} \cdot A_{i,t} \dots\dots (5)$$

In which  $k_{i,\text{pot}}$  is the potential reduction of unit production cost in year  $t$  attributable to changes in technology and  $A_{i,t}$  is technology adoption rate in period  $t$ ;  $k_{i,\text{pot}}$  can be calculated<sup>(14)</sup> through potential productivity increase per cow in production  $E(Y)$ , measured as:

$$E(Y) = (q_1 - q_0)/q_0 \dots\dots\dots (6)$$

adopción, que se refiere al número de años en que la tecnología es aplicada totalmente por los productores, y la adopción máxima, que es el porcentaje de productores que utilizan la tecnología de los productores potenciales de utilizarla.

El cambio anual en el EP para la región *i* y el cambio anual en el EC se obtiene<sup>(14)</sup>:

$$\Delta EP_i = (K_i - Z) \times P_0 \times Q_{s0} \times (1 + (0.5 \times Z \times h)) \dots (11)$$

$$\Delta EC_i = Z \times P_0 \times Q_d \times (1 + (0.5 \times Z \times h)) \dots (12)$$

Para el caso del mercado de economía abierta, no hay cambio de precio como resultado de la tecnología (Figura 2), por lo tanto no hay cambio en el EC y el cambio en el EP es reducido a:

$$\Delta EP_i = P \times Q_{s,i} \times K_i \times (1 + (0.5 \times K_i \times e_{s,i})) \dots (13)$$

Se consideraron dos escenarios: a) el caso de un país pequeño importador neto con economía abierta (PINEA), asumiendo que este escenario es más cercano a la situación actual, dado que la producción de carne y leche en México en 1999 representó respectivamente sólo el 2.9 y 2.3 % de la producción mundial<sup>(12)</sup>, por otro lado México en 1988 importó 13.8 % de la disponibilidad total de leche<sup>(8)</sup> y las importaciones de carne bovina para el periodo comprendido entre 1992-1997, representaron en promedio el 9.2 % del consumo nacional aparente<sup>(16)</sup>; b) el caso de un país pequeño con economía cerrada (PECE), la justificación de este escenario se debe a que en las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLCAN), se contempló eliminar el arancel de la leche líquida hasta el 2004 y hay presión de los ganaderos para revisar los acuerdos del TLCAN del sector agropecuario.

Para calcular la rentabilidad de la inversión destinada a la generación y difusión de la tecnología se estimó el VAN, suma de los beneficios descontados de la tecnología menos los costos descontados de la inversión para generarla y transferirla<sup>(15)</sup> y también se estimó la TIR, es la tasa de interés máxima que un proyecto pudiera pagar sobre los recursos invertidos sin obtener

Where  $q_1$  is production per cow per year with the new technology and  $q_0$  is production per cow per year with the old technology;  $E(Y)$  is an empiric value in terms of quantity (that is to say an horizontal change in the supply curve,  $eb$  in Figure 1) and transferred to cost reduction ( $C$ ), measured in \$/unit, when calculating  $ac$  in Figure 1 (vertical change in the supply curve), by means of the following equation:

$$C = E(Y)/\epsilon \dots \dots \dots (7)$$

This is a reduction in the cost of production, however, when new technology is adopted, an increase in cost due to new inputs ( $E(c)$ ) can be appreciated and which can be estimated through the following equation:

$$E(c) = (c_1 - c_0)/c_0 \dots \dots \dots (8)$$

In which  $c_1$  is the production cost per cow per year with new technology and  $c_0$  is the production cost per cow per year with old technology. Unit cost of production can be estimated through the following equation:

$$i = E(c)/1 + E(Y) \dots \dots \dots (9)$$

This cost increase can be subtracted from  $C$  to obtain  $k_{i,pot}$ :

$$k_{i,pot} = C - i \dots \dots \dots (10)$$

The other factor which helps define  $K_{i,t}$ , is the technology adoption rate ( $A_{i,t}$ ), which is determined by two variables<sup>(15)</sup>: adoption lag, that is to say the number of years it takes for full adoption of the technology, and maximum adoption, which is the percentage of producers who adopt it.

Annual changes in CS and PS for region *i* can be obtained as follows<sup>(14)</sup>:

$$\Delta EP_i = (K_i - Z) \times P_0 \times Q_{s0} \times (1 + (0.5 \times Z \times h)) \dots (11)$$

$$\Delta EC_i = Z \times P_0 \times Q_d \times (1 + (0.5 \times Z \times h)) \dots (12)$$

For an open economy, no price changes owing to technology are forthcoming (Figure 2), therefore

pérdidas<sup>(17)</sup>, aplicando las siguientes fórmulas:

$$VAN = \sum_{t=1}^T (B_t - R_t) / (1+r)^t \dots\dots\dots (14)$$

$$TIR = \sum_{t=1}^T (B_t - R_t) / (1+r)^t = 0 \dots\dots\dots (15)$$

Donde:  $B_t$  = beneficio económico de la investigación, el cual se mide a través del excedente económico (EP+ EC) generado por un desplazamiento de la función de oferta de leche y carne de bovino en el año  $t$ ;  $R_t$  = inversiones en investigación y promoción de tecnología en sistemas de doble propósito en la ReTRO en el año  $t$ ;  $r$  = tasa de descuento. También se estimó una tasa de adopción de tecnología que permita que las inversiones en la generación y difusión de tecnología sean rentables, llamada tasa de adopción de equilibrio (TATEQ), definida como la tasa que hace que el VAN sea cero.

La información utilizada en el análisis está constituida por el promedio del periodo 1990-2000 de las cantidades producidas, consumidas y precios de leche y carne, las cuales se tomaron de estadísticas oficiales; los precios internacionales son los promedios del periodo 1989-1997, y se tomaron de estadísticas de la FAO; las elasticidades precio de oferta y demanda de leche y carne que se tomaron de fuentes secundarias.

Para estimar las  $E(Y)$  y  $E(c)$ , se aplicó un análisis de varianza a información capturada en ranchos ganaderos ubicados en los estados de Tabasco y Veracruz, mediante entrevistas a productores y de la revisión de sus libros de registros productivos y económicos de cada rancho que llevaron durante el periodo de 1986 a 1998. En total se integró información de 139 unidades ganaderas de las cuales 87 corresponden al estado de Veracruz y 52 al estado de Tabasco. Las 139 explotaciones estudiadas se clasificaron en dos grupos: 69 ranchos con tecnología tradicional y 70 ranchos con nueva tecnología, el criterio de clasificación fue la incorporación de los componentes tecnológicos en cada rancho: los que contaban con menos del 50 % de

there are no changes in CS and changes in PS can be expressed as follows:

$$\Delta EP_i = P \times Q_{s,i} \times K_i \times (1 + (0.5 \times K_i \times e_{s,i})) \dots\dots (13)$$

Two scenarios were considered, the first, a case of a small country, a net importer of milk and beef with an open economy (SNIOE), believing this is closer to Mexico's current circumstances, because Mexico's beef and milk production in 1999 were only 2.9 and 2.3 % of world totals, respectively<sup>(12)</sup>. On the other hand Mexico imported 13.8% of its milk aggregate demand<sup>(8)</sup> and beef imports between 1992 and 1997 were 9.2 % of national apparent consumption<sup>(16)</sup>. The second scenario, that of a small country, a net importer of milk and beef with a closed economy (SNICE) was considered because in NAFTA, elimination of duties on fresh milk till 2004 was contemplated, and also of lobbying by domestic milk producers to extend this deadline.

To estimate a return on investment in research and transfer of technology (R&E), a NPV was calculated, that is to say total incomes accrued through technology less R&E investment<sup>(15)</sup>, and also an IRR, which is the highest interest rate which a project could pay on investment without causing losses, by means of the following formula:

$$NPV = \sum_{t=1}^T (B_t - R_t) / (1+r)^t \dots\dots\dots (14)$$

$$IRR = \sum_{t=1}^T (B_t - R_t) / (1+r)^t = 0 \dots\dots\dots (15)$$

Where  $B_t$  equals the economic benefits of research, which can be measured by means of an economic surplus (PS + CS) due to a displacement of the milk and beef supply functions in year  $t$ ;  $R_t$  which represent investments in dual-purpose cattle R&E in ReTRO in year  $t$ ; and  $r$  being equal to the interest rate. A technology adoption rate which allows for profitable R&E technology was estimated also. This rate is known as the adoption equilibrium rate (AEQR), and causes NPV to be equal to 0.



praderas mejoradas, utilizaban vacas con menos 50 % de cruce europea y utilizaban suplementación mineral fueron los de tecnología tradicional, y los que contaban con más del 50 % de praderas mejoradas, utilizaban vacas con más del 50 % de cruces europeas y proporcionaban complementos alimenticios, se catalogaron como de nueva tecnología.

Para estimar el retraso en la adopción de tecnología, también se utilizó un análisis de varianza a la información captada en una encuesta aplicada en el año 2000 a responsables de grupos ganaderos de validación y transferencia de tecnología (GGAVATT), que trabajan en 188 ranchos bovinos de doble propósito ubicados en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Nayarit, Tabasco y Yucatán, donde la variable dependiente fue la aplicación de 23 componentes tecnológicos, (clasificados en prácticas de organización, nutrición, reproducción, salud animal y genética), valuada con 0 si no los utiliza, 1 si los utiliza irregularmente, 2 si los utiliza regularmente y 3 si los utiliza regularmente y bien, y como variable independiente los años de participar en el GGAVATT, de tal manera que este análisis permitió ver el año en que los productores utilizan regularmente y bien la nueva tecnología.

Para estimar las inversiones en investigación y promoción de la tecnología se consideraron los costos para generarla y para transferirla. En el primer aspecto se asumió que aunque no en forma exclusiva, el INIFAP es la principal institución que genera dicha tecnología, por lo tanto, se contempló un periodo de 1986 a 1995, a partir de la creación del INIFAP, hasta que la tecnología empezó a ser promovida a través del programa de Alianza para el Campo; como la información para generar esta tecnología no está disponible, se estimó a partir del presupuesto anual del INIFAP<sup>(18)</sup>, asignando un 10 % de este presupuesto, porcentaje que corresponde a la proporción de investigadores pecuarios que trabajan en el programa de doble propósito<sup>(19)</sup>.

Para estimar los costos de transferencia de tecnología se consultó el presupuesto para fomento

Data used in this analysis was made up by the 1990/2000 averages of production, consumption and prices of beef and milk, published in official statistics. International prices are those of 1989/97, published by FAO and price and supply and demand elasticity were obtained from secondary sources.

E(Y) and E(c) were estimated through a variance test applied on data collected in ranches in Tabasco and Veracruz through surveys and from production and accounting records between 1986 to 1996. Data from 139 production units, 87 from Veracruz and 52 from Tabasco was used. Of the 139 farms studied, 69 were using traditional and 70 new technology. Criteria for this grouping was the adoption of technology in each ranch, those with less than 50 % of improved pastures, less than 50 % of European crosses and used mineral supplements were considered as traditional while the rest (> 50 % improved pastures, > 50 % of European crosses and use of feed complements) were considered as applying the new technology.

To estimate a technology adoption lag, a variance test was applied to data obtained through a survey carried out in 2000 to 188 GGAVATT members with dual-purpose cattle operations in Chiapas, Colima, Guerrero, Nayarit, Tabasco and Yucatán, in which the dependent variable was the use of 23 technological components (classified in accordance with organization, feeding, reproduction, animal health and genetics practices) valued from 0 to 3 in conformity to their use (0 = Never, 1 = Irregularly, 2 = Regularly and 3 = Regularly and Well), and their seniority in GGAVATT as an independent variable. These procedures allowed to pinpoint in which year producers started applying regularly and well the new technology.

To estimate investment in R&E, its cost was calculated. Regarding research, although not exclusively, INIFAP is the main research institution for this technology, therefore, the timeframe from 1986 to 1995, that is to say, starting from the creation of INIFAP till this technology began to be promoted through the Alianza para el Campo program, was considered. As data referred

a la ganadería del programa de Alianza para el Campo en los estados situados en la región tropical, durante el periodo 1996-2001, el cual contempla las aportaciones federales, estatales y de los productores<sup>(20)</sup>; considerando un 47 % de dicho presupuesto, que es el porcentaje promedio que se destina para apoyar la ganadería<sup>(21)</sup>.

Todas las variables económicas fueron deflactadas, por el Índice Nacional de Precios al Productor (1994= 100), para convertirse en valores constantes en pesos del año 1994. Los valores de cantidades se manejan en toneladas y miles de litros para carne en canal y leche líquida respectivamente.

## RESULTADOS

Una de las variables importantes para estimar el desplazamiento de la función de oferta, es la reducción del costo de producción. Cuando un productor adopta la nueva tecnología, la producción de leche y carne por vaca se incrementa ( $P < 0.05$ ) en más de 111 % y casi 58 %, respectivamente (Cuadro 1). También los costos variables de producción se incrementan ( $P < 0.05$ ), en casi 86 y 34 %, porcentajes menores que los incrementos en producción, lo cual propicia que se de una reducción neta (ecuaciones 6,7,8,9) del costo de

specifically to dual-purpose cattle technology research isn't available, 10 % of INIFAP's annual budget<sup>(18)</sup> was allocated to investment in research. This percentage corresponds to that of livestock researchers assigned to the dual-purpose cattle program<sup>(19)</sup>.

Regarding technology transfer, the Alianza para el Campo livestock promotion budget for the tropical states for the 1996/2001 period was considered, which takes into account contributions by producers and the States and Federal Government<sup>(20)</sup>. Of the total budget, 47 %, which corresponds with the average livestock promotion percentage<sup>(21)</sup>, was allocated to investment in technology transfer.

All economic variables were deflated through the National Producers' Price Index (1994 = 100) to constant 1994 pesos. Beef and milk quantities are stated in carcass metric tons and in fresh milk thousand liters, respectively.

## RESULTS

One of the most important variables necessary for estimating the supply curve displacement is cost of production reduction. When a producer takes up new technology, beef and milk production per cow

Cuadro 1. Promedios de producción y costo variable de leche y carne por vaca por tipo de tecnología en sistemas bovinos de doble propósito

Table 1. Milk and Beef production and variable costs per cow in dual-purpose cattle production systems applying diverse technologies

	Technology		Increase (%)
	Traditional	New	
Production per cow			
Milk, liters/yr	507.1 a	1070.8 b	111.2**
Beef, kg/yr	183.9 a	289.8 b	57.6**
Variable cost per cow (\$)*			
Milk	168.5 a	312.9 b	85.7***
Beef	246.1 a	328.8 b	33.6***

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

\* Values deflated through the producers' price index 1994=100.

\*\* Values obtained through equation 6.

\*\*\* Values obtained through equation 8.

Source: Producers' survey in Tabasco y Veracruz.

BENEFICIOS ECONÓMICOS DE TECNOLOGÍA EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

Cuadro 2. Prácticas tecnológicas, aplicadas en sistemas bovinos de doble propósito (promedios de 188 ranchos)\*

Table 2. Technologies used in dual-purpose cattle production systems (188 ranch averages)\*

	Years				R <sup>2</sup>
	1	2	6	7	
Farm organization	1.8 a	1.9 b	2.6 a	3.0 a	0.35
Forages	1.4 b	1.5 b	2.8 a	3.0 a	0.41
Nutrition	1.2 b	1.4 b	1.8 b	2.8 a	0.27
Reproduction	0.6 b	0.9 b	2.9 a	3.0 a	0.52
Animal health	1.9 c	2.2 bc	2.4 b	3.0 a	0.25
Genetics	0.6 c	1.6 b	2.6 a	2.9 a	0.46

\* Assessment criteria was as follows: 0 never, 1 irregularly, 2 regularly, 3 regularly and well.

R<sup>2</sup> variance test determination coefficient.

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

Source: Survey carried out in GGAVATTs in Chiapas, Colima, Guerrero, Nayarit, Tabasco and Yucatán.

producción por unidad de leche y carne de 73 y 67 %, respectivamente.

Claro que no todos los productores adoptan el paquete, y por lo tanto es necesario considerar qué proporción de ellos lo hacen; la adopción de tecnología está compuesta por el retraso en la adopción y la adopción máxima. De acuerdo al análisis de varianza de la información capturada en la encuesta a responsables de GGAVATT's, al año 7 ( $P < 0.05$ ) los productores utilizan la mayor parte de las recomendaciones tecnológicas (Cuadro 2), por lo tanto en este análisis se consideraron 7 años como el retraso en la adopción. En cambio la adopción se considera como 100 % para estimar los beneficios potenciales.

En el Cuadro 3 se presenta la información que se integró para el cálculo de los beneficios económicos tanto de leche como de carne, para cumplir con uno de los supuestos del modelo de EE, se igualaron las cantidades ofrecidas en la ReTro y la RReMex con la cantidad demandada. La producción de carne en la ReTro es más importante que la producción de leche, ya que la primera representa el 41 % de la producción total, en cambio la producción de leche sólo representa el 19 %.

En el mismo Cuadro 3 se presenta la reducción de los precios de leche y carne, asumiendo una

increase ( $P < 0.05$ ) in 58 and 111 %, respectively (Table 1). Variable production costs increase also ( $P < 0.05$ ) in 86 and 34 %, less than total production costs, thus causing a net production cost reduction per milk and beef unit of 73 and 67 %, respectively (equations 6,7,8,9).

Not all producers take up the whole package, therefore it is necessary to investigate which is the percentage that does, as adoption technology is made up by adoption lag and maximum adoption. In accordance with the variance test applied to data captured in a survey of GGAVATTs, by year 7 ( $P < 0.05$ ) producers use most of the technology (Table 2). Therefore, 7 years was considered as the adoption lag. Maximum adoption is then considered as 100 % to estimate potential benefits.

In Table 3, information for an estimate of economic benefits for both milk and beef is presented. ReTRO and RreMex milk and beef supplies were matched to demand to fulfill one the assumptions of the ES model. In ReTRO, beef production is of more importance than that of milk, 41 and 19 % of total production, respectively. Also, in Table 3, price reductions for beef and milk are shown, taking into consideration a 100 % technology adoption rate. In a SNICE scenario, this reduction would have been of 18 and 13 % for beef and milk respectively from current values. In this case

Cuadro 3. Información para estimar los beneficios económicos de la tecnología bovina de doble propósito

Table 3. Pertinent data for an economic benefits estimate of dual-purpose cattle technology

	Milk (fresh)	Beef (carcass)	Source
Supply elasticity	0.98	0.56	(22)
Demand elasticity	0.22	0.17	(23) y (24)
Production in Tropic*	1341100	513636	(12)
Production in rest of Mexico*	6285000	799215	(12)
Total demand*	7626100	1312851	(12)
Prices paid to producers**	1150	8011	(12)
Prices paid to producers in the US***	992	7672	(25)
Changes in productivity per cow = E(Y), %	111.2	58.0	Table 1
Changes in costs owing to E(Y), %	113.0	103.0	Equation 7
Input cost increases per cow, %	85.7	34.0	Table 1
Input cost changes per produced unit, %	41.0	21.0	Equation 9
Net cost reduction per produced unit, %	73.0	81.0	Equation 10
Price reduction, %	13.0	18.0***	Equation 4

\* Averages for 1990-2000, milk in '000 liters and beef in metric tons.

\*\* Averages for 1990-2000, values deflated through the producers' price index (1994=100), milk in \$/1000 liters and beef in \$/ton.

\*\*\* Averages for 1985-1995, values in 1994 pesos, converted at a 1US\$=\$MX 3.50 exchange rate, milk in \$/1000 liters and beef in \$/ton.

adopción de tecnología del 100 % y bajo el escenario de PECE, esta reducción sería del 13 y 18 % del precio actual; con esta reducción saldrían beneficiados los consumidores, ya que podrían comprar más cantidad de leche, también se beneficiarían los productores de la ReTro, dado que no obstante la reducción del precio, venderían más leche porque se incrementaría su producción; en cambio los que saldrían perjudicados serían los productores de la RreMex, ya que al no poder utilizar la tecnología bovina de doble propósito sus niveles actuales de producción permanecerían constantes, pero como el precio de la leche se reduce, obtendrían menos ingresos (Figura 3). Al sumar tanto los EP como los EC, el país saldría ganando 4,552 millones de pesos por año.

Bajo el escenario de PINEA, no hay cambio de precio, por lo tanto sólo se benefician los productores de la ReTro que adoptan la nueva tecnología, como se puede ver en la Figura 3, sumando los excedentes de leche y carne el país saldría ganando 5,270 millones de pesos anuales; este incremento se debe a que los productores venden más producto al mismo precio.

consumers would benefit, spending less for the same amount of goods, but also ReTRO producers would benefit, because, even with a lower price, an increase in production would more than compensate this reduction. Producers in RreMex would lose out, being unable to profit from dual-purpose cattle technology, therefore not enjoying an increase in production to compensate lower prices (Figure 3). When PS and CS are added, the country would be some 4,552 million pesos better off.

In the other scenario (SNIOE), no price changes are to be expected, and only ReTRO producers who adopt the new technology would benefit (Figure 3). When milk and beef surpluses are added the country would be some 5,270 million pesos better off. This is because producers sell more milk at the same price.

Investment estimates of amounts needed to create and transfer technology are shown in column 5 in Tables 4 and 5. The technology creation budget is less than 5 % of the technology transfer budget, and both variables don't remain constant throughout the period being considered.

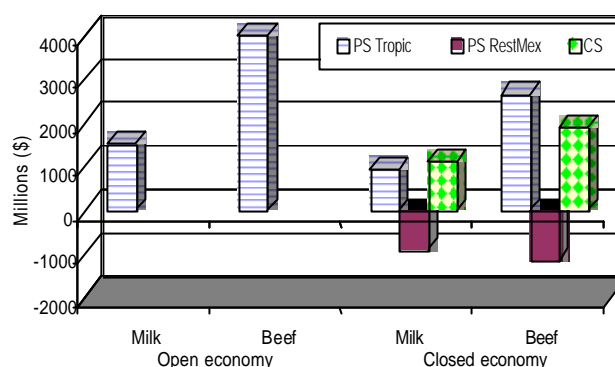
## BENEFICIOS ECONÓMICOS DE TECNOLOGÍA EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

Las estimaciones de las inversiones realizadas para generar y transferir la tecnología se presentan en los Cuadros 4 y 5 ; se aprecia que el presupuesto destinado a la generación de tecnología representa un porcentaje menor del 5 % con respecto al destinado a la promoción de la misma, también se aprecia que ninguna de estas dos variables presenta un comportamiento constante a través del tiempo.

En el Cuadro 4 se presentan los beneficios netos económicos que se obtendrían bajo el escenario PINEA, considerando una adopción de tecnología de 100 %. Se contempla un periodo de 27 años: 10 para generarse la tecnología, en ese periodo sólo hay inversiones; 7 años de retraso en la adopción, en este periodo empieza a haber beneficios resultado de la utilización de la tecnología; estos beneficios se incrementan año con año, porque la adopción máxima se incrementa hasta llegar a 100 % en el año 7 (2002), pero

Figura 3. Excedentes del productor (EP) y consumidor (EC) derivados de la tecnología bovina de doble propósito, asumiendo una tasa de adopción del 100%

Figure 3. Producers' (PS) and consumers (CS) surplus derived from dual-purpose cattle technology, considering a 100% adoption rate



Source: Calculated with equations 11, 12 and 13.

Cuadro 4. Estimación de los beneficios económicos de la tecnología bovina de doble propósito, bajo el escenario de país pequeño, importador neto, economía abierta y considerando una adopción de 100 %

Table 4. Economic benefits estimates for dual-purpose cattle technology, considering a 100% adoption rate for a small, net food importer, open economy country

Year	Benefit (\$ x 10 <sup>6</sup> )			Investment** (\$ x 10 <sup>6</sup> )	Net Benefit (\$ x 10 <sup>6</sup> )
	Milk*	Beef*	Total		
1986	0.0	0.0	0.0	31.7	-31.7
1987	0.0	0.0	0.0	27.5	-27.5
1988	0.0	0.0	0.0	22.4	-22.4
1989	0.0	0.0	0.0	26.2	-26.2
1990	0.0	0.0	0.0	25.1	-25.1
1991	0.0	0.0	0.0	26.9	-26.9
1992	0.0	0.0	0.0	27.9	-27.9
1993	0.0	0.0	0.0	31.6	-31.6
1994	0.0	0.0	0.0	30.2	-30.2
1995	0.0	0.0	0.0	22.6	-22.6
1996	146.6	473.7	620.3	233.5	386.8
1997	307.5	977.4	1284.9	257.1	1027.8
1998	482.6	1510.9	1993.5	244.8	1748.8
1999	672.1	2074.4	2746.4	272.6	2473.8
2000	875.7	2667.7	3543.5	247.0	3296.5
2001	1093.7	3291.0	4384.7	322.2	4062.5
2002	1325.9	3944.2	5270.1	322.2	4947.8
2003-12	1325.9	3944.2	5270.1	322.2	4947.8

\* Obtained through equations 11, 12 and 13.

\*\* The first 10 data rows are those of 10 % of INIFAP's budget<sup>(18,19,20)</sup>, subsequent data rows are those of 47% of the Alianza para el Campo livestock budget for the tropical states of México<sup>(20,21)</sup>. Values deflated through the producers' price index (1994=100).

también hay inversiones, porque se inicia la promoción de la tecnología a través de los programas de Alianza para el Campo; y 10 años más de uso antes de que la tecnología sea sustituida por una nueva. Con los beneficios netos obtenidos en este escenario y aplicando una tasa de descuento de 10 % se obtiene un VAN de 10,120 millones de pesos y una TIR de 51 % (Figura 4).

En el cuadro 5 se presenta la información para el escenario de PECE, y se aprecia que los resultados del beneficio neto son menores en este escenario, lo cual propicia que el VAN sea de 8,874 millones de pesos y la TIR de 50 % (Figura 4).

En ambos escenarios se asumió una tasa de adopción de tecnología de 100 %, situación difícil de obtener, por lo tanto se estimó una tasa de adopción de equilibrio que permita saber cuál sería el nivel máximo de adopción donde las inversiones se recuperan con un retorno del 10 %, que es la tasa de descuento asumida; esta tasa de adopción fue de 10 y 11 % para los escenarios PINEA y PECE respectivamente.

## DISCUSIÓN

El comportamiento de la reducción del costo de producción, permite ver que cuando se aplica nueva tecnología, si bien la productividad se incrementa, los costos de producción también se incrementan, esta situación es normal, porque la nueva tecnología considera la utilización de ganado con mejor calidad genética y praderas mejoradas, con mayor potencial productivo, pero también requieren de más insumos, para darle un mejor manejo al ganado y mantenimiento a la pradera<sup>(7)</sup>. Como el incremento en productividad es mayor que el de costos, se tiene una reducción neta del costo por unidad producida, de 73 y 81 % para leche y carne respectivamente, cifra mayor a la obtenida en Nicaragua, Costa Rica y Perú con ganado de doble propósito, que fluctúa entre 13 y 37 %<sup>(26)</sup>, lo cual permite ubicar la ventaja de usar esta nueva tecnología.

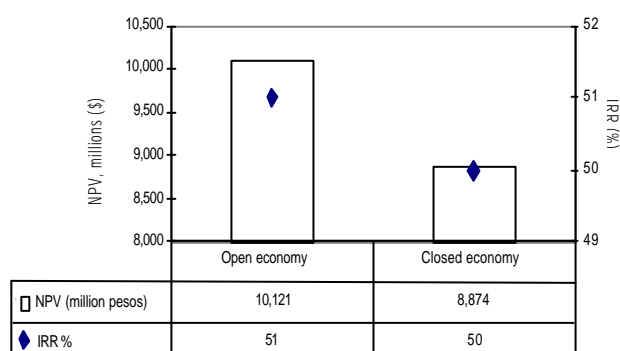
La adopción de tecnología está determinada a su vez por el retraso en la adopción y la adopción

In Table 4, economic benefits to be obtained in the SNIOE scenario are shown, considering a 100 % technology adoption. A 27 year period is shown, a first phase of 10 years for technology creation, in which only investments are taken in consideration (column 5), a second 7 year phase which corresponds to technology adoption lag, in which some income due to technology is considered, which increases from year to year till a 100 % adoption at year 7 (2002), but also investments are considered as technology promotion starts through the Alianza para el Campo program, and a final 10 year phase is considered also till a newer technology replaces this one. Taking into account the net benefits obtained in this scenario and a 10 % interest rate, a 10,120 million pesos NPV and a 51 % IRR are obtained (Figure 4).

In Table 5 information referred to the other scenario (SNICE) is shown. Net benefits are lower than in the previous scenario (SNIOE), showing a 8,874 million pesos NPV and a 50 % IRR (Figure 4). In both scenarios a 100 % technology adoption rate, practically impossible to achieve was considered. Due to this, an equilibrium adoption

Figura 4. Rentabilidad de la inversión destinada a la generación y promoción de la tecnología bovina de doble propósito, asumiendo una tasa de adopción del 100 %

Figure 4. Profitability of dual-purpose cattle R&E investment considering a 100% adoption rate



Source: Obtained through equations 14 and 15.

NPV = Net present value.

IRR = Internal rate of return.

BENEFICIOS ECONÓMICOS DE TECNOLOGÍA EN BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

Cuadro 5. Estimación de los beneficios económicos de la tecnología bovina de doble propósito, con el escenario de país pequeño, economía cerrada y considerando una adopción de 100 %

Table 5. Economic benefits estimates for dual-purpose cattle technology, considering a 100% adoption rate for a small, net food importer, closed economy country

Year	Benefits (\$ x 10 <sup>6</sup> )			Investment** (\$ x 10 <sup>6</sup> )	Net Benefit (\$ x 10 <sup>6</sup> )
	Milk*	Beef*	Total		
1986	0.0	0.0	0.0	31.7	-31.7
1987	0.0	0.0	0.0	27.5	-27.5
1988	0.0	0.0	0.0	22.4	-22.4
1989	0.0	0.0	0.0	26.2	-26.2
1990	0.0	0.0	0.0	25.1	-25.1
1991	0.0	0.0	0.0	26.9	-26.9
1992	0.0	0.0	0.0	27.9	-27.9
1993	0.0	0.0	0.0	31.6	-31.6
1994	0.0	0.0	0.0	30.2	-30.2
1995	0.0	0.0	0.0	22.6	-22.6
1996	162.1	480.0	642.1	233.5	408.6
1997	324.9	962.1	1287.0	257.1	1029.9
1998	488.2	1446.3	1934.5	244.8	1689.7
1999	652.3	1932.5	2584.8	272.6	2312.2
2000	816.9	2420.9	3237.8	247.0	2990.8
2001	982.2	2911.3	3893.5	322.2	3571.3
2002	1148.2	3403.8	4552.0	322.2	3571.3
2003-12	1148.2	3403.8	4552.0	322.2	3571.3

\* Obtained through equations 11, 12 and 13.

\*\* The first 10 data are those of 10 % of INIFAP's budget<sup>(18,19,20)</sup>, subsequent data are those of 47% of the Alianza para el Campo livestock budget for the tropical states of México<sup>(20,21)</sup>. Values deflated through the producers' price index (1994=100).

máxima. El valor de 7 años encontrado en la primera variable, permite ver que las prácticas tecnológicas recomendadas no son asimilables inmediatamente, situación lógica si se toma en cuenta que la producción de leche y carne de bovino es un proceso de mediano plazo, dado que se requiere de 3 años desde que nace un becerro hasta que empieza a producir leche, más otros 4 años por lo menos de vida útil productiva de ese animal<sup>(27)</sup>. El resultado obtenido coincide con los estudios previos de retraso en la adopción que fluctúan de 4 a 8 años<sup>(15)</sup>.

Los resultados del VAN y TIR obtenidos, asumiendo una adopción de 100 % son cercanos a 9 mil millones de pesos y al 50 % respectivamente, que si bien es un valor bajo al compararlo con el promedio obtenido en evaluaciones ex ante de tecnología<sup>(6)</sup>,

rate was estimated which allows to calculate the maximum adoption rate in which investments are recovered with a 10 % rate of return which is equal to the interest rate. This equilibrium adoption rate was 10 and 11 % respectively for the open and closed economy scenarios.

## DISCUSSION

Cost of production performance shows that when a new technology is used, even though productivity increases, total production costs also increase. This is to be expected, because the new technology involves the use of improved cattle and pastures with higher production potential, but also of more inputs for better management of cattle and pastures<sup>(7)</sup>. As increases in productivity are higher than of costs, unit production costs diminish, 73

es superior a los obtenidos en evaluación de tecnología de manejo del trigo (*Triticum aestivum* L) en el valle del Yaqui<sup>(17)</sup> y con ganado bovino en la India<sup>(15)</sup>. Como no se encontraron estudios de adopción de tecnología que permitan predecir los beneficios económicos, se estimó la tasa máxima de adopción de tecnología que rendiría un retorno aceptable del 10 %, cuyo resultado es de entre 10 y 11 %. Esto indica que la nueva tecnología bovina de doble propósito sería rentable, si la adoptaran más del 11 % de los productores, situación muy factible de alcanzarse si se toma en cuenta que la adopción de un componente tecnológico mencionada en sistemas bovinos es superior al 30 %<sup>(14)</sup>.

Al analizar los dos escenarios estudiados, se aprecia que en el caso de PINEA, los resultados obtenidos son mejores que en el caso de PECE, debido a que no hay efectos negativos ni en productores ni en consumidores. Los beneficiados con la tecnología serían los productores de la región tropical porque venderían más producto al mismo precio; de prevalecer este escenario y si hubiera una adopción mayor de tecnología, también el país se vería beneficiado, porque se reducirían las importaciones, lo cual coincide con los objetivos de política económica<sup>(28)</sup>.

En el caso del escenario de PECE, si bien no es una situación real, los resultados permiten predecir qué pasaría en caso de una mayor intervención por parte del Estado. Se puede ver que los resultados son menores al escenario de PINEA; además, la distribución de los beneficios cambia, porque en una economía cerrada, al haber un incremento en la producción y bajo el supuesto de mantener los demás factores constantes, el precio local bajaría, lo que beneficiaría a los consumidores y a los productores de la región tropical, pero se perjudicaría a los productores del resto del país.

Los resultados obtenidos, para el caso del escenario de PINEA, permiten ver que las inversiones para generar y transferir la tecnología bovina de doble propósito son rentables y que los beneficiados con dicha tecnología, son los productores que la utilizan.

and 81 % for milk and beef, respectively. These results are better than those obtained in Nicaragua, Costa Rica and Perú, which fluctuated between 13 and 37 %<sup>(26)</sup>.

Technology uptake is also determined by lag and maximum adoption. The 7 year value found in the first variable, allows to infer that the recommended techniques aren't immediately accepted or put into practice, mostly because beef and milk production are, at best, medium term processes. It takes 3 years for a she-calf to start producing milk, and longer to breed and produce a marketable steer<sup>(27)</sup>. The 7 year value obtained in this study lies well inside adoption lags of 4 to 8 years found in previous analyses<sup>(15)</sup>.

IRR and NPV values found in this study when a 100 % adoption was considered, some 50 % and 9,000 million pesos, respectively, could be considered as low when compared to those found in other ex-ante technology assessments<sup>(6)</sup>, but is higher than those found in a wheat (*Triticum aestivum* L.) management technology assessment in the Yaqui Valley<sup>(17)</sup>, and for cattle in India<sup>(15)</sup>. Because no technology adoption studies which allow predicting economic benefits were found, a maximum adoption rate which would yield a 10 % return on investment was estimated, which resulted in values which fluctuated between 10 and 11 %. This means that dual-purpose cattle technology R&E investment would be profitable if only 11 % of producers adopt it, which could easily be achieved because a new technology adoption rate mentioned for bovine systems is higher than 30 %<sup>(14)</sup>.

When the two scenarios are analyzed, SNIOE shows better results than SNICE, because no negative effects on consumers or producers can be perceived. Also, producers of the tropical region (ReTRO) would obtain higher benefits because through the sale of more produce at the same price. If this scenario prevails together with a high dual-purpose cattle technology adoption, the country would also benefit, because of lower imports, in coincidence with government's economic policy<sup>(28)</sup>.

The SNICE scenario doesn't reflect the current situation, but helps predict what would happen in



También los resultados obtenidos permiten predecir qué pasaría si se implementara una política que limitara el comercio exterior (escenario de PECE), donde se observa que los productores de la región no tropical de México serían afectados. Estos criterios ayudarán a los tomadores de decisión de política económica a responder preguntas tales como: a) ¿Quién debe pagar las inversiones para generar y transferir esta tecnología?, a la luz de los resultados obtenidos, quizás los productores deberían contribuir en el financiamiento a la investigación; b) ¿Si el estado debe seguir invirtiendo recursos para la investigación y transferencia de tecnología?, dado que esta inversión es rentable, c) ¿Qué tan conveniente es implementar políticas restrictivas al comercio internacional?. Las respuestas a estas preguntas rebasan el ámbito de este estudio, sin embargo, los resultados apoyarían la toma de decisiones.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los retornos económicos a las inversiones en investigación y extensión para ganadería bovina de doble propósito en México serían altos si hubiera una adopción de tecnología del 100 %. Con una tasa de adopción de esta tecnología del 10 % se recuperan los gastos realizados para generar y promover tecnología bovina para doble propósito. El método de excedentes económicos puede ser una alternativa para evaluar los beneficios potenciales de las tecnologías agropecuarias, sin embargo se requiere de información adicional, que el método por sí sólo no genera, como es el caso de la reducción neta del costo de producción, el retraso y la adopción máxima de tecnología, las elasticidades precio de los productos evaluados y tener un conocimiento de la estructura de mercado para determinar qué variante del método se tiene que usar, como fue el caso de este estudio, que se tuvieron que utilizar dos tipos de mercado, uno de economía abierta y uno de economía cerrada. De estos aspectos mencionados, los más importantes son la reducción neta del costo de producción y el retraso en la adopción de tecnología, dado que al no contar con esta información, no se podrían estimar los beneficios económicos de la tecnología evaluada.

case of a greater state intervention. Results are lower than those shown by the open economy setting. Besides, benefit distribution shifts, because in a closed economy, a price reduction in answer to an increase in supply is to be expected if other factors remain constant, thus benefiting consumers and producers of the tropical region but prejudicing those of the rest of the country.

Results of the SNIOE scenario show that R&E investments in dual-purpose cattle production systems are profitable and that it's main beneficiaries are those producers who adopt it. Results for the SNICE setting allow predicting what would likely happen if an interventionist foreign trade policy were implemented, especially that producers outside the tropical area of Mexico (RreMex) would be prejudiced.

These criteria could be helpful for policy makers because they could be useful to solve questions such as: a) Who should pay for R&E investments in this technology?, taking into account these results, should producers contribute to funding?; b) Should the State keep on funding technology R&E?; c) Are restrictive foreign trade policies convenient?. Answers to these questions lie outside the scope of this study, however it's results would be useful for decision making.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Economic returns on dual-purpose cattle R&E investments in Mexico are high when considering a 100 % adoption rate. With only a 10 % adoption rate, dual-purpose cattle R&E investments could be recovered. The economic surplus method could be a valid alternative for assessment of potential benefits of agricultural technologies, however, more information, which is not generated by the method *per se*, is required. Data on production cost reduction, technology maximum and lag adoption, price elasticity and market structure fall into this category, and help determine which variant of this method should be used, as was the case of this study, in which two market structures (SNIOE and SNICE) were analyzed. In that respect, cost of production reduction and technology adoption lag

## LITERATURA CITADA

1. CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Indicadores de actividades científicas y tecnológicas. México, DF: CONACYT; 1999.
2. Tapia NA. Agricultura: empresas proveedoras y agroindustrias. En: Corona TL Coord. Cien empresas innovadoras en México. México. Ed Porrúa-UNAM. 1997;183-198.
3. Espinosa GJA. Evaluación ex-ante de los efectos económicos de la tecnología bovina de doble propósito en la región del Golfo Centro [tesis doctoral]. Texcoco, Méx: Colegio de Postgraduados; 1998.
4. Horstkotte-Wessler G, Maredia M, Byerlee D, Alex G. Ex-ante economic analysis in agricultural knowledge & information systems (AKIS) projects. Good Practice Note. The World Bank. Washington DC. 2000.
5. Alston JM, Norton GW, Pardey PG. Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. 1<sup>st</sup> ed. Ithaca, NY, USA: Cornell University Press; 1995.
6. Alston JM, Marra MC, Pardey PG, Wyatt TJ. Research returns redux: a meta analysis of the returns to agricultural R&D. *Aust J Agr Res Econ* 2000;44(2):185-215.
7. INIFAP-PRODUCE. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. El modelo GGAVATT, una estrategia para incrementar la producción pecuaria. Veracruz, Ver. Folleto Técnico Núm. 1. 1996.
8. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectivas de la producción de leche en México, 1990-2000. Disponible en [HTTP://www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
9. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. GGAVATT exitosos. Publicación Técnica No. 1. México, DF: INIFAP-SAGAR; 2000.
10. Sadoulet E, De Janvry A. Quantitative development policy analysis. 1<sup>st</sup> ed. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press; 1995.
11. Harberger AC. Three basic postulates for applied welfare economics: An interpretative essay. *J Econ Liter* 1971;9(3):785-97.
12. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de información agropecuaria de consulta. México, 2001. Disponible en [HTTP://www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
13. Qaim M. Potential benefits of agricultural biotechnology: an example from the Mexican potato sector. *Rev Agr Econ* 1999;21(2):390-408.
14. Kristjanson P, Rowlands J, Swallow B, Kruska R, de Leeuw P, Nagda S. Using the economic surplus model to measure potential returns to international livestock research. The case of trypanosomosis vaccine research Nairobi, Kenya. Impact Assessment Series 4. ILRI. 1999.
15. Kristjanson P, Zerbini E. Genetic enhancement of sorghum and millet residues fed to ruminants. An ex-ante assessment of returns to research. Nairobi, Kenya. Impact Assessment Series 4. ILRI. 1999.
16. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México, 1990-1998. Disponible en [HTTP://www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
17. Traxler G, Byerlee D. Crop management research and extension: The products and their impact on productivity. México D.F. Economics Paper No. 5: CIMMYT. 1992.
18. OCDE. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. Examen de las políticas agrícolas de México: políticas nacionales y comercio agrícola. Paris, Francia. 1997:234.
19. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Programas de investigación, 2001. Disponible en [HTTP://www.inifap.conacyt.mx](http://www.inifap.conacyt.mx)
20. Presidencia de la República. Anexo estadístico del 1er Informe de Gobierno del Presidente Vicente Fox Quesada, 2001. Disponible en [HTTP://www.presidencia.gob.mx](http://www.presidencia.gob.mx)
21. FAO-SAGARPA. Food and Agricultural Organisation of the United Nations- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Agriculture and Food. Evaluación Alianza para el Campo 2000. Disponible en [HTTP://www.evaalianza.org.mx](http://www.evaalianza.org.mx)
22. Espinosa GJA, Matus GJA, Martínez DMA, Santiago CMJ, Román PH, Bucio AL. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 2000;(34):661-661.
23. Reyes OP. Competitividad de la carne de bovino en México. Ganadores y perdedores. *El Trimestre Económico* 1996;LXIII(4)252:1309-1365.
24. Fonseca MR, Matus GJA, Sánchez SJL, García MR. Un modelo econométrico del mercado de la leche bovina en México, 1970-88. *Agrociencia, Serie Socioeconomía* 1991;2(2):43-54.
25. FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Agriculture and Food Trade database, 2002. Disponible en [HTTP://www.fao.org](http://www.fao.org)
26. Holmann F. Ex-ante analysis of new forage alternatives for farms with dual-purpose cattle in Peru, Costa Rica, and Nicaragua. *Agr Systems* 1999(66):113-136.
27. Gittinger JP. Economic analysis of agricultural projects. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1982.
28. Presidencia de la República. Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. Disponible en [HTTP://www.presidencia.gob.mx](http://www.presidencia.gob.mx)

*End of english version*