



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONOMICO-ADMINISTRATIVAS
DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN OVINA

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

MC. CATALINA GRACIELA BARRIOS SÁNCHEZ

**Bajo la supervisión de: DRA. LETICIA MYRIAM SAGARNAGA
VILLEGAS**



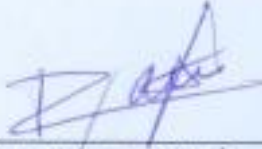
Chapingo, Estado de México, diciembre de 2021

ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN OVINA

Tesis realizada por CATALINA GRACIELA BARRIOS SÁNCHEZ bajo la supervisión del Comité Asesor Indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR: 
DRA. LETICIA MYRIAM SAGARNAGA VILLEGAS

ASESOR: 
DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR: 
DR. JOSÉ MARÍA SALAS GONZÁLEZ

ASESOR: 
DR. GERÓNIMO BARRIOS PUENTE

LECTOR EXTERNO: 
DR. JUAN MANUEL VARGAS CANALES

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Preguntas de investigación.....	4
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	7
1.5. Hipótesis.....	8
1.6 Estructura del documento	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1. Panorama internacional de la ovinocultura	9
2.2. Mercado mundial.....	10
2.3. Panorama nacional de la ovino-cultura	13
2.4. Panorama estatal	14
2.5. Consumo en México.....	15
2.6. Mercado nacional.....	16
2.7. Revisión teórica.....	16
2.7.1. Teoría del valor	17
2.7.2. Teoría de la escasez	18
2.7.3. Teoría de la producción.....	19
2.7.4. La función de producción.....	19
2.7.5. Producto medio y marginal	20
2.7.6. Teoría de Costos	22
2.7.7. Costo Medio y Costo Marginal	26
2.7.8. Matriz de Análisis de Política.....	27
2.7.9. Programación Lineal	27
2.7.10. Teoría de la dualidad.....	33
2.7.11. Paneles de productores (Técnica Delphi)	35
2.8. Literatura citada	38

3. VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DE UNIDADES REPRESENTATIVAS DE PRODUCCIÓN OVINA	41
Resumen	42
Abstract	43
Introducción	43
Materiales y Métodos	46
Resultados y discusión	50
Conclusiones	57
Literatura citada	58
4. RENTABILIDAD PRIVADA, COMPETITIVIDAD E IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN OVINA EN EL ESTADO DE MÉXICO	62
Resumen	62
Abstract	63
Introducción	63
Materiales y métodos	66
Resultados	74
Conclusiones	82
Literatura citada	84
5. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICO-AMBIENTAL EN LA OVINOCULTURA	89
Resumen	89
Abstract	90
Introducción	90
Materiales y Métodos	92
Resultados	99
Conclusiones	106
Literatura citada	107
6. CONCLUSIONES GENERALES	108

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CARNE DE OVINO, 2003-2018 (MILES DE TON).....	10
FIGURA 2. FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN, PRODUCTO MEDIO Y PRODUCTO MARGINAL.....	22
FIGURA 3. CURVAS DE COSTO TOTAL, MEDIO Y MARGINAL.....	26
FIGURA 4. ISOCUANTA NEOCLÁSICA E ISOCUANTA DE LEONTIEF	30
FIGURA 5. ISOCUANTAS, FUNCIONES DE PRODUCCIÓN DE LEONTIEF.	95
FIGURA 6. RESULTADO DE OPTIMIZACIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO EN LINDO	104
FIGURA 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO CON AUMENTO DE RECURSOS EN LINDO	105
FIGURA 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO CON PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNE DE OVINO, 2018.	13
TABLA 2 PRINCIPALES MUNICIPIOS PRODUCTORES DE OVINO EN EL ESTADO DE MÉXICO, 2018.	14
TABLA 3. TIPOLOGÍA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.	24
TABLA 4. PARÁMETROS TÉCNICOS	51
TABLA 5. PRESUPUESTO FINANCIERO 2018. (\$/VIENTRE)	53
TABLA 6. COSTOS ECONÓMICO, FINANCIERO Y FLUJO NETO DE EFECTIVO (\$ POR VIENTRE)	55
TABLA 7. PRECIOS OBJETIVO	56
TABLA 8. PRECIOS DE EQUILIBRIO (\$/KG)	56
TABLA 9. MATRIZ DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS MODIFICADA.	72
TABLA 10. PARÁMETROS TÉCNICOS DE UP OVINA. ESTADO DE MÉXICO. 2018.	76
TABLA 11. RENTABILIDAD ECONÓMICA PRIVADA DE UP OVINA, ESTADO DE MÉXICO, 2019. (PESOS TOTALES AL AÑO POR KILOGRAMO)	81
TABLA 12. MODELO DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN OVINA.	103

ABREVIATURAS USADAS

AAEA: American Agricultural Economics Association Task Force, Grupo de trabajo de la Asociación Americana de Economía Agrícola.

AFPC: The Agriculture & Food Policy Center, Centro de Política Agrícola

BM: Borregos de engorda enviados al mercado.

CONACyT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

C/A: Ciclos por Año.

CEPAL:

CIESTAAM: Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.

CMg: Costo marginal

CT: Costo total

EMOV80: Estado de México, Ovinos, 80 vientres en producción.

EMOV40: Estado de México, Ovinos, 40 vientres en producción.

EMOV20: Estado de México, Ovinos, 20 vientres en producción.

EMOV10: Estado de México, Ovinos, 10 vientres en producción

ERS: Economic Research Service, Servicio de Investigación Económica.

FAO: Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FIRA: Fondos Instituidos en Relación con la Agricultura.

FOREMCYL: Fundación Formación y Empleo de Castilla y León.

GEI: Gases de Efecto Invernadero

LINDO: Linear Interactive Discrete Optimization

LP: Programación lineal

MAP: Matriz de Análisis de Políticas

MAPM: Matriz de Análisis de Políticas Modificadas

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PMg: Producto marginal

PMe: Producto medio

PT: Producto total

Q: Cantidad

RCP: Relación de costo privado

RHS: Right hand side

RRPM: Relación de rentabilidad privada

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

SEDAGRO: Secretaría de Desarrollo Agropecuario.

SIACON: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta.

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SICEC: Sistema de Información de Costos, Eficiencia y Competitividad de los Sistemas Pecuarios en México.

SINIGA: Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado.

TIF: Rastro Tipo Inspección Federal.

TM: Tasa de Mortalidad.

TMST: Tasa media de sustitución técnica

TP: Tasa de Prolificidad.

UACH: Universidad Autónoma Chapingo.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

UPP: Unidad de Producción Pecuaria.

UPR: Representative Unit of Production, Unidad Representativa de Producción.

URP: Unidad Representativa de Producción.

USDA: United States Department of Agriculture, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

VAP: valor agregado a precios privados

VP: Vientres en producción.

WMO: World Meteorological Organization, Organización Meteorológica Mundial.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a todas las personas que han formado parte de mi vida, aunque la gran mayoría no se encuentre presentes. Todos y cada uno de los profesores, compañeros, alumnos, amigos compañeros y familiares, pues gracias a todos ellos y al conocimiento que me han dejado, ha fortalecido mi vida y mi aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el financiamiento a los estudios de posgrado realizados en la UACH.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por permitirme formar parte de su matrícula como estudiante, por darme la oportunidad de formar mi vida profesional dentro y fuera de sus aulas.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Catalina Graciela Barrios Sánchez

Fecha de Nacimiento: 28 de julio de 1987

Lugar de nacimiento: Iztapalapa, Distrito Federal

CURP: BASC870728MDFRNT07

Profesión: Licenciado en Ingeniería Agroindustrial

Desarrollo académico

Bachillerato Preparatoria Agrícola de la UACH 2003 - 2005

Licenciatura Ingeniería Agroindustrial de la UACH 2005 – 2010

Cedula Profesional: 10445633

Maestría Maestra en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales de la División de Ciencias Económico Administrativas de la UACH 2015 – 2017

Cedula Profesional de Maestría: 11321564

RESUMEN GENERAL

La producción ovina se concentra en la zona centro de México, siendo el Estado de México líder histórico en producción.

Los objetivos fueron conocer la rentabilidad de la actividad, así como conocer un plan óptimo de rebaño para productores tipo. Se realizó un análisis económico y financiero de unidades de producción. Fue necesario hacer la evaluación sobre la competitividad, eficiencia e impacto ambiental que presenta el sector ovino. Mediante programación lineal, se diseñó un plan de producción que maximiza el ingreso de los productores, bajo los parámetros técnicos vigentes y restricciones de mano de obra y capital a las que están sujetas las unidades de producción.

Las unidades de producción presentan problemas de liquidez, descapitalización y dependencia de otras actividades productivas. La producción ovina carece de competitividad en el mercado nacional, no cubren el costo de los insumos comerciables y el impacto ambiental es negativo si se asumiera el costo de la huella hídrica (\$16.64/kg) y positivo para las emisiones de estiércol (\$8.76 a \$42.89 por kilogramo). La utilidad es negativa (-\$209 a -\$78), el valor agregado es negativo (-86.61 a -14.31). El tamaño mínimo de hato recomendado es de trece vientres en producción, se sugiere implementar política por servicio de pagos ambientales de pastoreo en la zona boscosa, reduciendo así los costos por alimentación, empleando la mano de obra excedente y reduciendo el riesgo de incendios en la zona.

Palabras clave: maximización de ingresos, costos de oportunidad, competitividad, plan óptimo de producción, impacto ambiental

General Abstract

Sheep production is concentrated in the central zone of Mexico, being the State of Mexico the historical leader in production.

The objectives were to know the profitability of the activity, as well as to know an optimal herd plan for typical producers. The economic and financial analysis of the production units was carried out. It was necessary to make an evaluation of competitiveness, efficiency, and the environmental impact. Using linear programming, a production plan that maximizes the income of producers was designed under the current technical parameters and restrictions to which the production units are subject to.

The production units present liquidity problems, decapitalization, and dependence on other productive activities. Sheep production lacks competitiveness in the national market, they do not cover the cost of marketable inputs and the environmental impact is negative if the cost of the water footprint is assumed (\$ 16.64 / kg) and positive for manure emissions (\$ 8.76 to \$ 42.89 per kilogram). The profit is negative (- \$ 209 to - \$ 78), the added value is negative (-86.61 to -14.31). The recommended herd size is thirteen bellies in production, it is suggested to implement a policy for grazing environmental payments in the forested

area, thus reducing feeding costs, using surplus labor, and reducing the risk of fires in the area.

Keywords: revenue maximization, opportunity costs, competitiveness, optimal production plan, environmental impact

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La economía es una ciencia que estudia cómo la sociedad administra los recursos escasos (Mankiw, 2012). Cuando la economía se aplica a la agricultura, se enfoca en los insumos y productos que se utilizan y se obtienen de esta actividad, así como su distribución. El sector agrícola juega un papel muy importante en el desarrollo de un país, puesto que es el encargado de ofertar los alimentos y materias primas para la industria, provee de fuerza laboral a otros sectores mediante el aumento de la productividad y funge como fuente de divisas mediante exportaciones. La economía agrícola desarrolla actividades de regulación que toman en cuenta las características de cada sector, para atender el conflicto por el uso de recursos y el impacto en el bienestar de productores y consumidores ante las medidas de política (Rosales, Apaza y Bonilla, 2004, pp.6).

Ante la liberación económica, las naciones incrementan el interés por la formulación y puesta en marcha de nuevas políticas y estrategias agrícolas, que permitan el fortalecimiento del sector primario y la conservación del medio ambiente y los recursos naturales (FAO, 2004, pp.11). Mediante el reforzamiento del sector agrícola, el Estado puede aproximarse al cumplimiento de la mayor parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a la que pertenece México. La agricultura es una herramienta clave en el combate de la pobreza rural y urbana, el combate al hambre, ejercerla de forma sostenible y eficiente es crucial para garantizar la oferta de alimentos y la conservación de los recursos naturales, así mismo del combate al calentamiento global.

Para la generación de políticas adecuadas para el sector primario, es necesaria la disponibilidad de información confiable, actualizada y oportuna, puesto que esta es una de las fallas más recurrentes en las actividades económicas del país. En general, se cuenta con información de tipo estadístico censal y en

otros casos se cuenta con información de ubicación geográfica de localización de empresas o de actividades económicas o con información de tipo sanitario en otras fuentes se puede encontrar información económica de tipo agregado como el valor total de la producción o el volumen total de producción, o bien información de intercambios comerciales pero este tipo de documentos no incluye información de tipo técnico y aún menos de tipo económico tal como costos de producción, utilidades y rentabilidad, viabilidad y competitividad, lo que lleva a la toma de decisiones basadas en información emanada de la percepción de la realidad, que tienen funcionarios de diferentes niveles de gobierno, mismas que suelen tener sesgos optimistas; o con la que tienen los productores, mismas que en general están sujetas a sesgos pesimistas (Trueta, Nava, López y Merino, 2013).

Por lo que; el investigador, debe llevar a cabo la recolección de la información deseada de forma eficiente, es decir, en un tiempo relativamente corto, con costos bajos, y la información debe ser representativa del lugar, zona o región productiva. Además del uso de técnicas analíticas que permitan una mejor toma de decisiones en cuanto a la producción de aquellas regiones, de acuerdo a las ventajas comparativas y competitivas, además de la simulación de diferentes panoramas de producción mediante la variación de coeficientes técnicos, recursos disponibles y alternativas tecnológicas.

La estimación de costos de producción en el sector agropecuario provee información básica e indispensable para la toma de decisiones tanto de los agricultores como de los diseñadores de políticas para el sector agrícola (Sagarnaga *et al.*, 2013; Figueroa *et al.*, 1991). La detección de las debilidades y oportunidades económicas en el proceso de producción, en base a la estimación de los costos de producción, permitirá hacer un análisis concreto de la situación actual de la producción ovina en el Estado de México.

Sagarnaga (2013) también menciona que en México no se realizan estudios sistemáticos de costos de producción; algunos organismos, como el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA, 2008) y los Fondos

Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), y en el pasado la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) han realizado esfuerzos aislados para estimarlos, especialmente para productos agrícolas y pecuarios. En estos análisis la información se ha recabado a partir de cuestionarios y encuestas, sin embargo, este tipo de instrumentos representa un fuerte gasto en la obtención de información y difícilmente se da seguimiento. En ninguno de los estudios mencionados utilizan los paneles de productores como técnica de colecta de información.

1.1. Planteamiento del problema

La ganadería mexicana, es un sector heterogéneo, en el cual el entorno económico nacional e internacional afectan de manera distinta a cada sistema de producción. Los sistemas familiares de producción pecuaria encuentran en los mercados locales, un refugio relativo de los vaivenes de los precios internacionales de los contratos estandarizados de insumos (*commodities*) agrícolas. Aunado a esto, los subsidios otorgados en México tienen una distribución dispar entre los distintos sistemas de producción, por tanto, un efecto diferenciado en la rentabilidad y el crecimiento de cada uno de ellos. Por otra parte, las fuertes variaciones anuales que se presentan en estos apoyos introducen incertidumbre a los productores, particularmente al tomar decisiones de inversión (Trueta, *et al.*, 2013).

El caso de la ovinocultura es una de las actividades que no escapa a dicha heterogeneidad, sin embargo, su importancia recae en el aspecto socioeconómico, puesto que es fuente de empleo, generalmente no remunerado, para aquellos sectores de la población menos favorecidos, es decir, a personas con niveles escolares y económicos bajos. Además, permite aprovechar los esquilmos de los cultivos, pastos y gramíneas nativas, y para los pequeños productores representan un sistema de ahorro un tanto riesgoso.

Mediante el aumento en la productividad de la ovinocultura, se contribuye a mejorar el bienestar de los productores, maximizando el ingreso neto, mediante el uso eficiente de los factores de producción y los insumos, reduciendo de esta

forma los costos de producción e incrementando su competitividad. La alimentación se muestra como uno de los rubros con mayor impacto en la estructura de costos de producción.

Ante la falta de información de costos de producción disponible en bases de datos o estudios, poco seguimiento se ha dado a estos, debido a la alta inversión requerida. Existen algunas bases de datos sobre costos, tal es el caso de Sistema de Información de Costos, Eficiencia y Competitividad de la Ganadería Nacional (SICEC) de la UNAM, sin embargo, se restringe a dar información representativa nacional, dejando de lado la representatividad que tenga por entidad federativa o incluso por región productiva.

Mediante el uso de Programación Lineal se buscan generar las bases para hacer recomendaciones a diferentes productores tipo con tamaño de hato típico, en el que el productor logre maximizar el ingreso neto mediante el uso óptimo de los factores de producción.

Mediante el uso de paneles de productores se busca obtener información representativa de las zonas de producción, esta debe ser consensuada entre los participantes, puesto que ellos son los expertos en su actividad, tienen información detallada sobre las técnicas, tecnología, costos, etc. Además de conocer la situación de la zona, los productores del área de estudio y los problemas que se suscitan en la región.

1.2. Preguntas de investigación

La presente investigación pretende responder cuatro preguntas de investigación. ¿La ovinocultura en el Estado de México es económica y financieramente viable?, en caso de no serlo, ¿Cuáles son aquellos aspectos técnicos, financieros y económicos que los productores de ovinos mexiquenses deberían mejorar?, ¿La ovinocultura es una actividad con impacto ambiental positivo o negativo?, ¿Es posible proponer un plan productivo que garantice la maximización del ingreso de los productores de ovinos del Estado de México de escala productiva baja?

1.3. Justificación

La falta de información documentada sobre la situación económica de los pequeños productores agropecuarios representa una limitación para los hacedores de política agrícola, cuestión que frena y restringe la toma de decisiones más adecuadas que permitan ayudar a todos aquellos pequeños productores. Sin embargo, los investigadores científicos se enfrentan a un problema bastante amplio, el cual, muchas veces frena la investigación de campo debido a la gran inversión que se debe hacer para la obtención de datos, debe hacer un gasto monetario bastante grande e invertir tiempo para encuestar a productores y capturar los datos obtenidos, o en su defecto contratan encuestadores y capturistas (cuando el tamaño de la muestra estadística lo requiere) los cuales representan un gasto muy elevado.

Es por esto, que el uso de herramientas científicas de recolección de datos de campo, como lo son los paneles de productores representa una ventana de oportunidad considerable, con la que se reducen los altos costos de investigación, tanto monetaria como de tiempo. Además de proporcionar información certera, concisa y actualizada de la situación económica de las unidades de producción tipo de la zona de estudio.

Este trabajo servirá para la recopilación de información de costos de producción ovina mediante la técnica de paneles de productores, su análisis e interpretación de los resultados fueron la base para determinar indicadores de competitividad mediante la Matriz de Análisis de Política Modificada (MAPM), en la cual se incluye una estimación económica del impacto ambiental que la actividad presenta. Posteriormente, mediante el uso de Programación Lineal, se estimó un plan óptimo de producción, en donde el productor puede maximizar los ingresos derivados de la venta de los productos y subproductos típicos de la explotación ovina.

Este estudio servirá de referencia para futuros estudios de costos de producción, determinación de la competitividad, impacto ambiental y planificación de producción agropecuaria, en donde se busque

representatividad de un área establecida, para productores que cumplan con las mismas características de producción (llámese tamaño de la producción, tecnología empleada, intensidad de la misma) y no sobre un área ampliamente heterogénea, en donde el uso de la media estadística no permite beneficiar a un gran número de productores con características particulares de las zonas de producción.

La modelación de las unidades representativas de producción permite hacer la abstracción de la realidad (simulación) mediante la estratificación de los productores, con muestras muy pequeñas, permitiendo la inclusión de unidades de producción situadas en las colas de la distribución normal y que generalmente son poco beneficiadas en la aplicación de política agrícola.

Por su parte, el uso de los indicadores estimados en la MAPM permitió identificar, si la inversión productiva obedece al nivel de competitividad de la actividad, la presencia de distorsiones en el mercado interno y en qué rubros se puede tomar acción para mejorar los niveles de competitividad encontrados. Así mismo, la estimación del impacto ambiental en la ovinocultura sentará las bases para plantear estrategias de mitigación de dichos efectos generalmente adversos al ecosistema.

En la actualidad los ovinocultores muestran costos de producción altos, que en algunos casos son mayores a los precios de venta, debido a diversos factores, dentro de los que están los precios de los insumos, por lo que los ingresos percibidos por dichos agentes económicos son muy bajos, nulos o incluso negativos.

Es por esto que, el planteamiento de distintos modelos de programación lineal dará una ventaja para aumentar el bienestar de los propietarios de dichas unidades de producción, mediante la simulación de distintos panoramas en los que se hagan variaciones en el tamaño, precio de insumos y coeficientes técnicos.

Mediante el plan productivo, derivado del análisis de programación lineal, la toma de decisiones se facilitará, puesto que se persigue la optimización de la producción a partir de la maximización de los ingresos, al mismo tiempo, se determinan aquellos factores de producción excedentes, que pueden ser empleados en otras actividades productivas que garanticen ingresos alternos a la unidad de producción.

A partir de la información obtenida en el presente estudio, el productor obtendrá herramientas para la toma de decisiones asertivas sobre su unidad de producción, facilitará, si así lo requieren, la toma de decisiones en conjunto como área de producción o grupo de productores organizados. Para los hacedores de política será de gran utilidad para llevar a cabo el tipo de política más adecuada y que potencie el bienestar de los productores y/o consumidores de la carne de ovino.

1.4. Objetivos

General

- Analizar la situación económica actual de las unidades de producción ovina del Estado de México.

Particulares

- Analizar la estructura de costos de las URP modeladas, estimar su viabilidad económica y financiera, y estimar su permanencia en el mercado a corto, mediano y largo plazo.
- Examinar la competitividad e impacto ambiental de las unidades de producción ovinas del Estado de México.
- Establecer un plan de producción que maximice los ingresos del productor mediante la explotación de su unidad de producción de baja escala
- Evaluar el impacto en el ingreso de los diferentes tipos de ovinocultores ante cambios en los componentes del sistema

- Determinar el ingreso máximo que la unidad de producción puede alcanzar mediante el uso óptimo de sus recursos.
- Definir el tamaño mínimo y la estructura de hato que se pueda mantener durante todo el año.

1.5. Hipótesis

Las unidades de producción ovinas son rentables en términos financieros debido a que los dueños de las unidades son poseedores de los factores de producción (mano de obra, tierra y capital), pero el costo de oportunidad de los factores antes mencionados no es completamente cubierto.

La ovinocultura mexiquense no es competitiva puesto que los precios de venta no cubren los costos de producción totales, la eficiencia productiva es baja y su impacto ambiental es negativo.

Mediante el análisis de programación lineal de las unidades de producción, se puede generar un plan de producción que garantice la maximización de los ingresos por la venta de los productos y subproductos en el mercado, aumentando el bienestar de los dueños de las unidades de producción.

1.6 Estructura del documento

En el capítulo 2, se hace una breve descripción sobre el marco de referencia de la ovinocultura a nivel nacional e internacional, se destacan los principales estados productores y consumidores, así como también los principales países exportadores e importadores de la carne de ovino. Posteriormente se enuncia el marco teórico, en donde se hace un acercamiento a la teoría del valor, teoría de la escasez, teoría de la producción, teoría de costos, matriz de análisis de políticas, programación lineal y los paneles de productores.

Posteriormente, en el capítulo 3, se presenta el manuscrito titulado, Viabilidad económica y financiera de unidades representativas de producción ovina, en donde, por medio de paneles de productores se modelaron dos unidades de producción de escala productiva diferente y se analizaron los parámetros técnicos, la estructura de costos, se plantearon tres escenarios distintos de

producción, y se determinaron los precios objetivo. Este manuscrito fue enviado a la Revista Geografía Agrícola de la UACH, y se encuentra en proceso de revisión.

En el capítulo 4, se muestra el manuscrito titulado, Rentabilidad privada, competitividad e impacto ambiental de la producción ovina en el Estado de México, en este artículo, se analizan cuatro estudios de caso de unidades de producción ovina con diferentes escalas productivas y tecnificación. Además, se proponen modificaciones en la metodología de la matriz de análisis de política incluyendo el análisis económico del impacto ambiental de la actividad. Dicho manuscrito, fue enviado y está en espera de revisión en la Revista Agrociencias del Colegio de Posgraduados.

En el capítulo 5, se presenta el manuscrito titulado, Optimización económico-ambiental en la ovinocultura, en donde, mediante programación lineal, se propone un plan productivo que garantice la maximización del ingreso de los productores de ovino.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En este apartado se presenta un reporte del estado que guarda la actividad ganadera en el mundo, a nivel nacional y estatal. Además de la revisión teórica y de investigación sobre la estimación de costos, análisis de políticas, paneles de productores y programación lineal.

2.1. Panorama internacional de la ovinocultura

A nivel mundial la producción de carne presentó un aumento del 1% llegando a un total de 317 millones de toneladas en 2016 (OCDE/FAO/UACH, 2017). De acuerdo con lo reportado por la FAO sobre la producción de carne de ovino, después del descenso del año 2017 del 0.37 por ciento con respecto al año anterior, en el 2018 hubo un incremento mundial del 2.67 por ciento con respecto al año previo, siendo de 9.788 millones de toneladas para 2018. Además, el inventario mundial para este mismo año fue de 1,209.47 millones de cabezas.

En 2018, los principales países productores de carne de ovino fueron China (24.75 por ciento), Australia (7.51 por ciento), Nueva Zelandia (4.81 por ciento), Turquía (3.70 por ciento), Argelia (3.32 por ciento), Irán (3.28 por ciento) y Reino Unido (2.95 por ciento), este agregado internacional proporciona el 50.32 por ciento del total de la producción mundial de carne de ovino. México por su parte aparece en el lugar número 34 con apenas 62.94 mil toneladas representando apenas 0.64 por ciento del total (FAO, 2020). En el periodo 2003-2018, la producción presentó tendencia positiva, la tasa de crecimiento media anual fue de 2.53 por ciento.

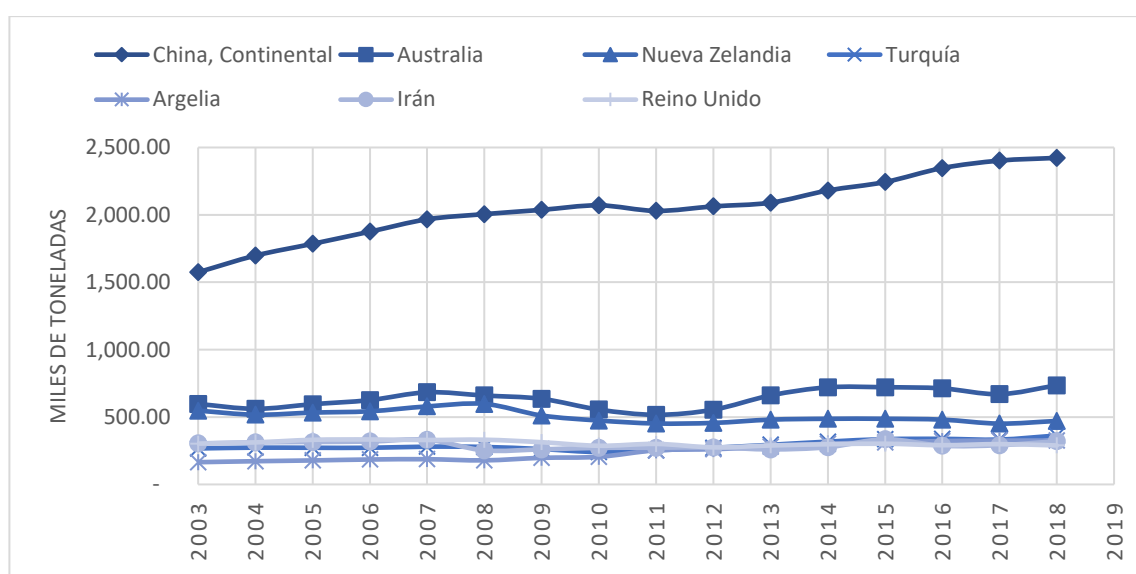


Figura 1. Producción Mundial de carne de ovino, 2003-2018 (miles de ton)

FUENTE: Elaboración propia con datos de FAO, 2020

2.2. Mercado mundial

En cuanto al comercio mundial de carne de ovino, los principales vendedores de carne en 2016 fueron Australia y Nueva Zelandia con 37.70 y 35.11 por ciento respectivamente, es decir, este par de países dominan las exportaciones de carne de ovino a nivel mundial con más del 70 por ciento del total. Por otro lado, los principales importadores son China, Francia, Reino Unido, Estados Unidos y Emiratos Árabes con 20.94, 8.33, 8.30, 8.20 y 4.26 por ciento respectivamente, este grupo recibió más del 50 por ciento de las importaciones.

México muestra una balanza comercial deficitaria en este rubro, puesto que sus importaciones son de 9,867 toneladas y ha realizado exportaciones puntuales que en total son tres toneladas; en otras palabras, México es importador neto de carne de ovino (OCDE/FAO/UACH, 2017).

En cuanto a las exportaciones de animales vivos, los principales países exportadores son Sudán, Rumania, Somalia y Australia con 28.05, 14.78, 12.52 y 10.83 por ciento respectivamente, dominando más del 66 por ciento del mercado mundial. Por el otro lado, los principales importadores de animales en pie son Arabia Saudita, Kuwait, Italia y Libia con 42.87, 7.08, 6.59 y 6.52 por ciento respectivamente, en conjunto importan el 63 por ciento del total mundial de exportaciones. En este rubro, México también muestra una balanza comercial deficitaria, en el año 2016, las importaciones fueron de 7,514 cabezas de ganado ovino, mientras que se exportaron solamente 163 animales vivos; por lo que también en este rubro es un importador neto (OCDE/FAO/UACH, 2017).

En el 2016, el comercio mundial de carne presentó una recuperación del 5 por ciento (30 millones de toneladas), en donde la carne de cerdo, aves de corral y bovino presentaron tendencia positiva de 9.0, 5.0 y 3.0 por ciento respectivamente, mientras que la carne de ovino tuvo tendencia negativa del 3 por ciento (OCDE/FAO/UACH, 2017).

Entre los países que aumentaron las importaciones de carne son China, Chile, Corea, México y la Unión Europea, Filipinas, por el contrario, los países con reducciones son Estados Unidos, Canadá, Australia, la Federación Rusa y Angola. Por otro lado, los países con aumentos en exportaciones de carne fueron Brasil, Unión Europea, Estados Unidos. Los que aumentaron sus exportaciones considerablemente son Argentina, Canadá, México, Nueva Zelanda y Paraguay. Mientras que se presentó una baja en las exportaciones de Australia, China, India, Sudáfrica y Turquía.

La FAO espera un escenario favorable para los productores, debido a la baja en los precios de los granos forrajeros y el supuesto de un clima estable, se espera

una reducción en los costos de producción, aportando cierta estabilidad a un sector caracterizado principalmente por precios altos y volátiles. Se espera que la producción de la carne de ovino tenga un crecimiento mundial de 2.0 por ciento anual.

Bobadilla (2017) menciona que las importaciones mexicanas de ovino en canal y en pie son originarias de Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá y Australia, en algunos años cada uno de estos países han aportado el cien por ciento de las importaciones, sin embargo, el mercado no es exclusivo de alguno de los países antes mencionados. Estados Unidos manda al mercado mexicano carne de borregas de deshecho, esto implica baja calidad en la carne importada a precios muy bajos los cuales hacen desplomar los precios internos.

Cervantes (2005) menciona que las importaciones de carne congelada acaparan un gran porcentaje del mercado nacional de la carne de borrego, alrededor del 62 por ciento del total nacional en el año 2002. Los cortes secundarios de menor valor son provenientes de Australia y Nueva Zelanda, castigando los precios de la canal de origen nacional y provocando rezago en el sector. La Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) ha realizado trabajos en el control de importaciones denunciando la subvaluación cometida por los importadores de carne congelada.

Mientras que el consumo de carne per cápita en algunos países industrializados es alto, en los países en desarrollo un consumo per cápita de carne inferior a 10 kg debe considerarse insuficiente y con frecuencia causa subnutrición y malnutrición. Asimismo, se estima que en el mundo más de 2 mil millones de personas sufren carencias de vitaminas y minerales fundamentales, en particular vitamina A, yodo, hierro y zinc. Dichas carencias se producen cuando las personas tienen un acceso limitado a alimentos ricos en micronutrientes como carne, pescado, frutas y hortalizas. (FAO 2014).

2.3. Panorama nacional de la ovino-cultura

De acuerdo con SIAP/SADER (2020), el inventario nacional de ovino en el año 2018 fue de 8.68 millones de cabezas, en donde, el Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Zacatecas y Oaxaca participan con el 53.39 por ciento del total.

Tabla 1 Producción nacional de carne de ovino, 2018.

No.	Estado	Producción (ton)	Participación (%)
1	México	9,067.61	14.41
2	Hidalgo	6,855.34	10.89
3	Veracruz	5,207.53	8.27
4	Zacatecas	4,650.71	7.39
5	Jalisco	4,389.64	6.97
6	Puebla	4,388.30	6.97
7	Tlaxcala	2,842.55	4.52
8	San Luis Potosí	2,557.66	4.06
9	Oaxaca	2,339.42	3.72
10	Guanajuato	2,294.10	3.64
11	Chiapas	1,701.58	2.70
12	Michoacán	1,545.55	2.46
13	Campeche	1,487.31	2.36
14	Tamaulipas	1,453.26	2.31
15	Chihuahua	1,419.31	2.26
16	Nuevo León	1,414.29	2.25
17	Guerrero	1,362.12	2.16
18	Sinaloa	1,305.84	2.07
19	Yucatán	1,016.73	1.62
20	Querétaro	1,007.92	1.60
21	Morelos	667.84	1.06
22	Coahuila	614.31	0.98
23	Aguascalientes	612.06	0.97
24	Sonora	522.77	0.83
25	Quintana Roo	467	0.74
26	Durango	415.22	0.66
27	Tabasco	291.93	0.46
28	Baja California	288.78	0.46
29	Ciudad de México	229.39	0.36
30	Nayarit	229.26	0.36
31	Baja California Sur	196.79	0.31
32	Colima	96.42	0.15
Total Nacional		60,938.53	100

FUENTE: Elaboración propia con datos de SIAP-SADER 2020

En la tabla 1, se observa que el porcentaje de participación en producción de carne de ovino, en estados como Puebla y Oaxaca se posicionan en el lugar sexto y noveno respectivamente en comparación con el lugar que poseen con

respecto al inventario (cuarto y sexto respectivamente), esto es evidencia del bajo rendimiento del ganado.

La tasa de crecimiento anual promedio de la producción nacional de ovinos en pie del periodo 2008-2018 fue de 1.91% y se ha mantenido estable durante la última década, mientras que en el Estado de México la tendencia es a la baja (1.50%), por otro lado, en estados como Zacatecas y Jalisco presentan tasas de crecimiento mayores al promedio nacional (4.81% y 6.16%). Esto es evidencia de que la producción ovina se está trasladando a estados en donde la rentabilidad de la actividad es mayor, puesto que los productores no saben en qué aspectos de la actividad deben innovar.

2.4. Panorama estatal

El Estado de México es caracterizado por ser líder productor de carne de ovino, en 2018 produjo 9.06 mil toneladas, en donde los principales municipios productores son Juchitepec, San José del Rincón, Acambay y Jocotitlán, participando con el 20.46 por ciento del total estatal. El Estado de México posee 125 municipios, sin embargo, más de la mitad de la producción estatal se concentra en 18 municipios (Tabla 2).

Tabla 2. Principales municipios productores de ovino en el Estado de México, 2018.

No.	Municipio	Producción (ton)	Participación (%)
1	Juchitepec	443.27	4.89
2	San José del Rincón	373.51	4.12
3	Acambay de Ruíz Castañeda	373.37	4.12
4	Jocotitlán	350.39	3.86
5	Ixtlahuaca	314.44	3.47
6	Villa del Carbón	305.32	3.37
7	Atlacomulco	269.95	2.98
8	Zinacantepec	254.81	2.81
9	San Felipe del Progreso	234.62	2.59
10	Almoloya de Juárez	234.07	2.58
11	Temascalcingo	233.12	2.57
12	Temoaya	194.93	2.15
13	Villa Victoria	187.86	2.07
14	Jilotepec	187.43	2.07
15	Amanalco	176.53	1.95
16	Jiquipilco	169.89	1.87
17	Villa de Allende	165.32	1.82
18	Donato Guerra	149.69	1.65

FUENTE: Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA, 2020

2.5. Consumo en México

De acuerdo con los datos reportados en el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), en el año 2017, la producción de carne de ovino fue de 61.60 mil toneladas. Según la FAO, las importaciones de carne de ovino para el mismo año fueron de 10.22 mil toneladas y las exportaciones apenas de catorce toneladas. El consumo aparente nacional se obtiene a partir de agregar la producción nacional con las importaciones, y se descuentan las exportaciones, por lo que el consumo aparente calculado fue de 71.81 mil toneladas de carne de ovino.

El consumo per cápita de carne de ovino es bajo en comparación con otras carnes como el pollo, res y cerdo, el consumo en 1970 fue de 464 gramos y en 2011 de 602 gramos, siendo en 2004 cuando mayor consumo per cápita se presentó con 1 kg coincidiendo con los años de mayor importación carne de esta especie (Bobadilla y Perea, 2014, como se citó en Bobadilla, 2017). Para calcular el consumo per cápita, se divide el consumo aparente nacional entre el total de la población para el año en cuestión, el consumo aparente per cápita nacional de carne de ovino fue de 575 g.

El 95 por ciento del consumo de la carne de ovinos se realiza en forma de barbacoa y el resto en cortes finos (Mondragón *et al.*, 2010), por su parte Molina (2005) y Cervantes (2005) mencionan que la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG) reportó que 98 por ciento del borrego producido es destinado al mercado de la barbacoa, mientras que el dos por ciento restantes es destinado a la comercialización en restaurantes y centros comerciales. El Estado de México es el principal acopiador, transformador, comercializador y consumidor de carne de ovinos en barbacoa a nivel nacional (Mondragón *et al.*, 2010), seguido de los estados de Hidalgo y Querétaro. (Bobadilla, 2017).

2.6. Mercado nacional

De acuerdo con Cervantes (2005), existen cuatro mercados mundiales principales para el cordero, incluyendo la carne congelada, el mercado religioso/étnico, el supermercado y el restaurante, en donde se pueden adquirir cinco tipos de carne diferentes: corderos de leche (15 a 30 kg de peso vivo, de seis a diez semanas de edad), corderos (menores a doce meses de edad), cordero adolescente (entre 1 y 1.5 años de edad), cordero maduro (mayores a 16 meses de edad) y borrego (mayores a 2 años de edad).

El mercado religioso o étnico se refiere a la comercialización de acuerdo a la raza y religión, debe ser sensible a las costumbres y culturas de los clientes, como las dietas, tal es el caso de los consumidores provenientes del Medio Oriente, en donde se prohíbe la participación de la mujer en ciertas actividades y la ingestión de alimentos no aptos para su consumo de acuerdo a su religión.

En las tiendas de menudeo, el cliente requiere de productos de calidad que la diferencia de las grandes cadenas de supermercados, en donde se tienen la capacidad de ofrecer cortes más específicos. En el mercado de mayoreo, se comercializa la canal, cortes primarios o sub-primarios.

En el mercado restaurantero, se abastecen cantidades pequeñas de carne, una o dos veces por semana, de manera constante durante todo el año, en ocasiones con productos “gourmet”.

En el mercado de carne de alta calidad, entran congeladores especializados, clientes étnicos, y compradores de medio mayoreo y restaurantes. En este tipo de mercado, se contemplan los nichos de mercado Gourmet y Orgánico.

2.7. Revisión teórica

En este capítulo, se hará referencia al estado del conocimiento con respecto la importancia de estimar los costos de producción y a su vez la viabilidad económica de una empresa, haciendo hincapié en la teoría del valor, la teoría de la escasez, la teoría de producción, teoría de costos, matriz de análisis de

política, programación lineal, paneles de productores y la problemática que tiene en sí la producción ovina en el Estado de México.

El análisis de la oferta debe considerar tres factores principales: La teoría del valor, la teoría de la producción (cómo se combinan los factores de producción para obtener los productos); el costo de la producción (cómo se determina el costo de la producción), y; teoría de la empresa (cómo se organiza la empresa) (Maddala y Miller, 1991, pp. 161).

2.7.1. Teoría del valor

De acuerdo con Adam Smith en su obra “Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones” (1776, título original en inglés: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*), la palabra valor tiene dos significados diferentes, estos son, el valor de uso y el valor de cambio. El primero hace referencia a la utilidad de algún objeto, mientras que el segundo, se refiere al poder de compra que se tiene por la posesión del objeto en cuestión (Smith, 1776).

Otro concepto al que hace mención Smith en dicha teoría es el trabajo, como la medida real del valor de cambio de todas las mercancías, puesto que permite la comparación entre mercancías con diferentes características físicas y valor de uso. Sin embargo, resulta más cómodo a la hora de intercambiar las mercancías, la comparación entre mercancías, que con el trabajo. Entonces surge la mercancía más importante para hacer este tipo de comparaciones, es decir, el dinero. Smith concluye que, el trabajo es el precio real de las mercancías, mientras que el dinero es el precio nominal (Smith, 1776).

Posteriormente, David Ricardo (1917), menciona que el valor de una mercancía depende también de la utilidad que esta posea, puesto que, si se careciera de ella carecería de valor por muy escasa que esta sea. Es decir, el valor surge de la escasez y la cantidad de trabajo que se requiere para obtenerla (Benllonch, 2016).

Por su parte, Carl Marx centra su teoría del valor, en donde enuncia que sólo el “trabajo vivo” crea valor y este es transferido a la mercancía a través de los medios productivos utilizados. Hace hincapié en los conceptos de valor de uso y valor de cambio. El primero se encuentra condicionado a las cualidades materiales de la mercancía, mientras que el segundo, se refiere a la relación cuantitativa durante el intercambio de mercancías. Aunado a esto, surgen dos elementos importantes en la teoría del valor, el tiempo de trabajo socialmente necesario y la fuerza productiva del trabajo (CEPAL, 1980).

2.7.2. Teoría de la escasez

El pensamiento económico neoclásico está basado en el supuesto de la escasez, como un principio de la socioeconomía entre medios limitados y fines ilimitados (Sanz y Cunha, 2017). La Economía es definida como el estudio de la actividad humana, dirigida a satisfacer necesidades, cuando los recursos son escasos, tratando de realizar la ley del mínimo medio, en virtud de la cual se busca obtener el máximo rendimiento con un sacrificio mínimo de recursos (Castaño & González, 2011).

La escasez se define como la falta o limitación de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades humanas. Es decir, la disposición de los medios y recursos económicos es limitada para la producción de bienes y servicios. En términos económicos, ocurre cuando la demanda es superior a la oferta.

Uno de los principios fundamentales de la economía es que los recursos son escasos. Es decir, se parte del supuesto en donde la abundancia de recursos no existe, los que son demandados para producir un sin número de bienes para tratar de satisfacer las necesidades infinitas de una sociedad exigente y demandante.

De acuerdo con Larroulet & Mochón (1995), el problema económico surge de las necesidades humanas sin límite concreto, mientras que los recursos económicos necesarios para satisfacerlas son limitados, es decir, existe disparidad entre los deseos humanos y los medios disponibles de satisfacción.

Una vez cubiertas las necesidades primarias, se desea algo más, y a medida que dichos deseos son satisfechos, aparecen nuevos deseos.

2.7.3. Teoría de la producción

Para comprender mejor la teoría de la producción, la teoría de costos y la teoría del beneficio, es necesario conceptualizar a la empresa como la unidad productora privada, básica en una economía, la cual contrata trabajo, renta o es propietaria del capital y de la tierra, y compra otros insumos para poder elaborar y vender bienes y servicios. Los insumos son los bienes o servicios que utilizan las empresas en sus procesos de producción, también se les denomina como factores de producción, estos pueden ser el trabajo, tierra y capital (Samuelson y Nordhaus, 2005).

Uno de los principios fundamentales de la economía es que los recursos son escasos. Es decir, se parte del supuesto en donde la abundancia de recursos no existe, los que son demandados para producir un sin número de bienes para tratar de satisfacer las necesidades infinitas de una sociedad exigente y demandante.

Según Gould y Lazear (2002), definían convencionalmente la producción como la “creación de la utilidad”, entendiendo por utilidad “la capacidad de un bien o servicio para satisfacer una necesidad humana”. Todo acto de producción requiere el insumo de recursos humanos, diversos tipos de equipos de capital como maquinaria, herramientas, edificios y vehículos, además de, ciertos materiales en estado natural y procesados. La teoría de la producción es un análisis de la manera como el empresario combina diversos insumos para producir un bien estipulado, en una forma económicamente eficiente.

2.7.4. La función de producción

Una función de producción es una relación económica que indica la cantidad máxima de producción que puede obtenerse de cualquier conjunto especificado de insumos dada la tecnología. Dicha función se puede representar de varias formas, ya sea como una expresión matemática, de forma gráfica o en forma de

tabla. En el corto plazo, nos da la producción máxima obtenida de diferentes cantidades de insumos fijo e insumos variables.

Nicholson (2008) menciona que, la actividad de toda empresa es convertir los factores productivos en bienes. Los economistas han construido un modelo abstracto de la producción, en donde, han formalizado la relación entre los factores de producción y los bienes de la siguiente forma:

$$q = f(k, l, m, \dots)$$

Donde:

q : producción máxima de un determinado bien durante un periodo.

k : maquinaria utilizada durante el periodo, es decir, el capital.

l : horas de trabajo.

m : materias primas empleadas.

(...): variables que afectan el proceso de producción.

Existen dos razones principales por las que una empresa no alcanza el nivel máximo de producción (Maddala, y Miller, 1991, pp. 160):

1. Algunas empresas pueden ser ineficientes.
2. Diferentes empresas tienen máquinas y equipos de diversas antigüedades. No todas emplean la tecnología más avanzada.

En otras palabras, no hay una función de producción única para todas las empresas, aquellas más eficientes y las que cuentan con tecnología más avanzada tendrán una función de producción mayor (Maddala y Miller, 1991, pp. 161).

2.7.5. Producto medio y marginal

A partir de la información generada en la función de producción o producto total, se deriva el producto marginal (PMg). El producto marginal de un insumo es la adición al producto total que se puede atribuir a la adición de una unidad de insumo variable al proceso de producción, mientras permanece constante el insumo fijo (Gould y Lazear, 2002). Nicholson (2008) lo define como el producto

adicional que podemos obtener empleando una unidad más de un factor productivo, manteniendo constantes todos los demás factores de producción. Matemáticamente se define como la derivada de q , de la siguiente forma:

$$\frac{dq}{dx} = \frac{df(x|y)}{dx}$$

La ley de los rendimientos decrecientes establece que, a medida que incrementamos un insumo y se mantienen constantes los otros insumos, el producto marginal del producto variable se reducirá al menos en algún momento.

En términos gráficos, el PMg es la pendiente de la curva del producto total. Si PMg es mayor a cero, el producto total (PT) aumentará de acuerdo al aumento del insumo. Si PMg es igual a cero, el PT será constante mientras aumente el insumo. Si PMg es menor que cero, el PT disminuirá según aumente el insumo.

El producto medio PMe de un insumo es el cociente del PT dividido por la cantidad de insumo utilizado en la producción, es decir, es la relación producto-insumo (Gould y Lazear, 2002). El PMe es la pendiente de la línea del origen a cualquier punto de la curva del PT (Maddala y Miller, 1991, pp. 164). En términos matemáticos se define de la siguiente forma:

$$\frac{q}{x} = \frac{f(x|y)}{x}$$

Donde:

$f(x|y)$: función de producción

x : Insumo variable

y : Insumo fijo

De acuerdo con el comportamiento del PMg y el PMe se definen tres etapas de producción en la curva de PT:

Etapas I: PMg > 0, PMe aumentará, entonces, PMg > PMe.

Etapas II: PMg > 0, PMe decrecerá, entonces, PMg < PMe, PMe > 0.

Etapa III: $PMg < 0$, el PT decrecerá.

Bajo el supuesto que el productor busca maximizar su ganancia, su nivel de producción deberá estar en la etapa II, a partir del punto de inflexión. Si el insumo es gratuito, los productores aumentarán el insumo hasta que su PMg sea igual a cero. En el caso contrario, el productor aumentará el uso del insumo hasta que el valor del PMg sea igual al precio unitario del insumo.

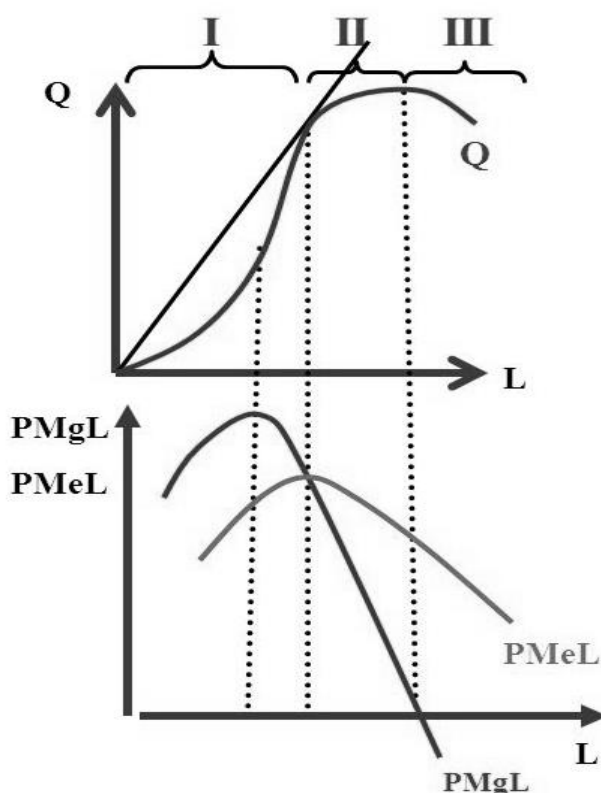


Figura 2. Las tres etapas de la función de producción.

Fuente: Recopilada de Sanz (2015)

2.7.6. Teoría de Costos

La estructura y el nivel de costo de producción tienen implicaciones importantes para los mercados mundiales de alimentos y la seguridad alimentaria. Los costos de producción no solo determinan el desarrollo de los sistemas agrícolas, sino que también afectan su sostenibilidad y determinan el potencial general de producción de alimentos. La disponibilidad de datos de buena

calidad en Costos de Producción es un requisito clave para realizar un análisis comparativo a nivel global, nacional, estatal o regional.

Existe una fuerte relación entre la maximización de la producción y la minimización de los costos de producción. Es necesario recordar que: la función de producción proporciona la información necesaria para dibujar las isocuantas; los precios de los insumos determinan las líneas de presupuesto o isocuantas, y; la producción se realiza en aquella combinación de insumos en donde la tasa media de sustitución técnica (TMST) es iguala a la razón de precios de insumos.

El USDA (2013) clasifica los costos en dos tipos: de operación (operating costs) y generales (allocated overhead). Gayle (2013), de la Universidad Estatal de Washington, retoma la clasificación de los costos en fijos y variables y los desagrega en forma de costos económicos, financieros y desembolsados. En los costos financieros se incluyen únicamente los costos fijos y variables; en los costos desembolsados se consideran, además de los costos fijos y variables, el efectivo requerido para pagar el abono a capital de los créditos de largo plazo y para cubrir el gasto familiar del productor. Los costos económicos incluyen los costos financieros y el costo de oportunidad de los factores de la producción (Sagarnaga 2013)

Langrell (2012) menciona seis tipos de clasificaciones diferentes para los costos de producción (tabla 3), estas son por, la relación con la actividad agrícola (directos e indirectos), el flujo de caja (costo en efectivo y no monetario), la producción (variables y fijos), en relación a la unidad de comparación (total, promedio y marginal), su uso (reemplazable, capital y servicios de capital) y las operaciones agrícolas (costos de operación y gastos generales).

Es posible clasificar casi cualquier tipo de costo como directo o indirecto. Los costos laborales, por ejemplo, pueden ser indirectos, como en el caso del personal de mantenimiento y la mano de obra administrativa; o puede ser directo, como en el caso de mano de obra contratada para un trabajo especializado realizado en un producto en particular.

Tabla 3. Tipología de costos de producción.

Clasificación en relación a:	Tipos de costos	Descripción	Ejemplos
La actividad agrícola	- Costos directos - Costos indirectos	El costo directo se puede asignar directamente a una actividad de la granja (por ejemplo, un producto). Los costos indirectos se gastan por grupo de productos o por granja en su totalidad.	Costo directo: fertilizantes, semillas. Costo indirecto: gastos generales, mantenimiento de maquinaria, depreciación.
El flujo de caja	- Costos en efectivo - Costos no en efectivo	Los costos se basan en si el pago monetario sigue el flujo de entrada en un período determinado.	Costo en efectivo: fertilizantes, semillas, mano de obra contratada, costos de alquiler. Costo no efectivo: depreciación, costo de oportunidad de los propios insumos.
La unidad de producción	- Costos variables - Costos fijos	Los costos variables cambian con el nivel de producción. Los costos fijos son independientes del nivel de producción.	Costo variable: semilla, combustible, reparación de maquinaria, fertilizante. Coste fijo: depreciación de edificios y maquinaria.
La unidad de comparación	- Costo total - Costo promedio - Costo marginal	El criterio distintivo es la unidad de medida con respecto a la cual cambia el costo, como por granja, por hectárea, por unidad de producción.	
El uso	- Consumibles - Capital - Servicios de capital	Los consumibles son entradas consumidas en un período dado. El capital es un concepto de stock. Los servicios de capital son servicios que se obtienen del capital social en un período determinado.	Consumibles: semillas, combustible, piensos Capital: maquinaria, edificios, equipos, terrenos, capital humano Servicios de capital: servicios prestados por equipos, mano de obra, etc.
Las operaciones agrícolas	- Costos operativos - Costos generales	En qué medida se relacionan con la operación de los procesos de la finca.	Operación: semilla, combustible, alimentación. Costos generales: la compra de terrenos, edificios, maquinaria

Fuente: Traducción propia de Langrell, 2012

Considerando los flujos monetarios, se hace una segunda distinción entre los costos en efectivo y los costos no en efectivo. Para los costos en efectivo, los

pagos monetarios y el consumo de insumos se realizan en el mismo período (por ejemplo, pagos en efectivo por combustible, fertilizantes, semillas, reparaciones y artículos similares). Para los costos no monetarios, el pago no se realiza (costo de oportunidad de los propios insumos) o existe un desfase entre el momento en que se realizó el pago y el momento en que se usó el insumo (por ejemplo, la depreciación).

Otras clasificaciones de costos estándar utilizadas ampliamente en la teoría económica se utilizan de acuerdo con su variación con respecto a la unidad de producción. Los costos variables cambian con el nivel de producción, mientras que los costos fijos son independientes del nivel de producción. En otras palabras, los costos variables se ven afectados por las acciones de la granja en el período considerado, mientras que los costos fijos de la granja incurren independientemente de las acciones emprendidas por la granja en el período considerado.

Con respecto a la unidad de comparación, los costos pueden clasificarse como costos totales, costos promedio o costos marginales. Los costos totales representan el valor de todos los insumos (en efectivo y no en efectivo) que utiliza una granja en un período determinado y son la suma de los costos variables y fijos. Los costos promedio son costos totales divididos por unidad de medida, como por hectárea o por unidad de producción (por ejemplo, por tonelada).

Otras distinciones de costos, o términos, reflejan el uso de insumos durante el proceso de producción. Los consumibles son entradas que se consumen completamente o se consumen durante un solo período de producción. El capital es una acción que no se utiliza durante un solo período de producción pero que proporciona servicios a lo largo del tiempo. Los servicios de capital son el flujo de servicios productivos que se pueden obtener de un stock de capital dado durante un período de producción.

Bajo este sentido, el concepto de costos es de vital importancia. En economía, el concepto de costos más importante es el de costos de oportunidad, definido

como el valor del recurso en su mejor uso alternativo, puede ser mayor o menor que el costo contable. Otro concepto de costos es, los costos hundidos, son aquellos costos que el productor no puede recuperar alquilando o vendiendo la unidad productiva, su costo de oportunidad es cero, por lo que carecen de importancia para el economista. El costo sombra, es el valor de escasez de un recurso. Los costos sociales están compuestos por los costos de contaminación más los costos privados. Los costos privados son los costos de oportunidades los recursos empleados en la producción (Maddala y Miller, 1991, pp. 195).

2.7.7. Costo Medio y Costo Marginal

El costo marginal (CMg) es el costo de la unidad adicional de producción. Matemáticamente es igual a $\Delta CT / \Delta Q$. Gráficamente es la pendiente de la curva del costo total. Observando los valores de CMg se ve que primero descienden y después aumentan. Se afirmará que este patrón es típico (Maddala y Miller, 1991, pp. 196).

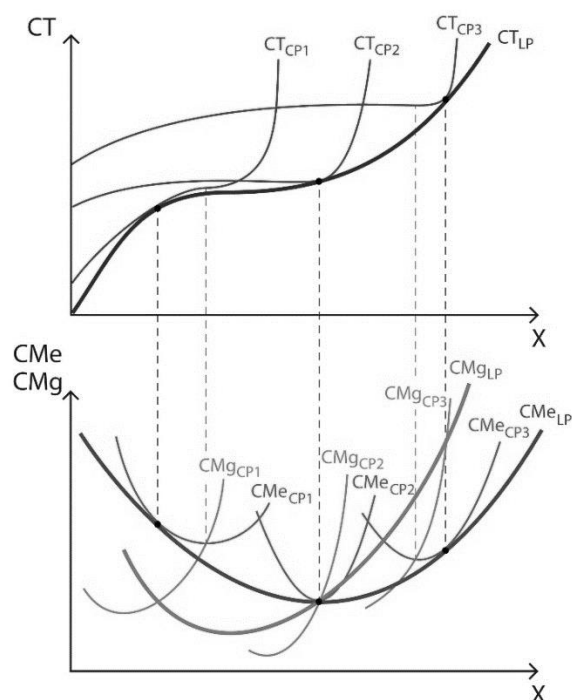


Figura 3. Curvas de costo total, medio y marginal
FUENTE: Policonomics, 2017.

El costo medio (CMe) es simplemente el costo unitario de la producción. Matemáticamente es igual a CT/Q . Gráficamente es la pendiente de una línea

desde el origen hasta un punto sobre la curva del CT. Observando los valores de CMe se ve que también al inicio disminuyen y después aumentan. De nuevo se afirmará que éste es un patrón típico (Maddala y Miller, 1991, pp. 196).

2.7.8. Matriz de Análisis de Política

La Matriz de Análisis de Política (MAP) es una herramienta de reestructuración del presupuesto privado y social con el fin de analizar los efectos de política y las distorsiones de mercado (Salcedo, 2007). Mediante la implementación de políticas públicas se generan modificaciones en el comportamiento de los agentes económicos pertenecientes a un sistema socioeconómico. Las políticas dirigidas al sector rural (agrícolas) tienen como objetivo: el suministro de bienes, servicios o poder adquisitivo; promover, impulsar y apoyar al sector; imponer y hacer cumplir reglamentos; ahorro y conservación de los recursos; prevenir el uso de sustancias no permitidas, y; desalentar el uso de malas prácticas (FAO, 2009).

Las políticas dirigidas al sector rural y agrícola se clasifican en: 1) políticas de precios, 2) políticas macroeconómicas y 3) políticas de inversión pública. Las primeras se dividen a su vez en: a) políticas de impuestos y subvenciones, b) políticas de comercio internacional y c) regulación y control de marketing. Las segundas se constituyen por: a) política monetaria y fiscal, b) política de divisas y tipo de cambio, y c) políticas de precios de los factores, recursos naturales y de uso de la tierra. Las terceras se constituyen por: a) Infraestructura, b) capital humano, y c) investigación y tecnología.

2.7.9. Programación Lineal

De acuerdo con la teoría económica, los agentes económicos están en busca del estado de equilibrio, haciendo enormes esfuerzos para llegar a éste (Chiang & Wainwright, 2006), sin embargo, existe un sinnúmero de opciones por elegir. Bajo los supuestos de dicha teoría, la toma de decisiones de dichos agentes se hace de forma racional. No obstante, en décadas recientes comienza a aparecer planteamientos que intentan poner en entredicho tal modo de

actuación. En particular, la neurociencia sugiere considerar que, el ser humano toma decisiones basadas en las emociones que ciertas situaciones le generan, por ejemplo, recuerdos de la infancia, traumas emocionales, cuestiones socioculturales, sentimientos o incluso cuestiones fisiológicas propias del cuerpo humano (sistema endócrino). Al respecto, según Braidot (2013), el 95 por ciento de los procesos mentales ocurren en la mente no consciente condicionando la toma de decisiones en algún grado. Sin embargo, mientras se avanza en el esclarecimiento de esas ideas, resulta acertado continuar los análisis económicos basándose en el paradigma vigente.

En todo caso, al existir demasiadas posibles opciones, el agente económico se enfrenta a una toma de decisiones compleja, puesto que las curvas de indiferencia no son estáticas, entonces, la toma de decisiones podría ser del tipo dinámico, con el objetivo de elegir la mejor opción posible. En esta tesitura, el problema de la optimización económica consiste en elegir la mejor alternativa posible, sujeto a una serie de restricciones, bajo el criterio de maximización (de ingresos) o minimización (de costos). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2019), los modelos matemáticos son una simplificación de la realidad, formulados con bases teóricas que permiten incluir variables técnicas, ambientales y económicas, por otro lado, Chiang y Wainweight (2006) mencionan que, al relacionar cierto conjunto de variables, se puede dar forma a los supuestos analíticos mediante ecuaciones, cuya forma pueden ser lineales, cuadráticas, logarítmicas, exponenciales, etc., además de estar compuestas por una o más variables, bajo la idea de que el análisis puede ser de tipo estático o dinámico.

Los modelos de equilibrio general como son los de programación lineal y programación no lineal junto con los de programación matemática positiva, son los más empleados en la optimización de la asignación de recursos (Rodríguez *et al.*, 2019). La programación lineal, resulta de gran utilidad debido a su practicidad, puesto que las relaciones analizadas se suponen lineales, aunque puedan ser de otro tipo, sin embargo, su tratamiento o análisis resulta más práctico de esta forma. La programación lineal permite enfrentar el problema de

la maximización o la minimización de una función objetivo lineal sujeta a un conjunto de desigualdades también lineales, ampliando el horizonte del análisis de optimización.

Según Bermudez (2011), la mayor parte de los aspectos concernientes a la optimización fueron desarrollados en los siglos XVIII y XIX, por Lagrange y Euler. Sin embargo, el desarrollo de la programación se debe a los trabajos de Kantorovich y Datzing en la de cada de 1940, con el perfeccionamiento del método Simplex. La programación matemática en la agricultura tiene sus orígenes en el esfuerzo por modelar la economía de la producción agrícola, incluyendo su dimensión espacial (Hazel y Norton, 1986, pp. 9).

El modelo de programación lineal (LP) se basa en un tipo especial de función de producción, la función de producción de Leontief. Este tipo de función es diferente a la neoclásica general, en donde se puede producir una cantidad de producto dada con diferentes combinaciones de insumos y se pueden sustituir entre ellos. Una función de producción de Leontief, sólo se puede producir con la combinación de insumos específica (z_1 y z_2 , figura2), esta curva con forma de L es la isocuanta para producir y_0 , pero en la práctica sólo importa el punto de esquina puesto que, otros puntos en la isocuanta, implicará un mayor consumo de insumos sin la implicar el ahorro del otro insumo en cuestión (Rasmussen, 2011, pp. 197).

De acuerdo a Alvarado (2009), mediante la programación lineal podemos representar un sistema de producción mediante un modelo o matriz en el que se incluyen: los costos e ingresos generados por unidad de actividad (función objetivo); aportes y requerimientos de insumos y productos por unidad de cada actividad considerada (coeficientes insumo/producto), y; disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas y empresariales a respetar (valores del lado derecho de las restricciones RHS). La LP es un método matemático que permite analizar y elegir la mejor entre muchas alternativas. Es un medio para determinar la mejor manera de distribuir una cantidad de recursos limitados que

procura lograr un objetivo expresable en maximizar o minimizar una determinada cantidad.

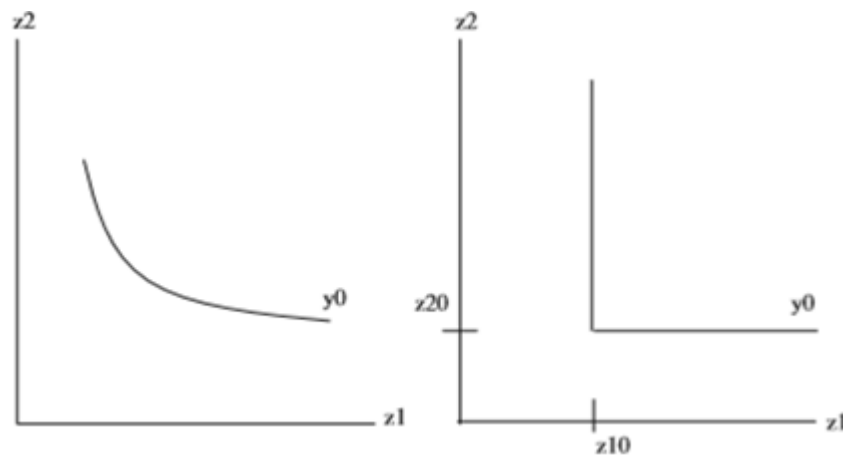


Figura 4. Isocuanta Neoclásica e isocuanta de Leontief.

Fuente: Hazzel y Norton, 1986

El problema que atiende la LP es encontrar el plan de la granja, definido por un conjunto de niveles de actividad X_j , $j=1$ a n , que tenga el mayor margen bruto posible Z , sin violar ninguna de las restricciones de los recursos fijos. En términos matemáticos (Hazzel y Norton, 1986):

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j \quad i = 1 \text{ a } n$$

Y

$$X_j \geq 0 \quad j = 1 \text{ a } n$$

Donde:

Z : Función objetivo.

X_j : Es el nivel de la j -ésima actividad de la finca.

c_j : Márgenes brutos pronosticados (precios netos) de la j -ésima unidad de actividad.

a_{ij} : Cantidad del i-esimo recurso requerido para producir una unidad de la j-esima actividad

b_j : Cantidad del i-esimo recurso disponible

Como se muestra arriba, el modelo de programación consta de varios elementos, estos son, la función objetivo, las actividades reales, las ecuaciones de restricciones, las ecuaciones de transferencia y los coeficientes. De acuerdo con Beneke (1973), las actividades reales son aquellas actividades propias de la unidad de producción, es decir, la producción de cultivos, cría de ganado, venta de productos, cosecha, pago de costos fijos, entre otras; en cuanto a las ecuaciones de restricción, se refiere a los máximos, mínimos e igualdades de recursos; las ecuaciones de transferencia, son aquellas que permiten transferir productos o subproductos de una actividad a otra; por otro lado, los coeficientes representan el impacto en una restricción por el aumento de una unidad de cada actividad del modelo, es decir, la demanda de una unidad de una actividad sobre el recurso representado; mientras que, los coeficientes de la función objetivo indican cómo será alterado el valor total de la solución mediante la adición de una unidad de actividad.

Los supuestos de la LP son:

1. Optimización: se asume que se maximiza o minimiza una función de utilidad apropiada.
2. Fijeza: Al menos una restricción tiene coeficiente distinto de cero

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1$$

3. Finitud: Se asume que hay una cantidad finita de actividades y de recursos.
4. Determinismo: Todos los coeficientes de las variables del modelo se suponen constantes y conocidas (certeza).
5. Continuidad: Se supone que los recursos pueden aparecer en cantidades fraccionales.

6. Homogeneidad: se asume que todas las unidades de un mismo recurso o actividad son idénticos.
7. Aditividad: Se supone que las actividades son aditivas, es decir, que el producto total es la suma de los productos individuales.
8. Proporcionalidad: Se asume que el margen bruto y los requerimientos de recursos por unidad de actividad son constantes, implicando una curva de demanda elástica para el producto, es decir, un margen bruto constante por unidad de actividad.

Mediante el uso de Programación Lineal se buscan generar las bases para hacer recomendaciones a un tipo de productores sobre el tamaño de granja en el que el productor logre maximizar el ingreso neto mediante el uso óptimo de los factores de producción, que puede hacerse extensivo a varios tipos de productores. Puesto que el objetivo principal del economista agrícola es aumentar el bienestar de los agricultores, mediante la mejora en sus unidades de producción primaria.

El planteamiento de distintos modelos de programación lineal y la selección de aquellos que resulten más representativos y a la vez arrojen mayores niveles de rendimientos económicos, dará una ventaja para aumentar el bienestar de los propietarios de dichas unidades de producción, maximizando el ingreso neto y el uso óptimo de los factores e insumos, mediante la simulación de distintos panoramas en los que se hagan variaciones en el tamaño de la unidad de producción, las actividades alternativas, los precios de los insumos y los coeficientes técnicos.

En general, los modelos matemático-económicos son representaciones de varios tipos de relaciones económicas (producción, costos, ingresos, etc.), en los cuales las variables pueden expresarse en términos monetarios o en especie (cantidad de producto o insumo, para lo cual se requiere elegir un numerario en cada caso). Dichas relaciones económicas, incluidas las funciones de producción, tienen la posibilidad de ser representadas en varias formas, de tal manera que, al menos una parte de la realidad se vea

debidamente reflejada de forma matemática o gráfica. Por ejemplo, las curvas pueden ser de tipo lineal, cuadrática, cúbica, logarítmica, exponencial, etc., sin embargo, no debe perderse de vista que dichas relaciones están regidas por uno o más factores, es decir, son multivariadas, pero también pueden ser univariadas, o considerarse como tales, dependiendo del impacto que tengan los componentes de la relación o el objetivo de análisis. Es decir, si se busca determinar el impacto que tiene una sola variable (independiente) sobre la variable dependiente, entonces el resto de las independientes, si es que realmente son relevantes, se suponen fijas (*ceteris paribus*), por ejemplo, si claramente la función de producción depende en mayor grado de un insumo, las demás variables pueden ser omitidas momentáneamente atendiendo a que su contribución es insignificante.

2.7.10. Teoría de la dualidad

En programación lineal, los problemas primales son correspondidos por problemas duales, en otras palabras, si el problema primal tiene el objetivo de maximizar (ingreso), entonces el problema dual tendrá el objetivo de minimizar (costos). De acuerdo con Hazzel y Norton (1986), el problema primal ayuda a saber la cantidad a producir de cada una de las actividades con el fin de percibir el máximo ingreso, sin embargo, si el productor quisiera aumentar dicho monto, deberá adquirir unidades adicionales de los recursos fijos. Por otro lado, el problema dual, intenta dar solución a la pregunta ¿Cuánto debería estar dispuesto a pagar para alquilar una unidad adicional de cada recurso? mediante la minimización, se evita el problema de la sobrevaloración de los recursos. Bajo este contexto, debe entenderse que la estructura es la misma, pero ocurre una transposición de los elementos. Las restricciones del problema primal representarán las variables o actividades del problema dual y las variables o actividades del primal pasarán a ser las restricciones del dual.

El problema primal se representa de la siguiente manera:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j \quad i = 1 \text{ a } n$$

Y

$$X_j \geq 0 \quad j = 1 \text{ a } n$$

La estructura del problema dual será entonces:

$$\text{Min } W = \sum_{i=1}^m b_i y_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \lambda_i \leq c_j \quad j = 1 \text{ a } n$$

Y

$$\lambda_i \geq 0 \quad i = 1 \text{ a } n$$

El teorema de dualidad dice: Si $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ es factible para el primal y $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ es factible para el dual, entonces:

$$\sum_{j=1}^n c_j X_j = \sum_{i=1}^m b_i y_i$$

Si el problema primal tiene una solución óptima, $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ por lo que el problema dual también tiene una solución óptima, $y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$, tal que:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j^* = \sum_{i=1}^m b_i y_i^*$$

Si $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ es factible para el primal y $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ es factible para el dual. Sea $(w_1, w_2, \dots, w_m)$ las correspondientes variables de holgura del primal y sean $(z_1, z_2, \dots, z_m)$ las variables de holgura del dual. Entonces x y y son óptimos para sus respectivos problemas si y solo si (Vanderbei, 2001):

$$x_j z_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$w_i y_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

2.7.11. Paneles de productores (Técnica Delphi)

Los paneles de productores se definen de la siguiente manera: “reunión informal en la que un grupo de productores, dueños de unidades de producción con características similares (producto, escala, nivel tecnológico, sistema productivo, integración, comercialización, entre otros) discute y ofrece información sobre el manejo técnico, precios y rendimientos de un producto agrícola o ganadero en particular” (Sagarnaga, 2013).

De acuerdo con el FOREMCYL (2013): “el panel de expertos es una técnica de investigación de corte cualitativo y de carácter grupal que se basa en la reunión de profesionales expertos especialistas en las materias a tratar, con el objetivo de obtener información y datos relevantes directamente vinculados con los temas a analizar. Se trata de un método muy adecuado para conseguir información válida sobre un tema o un conjunto de temas que han sido determinados de manera previa. Es una técnica que posibilita el tratamiento de numerosos temas y cuestiones diferentes en una sola sesión, permitiendo el contraste de las distintas visiones y perspectivas existentes sobre el tema”.

En los Estados Unidos la técnica de paneles de productores ha sido ampliamente usada por el Centro de Investigación de Política Agrícola, de la Universidad de Texas A&M (AFPC por sus siglas en inglés), con el fin de recabar la información requerida para hacer análisis prospectivos de granjas agrícolas representativas (Sagarnaga, *et al.*, 2014).

La afirmación de los Sistemas de Información como campo científico independiente de otras áreas se viene sustentando en la gran cantidad de trabajos académicos y de investigación que sobre este tema se vienen realizando. Este corpus doctrinal adolece no obstante de un mayor bagaje metodológico y de estudios sobre la aplicación de determinadas metodologías a la investigación en Sistemas de Información (Huertas, *et al.*, 2006).

El método Delphi, desde hace tiempo está sólidamente establecido (Patton, 1987), fue creado en la década de los cincuenta en los EE.UU. por la organización de investigación y desarrollo Rand Corporation de Santa Mónica (California), partiendo de las investigaciones de Olaf Helmer y Norman Dalkey. El primer experimento importante data de 1953, cuando Helmer y Dalkey encuestaron a siete expertos mediante cinco cuestionarios con objeto de obtener información sobre la estrategia de defensa de EE.UU. en caso de una posible guerra nuclear. Es una técnica para realizar estudios de predicción, es decir, de exploración del futuro, fundamentada en las opiniones de los expertos sobre el tema en cuestión, ya que en los fundamentos del método subyace la hipótesis de que el futuro se está determinando en el presente, de que esos expertos en la materia están trabajando, investigando y decidiendo cómo serán las cosas en el porvenir, al menos en el área en que las personas consultadas se consideran competentes (Huertas, *et al.*, 2006).

Huerta *et al.*, (2006) menciona que, los tipos de estudios que se adaptan a la utilización del método Delphi, serán aquellos que reúnan las siguientes características:

- No existe información disponible o la información con que se cuenta es insuficiente, con este método se puede extraer la información que posea cada participante.
- El problema no se presta para el uso de una técnica analítica precisa, pero si puede beneficiarse de juicios subjetivos sobre bases colectivas.
- Se necesitan más participantes expertos de los que pueden interactuar en forma eficiente en un intercambio cara a cara.

- Por problemas de costos y de tiempo de los participantes, no es posible llevar a cabo encuentros presenciales periódicos del grupo.
- Se desea mantener una cierta heterogeneidad de los participantes a fin de asegurar la validez de los resultados, por lo que es preferible este método a los encuentros cara a cara, porque así se evitan los efectos de grupos de dominación por personalidades.
- Habida cuenta de la separación geográfica de los expertos, esta técnica es particularmente útil para generar flujos de retroalimentación.
- En general, podemos decir que esta técnica es recomendable cuando los participantes expertos están físicamente dispersos y requieren el anonimato.

2.8. Literatura citada

- Alvarado B., J. (2009) La programación lineal aplicación de las pequeñas y medianas empresas. Revista Reflexiones 88(1): 89-105, ISSN: 1021-1209/2009.
- Benllonch R. (2016) Principios de Economía Política y tributación-David Ricardo, Pensamiento Económico. (Disponible en: <http://ricardobenlloch.com/principios-de-economia-politica-y-tributacion-david-ricardo/>).
- Bermudez C., Y. (2011) Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. II, Núm. 7, julio-diciembre, 2011, pp. 85-104, Universidad de Carabobo, Venezuela. (Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215024822007.pdf>)
- Castaño T.; R. A. y González G.; L. H. (2011) Ideas económicas mínimas, 22^a Edición, ECOE ediciones, Bogotá, 486p. ISBN 978-958-648-682-8
- CEPAL (1980) El desarrollo económico y las teorías del valor. Revista CEPAL, No. 11. (Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11922/011081119_es.pdf?sequence=1).
- FAO 2009, Quantitative Socio-Economic Policy Impact Analysis. A Methodological Introduction (Disponible en: <https://www.fao.org/3/ap242e/ap242e.pdf>)
- Salcedo B., S 2007, Competitividad de la Agricultura de América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Políticas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Sagarnaga V., L. M., Salas G., J. M. y Aguilar A., J., 2014 Ingresos y Costos de Producción 2013, Unidades Representativas de Producción. CIESTAAM de la UACH, Pp. 20,21
- FAO 2004, Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principios.
- Góngora P., R. D.; Góngora G., S. F.; Magaña M., M. A.; Lara y L., P. E., 2010, Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. Agronomía Mesoamericana 21(1), Pp. 131-144, ISSN: 1021-7444
- Huertas, P. L.; Infante M., A. y Martínez L., F. J., 2006, Los Delphi como fundamento metodológico predictivo para la investigación en sistemas de información y tecnologías de la Información (IS/IT). Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, Universidad de Sevilla, España, Num. 26, julio, 2005, pp 89-112 ISSN: 1133-848

- Hazzel, P. B. R. y Norton, R. D (1986) Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. Macmillan.
- Langrell S., Ciaian P., Gomez S. P., Cunningham D. L., Garnier J.-F., Isermeyer F. y Mishr A. K. (2012) Sustainability and Production Costs in the Global Farming Sector: Comparative Analysis and Methodologies. Unión Europea, Comisión Europea. Recuperado de:
[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC70116/production%20cost%20\(web\)%20%20final%20correction.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC70116/production%20cost%20(web)%20%20final%20correction.pdf)
- Larroulet C. & Mochón F. (1995) Economía, McGrawHill. España. ISBN 84-481-1718-2
- Maddala G. S. & Miller E. (1991) Microeconomía. McGRAW-HILL
- Mankiw N. G. (2012) Principios de Economía, CENGAGE Learning Editores, 6ª edición, Pp. 857, ISBN-13: 978-607-481-829-1
- Mata B., G. 2003. Desarrollo Tecnológico participativo para una agricultura sustentable. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. 255 p.
- OCDE/FAO/UACH 2017. CARNE. Resumen de los productos básicos. OCDE-FAO PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2017-2026 ©, Pp. 121-123 Fecha de consulta: 18 de agosto de 2018, (en línea) Disponible en:
<http://www.fao.org/3/a-BT089s.pdf>
- Policonomics Economic made simple (2017), Análisis de costes a largo plazo. (Disponible en: <https://policonomics.com/es/analisis-costes-largo-plazo/>)
- Rasmussen S. (2011) Production Economics. The Basic Theory of Production Optimisation. Springer. ISBN 978-3-642-14609-1.
- Rosales A., R. A.; Apaza M., E. & Bonilla L., A. (2004) Economía de la producción de bienes agrícolas. Los Andes University. Septiembre 2004. ISSN 1657-7191
- Sagarnaga V., L. M., Salas G., J. M. y Aguilar A., J., 2014 Ingresos y Costos de Producción 2013, Unidades Representativas de Producción. CUESTAAM de la UACH, Pp. 20,21
- Sanz A., J. y Cunha, T. (2017) Cuestionando el principio de la escasez: Miradas desde otras economías fuera de la economía neoclásica. Antropologías en transformación: sentidos, compromisos y utopías. Vniversitat de Valencia. (Disponible en:
<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/88824/1/Cuestionando%20el%20principio%20de%20la%20escasez.pdf>)

- Sanz L. (2015) Funciones de producción, (Disponible en:
<https://costosproduccion.blogspot.com/2015/04/funciones-de-la-produccion-es-la.html>)
- Smith, A. (1776) Investigación de la naturaleza de la riqueza de las naciones. Fondo documental EHK (Disponible en:
https://abertzalekomunista.net/images/Liburu_PDF/Internacionales/Smith_Adam/La_riqueza_de_las_naciones_-_Adam_Smith-K.pdf)
- Trueta, S. R.; Nava, N. J.; López, D. C. & Merino, O. H., 2013, Sistema de información de costos, eficiencia y competitividad (SICEC), de las actividades ganaderas del país (México). Revista Mexicana de Agronegocios, Sexta época, Año XVII. Volúmen 33. Julio-diciembre de 2013, Pp. 622-631.
- Vanderbei, J. R. (2001). Linear Programming: Foundations and Extensions. Second ed. EE.UU.: Department of Operations Research and Financial Engineering, Princeton University, Princeton. 450 p.

3. VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DE UNIDADES REPRESENTATIVAS DE PRODUCCIÓN OVINA

Economic and financial viability of sheephead representative production farms

Sección/Categoría: Socioeconomía

Nombre completo: Barrios-Sánchez Catalina Graciela¹

Afiliación institucional: Estudiante de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo

Dirección: Posgrado de la División de Ciencias Económico Administrativas, UACH Km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México

País: México

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7388-1505>

Email: kabas177@gmail.com

Teléfono: 59 5951 7313

Nombre completo: Sagarnaga-Villegas Leticia Myriam^{2*}

Afiliación institucional: UACH/ZOOTECNIA/CIESTAAM/DICEA

Dirección: UACH Km. 38.5 carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México

País: México

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6425-7209>

Email: lsagarnagav@chapingo.mx

Teléfono: 55 6960 4830

Nombre completo: Salas-González José María³

Afiliación institucional: UACH/Sociología Rural/DICEA

Dirección: UACH Km. 38.5 carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México

País: México

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5660-3335>

Email: jsalasg@chapingo.mx

Teléfono: 595 95 2 1500 Ext. 5812

Nombre completo: Valdivia-Alcalá, Ramón⁴

Afiliación institucional: UACH/DICEA/CIESTAAM

Dirección: UACH Km. 38.5 carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México

País: México

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3218-505X>

Email: ramvaldi@gmail.com

Teléfono: 59 5952 1668

Nombre completo: Barrios-Puente, Gerónimo⁵

Afiliación institucional: UACH/DICEA

Dirección: UACH Km. 38.5 carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México

País: México

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5285-9445>

Email: gbarriospuente55@gmail.com

Teléfono: 59 5108 6197

Resumen

Se estimaron ingresos y costos de producción, con el fin de determinar la viabilidad financiera y económica, e identificar los factores determinantes, en los Municipios de Tepetlaoxtoc y Ozumba del Estado de México. Se modelaron dos Unidad Representativa de Producción (URP) típicas de la región, la información de campo se recabó mediante la técnica de paneles de productores, se recabó información sobre parámetros técnicos, uso de insumos y factores de producción, rendimientos y precios de insumos y productos. El trabajo de campo se realizó en 2019. Ingresos, costos y viabilidad se estimaron mediante la metodología del AAEA Task Force. Las URP analizadas presentan parámetros técnicos similares a lo reportado en la literatura. El principal costo es la alimentación. El precio de venta es inferior a los costos de producción. La URP estabulada (OVE20) tiene problemas de liquidez y es financiera y económicamente inviable. La URP semi-estabulada (OVSE40) cubre

necesidades de efectivo y es financieramente viable, aunque económicamente inviable. Deben implementarse estrategias para reducir el costo de la alimentación, obtener mejores precios de venta y que hagan un uso más eficiente de los recursos. Los productores valoran factores no cuantificados permaneciendo en la actividad a pesar del pobre desempeño. Estos resultados podrían ser de utilidad para el diseño de políticas de apoyo diferenciadas.

Palabras clave: costos de producción, rentabilidad, factibilidad, competitividad, ganadería

Abstract

Income and production costs were estimated, in order to determine the financial and economic viability, and identify the determining factors, in the Municipalities of Tepetlaoxtoc and Ozumba, State of Mexico. Two Sheephead Representative Production Farms (RPF) were modeled. Field information was collected using the producer panels technique. Information was collected around technical parameters, use of inputs and production factors, yield and prices of inputs and products. The field work was carried out in 2019. Revenues, costs and viability were estimated using the AAEE Task Force methodology. The RPU analyzed are technical parameters similar to those reported in the literature. The main cost is food. The sale price is lower than the production costs. The confined RPU (OVE20), has liquidity problems and is financially and economically unviable. The semi-confined RPU (OVSE40) covers cash needs, it is financially viable, economically unviable. They must implement strategies to reduce the cost of food and obtain better sales prices. Producers value unquantified factors by remaining in the activity despite low performance. These results could be useful for the design of differentiated support policies.

Keywords: production cost, panel of farmers, equilibrium Price, objective Price, sheep.

Introducción

La ganadería es una de las actividades humanas más antiguas. Millones de personas en zonas rurales explotan ganado, en los que basan su subsistencia y

la seguridad alimentaria familiar. La ganadería juega un papel multifuncional, como generadora de alimentos y activo de reserva de riqueza y garantía de liquidez; por lo que cumple un papel socioeconómico importante (FAO, 2018).

En este contexto, la estimación de costos de producción en el sector agropecuario provee información básica e indispensable para la toma de decisiones de producción, innovación, inversión y comercialización de los productores, así como para la formulación, seguimiento y evaluación de las políticas públicas del sector (Figuerola *et al.*, 1991; citado por Perfetti, *et al.*, 2012, p.1).

García (2008, p.4) indica que, los costos de producción son los que se generan en el proceso de transformación de las materias primas. Samuelson (2005, p.123) menciona que los costos totales representan el gasto monetario total mínimo necesario para obtener cada nivel de producción. Por su parte, Gould y Lazear (2002, p.223) sostienen que, el costo total a corto plazo es la suma del costo variable total y el costo fijo total. En ese sentido, Samuelson (2005, p.123) define los costos fijos como costos indirectos o hundidos, y éstos deben sufragarse incluso si la empresa no está produciendo nada y ellos no se modifican si la producción lo hace. Mientras que, define los costos variables como aquellos que se modifican cuando la producción cambia.

La información necesaria para estimar costos de producción es recolectada mediante numerosas técnicas. Todas éstas tienen ventajas y desventajas y su selección depende de los objetivos para los cuales se realiza el estudio.

Los paneles de productores son una de estas técnicas y se definen como una "... reunión informal en la que un grupo de productores, dueños de unidades de producción con características similares... discute y consensa información sobre el manejo técnico, precios y rendimientos de un producto agrícola o ganadero en particular..." (Sagarnaga *et al.*, 2014, p.49). Este tipo de técnicas de aprovisionamiento de datos se vuelve cada vez más popular e indispensable, especialmente en el clima de violencia que se vive en varias

partes del mundo, el cual pone en riesgo la seguridad de los encuestadores frente a frente.

La producción ovina nacional se concentra en la región centro de México. En 2018 el Estado de México figuró como líder en producción de borregos de engorda con un inventario de 412,689 cabezas, que generan 17.55 mil toneladas de carne en pie. Los Estados que en conjunto generan la mayor parte de la producción ovina (55%) son: Estado de México (14.33%), Hidalgo (11.05%), Veracruz (8.27%), Zacatecas (7.40%), Jalisco (6.98%), y Puebla (6.88%) (SIAP, 2019).

El 90% del consumo de la carne de ovino es en forma de barbacoa, la cual es demandada en más del 80% en la Ciudad de México, y la población flotante del Estado de México, Puebla, Hidalgo, Querétaro y Morelos, en donde el 90% se consume en forma de barbacoa (Partida *et al.*, 2013). Debido a que la producción del Estado de México no cubrió la demanda mensual estatal, se adquirieron animales para sacrificio y carne originarios de Querétaro, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Veracruz, Chihuahua y Coahuila Rodríguez *et al.*, 2016, Pp. 359) además de las importaciones.

Aunque la tasa de crecimiento anual promedio de la producción nacional de ovinos en pie (1.91%) se ha mantenido estable durante la última década, mientras que en el Estado de México la tendencia es a la baja (1.50%), por otro lado, en estados como Zacatecas y Jalisco que presentan tasas de crecimiento mayores al promedio nacional (4.81% y 6.16%). Esto es evidencia de que la producción ovina se está trasladando a estados en donde la rentabilidad de la actividad es mayor, puesto que los productores no saben en qué aspectos de la actividad deben innovar.

Por otra parte, Partida (2013, p.6), puntualiza la importancia económica de las explotaciones intensivas de ovinos por su participación en la cadena producción-consumo, la generación de empleos, desarrollo tecnológico, acceso al sistema financiero, organización, beneficio de programas de apoyo y con productos de alta calidad.

Ibíd. p.7, describe la situación de los sistemas de producción ovina familiar como un sistema en el que se aprovechan recursos que de otra forma difícilmente se podrían aprovechar, emplean el ganado como sistema de respaldo económico por su nulo acceso al sistema financiero. Bobadilla *et al.* (2017, p.37) hace alusión a la problemática a la que se enfrenta la ovinocultura mexicana, en donde la somera eficiencia productiva y la baja tasa de sacrificio provoca avejentamiento de los hatos, generando consecuencias negativas sobre la calidad de los productos finales, aumento de costos y baja competitividad.

En esta investigación se cuantificaron costos de producción (operación y generales) e ingresos totales y netos, con el fin de determinar la viabilidad financiera y económica, así como los factores que la determinan, para proponer alternativas para mejorarla, en dos URP ovinas, ubicadas en los Municipios de Tepetlaoxtoc y Ozumba, Estado de México.

Materiales y Métodos

A través de la técnica de paneles de productores, se modelaron dos Unidades Representativas de Producción (URP) típicas de la región de estudio. Para cada una se diseñaron, contrastaron, evaluaron y realizaron sistemáticamente dos paneles, uno de construcción y otro de validación de resultados. En los paneles participaron productores de las zonas de estudio, seleccionados previamente por un facilitador, de acuerdo con su experiencia en producción y características similares en tecnología y tamaño de las unidades de producción.

Mediante instrumentos de colecta conducidos por medio de una plantilla (Microsoft Excel®) prediseñada se recabó información referente a la producción. Las URP fueron denominadas OVE20 y OVSE40. Las siglas hacen referencia a la actividad analizada, sistema de producción y escala (OV: Ovinos, E: Estabulado y SE: Semi Estabulado) y el tamaño en vientres productivos (20 y 40 respectivamente).

Para la URP estabulada, que también es la menor escala (OVE20), seis productores más el facilitador participaron en los paneles de colecta de

información y validación de resultados. En el caso de la URP semi establecida, de mayor escala (OVSE40), los paneles de construcción y validación se llevaron a cabo con la participación de cuatro y siete panelistas más el facilitador, respectivamente. El año base del estudio fue 2018.

La información recabada consistió en parámetros técnicos: ciclos productivos, mortalidad, prolificidad, sanidad, alimentación, entre otros, infraestructura productiva empleada tal como construcción e instalaciones, maquinaria y equipo, herramientas, uso de insumos, rendimientos y precio de compra de insumos y de venta del producto. Con esta información se estimaron parámetros técnicos, ingresos y costos de producción de cada una de las URP analizadas, los cuales fueron la base para determinar la viabilidad económica y financiera, precios de equilibrio y objetivo, correspondientes a la tecnología empleada.

La metodología para la estimación de ingresos y costos de producción empleada fue la usada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*USDA* por sus siglas en inglés), desarrollada por la *American Agricultural Economic Association Task Force* (AAEA, 2000), adaptada para México (Sagarnaga *et al.*, 2018).

El ingreso total de la URP se calcula multiplicando el precio de mercado por la cantidad de producto y subproductos colocados en el mercado. En el análisis financiero, los ingresos incluyen el ingreso por la venta del producto y subproductos más las transferencias del gobierno, si las hubiera. En el caso del análisis económico, se deducen los ingresos por autoconsumo del producto y subproductos, valorándose estos a precios de mercado y las transferencias se excluyen.

Para la cuantificación de costos existen muchas metodologías, sin embargo, en esta investigación se retoma la clasificación que hace el USDA-ERS (2018, p.43), en donde los costos totales son la sumatoria de los costos generales y de operación

El flujo neto de efectivo se refiere a las entradas y salidas de dinero que tiene la URP ovina para mantenerse en actividades en el corto plazo, en las necesidades de efectivo se incluyen únicamente costos desembolsados.

Los costos financieros incluyen costos generales y de operación, desembolsados y no desembolsados, y se agregan los costos por depreciación de vehículos, equipos y herramientas.

Los costos económicos incluyen el costo de oportunidad de los factores de producción, en otras palabras, el costo de la segunda mejor opción de uso de éstos. Entre los conceptos que se contemplan para su estimación son, la mano de obra familiar y del productor, el gerenciamiento, la renta de la tierra, y el capital de trabajo además del capital invertido en mejoras ordinarias y extraordinarias.

La estimación de viabilidad se hizo conforme a tres criterios: flujo de efectivo, financiero y económico. Mediante la fórmula del ingreso neto (IN), es la sustracción del ingreso total (IT) menos el costo total (CT):

$$IN = IT - CT \quad (1)$$

El flujo neto de efectivo sirve para detectar problemas de liquidez en la URP; cuando $IN > 0$, ésta es viable y puede mantenerse en actividad en el corto plazo. Por el contrario, cuando $IN < 0$, la URP no es viable, presenta problemas de liquidez y tiene altas probabilidades de desaparecer.

La viabilidad en el mediano plazo, se hace a nivel financiero. Cuando $IN > 0$, la URP cubre costos de operación, generales, depreciación y obligaciones fiscales, sin embargo, no se garantiza su permanencia en el largo plazo. Por otro lado, cuando $IN < 0$, la URP no es financieramente viable, tiene probabilidades de desaparecer en el mediano plazo ya que no puede reemplazar los medios de producción al final de su vida productiva, lo que la conducirá a obsolescencia tecnológica.

La viabilidad económica o a largo plazo, considera el costo de todos los factores de producción y el riesgo de la inversión. Cuando $IN > 0$, la URP tiene

posibilidades de permanecer en el largo plazo. Cuando $IN < 0$, la URP no es económicamente viable.

La estimación de precios objetivo es útil para determinar el monto monetario necesario para cubrir diferentes obligaciones de la URP. Los más importantes son los de operación, generales y totales. Estos se calculan con las siguientes formulas (Sagarnaga *et al.*, 2018, p.69):

$$COU = \frac{CO}{Q} \quad (2)$$

Donde:

COU: Costo de operación unitario

CO: Costos de operación

Q: Cantidad de productos obtenidos.

Si el precio de venta $P1 < COU$, la URP deberá parar temporalmente operaciones por no sufragar los costos de operación.

$$CGU = \frac{CG}{Q} \quad (3)$$

CGU: Costo general unitario

CG: Costos generales

Q: Cantidad de productos obtenidos

Si el precio de venta $P2 < CGU$, la URP no podrá cubrir el costo total financiero.

$$CTU = \frac{CT}{Q} \quad (4)$$

CTU: Costo total unitario

CT: Costos de operación

Q: Cantidad de productos obtenidos

Si el precio de venta $P3 < CTU$, la URP no podrá cubrir los costos totales económicos. Si $P3 = CTU$, la URP podrá cubrir los costos económicos. Si $P3 > CTU$, la URP podrá cubrir los costos económicos y obtener un cierto retorno al riesgo.

Los precios de equilibrio son el cociente de los costos totales (desembolsados, financieros y económicos) entre los rendimientos obtenidos, evaluados para tres escenarios posibles, más probable, optimista y pesimista, para cubrir las necesidades de efectivo, los costos financieros y económicos. Con el fin de conocer la sensibilidad de las URP ante cambios en la producción y el mercado. Se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$PEE = \frac{CTE}{Qi} \quad (5)$$

Donde:

PEE: Precio de equilibrio económico.

CTE: Costo total económico.

Qi: Cantidad de productos obtenidos bajo diferentes escenarios.

Resultados y discusión

OVE20 cuenta con 20 vientres productivos de origen nacional, el sistema de producción es estabulado, en una superficie de 400 m² de corrales y una bodega de 100 m². La venta está destinada para mercados locales, no se practica autoconsumo. Las principales razas son cruce criolla/Dorset, Blackbelly, Hampshier, Dorper, Charole, Suffolk y Pelibuey. La monta es natural y se realiza el auto-reemplazo del 10%. La alimentación está basada en una mezcla de concentrado de granos (maíz, avena, trigo y sorgo) y forrajes (rastroy de maíz, evol, avena). La URP se trabaja únicamente con mano de obra familiar, un médico veterinario zootecnista hace tres visitas al año. El producto principal es el borrego de engorda de 45 kg en pie, el estiércol se vende en costales de 25kg y la lana se deshecha (Cuadro 1), se venden anualmente 23 corderos, dos hembras de deshecho por año y un semental cada cinco años, lo que da un total de 1,149 kg de carne en pie y 299 costales de estiércol al año que son vendidos en mercados locales.

OVSE40 cuenta con 40 vientres productivos de origen nacional, el sistema de producción es semi-estabulado, en un área de 63 m² de corrales, una bodega de 40 m² y 5 ha de potrero. Las principales razas son Dorper, Suffolk, cruces

Hambshier, Blackbelly y criollo. La monta es natural y se realiza el auto-reemplazo del 15%. La alimentación está basada en una mezcla de granos y forrajes (35% de maíz rolo, 10% de cebada, 35% de sorgo y 20% de pasta de soya), además de nueve meses de pastoreo libre. En cuanto a la mano de obra, se contrata un ayudante durante tres semanas al año. El producto principal es borrego de engorda de 40 kg en pie, el estiércol se incorpora a las parcelas de los productores y la lana es vendida al encargado de trasquilar a las ovejas (Tabla 1). La venta está destinada para mercados locales y se practica el autoconsumo parcial; se envían al mercado 33 corderos, una hembra de deshecho y un semental por año, lo que da un total de 1,408 kg de carne en pie al año enviados al mercado local.

Tabla 4. Parámetros técnicos

URP	VP	C/A	TPa	TPr	TM	BM	MO
OVE20	20	1.3	85	40	20	23	NR
OVSE40	40	1.0	90	20	6	33	RP

URP: Unidad Representativa de Producción. VP: Vientres en producción, C/A: Ciclos por año, TPa: Tasa de pariciones (%), TPr: Tasa de prolificidad (%), TM: Tasa de mortalidad (%), BM: Borregos al mercado al año, MO: Mano de obra, RP: Remunerada parcial, NR: No remunerada. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

Las URP analizadas son de pequeña y mediana escala, coincidiendo con lo descrito por Hochstein y Castaño (2018, p.30) para los municipios de Tepotzotlán y Coatepec, donde 72% de las UP ovinas son pequeñas (menos de 5 ha) y Espejel *et al.* (2015, p.18) quienes, para el municipio de Villa Victoria, Edo. Méx. afirma que las UP son pequeñas y medianas.

En cuanto a la fertilidad, OVE20 presenta una tasa de pariciones del 85%, mientras que OVSE40 de 90%. Coincidiendo con los reportados por Vázquez *et al.*, (2018, p.92) de 77.8% a 83.5%, Espejel *et al.*, (2015, p.29) de 85%, Orona *et al.*, (2014, p.726) de 98%, De Lucas *et al.* (2009, p.109) de 76.6% de 89.9% y AGROPROSPECTA (2000, p.89) del 80% a 95%.

La tasa de prolificidad de las URP analizadas va de 20% a 40%, en concordancia con lo encontrado por otros autores: Orona *et al.* (2014, p.726)

20%, De Lucas *et al.* (2009, p.109) de 11% a 32%, Hochstein & Castaño (2018, p.29) 23.7% y AGROPROSPECTA (2000, p.89) 20% a 60%.

En los ingresos financieros se consideró que las dos URP venden borrego de engorda en pie, con un peso de 40 y 45 kg respectivamente y edad aproximada de seis y siete meses. El precio por kilogramo en es de \$50.00 y \$52.00 (Cuadro 2). No se vende cordero para engorda. En OVE20 el estiércol se vende; mientras que en OVSE40 es incorporado a las parcelas de los productores. En OVE20 se deshecha la lana, mientras que en OVSE40 se vende, cada oveja produce alrededor de un kilogramo y son trasquiladas dos veces al año, el impacto en los ingresos de este producto es mínimo. Las URP analizadas no reciben apoyos o transferencias gubernamentales.

Para los ingresos económicos se consensó que OVE20 no realiza autoconsumo, si la lana se vendiera, el ingreso incrementaría en \$206 anuales. En OVSE40 se autoconsumen cuatro ovejas de desecho al año, lo que incrementa el ingreso económico en \$9,100 anuales (12.2%). La incorporación del estiércol a las parcelas incrementa el ingreso económico en \$16,920 por año.

En cuanto a costos financieros, los de operación representan alrededor de 86% de los costos totales de producción (tabla 5). El principal componente es la alimentación (75.0 a 77.8%). Hochstein y Castaño (2018, p.28), reportan que la participación de la alimentación en los costos es de 70% en ovinos, Vázquez *et al.*, (2018, pp.93) y Martínez *et al.*, (2015) de 75.9% en cerdos, y Rebollar *et al.*, (2011), de 79.14 a 83.62% en bovinos.

En OVE20, el costo de alimentación por vientre es de \$3,615, para OVSE40 este costo es de \$1,396. Este costo es considerablemente menor en el sistema semiestabulado. De acuerdo con Martínez *et al.* (2010, pp.43), el uso de melaza, pollinaza y cerdaza disminuye el costo por alimentación.

El costo de producción total por vientre va de 1,879 a 4,638 pesos al año, respectivamente; mientras que el costo de producción del kilogramo de cordero

va de 57.17 a 90.61. De acuerdo con los resultados, los costos de producción superan el precio de venta entre un 81-10% respectivamente, lo que concuerda con la percepción de los productores de que la actividad genera pérdidas.

Tabla 5. Presupuesto financiero 2018. (\$/vientre)

Concepto	OVE20		OVSE40	
	Pesos	%	Pesos	%
INGRESOS TOTALES				
Corderos en pie	2,559.60	79.7	1,709.76	81.8
Deshecho	228.00	7.1	371.58	17.8
Venta de estiércol	414	12.9	0.00	0.0
Venta de lana	0.00	0.0	9.52	0.4
Ingresos totales	3,210.60	100	2,090.86	100
COSTOS TOTALES				
Costos de operación				
Alimentos	3,615.63	77.8	1,396.46	75.0
Salud	71.74	1.5	16.10	0.9
Mantenimiento	288.00	6.2	156.88	8.4
Mano de obra directa	30.00	0.6	5.00	3.0
Otros costos	18.00	0.4	30.00	1.6
Subtotal costos de operación	4,023.37	86.7	1,604.44	86.1
Costos generales				
Depreciación	365.28	7.9	204.31	11.0
Otros costos fijos	249.96	5.4	70.87	2.9
Subtotal costos generales	615.25	13.3	275.19	13.9
Costo total	4,638.62	100	1,879.62	100
INGRESO NETO				
Ingreso total	3,210.60	69.2	2,090.86	111.2
Costo total	4,638.62	100.0	1,879.62	100.0
Ingreso Neto	-1,428.02	-30.8	220.24	11.2

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

En el análisis de costos económicos, para estimar el costo de oportunidad de la mano de obra familiar se consideró que el productor de OVE20 invierte 2 horas al día en actividades productivas y 12 horas al mes en actividades gerenciales, en OVSE40 el productor invierte 4.5 horas diarias y 12 horas al mes, respectivamente. Para costear las primeras se tomó el valor de un jornal no especializado y para las segundas el de un jornal especializado. El costo de oportunidad de mano de obra y gerenciamiento estimado fue de \$24,450 y \$41,000 anual. Vázquez *et al.*, (2018, p.93) mencionan que los costos de

oportunidad de la mano de obra familiar no son contabilizados como pérdidas ni ganancias.

Para el costo de oportunidad de la tierra, se consideró la renta de terrenos de uso agrícola en la región. Lo que dio un costo de oportunidad de la tierra estimado en 160 pesos en OVE20 y 480 pesos para OVSE40 al año. Para el costo de oportunidad del capital fijo, se tomó en cuenta la inversión en activos fijos, 38,911.00 y 25,207.00 pesos, respectivamente y una tasa de descuento de 8.73% (Banco Mundial, 2014 a,b).

El costo de oportunidad de los factores de producción incrementa el costo de mantener una oveja año a 7,567 y 3,617 pesos, un incremento de 63% y 92%, respectivamente. Al respecto Barrera *et al.*, (2018, p.12) encontraron que el costo económico representa entre 323.4% y 383.9% de los costos financieros. En otro estudio de los mismos autores (2019, pp. 219), en URP carne-queso de cabra, encontraron que los costos económicos representan 383.9% de los financieros, Barrios *et al.*, (2019, p.232) encontraron en URP de ovinos-carne, que los costos económicos son de 30.2 a 35.5% superiores a los financieros.

Considerando lo anterior, para OVE20, el flujo neto de efectivo y el IN financiero son negativos; mientras que para OVSE40 son positivos. Esta diferencia es explicada por el tipo de sistemas de producción y por la eficiencia técnicos de las URP. Esto coincide con Vázquez *et al.*, (2018, p.93), quien para los *clusters* de ovinos analizados encontró IN negativos.

En términos económicos, en ambas URP el IN económico es negativo (tabla 6), indicando que los ingresos no cubren el costo de los factores de producción, ni el riesgo que asume el productor por desempeñar la actividad productiva, situación que coincide con Sagarnaga *et al.*, (2018, p.68), quienes afirman que son escasas las URP con IN económico positivo.

Los productores no perciben el total de los costos económicos, debido a que los costos de producción son sufragados mediante los ingresos obtenidos en otras actividades, hacen uso de los productos obtenidos en sus parcelas como parte

de la alimentación, emplean mano de obra familiar y en el caso de OVE20, perciben la actividad como un sistema de ahorro o de emergencia para imprevistos. Esta situación no garantiza la permanencia de la unidad de producción en el mercado, por lo tanto, es necesario reducir los costos de producción buscando alimentos de mayor calidad nutricional, usando genotipos más prolíficos y con mayor eficiencia de conversión alimenticia.

Tabla 6. Costos económico, financiero y flujo neto de efectivo (\$ por vientre).

Concepto	OVE20			OVSE40		
	ECO	FIN	FNE	ECO	FIN	FNE
I	3,212	3,202	3,202	2,741	2,091	2,091
CO	4,023	4,023	4,023	1,604	1,604	1,604
Alim	3,616	3,616	3,616	1,396	1,396	1,396
CG	615	615	250	345	275	71
COp	2,929	0	0	1,667	0	0
RP	0	0	0	0	0	405
CT	7,567	4,639	4,273	3,617	1,880	1,675
IN	-4,603	-1,437	-1,072	-875	211	416

I: Ingreso bruto, CO: Costos de operación, Alim: Alimentación, CG: Costos generales, COp: Costos de oportunidad, RP: Retorno al Productor, CT: Costo total, IN: Ingreso neto.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

En el análisis de precios objetivo se puede observar que, en OVE20, el precio de venta no cubre ni siquiera los costos de alimentación, para cubrir dichos costos sería necesario que el precio de venta fuera de 64.92 pesos el kilogramo. En OVSE40, el precio de venta cubre los costos desembolsados y financieros, sin embargo, no es suficiente para cubrir los costos de oportunidad y el riesgo asumido por el productor (Tabla 7).

Para el análisis de precios equilibrio, los productores consensuaron la producción que se obtendría bajo diferentes escenarios: para OVE20 en el escenario más probable se producen 1,684 kg/año, en el optimista 2,010 kg/año y en el pesimista 1,110 kg/año, mientras que en OVSE40 en el escenario más probable se pueden producir 1,796 kg/año; en el optimista 2,070 kg/año y en el pesimista 1,620 kg/año.

Tabla 7. Precios objetivo

Requeridos para cubrir:	OVE20		OVSE40	
	\$/kg	\$/Cordero	\$/kg	\$/Cordero
Alimentación	64.92	2,922	35.92	1,437
Desembolsado (P1)	76.73	3,453	43.09	1,724
Desembolsado y financiero (P2)	83.29	3,748	48.34	1,933
Desembolsado, financiero y costo de oportunidad de mano de obra	95.95	4,318	73.55	2,942
Desembolsado, financiero, costo de oportunidad de mano de obra y gerenciamiento	100.80	4,536	74.71	2,988
Desembolsado, financiero, costo de oportunidad de todos los factores de producción (P3)	135.87	6,114	93.03	3,721
Retorno más 20% de ganancia	163.05	7,337	111.63	4,465
Precio de venta actual	50.00	2,250	52.00	2,080

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

De acuerdo con estos escenarios y el precio actual de venta de borrego de engorda (50.00 y 52.00 pesos el kilogramo), en OVE20, los precios requeridos para alcanzar el equilibrio en términos de flujo de efectivo y financieros son alcanzados solamente bajo un escenario optimista; en los escenarios más probable y pesimista no se alcanzan. Para OVSE40, los precios de equilibrio financieros y desembolsados son cubiertos aún bajo un escenario pesimista; m, mientras que los económicos no son cubiertos bajo ningún escenario. Lo anterior pone de relevancia la sensibilidad al riesgo de ambas URP, ya que desviaciones en los rendimientos obtenidos, repercuten en costos que no son cubiertos por el precio de venta.

Tabla 8. Precios de equilibrio (\$/kg).

Escenario	OVE20			OVSE40		
	ECO	FIN	FEF	ECO	FIN	FEF
Más probable	92.82	55.10	50.76	82.54	41.86	37.31
Optimista	77.76	46.16	42.52	69.89	36.32	32.37
Pesimista	140.80	83.58	77.00	89.30	46.41	41.37

ECON: Costos económicos, FIN: Costos financieros, FEF: Flujo de efectivo.

FUENTE: Elaboración propia con datos obtenidos en campo.

Conclusiones

Las URP analizadas presentan diferentes niveles de viabilidad. OVE20 genera un flujo neto de efectivo negativo y no es viable en términos financieros y económicos. OVSE40 tiene un flujo neto de efectivo positivo y es viable en términos financieros e inviable en términos económicos. La primera no puede enfrentar sus obligaciones de corto plazo, mediano o largo plazo, para no declararse en quiebra tiene que obtener recursos de otras fuentes alternativas; mientras que la segunda no remunera los factores de producción empleados en la producción, por lo que los productores podrían desplazar sus recursos a actividades alternativas más rentables.

Técnicamente, las dos URP se encuentran dentro de los rangos observados a nivel nacional; aunque OVE20 es ineficiente, la mortalidad podría reducirse a un nivel similar al observado en la otra URP analizada, ubicada en la misma zona. OVSE40 debe enfocar sus esfuerzos en aumentar el número de ciclos al año y la tasa de pariciones, lo que permitiría obtener un mayor número de corderos al año y con ello mejorar sus ingresos.

El principal componente de costos es el alimento, por lo que deben diseñarse estrategias de alimentación más eficientes, que permitan reducirlos, de tal manera que el costo de producción del kilogramo se reduzca, lo que permitirá mejorar la situación financiera y económica. El sistema de producción Semi estabulado, en el que parte de la alimentación es cubierta con pastoreo, tiene menores costos de alimentación, lo que ubica a esta URP en mejor situación financiera y económica.

Los productores perciben beneficios no cuantificados adecuadamente en este análisis, como son la generación de alimentos y autoempleo, y la reserva de recursos para solventar necesidades económicas, por lo que continúan en la actividad a pesar del pobre desempeño financiero y económico.

Estos resultados evidencian que las soluciones son diferentes y específicas para cada URP, dependiendo del sistema de producción y eficiencia técnica;

por lo que estos resultados podrían ser de utilidad para el diseño de políticas y programas de apoyo diferenciados.

Literatura citada

AAEA, American Agricultural Economics Association Task Force (2000),
Commodity Costs and Returns Estimation Handbook. A Report of the AAEA
Task Force on Commodity and Returns February 1, 2000. Ames, Iowa.
Recuperado en:

https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid...ext=pdf

AGROPROSPECTA (2000) Unidades Representativas de Producción Pecuaria.
Panorama Económico 2008-2018. Red Mexicana de Investigación en
Política Agroalimentaria. Resumen Ejecutivo 2010-02

Banco Mundial (2014a). Cómo hace un gobierno para decidir invertir en un
proyecto público. Recuperado en:
<http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/03/14/longer-term-benefits-in-public-projects-now-more-likely-to-trigger-government-investment>

Banco Mundial (2014b). Mexico: Estimation of the Economic Opportunity Cost of
Capital for Public Investment Projects, enero 2014

Barrera P., O. T.; Sagarnaga V., L. M.; Salas G., J. M. y Leos R., J. A. (2019)
Unidad Representativa de Producción de carne y queso de cabra en
Matehuala, San Luis Potosí. In: Aguilar Á., J.; Sagarnaga V., L. M.; Salas G.,
J. M. y Arroyo P., M. G. *Ingresos y costos de producción 2013-2015*
Unidades Representativas de Producción Agropecuaria. Chapingo, México.
Pp. 215-226.

Barrios S., C. G.; Sagarnaga V., L. M.; Salas G., J. M. y Aguilar Á., J. (2019)
Costos de producción ovina en URP en los municipios de Temascalapa y
Texcoco, Estado de México, 2015 In: Aguilar Á., J.; Sagarnaga V., L. M.;
Salas G., J. M. y Arroyo P., M. G. *Ingresos y costos de producción 2013-*

2015 Unidades Representativas de Producción Agropecuaria. Chapingo, México. Pp. 227-236.

Bobadilla S., E. E., Flores P., J. P. & Perea P., M. (2017) Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. *Economía y Sociedad* 11(37) 35-49, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/pdf/510/51054506003.pdf>

De Lucas T., J.; Zarco Q., L. A.; González P., E.; Tortora P., J. y Vásquez P., C. (2009) Evaluación biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos de raza Columbia en producción intensiva. *Revista Veterinaria, México* 40(2) 105-122

Espejel G., E.; Barrera R., A. I.; Rodríguez M., A. y Santiago V., M. de L. (2015) Caracterización de los productores y dinámica de adopción de innovación en el municipio de Villa Victoria, Estado de México. *Universidad Indígena de México. Ra-Ximhai* 11(5) 17-34.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2018). *Producción Animal. El papel de la FAO en la producción animal*. Recuperado en: <http://www.fao.org/animal-production/es/>.

García C., J. (2008), *Contabilidad de Costos*, 3ª Ed., Editorial Mc. Graw Hill/Interamericana Editores, S.A de C.V., México, D. F., Pp. 315 ISBN-13: 978-970-6616-4, ISBN-10: 970-10-6616-2. Recuperado en: <http://megabuscar.com.mx/wp-content/uploads/2016/09/Contabilidad-de-costos-3ra-Edici%C3%B3n-Juan-Garc%C3%ADa-Col%C3%ADn-REELIBROS.ORG.pdf>

Gould, J. P., Lazear, E. P. (2002) *Teoría Microeconómica*, 3ª Ed reimpressa, Textos de Economía, Fondo de Cultura Económica, México, D. F., ISBN 968-16-4087-X, Pp. 870.

- Hochstein K., L. y Castaño, V. M. (2018) Comercialización de productos ovinos en México: Un enfoque en la inteligencia colectiva. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria. México 6(2) 26-32.
- Martínez G., S., Aguirre O., J., Gómez D., A. A., Ruiz F., M., Lemus F., C. Macías C., H., Moreno F., L. A., Salgado M., S., Ramírez L., M. H. (2010), Tecnologías para mejorar la producción ovina en México, Revista Fuente 2(5) 41-51. Recuperado en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/02-05/5.pdf>
- Martínez M., I.; Val A., D.; Tzintzun R., R.; Conejo N., J. de J. y Tena M., M. J. (2015). Private competitiveness, production costs and break-even analysis of representative pork production units. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 6(2), 193-205. Recuperado en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242015000200005&lng=es&tlng=en.
- Orona C., I.; López M., J. D.; Vázquez V., C.; Salazar S., E. y Ramírez R., M. E. (2014) Análisis microeconómico de una Unidad Representativa de Producción de carne de ovino en el Estado de México bajo un sistema de producción semi-intensivo. Sexta época 18(34) 105 – 122.
- Partida de la P., J.A., Braña V., D., Jiménez S., H., Rios R., F.G., Buendía R., G., (2013), Producción de Carne Ovina, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Ajuchitlán, Querétaro, Libro Técnico, ISBN: 978-607-37-0036-8, Pp. 107
- Perfetti, J. J.; Escobar, D.; Castro, F.; Cuervo, B.; Rodríguez, M. y Vargas, J. I. (2012) Costos de producción de doce productos agropecuario. Colecciones Sector Agropecuario. FEDESARROLLO-IQuartil. Colombia. Recuperado en: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/378/Repository_Septiembre_2012_Perfetti_et_al.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rebollar R., A.; Hernández M., J.; Rebollar R., S.; Guzmán S., E.; García M., A. y González R., F. J., (2011), Competitiveness and profitability of beef cattle

feedlot in the south of the state of Mexico. Tropical and Subtropical Agrosystems, 14, (2011): 691-698.

Sagarnaga, V. L.M., Salas, G. J.M., y Aguilar, Á. J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción. Serie Metodologías y herramientas para la investigación V7, México: Universidad Autónoma Chapingo/CIESTAAM

Sagarnaga V., L. M., Salas G., J. M. y Aguilar A., J., (2014) Ingresos y Costos de Producción 2013, Unidades Representativas de Producción. CIESTAAM de la UACH, Pp. 20,21.

Samuelson P. A., y Nordhaus W.D., (2005), Economía, 18ª Ed., Editorial McGraw-Hill Interamericana, CIDE, ISBN-10:8448136322, ISBN-13:970-10-5381-8, Pp. 753.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP/SADER) (2019), Producción nacional y por estado de ovino.

United States Department of Agriculture-Economic Research System (USDA-ERS), (2019). Commodity Costs and Returns. (Recuperado en: <https://www.ers.usda.gov/data-products/commodity-costs-and-returns/documentation/>)

USDA-ERS (2013). Commodity Costs and Returns. Recuperado en: <https://www.ers.usda.gov/data-products/commodity-costs-and-returns/>

Vázquez M., I.; Jaramillo V., J. L.; Bustamante G., A.; Vargas L., S.; Calderón S., F.; Torres H., G. y Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el centro de México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo Ene-Mzo. 15(1) 85-97.

4. RENTABILIDAD PRIVADA, COMPETITIVIDAD E IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN OVINA EN EL ESTADO DE MÉXICO

PRIVATE PROFITABILITY, COMPETITIVENESS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF SHEEP PRODUCTION IN THE STATE OF MEXICO

Barrios-Sánchez¹, C. G.; Sagarnaga-Villegas², L. M.; Salas-González, J. M.³. Valdivia-Alcalá, R.⁴; Barrios-Puente, G.⁵

Resumen

La ovinocultura nacional es un sector heterogéneo, sometido a las adversidades del mercado internacional ante una balanza comercial deficitaria. El objetivo de este estudio es evaluar la rentabilidad y competitividad a precios de mercado de cuatro Unidades de Producción (UP) ovina de diferente escala productiva y tecnificación y medir su impacto ambiental. La información fue obtenida a partir de cuestionarios aplicados frente a frente aplicada a 4 estudios de caso. El año base del estudio fue 2018. Se estimaron ingresos y costos de producción privados con base en la metodología Matriz de Análisis de Política (MAP), ajustada para estimar el impacto ambiental. Se determinaron los indicadores: utilidad (E), relación de costo privado (RCP), relación de rentabilidad privada (RRP) y valor agregado a precios privados (VAP). De acuerdo con estos, las UPs analizadas no son rentables ni competitivas. La utilidad (E) va de \$-78.07 a \$-209.83, la RCP de -2.036 a -1.423, la RRP va de -0.59 a -0.781, y, el VAP de -14.31 a -86.61 por kg. El impacto ambiental fue positivo para la venta de estiércol y negativo si se asumiera el costo de la huella hídrica. Lo anterior podría ser útil en el diseño de política agrícola.

Palabras clave: Ovinocultura, Rentabilidad Privada, Competitividad, Impacto ambiental.

^{1*} Universidad Autónoma Chapingo (UACH)/División de Ciencias Económico-Administrativas. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola (DCEA). kabas177@gmail.com, autor de correspondencia.

² UACH/ZOOTECNIA/Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)/DICEA. E-mail: sagarnaga.myriam@gmail.com

³ UACH/ Sociología Rural/DICEA. E-mail: jmsalasgonzalez@gmail.com

⁴ UACH/DICEA/CIESTAAM. E-mail: ramvaldi@gmail.com

⁵ UACH/DICEA. E-mail: gbarriospuente55@gmail.com

Abstract

Sheep farming is a heterogeneous productive sector, subject to the adversities of the international market in the face of a deficit trade balance. The objective of this study is to evaluate the profitability and competitiveness at private prices of four sheep Production Units (UP) of different productive scale and technification. The information was obtained from questionnaires applied face to face. The base year of the study was 2018. Income and private production costs were estimated based on the Policy Analysis Matrix (MAP) methodology, adjusted to estimate the environmental impact. The indicators were determined: private utility (E), private cost ratio (RCP), private profitability ratio (RRP) and value added at private prices (VAP). The profit (D) ranges from \$ -78.07 to \$ -209.83, the RCP from -2.036 to -1.423, the RRP ranges from -0.59 to -0.781, and the VAP of -14.31 to -86.61 per kg of meat. The environmental impact was positive for the sale of manure and negative if the cost of water footprint was assumed. The foregoing could be useful in decision-making and policy design aimed at the progress of sheep farming.

Keywords: Policy Analysis Matrix, Efficient Use of Internal Resources, Private Profitability, Tradable Inputs, Scarcity, Livestock

Introducción

La ganadería es la principal fuente de proteína de la dieta humana, además de alimentos carne, grasa, leche y sus derivados, genera materia prima para manufacturar textiles y calzado. En particular, la ganadería de animales rumiantes es considerada como una de las mejores fuentes de proteína; ya que éstos no compiten con el ser humano por alimentos (Hernández-Medrano y Corona, 2018); sin embargo, la carne es un componente de la dieta humana con gran impacto en el medio ambiente; aunque, de acuerdo al Word Resource Institute (2016), la carne de ovino y cabra son líderes en precio por gramo de proteína e impacto ambiental, debido al total de recursos empleados en la cría del ganado y en la producción de sus alimentos, aunado a esto las emisiones y contaminantes resultantes de dichos procesos.

La FAO (2016) menciona que, el impacto ambiental de las actividades productivas está fuertemente ligado al cambio climático, en especial aquellas actividades no sostenibles, a su vez, el cambio climático tiene implicaciones de gran escala sobre la seguridad alimentaria de las personas, principalmente a las pertenecientes a grupos vulnerables, afectando en gran medida los precios y rendimientos de la producción, por su parte, la seguridad alimentaria hace posible el desarrollo social y económico de las naciones.

La economía ambiental considera al impacto ambiental como una externalidad negativa de las actividades económicas y son consecuencia de la asignación ineficiente de los recursos productivos, que, si se produjeran en cantidades socialmente deseables, generarían bienestar social (Lavandería *et al.*, 2007). Los costos de producción en los sistemas agrícolas sostenibles incluyen impactos externos negativos inmediatos para compensar la degradación de los recursos naturales a largo plazo (Padilla *et al.*, 2012).

Las externalidades generadas en las actividades productivas pueden ser negativas o positivas, es necesario medirlas o cuantificarlas de alguna forma con el fin de retribuir económicamente si son positivas o gravar impuestos a las negativas. Por su parte, la ovinocultura presenta tanto impactos positivos como negativos al ambiente, los principales rubros a considerar son respecto a emisiones a la atmósfera, descargas en suelo y agua. Entre los problemas más importantes ligados a dicha actividad, son, la emisión de olores desagradables, y gases de efecto invernadero (GEI), huella hídrica y contaminación de agua y suelo. La FAO (2016) menciona que los pequeños agricultores que adoptan prácticas sostenibles pueden obtener ganancias de productividad e ingresos al mismo tiempo que se vuelven resilientes ante condiciones climáticas adversas.

El origen de la heterogeneidad en la ovinocultura mexicana es debida a los múltiples climas y orografías del país, siendo necesario remontarse a los tiempos del México prehispánico, en donde no se contaba con animales de trabajo o bestias de carga, es por esto que los españoles trajeron una amplia gama de ganado, y entre ellos los ovinos, con el objetivo de aprovechar su

carne y leche para la alimentación, además de la lana y piel en la elaboración de vestimentas y calzado que su cultura requería. Con el paso del tiempo, las especies se adaptaron a las nuevas condiciones, aumentando la población ganadera en todo el país. A mediados del siglo XIX, a partir de la creación de sociedades especializadas se importó ganado de origen estadounidense y europeo para el mejoramiento del ganado criollo, el cual se ha desarrollado a mayor velocidad que el realizado en otras especies. Durante el siglo XX, se introdujeron nuevas razas y en las últimas décadas se han importado razas exóticas con el fin de mejorar el ganado criollo (Medrano, 2000, Pp. 386).

Lo arriba mencionado, no aminora la importancia de dicha actividad, de acuerdo a Medrano (2000, Pp. 387), a nivel nacional, cincuenta mil productores criaban ovinos (la mayoría de bajos recursos económicos) y aproximadamente 120 mil artesanos trabajaban la lana. Esto significó una población de 170 mil habitantes ligados directa o indirectamente a la crianza de ovejas.

La producción de ovino se concentra en la región central de México. En 2018, el 34.1% de la producción de carne de ovino se produjo en tres estados de la región central del país: el Estado de México con 14.33%, Hidalgo con 11.05%, Veracruz (principalmente en la región alta) con 8.27% del total nacional (SIAP/SIACON, 2020). El 85% de la demanda de carne de ovino se concentra en la Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Hidalgo, Querétaro y Morelos, y el 90% se consume en forma de barabacoa (Partida *et al.*, 2013, citado por Rodríguez *et al.*, 2016, Pp. 359).

El Estado de México es líder productor histórico con 17.55 mil toneladas de carne en pie, y de acuerdo con Rodríguez *et al.* (2016, Pp. 359), cuando la producción no cubre la demanda estatal, se adquieren animales de Querétaro, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Veracruz, Chihuahua y Coahuila, así como carne de importación.

En México, a partir de la apertura comercial, los ovinocultores se enfrentan a productores internacionales de gran escala (y bajos costos), bajo un panorama de políticas de descentralización de las actividades de desarrollo (es decir el

retiro de apoyos productivos) (Salcedo, 1999; citado por Díaz *et al.*, 2018). Aunado a esto, la producción se encuentra desvinculada de los eslabones de la cadena de producción –consumo, dependiendo para la venta en pie de granja de intermediarios (Gómez, 2006; Cuéllar, 2012; citados por Hochstein & Castaño, 2018, Pp. 25) todo lo cual ha impactado negativamente en la productividad y competitividad del sector.

La Secretaría de Economía (2010) define a la competitividad como la capacidad que tienen los agentes económicos (empresa, sector o nación) para permanecer vendiendo bienes o servicios en un mercado. A nivel nacional, la competitividad hace referencia a empresas que exportan productos y compiten en el mercado internacional (o bien que pueden sobrevivir sin mayor quebranto ocasionado por la competencia de los productores foráneos); a nivel mercado, se refiere a la empresa que cuenta con herramientas que les ofrece ventajas frente a sus competidores.

Samuelson & Nordhaus (2005, Pp. 159), definen a la empresa perfectamente competitiva como aquella que vende un producto homogéneo y su escala no afecta el precio de mercado, y que obtiene beneficios.

Una de las principales problemáticas en la ovinocultura es la elevada heterogeneidad, tanto de los sistemas de explotación y nivel de tecnificación, como de la calidad del producto finalizado, lo cual pone en desventaja a la mayoría de los productores nacionales frente a la oferta de productos de importación. Por ello, el objetivo en este estudio es la estimación de los costos de producción, los ingresos netos, la utilidad privada y la competitividad de cuatro UP ovina en el municipio de Ozumba, Estado de México como una forma concreta de ilustrar las desventajas que enfrenta el sector ovinocultor.

Materiales y métodos

Mediante la técnica de estudios de caso, se analizaron cuatro Unidades de Producción Ovina (UP), que fueron denominadas: EMOV10, EMOV20, EMOV40 y EMOV80, las siglas hacen referencia a ubicación, actividad y escala

productiva (EM: Estado de México, OV: Ovinos-carne, 10, 20, 40 y 80: vientres en producción).

La información de campo se recabó mediante un cuestionario aplicado frente a frente, a los propietarios de las UP, que fueron seleccionadas mediante muestreo sistemático por conveniencia, en el cual el criterio de selección fue la disposición a participar, todas son estabuladas; dos tecnificadas (EMOV10 y EMOV40) y dos semi-tecnificadas (EMOV20 y EMOV80). La disposición a participar refleja el interés en entender el origen de los problemas que enfrentan, así como las posibilidades de su solución y la dinámica de las entrevistas garantiza que la información sea fidedigna. El trabajo de campo se realizó en 2019. Los resultados son indicativos de la situación de UP similares a las analizadas, ubicadas en la misma zona.

La información recabada incluyó elementos que se pueden clasificar como: a) parámetros técnicos: ciclos productivos por año, mortalidad, prolificidad, sanidad, alimentación, entre otros, b) infraestructura productiva empleada tal como construcciones e instalaciones, maquinaria y equipo, herramientas, c) productividad de las UP y precios: uso de insumos, rendimientos, precios de compra de insumos y de venta del producto. Con esta información se estimaron parámetros técnicos típicos, ingresos y costos de producción de cada una de las UP analizadas. La metodología para la estimación de costos de producción fue la empleada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), desarrollada por la American Agricultural Economics Association Task Force (AAEA, 2000) y adaptada para México por Sagarnaga *et al.* (2018).

Posterior a la estimación de ingresos y costos, se determinaron los siguientes indicadores: utilidad privada (E), relación de costo privado (RCP), relación de rentabilidad privada (RRP) y valor agregado en precios privados (VAP), correspondientes a la tecnología empleada en cada unidad de producción. Con estas variables se concluyó sobre la rentabilidad privada, según lo propuesto en la Matriz de Análisis de Política (MAP).

La MAP es un método empleado para dar seguimiento a políticas agropecuarias (Martínez *et al.*, 2015, Pp. 194), debido a su alcance a nivel microeconómico (productor), de comercialización y comercio, y macroeconómico (Monke & Pearson, 1989, Pp. 14). De acuerdo con Salcedo (2007, Pp. 39), la Matriz de Análisis de Política (MAP) es una estructuración de los presupuestos privados y sociales que permite analizar los efectos de política y distorsiones de mercado. En este análisis sólo se estimó la rentabilidad privada, dejando el análisis de rentabilidad social para una etapa más avanzada del estudio.

La utilidad a precios privados muestra la competitividad de las UP y el impacto en cambios tecnológicos, condiciones de mercado, precios de insumos y productos, además del impacto ambiental. La utilidad a precios sociales permite medir la eficiencia económica, el impacto de cambios en las políticas macroeconómicas, y el impacto de cambios en las condiciones del mercado internacional.

Utilidad privada:

$$E = A - B - C + D \quad (1)$$

Donde:

A: Ingreso a precios privados

B: Costo de insumos comerciables a precios privados

C: Costo de factores domésticos a precios privados

D: Impacto ambiental a precios privados

Utilidad Social:

$$J = F - G - H + I \quad (2)$$

Donde:

F: Ingreso a precios sociales

G: Costo de insumos comerciables precios sociales

H: Costo de factores domésticos precios sociales

I: Impacto ambiental precios sociales

De acuerdo con Monke & Pearson (1989, Pp. 15) y Martínez *et al.* (2015, pp. 196), la utilidad está dada por la diferencia entre ingresos y costos. Cabe señalar que los costos de los insumos se evaluaron mediante la estimación de los costos de oportunidad de aquellos insumos y factores que los dueños de las

unidades de producción poseen, es decir, no pagan por ellos, sin embargo, debe tomarse en cuenta para hacer un análisis más certero y apegado a la realidad (Sagarnaga *et al.*, 2018). En la matriz de análisis de políticas modificada (MAPM), la utilidad es evaluada de forma horizontal, con tres columnas al centro, una para insumos comerciables, otra para los factores domésticos y una más para el impacto ambiental económico (Tabla 9). En la primera fila se analiza la rentabilidad privada y en la segunda la rentabilidad social.

En cuanto al impacto ambiental atmosférico, según Pinos-Rodríguez *et al.* (2012), se incluye el polvo, olores y gases producidos en la fermentación aeróbica y anaeróbica del estiércol. Hernández-Medrano y Corona (2018), mencionan que los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y ozono (O_3), implicados fuertemente en el cambio climático. El metano es un gas propio de la fermentación metanogénica de los alimentos de animales rumiantes, tales como, bovinos, ovinos, caprinos, etc. Es por esto por lo que, la ganadería de especies rumiantes incide sobre el deterioro de la capa de ozono, debido a las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica y del estiércol.

Lasseý (2008) menciona que, las emisiones de metano son medidas por microbios (metanobiogénicos) a tasas que dependen de variables tales como la temperatura, disponibilidad y calidad del sustrato (alimento). Existen algunas técnicas para la medición de las emisiones de dicho gas. Es necesario mencionar que las estimaciones de emisiones globales se hacen a partir de los inventarios reportados por cada nación, pero existen un sinnúmero de limitantes, tales como las técnicas empleadas, por lo que dichas cifras son un aproximado. En cuanto a la medición individual, dos técnicas salen a relucir: la técnica de encierro de animales y la técnica de trazadores (hexafloruro de azufre SF_6). La técnica micrometeorológica está indicada para grupos de animales. Sin embargo, aun en estas técnicas existen desventajas asociadas a posibles diferencias de comportamiento y selección de animales confinados y

de pastoreo, limitaciones de medición, significancia estadística de la muestra, condiciones meteorológicas, entre otras.

Según la FAO (2016), el sector ganadero aporta dos terceras partes de las emisiones de GEI de la agricultura y el 78% de emisiones agrícolas de CH₄. Hernández-Medrano y Corona (2018) mencionan que la emisión de metano en ovinos es de 21.9 g/día/cabeza. Para efectos prácticos, se estimó la emisión anual de metano expresada en kilogramos, de cada una de las UP ponderando de acuerdo con la cantidad de ovinos adultos presentes en el rebaño, como se muestra a continuación:

$$CH_{4/año} = \sum \frac{(ov_i * CH_{4,i} * t_i)}{1000} \quad (3)$$

En donde:

$CH_{4/año}$: Emisiones de metano por año por unidad de producción (kg)

ov_i : Cantidad de animales segmentados de acuerdo con su edad fisiológica (cabeza)

$CH_{4,ind}$: Emisiones de metano por día por cabeza (g)

t_i : Periodo de permanencia en UP de acuerdo con su edad fisiológica (días)

El uso del estiércol como fertilizante de origen orgánico en tierras de cultivo es ampliamente recomendado, por su aportación de macro y micronutrientes, así como de materia orgánica que ayuda a contrarrestar la degradación del suelo y mejora la retención de agua, intercambio catiónico y filtración de agua al subsuelo (Pinos-Rodríguez *et al.* 2012), sin embargo, al no haber una valoración en la composición del estiércol, por parte de los productores, y empleándolo en conjunto con fertilizantes químicos aumenta la posibilidad de sobrecargar de nutrientes el suelo, de esta manera, se origina infiltración por escurrimientos y lixiviación de aguas subterráneas y superficiales.

Para la estimación del impacto ambiental de las descargas de estiércol al suelo, se partió de la información proporcionada por los mismos productores, quienes reportaron que de cada oveja se obtienen trece bultos de estiércol con

capacidad de 25 kg por año, por lo que, de igual manera se estimó un aproximado en la producción de estiércol por unidad de producción. Y los beneficios obtenidos por su venta, para las UP.

$$EE = \sum ov_i * ee_i * t_i \quad (4)$$

EE: Emisiones de estiércol por año por unidad de producción (kg)

ov_i: Cantidad de animales segmentados de acuerdo con su edad fisiológica (cabeza)

ee_i: Emisiones de estiércol por año por cabeza (kg)

t_i: Periodo de permanencia en UP de acuerdo con su edad fisiológica (días)

De acuerdo con Mekommen & Hoekstra (2010), la huella hídrica en ovinos es de 10.4 m³/kg de carne al año. El mayor volumen (98%) se refiere a la huella hídrica del alimento para los animales, el resto es para agua potable (1.1%), agua de servicio (0.8%) y agua de mezcla de piensos (0.03%). Entre los principales factores que determinan la huella hídrica en ganadería son la eficiencia de conversión alimenticia, composición y origen del pienso. Para efectos de esta investigación, se contabiliza la huella hídrica.

Para estimar la huella hídrica de las URP analizadas, se multiplicó el total de los kg de carne producida por 10.4 m³, mientras que, la asignación de costo a la huella hídrica fue asignado mediante la equivalencia de que el productor tuviera que pagar por el agua potable (\$800 por una pipa de 10 mil litros).

$$HH = 10.4 * co \quad (5)$$

HH: Huella hídrica de la UP (m³)

co: Producción anual de carne (kg)

10.4: huella hídrica media (m³/kg)

Impacto ambiental económico, se estimó mediante la asignación del valor económico a precios de mercado, es decir, se agregó el valor económico que tomaría la huella hídrica, las emisiones de estiércol y las emisiones de metano a la atmósfera.

$$C = (EE * P_E) + (HH * P_H) + (CH_{4/año} * P_{CH_4}) \quad (6)$$

C : Impacto ambiental económico

EE : Emisiones de estiércol por año por unidad de producción (kg)

P_E : Precio del estiércol por kilogramo

HH : Huella hídrica de la UP (m³)

P_H : Precio del agua

$CH_{4/año}$: Emisiones de metano por año por unidad de producción (kg)

P_{CH_4} : Precio a pagar por emisiones de metano por kilogramo

El presente estudio se enfocó en la determinación de la utilidad privada a precios de mercado, a partir de la estimación de los ingresos por la venta de los productos obtenidos en el proceso productivo, los costos de producción económicos se estimaron a partir de los costos de oportunidad de los insumos comerciables e indirectamente comerciables y los factores internos de producción (mano de obra, gestión empresarial, renta de la tierra, depreciación de equipos y herramientas, etc.). De acuerdo con Rebollar *et al.* (2011) y Barrón *et al.* (2000), los bienes comerciables son aquellos productos o insumos que se adquieren en el mercado nacional o internacional o que se podrían comercializar en condiciones de apertura comercial (por ejemplo, alimentos, animales, herramientas, medicinas, etc.); por lo que tienen precio internacional. Los factores domésticos o internos son aquellos que no son comercializados o cotizados en el mercado internacional; por lo que no tienen precio internacional.

Tabla 9. Matriz de Análisis de Políticas Modificada.

	Ingresos	Costos		Impacto ambiental	Utilidad
		Insumos comerciables	Factores domésticos		
Precios Privados	A	B	C	D	E
Precios sociales	F	G	H	I	J
Divergencias	K	L	M	N	O

Fuente: Monke & Pearson (1989, Pp. 15) y Martínez *et al.* (2015, Pp. 196) (MODIFICADA Por Barrios-Sánchez, Salas-González, Sagarnaga-Villegas, Valdivia-Alcalá & Barrios-Puente)

En la determinación de la utilidad privada se agregó el impacto ambiental, de acuerdo con el tipo de externalidad que representó, es decir si tiene efectos negativos o positivos sobre el ambiente, se considera como costo o ingreso económico-ambiental. Cuando la utilidad privada es negativa ($E < 0$), los productores reciben una tasa de retorno por debajo de lo necesario para lograr la sustentabilidad y sostenibilidad de la actividad, esto significa que la empresa tiene grandes probabilidades de parar actividades o salir del mercado, además que no está cubriendo los costos ambientales de la actividad. Cuando la utilidad es cero ($E = 0$), la unidad de producción puede seguir activa, a pesar de no recibir ganancias, y no presentar pérdidas. Cuando la utilidad es positiva ($E > 0$), significa que la tasa de retorno se encuentra por encima de lo normal y a su vez llevaría a una expansión del sistema productivo o del conjunto de UP además de ser sostenibles no representa daños al ambiente.

La relación de costo privado (RCP) de los recursos mide la capacidad de un sistema de producción para pagar los recursos domésticos y el retorno al capital, valuados a precios de mercado. Puede ser utilizado para comparar sistemas con diferentes productos. La RCP es un indicador de competitividad. Si $0 < RCP \leq 1$, el sistema es rentable y competitivo, cuanto más cercana a cero serán más rentables y competitivas Monke & Pearson (1989, Pp. 20), Morales *et al.* (2011, Pp. 342) y Martínez *et al.* (2015, Pp. 197).

$$RCP = \frac{C}{(A-B)} \quad (7)$$

La relación de rentabilidad privada modificada (RRPM), es la relación de la diferencia entre la utilidad y el impacto económico-ambiental entre la suma de los costos privados de producción (insumos comerciables y factores domésticos). Sirve para conocer el porcentaje de ingreso extraordinario o adicional que recibe el productor por cada unidad monetaria invertida (Monke & Pearson, 1989, Pp. 20; Morales *et al.*, 2011, Pp. 342 y Martínez *et al.* 2015, Pp. 197).

$$RRPM = \frac{E-D}{(B+C)} \quad (8)$$

El valor agregado a precios privados (VAP) se refiere al monto expresado en términos monetarios que permanece en el ingreso recibido, después de haber liquidado el costo de los insumos comerciables y no comerciables, sin tener en cuenta el costo de los factores domésticos y ambientales. A nivel macroeconómico, refleja la contribución de la producción del sector al PIB (Monke & Pearson, 1989, Pp. 20; Morales *et al.*, 2011, Pp. 342 y Martínez *et al.* 2015, Pp. 197).

$$VA = A - B \quad (9)$$

Resultados

Los resultados encontrados en el presente estudio son factibles para las UP ovinas aquí descritas y analizadas, además de serlo para aquellas unidades semejantes en tamaño y grado de tecnificación correspondiente a cada una.

EMOV10 cuenta con 10 vientres en producción bajo sistema estabulado de traspatio, tiene 56 m² de corrales y una bodega de 70 m². Las razas empleadas son *Katadin F1* y *Dorper F1*. La reproducción es mediante monta natural, con una tasa de reemplazo de 30%. Presenta 1.3 ciclos productivos por año, prolificidad de gemelares de 66% y tasa de mortalidad en corderos de 9.23%. La alimentación está basada en una mezcla de forrajes (ebo y rastrojo de maíz) y alimento balanceado. La mano de obra empleada es únicamente familiar y el médico veterinario hace tres visitas por año. Al año se envían al mercado 17 corderos, tres hembras de deshecho, más un semental cada cinco años, lo que da un total de 850 kg de carne en pie. La venta se realiza a nivel local y no se practica el autoconsumo. El cordero se vende a cincuenta pesos el kilogramo, su peso va de 45 a 50 kg y edad de cuatro a cinco meses.

EMOV20 cuenta con 20 vientres en producción estabulada semitecnificada, tiene 400 m² de corrales y una bodega de 10 m². Las razas empleadas son *Pelibuey Blanco*, *Katadin* y *Dorper*. La reproducción es mediante monta natural, con una tasa de reemplazo de 20%. Presenta 1.5 ciclos productivos por año, prolificidad de gemelares de 60% y mortalidad en corderos de 4.16%. La

alimentación está basada en una mezcla de forrajes (rastroy de maíz y avena) y alimento balanceado. La mano de obra empleada es únicamente familiar. Al año se envían al mercado 42 corderos, cuatro hembras de deshecho por año y un semental cada dos años, lo que da un total de 1,890 kg de carne en pie. La venta se realiza a nivel local y no se practica el autoconsumo. El cordero se vende a 48 pesos el kilogramo, su peso aproximado es de 48 kg y la edad de cinco meses.

EMOV40 cuenta con 40 vientres en producción bajo sistema estabulado semitecnificado, tiene 1,300 m² de corrales y una bodega de 40 m². Las razas empleadas son *Dorper* y *cruza de Suffolk/criollo*. La reproducción es mediante monta y tiene una tasa de reemplazo de 15%. Presenta 1.5 ciclos productivos por año, prolificidad de gemelares de 37.5% y tasa de mortalidad en corderos de 15%. La alimentación está basada en una mezcla de granos y forrajes (rastroy de maíz, sorgo, ebo y maíz molido). La mano de obra empleada es únicamente familiar y el médico veterinario hace tres visitas por año. Se envían al mercado 70 corderos, seis hembras de deshecho por año y un semental cada tres años, lo que da un total de 3,500 kg de carne en pie. La venta se realiza a nivel local y no practica el autoconsumo. El cordero se vende a cincuenta pesos el kilogramo, su peso es de 50 kg y edad entre seis y ocho meses.

EMOV80 cuenta con 80 vientres en producción bajo sistema estabulado semitecnificado, tiene 240 m² de corrales, 800 m² de asoleadero y 180 m² para bodegas. Las razas empleadas son *Suffolk* y *Criollo*. La reproducción es mediante monta natural, con una tasa de reemplazo de 41.6%. Presenta 1.5 ciclos productivos por año, prolificidad de gemelares de 4.7% y tasa de mortalidad en corderos de 2%. La alimentación está basada en una mezcla de forrajes (rastroy de maíz y ebo) y granos (sorgo, avena y maíz rolado). La mano de obra empleada es parcialmente contratada, un ayudante en general y familiar. Al año se envían al mercado 59 corderos, 33 hembras de deshecho por año y un semental cada cuatro años, lo que da un total de 1,180 kg de carne en pie. La venta se realiza a nivel local y no practica el autoconsumo. El cordero se

vende en 80 pesos el kilogramo, su peso va de 18 a 20 kg y edad de tres meses.

En general se observa que la eficiencia técnica de las UP analizadas, medida a través de los parámetros técnicos del hato, disminuye conforme se incrementa la escala productiva. La UP más eficiente en términos técnicos es la de menor escala (EMOV10), con mayores tasas de parición y prolificidad; si bien, la tasa de mortalidad es mayor, envía al mercado un número mayor de corderos por vientre al año. En el otro extremo se encuentra la UP de mayor escala (EMOV80), cuyos parámetros técnicos repercuten en el menor número de corderos enviados al mercado, observado en este análisis.

Tabla 10. Parámetros técnicos de UP ovina. Estado de México. 2018.

UP	VP	C/A	TPa	TPr	TM	BM	MO
EMOV10	10	1.3	100	66	9.23	1.7	NR
EMOV20	20	1.5	100	60	4.16	2.1	NR
EMOV40	40	1.5	93	37.5	1.30	1.0	NR
EMOV80	80	1.5	75	4.76	2.12	0.74	R

UPP: Unidad de producción pecuaria, VP: Vientres en producción, C/A: Ciclos por año, TPa: Tasa de pariciones (%), TPr: Tasa de prolificidad (%), TM: Tasa de mortalidad (%), BM: Borregos enviados al mercado por vientre al año, MO: Mano de obra, NR: No remunerada, R: Remunerada.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo

Los parámetros técnicos encontrados en este análisis se encuentran dentro del rango reportado por otros autores. La tasa de parición de las UP va de 75 a 100%, coinciden con lo encontrado por Espejel *et al.* (2015, Pp. 29), que reporta tasas de fertilidad de 85% en el municipio de Villa Victoria en el Estado de México, De Lucas *et al.* (2003, Pp. 109) reporta tasas de fertilidad que van de 80.9 a 88.3% en raza *Columbia*, en el municipio de Huamantla, Tlaxcala. La tasa de prolificidad de las UP está entre el 4.76 y el 66%, Hochstein & Castaño (2018, Pp. 28) reportan tasas de prolificidad bajas para las razas *Dorper*, *Texel* y *Damara* (23.7%) aun empleando inseminación artificial, en los municipios de Tepetzotlán y Coatepec, Estado de México. La tasa de reemplazo va de 15 a 41.6%, superior a lo obtenido por Hochstein & Castaño (2018, Pp. 29) de 11.8%. En las UP se reportan tasas de mortalidad en corderos que van 1.30 a 9.23%, coincide con lo reportado por Espejel *et al.* (2015, Pp. 29), quien

observó tasas de mortalidad menores al 10%. Lo que lleva a la conclusión, que, si bien los parámetros técnicos de las UP analizadas son similares a lo observado a nivel nacional en explotaciones similares, aún deben ser mejorados; ya que se encuentran por debajo de su potencial.

También la escala productiva de las UP analizadas es muy similar a la escala de producción reportada en la literatura. De acuerdo con Hochstein & Castaño (2018, Pp. 30), el 72% de las UP ovina son de tamaño pequeño y ocupan superficies menores a cinco hectáreas en los municipios de Tepetzotlán y Coatepec, Edo. Méx., Espejel *et al.* (2015, pp. 25), reporta que la mayoría de los productores de ovino del municipio de Villa Victoria, Edo. Méx. son pequeños y medianos.

Los parámetros técnicos de la UP son importantes porque facilitan la detección inmediata de algún problema en el hato, especialmente los de tipo sanitario, los cuales repercuten indudablemente en los resultados contables de las UP. No obstante, el gerenciamiento de la granja y en especial el manejo del hato, son factores que no siempre son visibles a primera vista y pueden incidir determinadamente en los resultados financieros de la UP.

El primer paso en el análisis de las UP fue la estimación de los costos de producción e ingresos a precios privados de acuerdo con los parámetros técnicos otorgados por los propietarios de las granjas. Posteriormente se calculó la utilidad privada (D), relación de costo privado (RCP), relación de rentabilidad privada (RRP) y valor agregado privado (VAP). Finalmente se hizo el análisis sobre impacto ambiental de cada UP.

Ingresos privados (A)

Para estimar los ingresos privados se partió del hecho de que EMOV10, EMOV20 y EMOV40 venden corderos finalizados de 4 a 8 meses de edad a un peso de 45 a 50 kg, a un precio por kilogramo de carne de \$48 a \$50; mientras que, EMOV80 vende corderos para engorda de tres meses de edad, a un peso de 18 a 20 kg, a un precio de \$80 por kilogramo.

Los ingresos aumentan de acuerdo con la escala productiva, EMOV80 presentó el mayor ingreso por kilogramo (\$58.91), seguida por EMOV40 (\$53.02), EMOV20 (\$52.22) y finalmente EMOV10 (50.32). Se observa que el ingreso (A) es mayor cuando la venta de cordero se realiza en el menor tiempo posible, debido a que los costos por alimentación y de insumos comerciables (B) en general son menores, sin embargo, en el caso de la UP EMOV80, los parámetros técnicos (en especial la tasa de pariciones y la tasa de prolificidad) son bajas en comparación con las demás UP. Bajo el supuesto de que los costos de los factores de producción (C) se reducen cuando la escala de producción aumenta, de acuerdo a Padilla-Bernal *et al.* (2012) menciona que a mayor tecnología se requiere mayor inversión, pero los rendimientos son mayores y el riesgo es menor, contrario a esto, EMOV80 presenta el mayor costo de producción por kilogramo de carne, esto se puede explicar debido a que, a pesar de ser mayormente tecnificada, los parámetros técnicos están por debajo de las otras UPs.

Costos de producción privados (B+C)

El costo de los insumos comerciables (B) de las UP analizadas, se ubica entre \$66.53 y \$145.52 por kilogramo de carne producido al año. Mientras que, el costo de los factores internos (C) va de \$10.80 a \$89.14 por kilogramo. La UP EMOV80 presenta el costo más alto tanto de factores comerciables como internos; mientras que, el valor más bajo lo mostró EMOV20. En cuanto al precio de venta se encuentra por debajo del costo privado, entre 48 y 80 pesos por kilogramo, dando como resultado ingresos netos negativos en las UP analizadas.

La alimentación (Martínez-Medina *et al.*, 2015, Pp. 200) y la mano de obra son los rubros con mayor participación en la estructura de costos totales, coincidiendo con lo reportado por Rebollar-Rebollar *et al.* (2011, Pp. 695), y Hernández-Martínez *et al.* (2016, Pp. 16). En este estudio la alimentación representa entre 39.89 y 55.12 % de los costos totales; mientras que la mano de obra ocupa entre 9.46 y 22.17% de dichos costos.

Impacto ambiental (D)

De acuerdo con el análisis ambiental, las emisiones de metano a la atmósfera de cada una de las URP, para el periodo estudiado, fueron las siguientes: en EMOV10 de 156.585 kg/año, en EMOV20 de 337.807 kg/año, en EMOV40 de 651.634 kg/año y en EMOV80 de 1,035.541 kg/año. De acuerdo con Lassey (2008), el metano atmosférico es removido naturalmente en los sumideros de metano, mediante oxidantes generados fotoquímicamente por el radical hidroxilo (OH) y por microbiota metanotrófica en suelos aireados. Otra forma en la que se puede hacer uso inteligente del metano biogénico es mediante la captura de éste en biodigestores adecuados al tamaño de las UP, sin embargo, este tipo de acciones puede representar inversiones altas para los productores de la zona de estudio.

Entre los principales macronutrientes que componen el estiércol son el nitrógeno en forma de urea, nitratos y nitritos y fósforo. La sobrecarga de nitritos y nitratos puede provocar intoxicación en el ganado, mientras que, el fosforo estimula el proceso de eutrofización de aguas superficiales, reduciendo el oxígeno, variando el pH y finalmente afectando la calidad del agua (Pinos-Rodríguez *et al.* 2012). Sin embargo, se obtienen ingresos extra por la venta de estiércol, en donde se multiplica el número de costales de estiércol por el precio de venta. Para EMOV10 se generan 6,283 kg, EMOV20 13,812 kg, EMOV40 28,362 kg y EMOV80 42,169 kg de estiércol por año. El ingreso estimado por venta de estiércol en bultos de 25kg para cada UP es: en EMOV10 es de \$7,540, en EMOV20 de \$16,560, en EMOV40 de \$34,020 y en EMOV80 de \$50,610, es posible considerar dicho ingreso como una externalidad positiva, puesto que se reduce el uso de fertilizantes de origen sintético y aumenta la materia orgánica contenida en suelo y la capacidad de retención de humedad, sin embargo, es necesario que los agricultores hagan análisis de los suelos a los que es incorporado para evitar superar la capacidad de campo y con esto reducir las posibilidades de contaminación de los mantos freáticos producidos por lixiviación y filtración.

La huella hídrica en EMOV10 fue de 8,840 m³, en EMOV20 de 19,656 m³, en EMOV40 de 36,400 m³ y en EMOV80 de 12,272 m³ por año. El costo anual por huella hídrica en EMOV10 es de \$707,200, en EMOV20 de \$1,572,480, en EMOV40 \$2,912,000 y en EMOV80 de \$981,760. Sin embargo, el impacto ambiental de la ovinocultura no sólo contempla la huella hídrica, sino también, las externalidades negativas, tales como la contaminación de esta, ocasionadas por descargas de estiércol con bacterias patógenas para el ser humano, contenido alto de nitratos y hormonas (Pinos-Rodríguez *et. al*, 2012).

La asignación de un costo monetario al impacto ambiental de cualquier actividad productiva es un reto muy grande, para esta investigación, por lo que se sugiere poner en práctica todas aquellas acciones pertinentes y asequibles para los productores y hacedores de políticas, que ayuden a reducir las externalidades negativas al ambiente. De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, el uso del estiércol como abono orgánico refleja un aumento en el ingreso por kilogramo de carne de \$8.87 en EMOV10, \$8.76 en EMOV20, \$9.72 en EMOV40 y \$42.89 en EMOV80. Mientras que la huella hídrica contempla un aumento en los costos de \$832 por kilogramo de carne producido, cuestión que lo hace una actividad insostenible si dicho costo ambiental lo asumiera el productor de ovinos, puesto que acumula la huella hídrica generada durante la producción de alimentos, por el contrario, si se valuara únicamente la huella hídrica generada en el uso de agua potable y de servicio los costos serían de \$16.64 por kilogramo de carne. Al realizar la adición monetaria del impacto ambiental obtenemos en EMOV10 -\$7.77, en EMOV40 -\$7.88, en EMOV40 -\$6.92 y en EMOV80 \$42.89.

Utilidad privada (E)

Las UP presentaron utilidad privada negativa, esto quiere decir que las empresas tienen grandes probabilidades de parar actividades, esto también se traduce en pérdidas. Es decir, las unidades de producción ovina, además de no estar cubriendo el costo total de los insumos y factores de producción, está generando problemas ambientales importantes, caracterizando a este tipo de

actividad como una actividad insostenible y no sustentable, aunado a esto el impacto ambiental que presentan las UP se traduce en costos ambientales para la sociedad.

Sin embargo, resulta útil señalar la diferencia que existe entre la utilidad privada de UP con mayor escala en comparación con las de baja escala (Tabla 3), puesto que denota la importancia de mantener los parámetros técnicos en niveles que, en lo posible, no mermen los ingresos netos de las UP. Los resultados obtenidos del análisis resultan contrarios a lo reportado por Díaz *et al.* (2018), quien encontró que la utilidad es positiva en granjas estabuladas, ubicadas en Libres, Puebla. También es diferente a lo encontrado en el estudio de Góngora *et al.* (2010), en el cual las unidades de 1 a 20 y 21 a 50 vientres en producción obtuvieron utilidades negativas o pérdidas; mientras que, las unidades con más de 50 vientres tuvieron utilidades positivas, por otro lado, es importante señalar, que dichos estudios no incluyen la estimación del impacto ambiental y no hacen mención de la estimación de costos de oportunidad de los factores, por lo que se sugiere, la existencia de una brecha en la estimación de la utilidad privada entre los antes mencionados y el presente estudio.

Tabla 11. Rentabilidad económica privada de UP ovina, Estado de México, 2019. (Pesos totales al año por kilogramo)

UP	Sup. (m ²)	Prod (kg)	A	B	C	D	E	RCP	RRPM	VA
EMOV10	126	850	47.15	66.15	50.45	-7.77	-77.21	-2.656	-0.596	-18.99
EMOV20	500	1,890	51.03	65.01	62.31	-7.88	-84.17	-4.456	-0.599	-13.98
EMOV40	260	3,500	49.61	74.78	49.02	-6.92	-81.11	-1.947	-0.599	-25.17
EMOV80	2,000	1,180	58.91	145.52	123.23	26.25	-183.58	-1.422	-0.781	-86.60

UP: Unidad de producción, Sup: Superficie, Prod.: Producción, A: Ingresos Privados; B: Costo de los Insumos Comerciables; C: Costo de los factores domésticos, D: Utilidad privada; RCP: Relación Costo Privado; RRPM: relación de Rentabilidad Privada y VA: Valor Agregado
Fuente: elaboración propia a partir de información de campo

Relación de costo privado (RCP)

La RCP resultó negativa, -2.6 (EMOV10), -4.4 (EMOV20), -1.9 (EMOV40) y -1.4 (EMOV80) (Tabla 11). Lo anterior significa que los sistemas productivos aquí descritos no son competitivos ni rentables, dicho de otra forma, las UP analizadas no tienen capacidad para cubrir el pago de los insumos y factores de producción. Esto quiere decir que el costo de los factores internos representa

de 142% a 445% del valor agregado. Por el contrario, Díaz *et al.* (2018), reporta RCP de 0.3 para los sistemas estabulados, y de 0.5 a 0.6 para los sistemas de pastoreo. Las UP analizadas en el presente estudio, son sistemas estabulados, en donde la alimentación es el rubro de mayor impacto sobre la estructura de costos de producción (Hochstein & Castaño, 2018, Pp. 28), a diferencia de los sistemas pastoriles en donde la mano de obra es el rubro de mayor impacto sobre la estructura de costos (Góngora *et al.*, 2010).

Relación de rentabilidad privada (RRPM)

La relación de rentabilidad privada para las UP analizadas, fue negativa en cada uno de los casos. En las UP tradicionales EMOV10 y EMOV40, la RRPM fue de -0.59 respectivamente, esto significa que, por cada peso invertido, se perdieron 59 centavos. En EMOV20 y EMOV80, la RRP fue de -0.59 y -0.78 respectivamente, esto quiere decir que se perdieron 59 y 78 centavos por cada peso invertido (Tabla 11). Ninguna de las UP es rentable. En EMOV80 se tiene la mayor pérdida, a pesar de tener un mayor número de vientres, la producción es ineficiente con parámetros técnicos por debajo de lo normal. Díaz *et al.* (2018), en su estudio encontró rentabilidad positiva que va de 0.6 a 0.8 en sistemas de pastoreo y 2.0 en sistema estabulado, puesto que fue evaluado sin contemplar los costos de oportunidad de todos los factores de producción.

Valor agregado a precios privados (VAP)

El déficit en el ingreso neto de las UP, denota grandes pérdidas por kilogramo de carne, puesto que no se retribuyen los factores internos de la producción ovina. En EMOV10 se presenta pérdida de \$30.12 por kilogramo de carne. En EMOV20, la pérdida es de \$14.31 por kilogramo. En EMOV40 se tienen pérdidas de \$26.90 por kilogramo y en EMOV80 las pérdidas son de \$86.61 por cada kilogramo de carne producido.

Conclusiones

Las UP analizadas son técnicamente ineficientes, si bien los parámetros técnicos que se observaron se encuentran dentro de los rangos observados a

nivel nacional, están por debajo de los observados en explotaciones bien manejadas.

Las UP de mayor escala (EMOV60 y EMOV 80), reportadas por los productores como semitecnificadas, son las que presentan menores tasas de pariciones y de prolificidad; y, por tanto, son las que envían menor número de corderos al mercado, al año. En estas URP se tienen que hacer cambios en el manejo técnico que generen parámetros técnicos, por lo menos similares a los observados en las UP de menor escala, ubicadas en la misma zona en estudio. De lo contrario su permanencia en el mercado es cuestionable.

Los costos de alimentación son el principal componente de la estructura de costos de producción total, va de 71% a 92%. Es necesario que las UP atiendan este rubro con el fin de encontrar dietas económicamente óptimas, que reduzcan los costos de producción y por lo tanto los productores puedan maximizar el ingreso neto.

Los costos de los insumos comerciables sobrepasan los ingresos de las UP analizadas, es decir, ninguna de las UP analizadas, cubre el costo de los insumos comerciables, lo que indica que podrían incumplir con sus obligaciones de corto plazo, por lo que deben recurrir a ingresos obtenidos en otras actividades para no irse a la quiebra.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el indicador RCP, negativo en todos los casos, las UP analizadas no cubren el costo de los factores internos (tierra, mano de obra y capital) por lo que no son competitivas.

En cuanto al Valor Agregado (VAP), ninguna de las UP analizadas genera excedentes económicos; no cubren el costo de los insumos comerciables, ni el de los indirectamente comerciables y mucho menos generan excedentes; por lo que no contribuyen al desarrollo económico local, ni regional.

En síntesis, las UP analizadas enfrentan diferentes ingresos y costos de producción, a precios privados; aunque todas enfrentan pérdidas, ninguna es rentable ni competitiva.

Para mejorar la rentabilidad y competitividad de las UP analizadas es necesario en primer lugar hacer cambios en el manejo técnico, que mejoren los parámetros productivos y buscar estrategias para reducir el costo del alimento principal componente de los costos totales.

Los productores perciben beneficios que son adecuadamente cuantificados en este análisis, como es el tener una fuente de recursos y alimento para enfrentar imprevistos, que deberían considerarse para explicar el por qué los productores permanecen en la actividad, a pesar de que no obtienen ganancias cuantificables.

Los resultados obtenidos en este análisis podrían ser de utilidad para orientar la toma de decisiones de los productores, así como de apoyo al sector.

La sustentabilidad en la ovinocultura es un objetivo por alcanzar, sin embargo, es necesaria la intervención estatal en apoyo a los productores para aumentar sus ganancias y estos tengan la posibilidad de obtener ingresos netos positivos y al mismo tiempo cuidar del medio ambiente. El impacto ambiental en la ovinocultura representa un gasto de gran magnitud debido a la cadena de producción, puesto que se hace un acumulado del impacto ambiental de dicha actividad productiva, por ejemplo, la huella hídrica, por lo que es necesario seguir las recomendaciones que la FAO (2015) plasma como los cinco principios interrelacionados para la transición a la sostenibilidad en ganadería, permitiendo equilibrar los sectores económico, social y ambiental, promoviendo la resiliencia: 1) Uso eficiente de los recursos: base genética de especies; 2) Conservar, proteger y mejorar los recursos; 3) La agricultura que no proteja los medios de subsistencia rurales y mejora la equidad y bienestar rural es insostenible; 4) La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas, y; 5) Mecanismos de gobernanza responsables y eficaces

Literatura citada

AAEA, American Agricultural Economics Association Task Force (2000),
Commodity Costs and Returns Estimation Handbook. A Report of the AAEA

Task Force on Commodity and Returns February 1, 2000. Ames, Iowa.
Recuperado en:
https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid...ext=pdf

Barrón A., J. F.; García, R.; Mora, J. S.; López, S.; Pro, A. & García, R. C. (2000), Competitividad y efectos de política económica en la producción de cerdo en pie de 13 granjas porcícolas en el estado de Michoacán, 1995. Agrociencia, vol. 34, núm. 3, mayo-junio, 2000, pp. 369-377, Colegio de Posgraduados ISSN: 1405-3195. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234314>

De Lucas, J.; Zarco, L. A.; Tortora, J.; Villa, G. A. & Vásquez, C. (2003) Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. Revista Vet Mex, 34: 236-245.

Díaz-Sánchez, C. C.; Jaramillo-Villanueva, J. L.; Bustamante-González, Á.; Vargas-López, S.; Delgado-Alvarado, A.; Hernández-Mendo, O. & Casiano-Ventura, M. A. (2018) Evaluación de la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de ovinos en la región de Libres, Puebla. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Vol. 9, Núm. 2, 2018.

Espejel-García, A.; Barrera-Rodríguez, A. I.; Rodríguez-Moreno, A. & Santiago-Vargas, M. de L. (2015) Caracterización de los productores y dinámica de adopción de innovación en el municipio de Villa Victoria, Estado de México. Ra Ximhai, Julio-diciembre, 2015/Vol. 11, Núm. 5. Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa Pp. 17-34.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016) Climate is changing. Food and Agricultura must too. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/i5758e/i5758e.pdf>

FAO (2015) Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. Principios y enfoques. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3940s/i3940s.pdf>

Góngora-Pérez, R. D.; Góngora-González, S. F.; Magaña-Magaña, M. Á. & Lara y Lara, P. E. (2010) Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 131-144.

Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, A., Mondragón-Anselmo, J., Guzmán-Soria, E., & Rebollar Rebollar, S. (2016). Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. *Investigación y Ciencia*, vol. 24, núm. 69, 24(69), 13-20.

Hernández-Medrano, J. H. & Corona, L. (2018) El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema? *Agroproductividad* Vol. 11, Núm. 2, pp: 46-51.

Hochstein-Kumez, L. & Castaños, V. M. (2018) Comercialización de productos ovinos en México: Un enfoque en la inteligencia colectiva. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. México. Vol. 6 Núm. 2:26-32.

Lassey, K. R. (2008) Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle. *Australian Journal of Experimental Agricultural*, 48, 114-118.

Martínez-Medina, I.; Val-Arrola, D.; Tzintzun-Rascón, R.; Conejo-Nava, J. de J. & Tena-Martínez, M. J., (2015) Competitividad privada, costos de producción y análisis del punto de equilibrio de unidades representativas de producción porcina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2015; 6(2) Pp 193-205.

Medrano J. (2000) Recursos animales locales del centro de México. *Archivos de Zootecnia* vol. 49, núm. 187, p. 387.

- Mekommen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010) The Green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. UNESCO-IHE. Volúmen 1. Research Report Series No. 48.
- Monke, E. A. & Pearson, S. R. (1989). The Policy Analysis Matriz for Agricultural Development. Cornell University Press.
- Morales-Hernández, J. L., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., & Guzmán-Soria, E. (2011). Costos de producción y competitividad del cultivo de la papa en el Estado de México. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 22(2), Pp. 339-349
- Pinos-Rodríguez J. M.; García-López, J. C.; Peña-Avelino, L. Y.; Rendón-Huerta, J. A.; González-González, C. & Tristán-Patiño, F. (2012) Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia 46: 359-370.
- Rebollar-Rebollar, A.; Hernández-Martínez, J.; Rebollar-Rebollar, S.; Guzmán-Soria E.; García-Martínez, A. & González-Razo, F. J., (2011) Competitividad y rentabilidad de bovinos de corral en el sur del Estado de México., Tropical and Subtropical Agrosystems, Vol. 14: 691-698.
- Rodríguez-Licea, G.; García-Salazar J. A. & Hernández-Martínez, J. (2016) Identificación de conglomerados para impulsar las cadenas productivas de carne en México. Agronomía Mesoamericana, Vol. 27, Núm. 2, 2016 pp. 353-365, Universidad de Costa Rica.
- Sagarnaga, V. L.M., Salas, G. J.M., y Aguilar, Á. J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción. Serie Metodologías y herramientas para la investigación V7, México: Universidad Autónoma Chapingo/CIESTAAM
- Samuelson P. A., & Nordhaus W.D., 2005, Economía, 18ª Ed., Editorial McGraw-Hill Interamericana, CIDE, ISBN-10:8448136322, ISBN-13:970-10-5381-8, Pp. 159.

Salcedo-Baca, S. (2007). Competitividad de la Agricultura en América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de Cómputo. FAO

Secretaría de Economía (2010) Competitividad. Disponible en: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/economia-para-todos/abc-de-economia/competitividad/217-competitividad> (Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2020).

SIAP/SIACON/SADER (2020) Producción de ovinos para carne 2018.

WRI, World Resource Institute (2016) Protein Scorecard. Disponible en: <http://www.wri.org/data/protein-scorecard> (Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021).

5. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICO-AMBIENTAL EN LA OVINOCULTURA

ECONOMIC-ENVIRONMENTAL OPTIMIZATION IN SHEEP FARMING

Barrios-Sánchez Catalina Graciela⁶, Valdivia-Alcalá, Ramón⁷, Sagarnaga-Villegas Leticia Myriam⁸, Salas-González José María⁹, & Barrios-Puente Gerónimo^{10*}

Resumen

La economía es la ciencia que se encarga de estudiar la forma en que se organizan y administran los recursos escasos de las unidades productivas, por lo que busca el mejor uso de estos a cambio de maximizar el ingreso obtenido por la venta de los productos generados en los procesos de producción. El presente estudio, tiene el objetivo de maximizar el ingreso de unidades de producción ovina típicas de la región sur-oriente del Estado de México, bajo diferentes escenarios, recursos escasos, incremento de capital y con transferencias de gobierno por concepto de servicios ambientales. La programación lineal se llevó a cabo en el software “LINDO” mediante el método Simplex. El tamaño de hato recomendado para la zona de estudio es de trece vientres en producción, presentando ingreso de \$37,300 por año. Se sugieren transferencias por pago de servicios ambientales en favor de la prevención de

⁶ Maestra en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Estudiante del programa de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola (DCEA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) / División de Ciencias Económico – Administrativas (DICEA). Dirección: Km. 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, C.P. 56230 Tel. 5959517313, E-mail: kabas177@gmail.com

⁷ Doctor en Ciencias en Socioeconomía, Estadística e Informática - Economía, Maestro en Ciencias en Socioeconomía, Estadística e Informática-Economía. Profesor – Investigador de tiempo completo en la UACH/DICEA/CIESTAAM. Dirección: Km. 38.5 Carretera México - Texcoco, Chapingo, C.P. 56230 Tel. 59521500 Ext. 1668 E-mail: ramvaldi@gmail.com

⁸ Doctora en Economía Agrícola. Maestra en Ciencias en Administración de Empresas. Profesor - Investigador de tiempo completo en la UACH / ZOOTECNIA / Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)/DICEA. Dirección: Km. 38.5 Carretera México - Texcoco, Chapingo, C.P. 56230 Tel. 59521500 Ext. 5194 E-mail: sagarnaga.myriam@gmail.com.

⁹ Doctor en Ciencias en Economía Agrícola, Maestro en Ciencias en Administración de Empresas Agropecuarias. Profesor – Investigador de tiempo completo en la UACH/ Sociología Rural/DICEA. Dirección: Km. 38.5 Carretera México - Texcoco, Chapingo, C.P. 56230 Tel. 59521500 Ext. 5812. E-mail: jmsalasgonzalez@gmail.com

^{10*} Doctor en Ciencias en Socioeconomía, Estadística e Informática – Economía. Maestro en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural. Profesor Investigador de tiempo completo en la UACH/DICEA. Dirección: Km. 38.5 Carretera México - Texcoco, Chapingo, C.P. 56230 Tel. 59521500 Ext. 1668 E-mail: gbarriospuente@gmail.com Autor de correspondencia

incendios de la zona boscosa, como una forma de aumentar el ingreso a los ovinocultores.

Palabras clave: maximización, estrategias, servicios ambientales

Abstract

Economics is the science that is responsible for studying the way in which the scarce resources of the productive units are organized and managed, so it seeks the best use of these in exchange for maximizing the income obtained from the sale of the products generated in production processes. The present study has the objective of maximizing the income of typical sheep production units of the south-eastern region of the State of Mexico, under different scenarios, scarce resources, capital increase and with government transfers for environmental services. Linear programming was carried out in the "LINDO" software using the Simplex method. The recommended herd size for the study area is thirteen producing bellies, presenting an income of \$ 37,300 per year. Transfers are suggested for payment of environmental services in favor of the prevention of fires in the forest area, as a way to increase the income of farmers.

Keyword: maximization, strategies, environmental services

Introducción

Los productores agropecuarios presentan escasas o nulas posibilidades de emplearse fuera del sector rural, por lo que la precariedad de su estilo de vida está regida por los recursos y tecnología disponibles para la producción, que por lo general es reducida, para incrementar los niveles de productividad e ingresos. En este contexto, uno de los problemas principales de la producción primaria en México, es el objetivo de producción que tienen los dueños de las pequeñas unidades de producción, puesto que, lo hacen con fines de autoconsumo y rara vez con fines empresariales, debido a sus recursos económicos tan reducidos, en donde pocas veces pueden reinvertir los ingresos obtenidos por la venta de su producción, o por la falta de visión a largo plazo. Esta cuestión puede ser un síntoma de un conjunto de variables tanto endógenas como exógenas de las unidades de producción. Sin embargo, es

necesario encontrar la manera de mostrarle al productor agropecuario, que no sólo puede aumentar sus ingresos mediante el mejoramiento de los parámetros técnicos típicos de una unidad de producción, sino que también es posible aumentar o probablemente maximizar su ganancia, mediante una toma de decisiones apropiada, basada tanto en un criterio técnico-económico-ambiental, en donde el principal objetivo debe ser agregar valor a su producción.

El caso de la ovinocultura no es la excepción ante lo antes mencionado, en la actualidad los ovinocultores muestran costos de producción altos, los cuales en algunos casos son mayores a los precios de venta, debido a diversos factores, dentro de los que están los precios de los insumos y el bajo nivel tecnológico, por lo que los ingresos netos percibidos por dichos agentes económicos son muy bajos, nulos o incluso negativos. Cuestión por la que los productores se ven en la necesidad de hacer de ésta su segunda o tercera actividad productiva, o simplemente como un pasatiempo con riesgo evidentemente alto. El problema se agrava ante la competencia que representan las facilidades crecientes para la importación de carne procedente de países con costos de producción más bajos.

Los productores ovinos desarrollan sus actividades productivas usando los conocimientos que han aplicado por generaciones para obtener los productos de su actividad pecuaria. La asesoría y capacitación es prácticamente nula y tampoco aplican criterios económicos para mejorar sus resultados. Por lo que es importante que se analice para productores ovinos con tamaños de hatos tipo en la región, las opciones que tienen con la tecnología actual que utilizan las posibilidades de mejorar sus resultados económicos usando técnicas de optimización, así como evaluar la posibilidad de incorporar algunas mejoras en las técnicas que pueden incorporar dada la disponibilidad de recursos y así mejorar sus ingresos y su bienestar, a partir de realizar escenarios diferentes para cada ovinocultor tipo considerado en el análisis.

Estos escenarios representan distintas alternativas organizativas de los recursos que una granja de producción ovina típica tiene, con la finalidad de

encontrar una propuesta que pueda proporcionar una ventaja para aumentar el bienestar de los propietarios de dichas unidades de producción, mediante la simulación de distintos panoramas, precio de insumos y coeficientes técnicos. Sin dejar de lado que, al final del día, el encargado de la producción tomará las decisiones que a su experiencia sean más pertinentes, de acuerdo con su aversión al riesgo.

En ese sentido se plantea evaluar el impacto en el ingreso en una unidad de producción tipo, ante cambios en algunos componentes del sistema producto ovinos-carne usando programación lineal, lo que permitirá conocer varios aspectos relacionados con el proceso productivo y orientarlos acerca de los caminos que tienen los productores para mejorar sus resultados.

- Determinar el ingreso máximo que la unidad de producción puede alcanzar mediante el uso óptimo de sus recursos.
- Recomendar un tamaño y estructura de hato que se pueda mantener estable en el mediano plazo con posibilidades de consolidarlo y hacerlo crecer en el largo plazo.
- Analizar el impacto de los cambios en la asignación de los recursos de la granja a través de la elasticidad insumo-producto.

Materiales y Métodos

En la economía de la producción se encuentran disponibles varios métodos que pueden ser usados en el proceso productivo en la búsqueda de la mejora de resultados económicos (Doll & Orazem, 1978).

Según Chiang & Wainwright (2006), los agentes económicos están en busca del estado de equilibrio, haciendo enormes esfuerzos para llegar a éste, derivado de un sinnúmero de posibilidades de elección frente a estos. Bajo los supuestos de la teoría económica, la toma de decisiones se hace de forma racional. No obstante, en décadas recientes y con los desarrollos tecnológicos, de investigación y análisis, surgen planteamientos que intentan poner en entredicho tal modo de actuación. Por ejemplo, la neurociencia sugiere

considerar que, el ser humano toma decisiones basadas en las emociones, consecuencia del entorno presente o pasado del individuo en cuestión, su apego, aversión al riesgo, entre otras. Al respecto, Braidot (2006), menciona que tan solo el 5 por ciento de los procesos mentales son tomados de forma consciente. Pero, mientras continúan los estudios sobre la mente humana y el esclarecimiento de esas ideas, resulta útil seguir con los análisis económicos basándose en el paradigma vigente.

Las unidades de producción agropecuaria, agentes económicos, se enfrentan a una toma de decisiones compleja derivada de la asignación de los recursos con que cuentan. Analizándolo desde el punto de vista económico, se puede decir que las curvas de indiferencia no son estáticas, entonces, la toma de decisiones podría ser del tipo dinámico, con el objetivo de elegir la mejor opción posible.

En este sentido, la programación lineal resulta ser una herramienta útil, puesto que permite elegir la mejor alternativa posible, con el fin de maximizar ingresos o minimizar costos, sin dejar de lado que ésta se encuentra sujeta a numerosas restricciones del tipo económicas, técnicas y de disponibilidad de recursos. De acuerdo con Rodríguez *et. al* (2019), la simplificación de la realidad mediante el uso de modelos matemáticos permite su formulación mediante bases teóricas y la inclusión de variables técnicas, ambientales y económicas, por otro lado, Chiang y Wainwright (2006) mencionan que, al relacionar un conjunto de variables, se formulan los supuestos analíticos mediante ecuaciones de diferentes tipos, ya sea por su forma o por la cantidad de variables que se incluyan en éstas, bajo la idea de que el análisis puede ser de tipo estático o dinámico.

Los modelos de equilibrio general como son los de programación lineal y programación no lineal junto con los de programación matemática positiva, son los más empleados en la optimización de la asignación de recursos (Rodríguez *et al.*, 2019). La programación lineal, resulta de gran utilidad debido a su practicidad, puesto que las relaciones analizadas se suponen lineales, aunque puedan ser de otro tipo, sin embargo, su tratamiento o análisis resulta más

práctico de esta forma. La programación lineal permite enfrentar el problema de la maximización o la minimización de una función objetivo lineal sujeta a un conjunto de desigualdades también lineales, ampliando el horizonte del análisis de optimización.

Particularmente, la programación matemática en la agricultura tiene sus orígenes en el esfuerzo por modelar la economía de la producción agrícola, incluyendo su dimensión espacial (Hazel y Norton, 1986, pp. 9).

Rasmusen (2011, Pp. 197) menciona que el modelo de programación lineal (LP) se basa en un tipo especial de función de producción, la función de producción de Leontief. Este tipo de función es diferente a la neoclásica general, en donde se puede producir una cantidad de producto dada con diferentes combinaciones de insumos y se pueden sustituir entre ellos. Una función de producción de Leontief, sólo se puede producir con la combinación de insumos específica (z_1 y z_2 , figura 5), esta curva con forma de L es la isocuanta para producir y_0 , pero en la práctica sólo importa el punto de esquina puesto que, otros puntos en la isocuanta implican un mayor consumo de insumos sin considerar el ahorro del otro insumo en cuestión. Aunque ese planteamiento puede tener algún fundamento en algunos modelos formulados con anterioridad parece ser más acertado considerar que corresponden a funciones de producción compuestas únicamente por términos lineales, es decir, que solamente consideran la sustitución perfecta entre los insumos que intervienen en la producción.

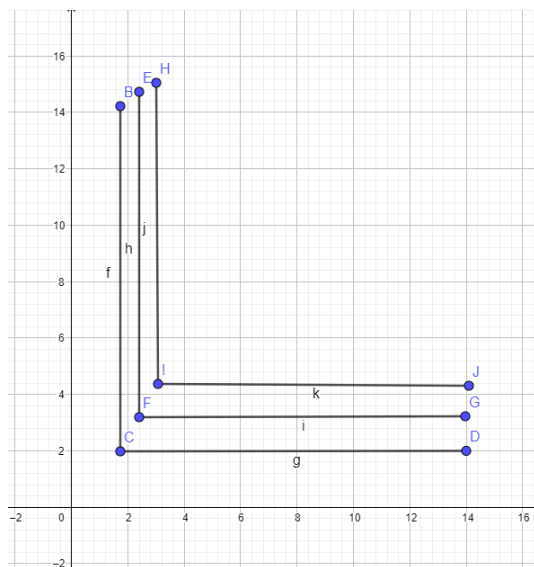


Figura 5. Isocuantas, funciones de producción de Leontief.

De acuerdo con Alvarado (2009), mediante la programación lineal podemos representar un sistema de producción mediante un modelo o matriz en el que se incluyen: los costos e ingresos generados por unidad de actividad (función objetivo); aportes y requerimientos de insumos y productos por unidad de cada actividad considerada (coeficientes insumo/producto), y; disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas y empresariales a respetar (valores del lado derecho de las restricciones RHS por las siglas en inglés de *Right Hand Side*). La Programación Lineal es un método matemático que permite analizar y elegir la mejor entre muchas alternativas. Es un medio para determinar la mejor manera de distribuir una cantidad de recursos limitados que procura lograr un objetivo expresable en maximizar o minimizar una determinada cantidad.

El problema que atiende la LP es encontrar el plan de la granja, definido por un conjunto de niveles de actividad X_j , $j=1, 2, \dots, n$, que tenga el mayor margen bruto posible Z , cumpliendo estrictamente las restricciones de los recursos fijos. En términos matemáticos (Hazzel y Norton, 1986):

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \leq b_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Y

$$X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

Z: Función objetivo.

X_j : Es el nivel de la j-ésima actividad de la finca.

c_j : Márgenes brutos pronosticados (precios netos) de la j-ésima unidad de actividad.

a_{ij} : Cantidad del i-ésimo recurso requerido para producir una unidad de la j-ésima actividad.

b_j : Cantidad del i-ésimo recurso disponible.

Como se muestra arriba, el modelo de programación consta de varios elementos, estos son, la función objetivo, las actividades reales, las ecuaciones de restricciones, las ecuaciones de transferencia y los coeficientes. De acuerdo con Beneke (1973), las actividades reales son aquellas actividades propias de la unidad de producción, es decir, la producción de cultivos, cría de ganado, venta de productos, cosecha, pago de costos fijos, entre otras; en cuanto a las ecuaciones de restricción, se refiere a los máximos, mínimos e igualdades de recursos; las ecuaciones de transferencia, son aquellas que permiten transferir productos o subproductos de una actividad a otra; por otro lado, los coeficientes representan el impacto en una restricción por el aumento de una unidad de cada actividad del modelo, es decir, la demanda de una unidad de una actividad sobre el recurso representado; mientras que, los coeficientes de la función objetivo indican cómo será alterado el valor total de la solución mediante la adición de una unidad de actividad.

Los supuestos de la Programación Lineal son:

1. Optimización: se asume que se maximiza o minimiza una función de utilidad conveniente y lineal.
2. Fijeza: Al menos una restricción tiene coeficiente distinto de cero

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1$$

3. Finitud: Se asume que hay una cantidad finita de actividades y de recursos.
4. Determinismo: Todos los coeficientes de las variables del modelo se suponen constantes y conocidas (certeza).
5. Continuidad: Se supone que los recursos y las actividades pueden ser ocupados o realizados en cantidades fraccionales.
6. Homogeneidad: se asume que todas las unidades de un mismo recurso o actividad son idénticos.
7. Aditividad: Se supone que las actividades son aditivas, es decir, que el producto total es la suma de los productos individuales.
8. Proporcionalidad: Se asume que el margen bruto y los requerimientos de recursos por unidad de actividad son constantes, implicando una curva de demanda elástica para el producto, es decir, un margen bruto constante por unidad de actividad.

Mediante el uso de Programación Lineal se buscan generar las bases para hacer recomendaciones a un tipo de productores sobre el tamaño de hato en el que el productor logre maximizar el ingreso neto mediante el uso óptimo de los factores de producción, que puede hacerse extensivo a varios tipos de productores. Puesto que el objetivo principal del economista agrícola es aumentar el bienestar de los agricultores, mediante la mejora en sus unidades de producción primaria.

A partir de la información obtenida en el presente estudio, el productor obtendrá herramientas para la toma de decisiones asertivas sobre su unidad de producción, facilitará, si así lo requieren, la toma de decisiones en conjunto como área de producción o grupo de productores organizados. Para los hacedores de política será de gran utilidad para llevar a cabo el tipo de política más adecuada y que potencie el bienestar de los productores y/o consumidores de la carne de ovino.

El planteamiento de distintos modelos de programación lineal y la selección de aquellos que resulten más representativos y a la vez arrojen mayores niveles de rendimientos económicos, dará una ventaja para aumentar el bienestar de los propietarios de dichas unidades de producción, maximizando el ingreso neto y el uso óptimo de los factores e insumos, mediante la simulación de distintos panoramas en los que se hagan variaciones en el tamaño del hato, las actividades alternativas, los precios de los insumos y los coeficientes técnicos.

En general, los modelos matemático-económicos son representaciones de varios tipos de relaciones económicas (producción, costos, ingresos, etc.), en los cuales las variables pueden expresarse en términos monetarios o en especie (cantidad de producto o insumo, para lo cual se requiere elegir un numerario en cada caso). Dichas relaciones económicas, incluidas las funciones de producción, tienen la posibilidad de ser representadas en varias formas, de tal manera que, al menos una parte de la realidad se vea debidamente reflejada de forma matemática o gráfica, dependiendo del impacto que tengan los componentes de la relación o el objetivo de análisis. Es decir, si se busca determinar el impacto que tiene una sola variable (independiente) sobre la variable dependiente, entonces el resto de las independientes, si es que realmente son relevantes, se suponen fijas (*ceteris paribus*), por ejemplo, si claramente la función de producción depende en mayor grado de un insumo, las demás variables pueden ser omitidas momentáneamente atendiendo a que su contribución es insignificante.

Algunos casos concretos de la curva de producción, parecerían ser líneas rectas, debido a que, gráficamente representan un intervalo pequeño de la curva completa, ya sea por el tipo de análisis que se hará o por la etapa de proceso que se está modelando. Esto, probablemente en el caso de que aún no se encuentre en el grado de desarrollo que permita observar tal curvatura (rendimientos marginales crecientes o decrecientes).

Al respecto, cuando se trata de optimización, lo que se espera tener como resultado del análisis, es al menos, una función con rendimientos marginales

decrecientes. En donde se busca determinar el nivel óptimo de producción desde el punto de vista económico.

Este resultado se obtiene maximizando la función de ingreso sujeta a la restricción que impone la cuantía del recurso, mediante el uso de la ecuación de Lagrange, en donde, se representa la función objetivo con la adición de las restricciones mediante los multiplicadores de Lagrange.

Para la correcta construcción del modelo, es necesario detectar las actividades principales, su precio neto y la cantidad de recursos necesarios para llevar a cabo cada una de estas, entre los cuales se encuentra la cantidad de mano de obra, el capital necesario para la explotación.

El modelo de programación lineal fue analizado mediante el software denominado “LINDO” por sus siglas en inglés *Linear Interactive Discrete Optimization*, empleando el método de optimización “Simplex”, para así obtener la solución óptima.

Resultados

El rebaño se clasifica de acuerdo con su edad en: crías lactantes (0 a 3 meses), corderos (3 a 6 meses), ovejas de reemplazo (6 a 9 meses), vientres productivos (9 a 60 meses), sementales (adultos) y vientres de deshecho (mayores de 60 meses). Cada clase de los ejemplares de ovinos es considerada una actividad en el modelo. Otras actividades consideradas en el modelo son la venta de crías lactantes, vientres de desecho, sementales de desecho, lana, estiércol y transferencias del gobierno por pago de servicios ambientales (alternativa).

La unidad de producción representativa tipo de la zona de estudio, es una unidad con veinte vientres productivos de origen nacional, las principales razas empleadas son cruza criolla/Dorset, Blackbelly, Hampshier, Dorper, Charole, Suffolk y Pelibuey. Los coeficientes técnicos son: 1.3 ciclos productivos por año, autorreemplazo del 10%, prolificidad de gemelos de 40% y tasa de mortalidad del 20%. La alimentación se basa en una mezcla de granos y forraje de acuerdo

con la edad fisiológica del ganado. La unidad cuenta con una superficie de dos hectáreas, destinadas para la producción de maíz, de donde se obtienen como productos, maíz en grano y pacas de rastrojo de este, ambos empleados para la alimentación. La mano de obra empleada es de tipo familiar. El producto principal es el borrego de 45kg en pie, aunado a esto, se venden los vientres de deshecho, el semental de deshecho, el estiércol en costales de 25kg.

Actividades y restricciones para la construcción de los modelos de maximización del ingreso

X1 = Venta de cordero de 45kg, la unidad de actividad es un cordero de 45kg de 6 a 8 meses de edad.

X2 = Producción y cría de hembras jóvenes, la unidad de actividad es un cordero hembra de 3 a 6 meses.

X3 = Producción y cría de machos jóvenes, la unidad de actividad es un cordero macho de 3 a 6 meses.

X4 = Actividad de producción de carne de ovino, la unidad de actividad es una oveja adulta que produce 1.2 corderos de 45kg

X5 = Actividad de venta de vientres de deshecho, la unidad de actividad es una oveja de 55kg de 9 años

X6 = Actividad de crecimiento y cría de oveja joven para la sustitución de ovejas de deshecho. La unidad de actividad es una oveja joven de 8 meses.

X7 = Actividad de venta de lana, la unidad es 1 kg de lana

X8 = Actividad de venta de estiércol, la unidad de actividad es un costal de 25kg de estiércol.

X9 = Actividad de compra para ovejas de reemplazo, la unidad de actividad es una oveja joven de reemplazo

X10* = Actividad de transferencia del gobierno por pago de servicios ambientales de pastoreo en el bosque, la unidad de actividad es pesos por oveja

R1 = Restricción de máximos de mano de obra, la unidad de actividad es una hora de trabajo

R2 = Restricción de capital, la unidad de actividad es en pesos

R3= Restricción de máximos número de vientres en producción, la unidad de actividad es una oveja

R4 = Ecuación de máximo de hembras jóvenes, la unidad de actividad es un cordero hembra de 3 a 6 meses

R5 = Ecuación de máximo de machos jóvenes, la unidad de actividad es un cordero macho de 3 a 6 meses.

R6 = Ecuación de transferencia de hembras jóvenes a corderos de 45kg, la unidad de actividad es una hembra de 3 a 6 meses.

R7 = Ecuación de transferencia de machos jóvenes a corderos de 45kg, la unidad de actividad es un macho de 3 a 6 meses.

R8 = Ecuación de transferencia de ovejas de deshecho, la unidad de transferencia es una oveja de 55kg. NOTA: Anualmente se deshecha el 10% de los vientres en producción, eligiendo a las ovejas más viejas o vientres no productivos.

R9 = Ecuación de transferencia de ovejas de sustitución y reemplazo, la unidad de transferencia es una oveja. NOTA: La tasa de reemplazo es de 10% anual

R10 = Ecuación de producción de lana. NOTA: Cada oveja produce 1kg de lana por cada vez que es esquilada, en ovinos adultos se lleva a cabo dos veces al año y en el caso de los ovinos jóvenes, sólo una vez.

R11 = Ecuación de producción de estiércol. NOTA: Cada oveja produce 13 bultos de estiércol de 25kg por año, en el caso de los ovinos jóvenes y ovejas de sustitución, se calculó de acuerdo con el tiempo que permanecen en la unidad de producción y la cantidad de alimento que se suministra.

R12* = Restricción de pago por servicios ambientales, la unidad de actividad es 1 oveja por hectárea

Modelo de programación

Función objetivo

$$Z = P_{X1}X1 + P_{X2}X2 + P_{X3}X3 + P_{X4}X4 + P_{X5}X5 + P_{X6}X6 + P_{X7}X7 + P_{X8}X8 + P_{X9}X9$$

Con el objetivo de maximizar las ganancias netas y encontrar la combinación óptima de las actividades de la granja, se modeló la siguiente función objetivo, mediante el uso de los precios netos.

$$\text{Max } Z = 1476x1 + 722x2 + 722x3 + 194x4 - 306x5 + 1365x6 + 3x7 + 30x8 - 2500x9$$

La función objetivo (Z), se encuentra sujeta a restricciones (Tabla 12), de las que los valores de RHS se refieren a la mano de obra disponible (5840 horas/años), es decir, son las horas hombre que el productor y su familia pueden disponer para la actividad; lo referente a capital se disponen de 50,000 pesos anuales para la actividad, no se incluye la restricción de tierra, puesto que se trata de una explotación estabulada y la superficie de tierra empleada es pequeña para una unidad de producción típica de la zona de estudio, el tamaño de la unidad de producción se limita a un máximo de producción de veinte vientos, con posibilidades de reducir el tamaño para optimizar los ingresos netos; posteriormente se plasman restricciones sujetas a parámetros técnicos tipo (tasa de mortalidad, tasa de pariciones, tasa de prolificidad, tasa de sustitución de vientos, tasa de deshecho de vientos, etc.) además de restricciones de transferencia de ganado de una actividad a otra, a continuación se pueden observar en forma de ecuaciones algebraicas de primer grado las restricciones a las que está sujeta la función objetivo (Z).

$$16x_1 + 16x_2 + 16x_3 + 36x_4 + 36x_6 \leq 5840$$

$$864.5x_1 + 278x_2 + 278x_3 + 2306x_4 + 2306x_5 + 1135x_6 \leq 50000$$

$$x_4 \leq 20$$

$$x_2 + x_5 - 0.575x_4 \leq 0$$

$$x_3 - 0.575x_4 \leq 0$$

$$0.5x_1 - x_2 + x_6 \leq 0$$

$$0.5x_1 - x_3 \leq 0$$

$$0.1x_4 - x_5 \leq 0$$

$$x_6 + x_9 - 0.1x_4 \geq 0$$

$$x_7 - x_1 - 2x_4 - 2x_5 - 2x_6 \leq 0$$

$$x_8 - 4.01x_1 - 13x_4 - 8.1x_6 \leq 0$$

Tabla 12. Modelo de programación de la producción ovina.

Tipo de fila		B	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
N	C		1476	722	722	194	-306	1365	3	30	-2500
L	R1	5,840	16	16	16	36		36			
L	R2	50,000	864.5	278	278	2,306	2,306	1,135			
L	R3	20				1					
L	R4			1		-0.575	1				
L	R5				1	-0.575					
L	R6		0.5	-1				1			
L	R7		0.5		-1						
L	R8					0.10	-1				
L	R9					-0.10		1			1
L	R10		-1			-2	-2	-2	1		
L	R11		-4.06			-13		-8.1		1	

FUENTE: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en “LINDO”, para llegar a la solución óptima se reportan nueve iteraciones, es decir, la cantidad de vértices analizados previamente para resolver el sistema de ecuaciones.

El valor óptimo es de \$37,307 por año, este valor se refiere a la máxima ganancia que se puede obtener de la producción de ovina.

La solución óptima, se refiere a la cantidad que debe producirse en cada una de las actividades de la granja, para asegurar el máximo ingreso. De acuerdo con las restricciones antes mencionadas, el valor óptimo de producción de los borregos de 45 kg es de 10, 6 hembras jóvenes, 8 machos jóvenes, 13 vientres en producción, 1 hembra de deshecho, 1 hembra de sustitución, 43 kg de lana, 234 sacos de estiércol de 25kg y 0 hembras de reemplazo.

Como se aprecia adelante, la mayoría de los recursos se agotan, a excepción de las horas hombre, los vientres en producción y la transferencia de machos jóvenes a corderos de 45kg, es decir, estas variables muestran holgura, puesto que se encuentran cerca de ser satisfecha dichas restricciones.

En el análisis del precio dual (figura 6), en donde se obtiene un valor negativo, lo que significa que, si se aumenta una hembra de sustitución, la función objetivo disminuye en \$1,141 mientras el resto de las variables se mantienen constantes, *ceteris paribus*. Caso contrario en el capital, si éste es aumentado

en una unidad (un peso), la función objetivo aumentará en \$0.74, o el caso de las hembras jóvenes destinadas para la engorda, por una hembra de engorda extra la función objetivo aumentará en \$1908. Sin embargo, aquellas filas que presentan precio dual igual a cero indican que a pesar de ser aumentado el valor del RHS, la función objetivo no presentará efecto alguno.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 9			RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
OBJECTIVE FUNCTION VALUE			OBJ COEFFICIENT RANGES			
1)	37307.73		VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	X1	1476.000000	724.240417	608.440247
X1	10.444592	0.000000	X2	722.000000	8343.400391	3299.035645
X2	6.614908	0.000000	X3	722.000000	6892.373535	538.546082
X3	8.007520	0.000000	X4	194.000000	3963.114990	2678.975098
X4	13.926122	0.000000	X5	-306.000000	4481.017578	26789.750000
X5	1.392612	0.000000	X6	1365.000000	1122.808228	1336.504395
X6	1.392612	0.000000	X7	3.000000	2109.735840	3.000000
X7	43.867283	0.000000	X8	30.000000	395.163849	30.000000
X8	234.202560	0.000000	X9	-2500.000000	1358.615845	INFINITY
X9	0.000000	1358.615845				
			RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2)	4887.453125	0.000000	2	5840.000000	INFINITY	4887.453125
3)	0.000000	0.746155	3	50000.000000	21807.500000	49999.996094
4)	6.073878	0.000000	4	20.000000	INFINITY	6.073878
5)	0.000000	2423.067627	5	0.000000	2.505151	6.607347
6)	0.000000	514.569031	6	0.000000	179.856110	2.829034
7)	0.000000	1908.498657	7	0.000000	2.540537	6.373216
8)	2.785224	0.000000	8	0.000000	INFINITY	2.785224
9)	0.000000	4443.700195	9	0.000000	1.404307	5.064146
10)	0.000000	-1141.384155	10	0.000000	5.567722	1.369948
11)	0.000000	3.000000	11	0.000000	INFINITY	43.867283
12)	0.000000	30.000000	12	0.000000	INFINITY	234.202560
NO. ITERATIONS= 9						

Figura 6. Resultado de optimización de la función objetivo y análisis de sensibilidad del modelo en LINDO

En la primera parte del análisis de sensibilidad muestra los rangos en que los coeficientes de la función objetivo pueden ser modificados sin que esto provoque variaciones en la solución óptima del plan de producción. Mientras que, en la segunda parte de dicho análisis, se muestran los valores en que pueden variar los valores de RHS, con el fin de mantener los valores de los precios duales se mantengan iguales, se observa en la fila 4 del análisis, que el número de vientres se puede aumentar de manera infinita, sin embargo, se puede reducir tan solo en seis unidades.

Ahora bien, al aumentar el número de vientres (≥ 20) y el capital (\$100,000), se obtienen resultados diferentes. La función objetivo toma el doble del valor de

la función original y aunque los valores de las actividades productivas también se duplican, los precios duales permanecen constantes (figura 7).

Sin embargo, se puede observar que el excedente de la restricción de mano de obra se reduce, lo cual es de esperarse, puesto que, a mayor número de animales en producción, se requiere una mayor cantidad de mano de obra para atender al ganado dentro de la granja.

OBJECTIVE FUNCTION VALUE			RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
1)	74615.46					
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	ALLOWABLE
X1	20.889183	0.000000	X1	1476.000000	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X2	13.229815	0.000000	X2	722.000000	724.240417	608.440247
X3	16.015039	0.000000	X3	722.000000	8343.400391	3299.035645
X4	27.852243	0.000000	X4	194.000000	6892.373535	538.546082
X5	2.785224	0.000000	X5	-306.000000	3963.114990	2678.975098
X6	2.785224	0.000000	X6	1365.000000	4401.017578	26789.750000
X7	87.734566	0.000000	X7	3.000000	1122.808228	1336.504395
X8	468.405121	0.000000	X8	30.000000	2109.735840	3.000000
X9	0.000000	1358.615845	X9	-2500.000000	395.163849	30.000000
					1358.615845	INFINITY
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	ALLOWABLE
2)	3934.906494	0.000000	2	5840.000000	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
3)	0.000000	0.746155	3	10000.000000	INFINITY	3934.906494
4)	7.852244	0.000000	4	20.000000	206546.625000	28192.500000
5)	0.000000	2423.067627	5	0.000000	7.852244	INFINITY
6)	0.000000	514.569031	6	0.000000	5.010303	13.214694
7)	0.000000	1908.498657	7	0.000000	101.411873	5.658069
8)	5.570449	0.000000	8	0.000000	5.081075	12.746431
9)	0.000000	4443.700195	9	0.000000	INFINITY	5.570449
10)	0.000000	-1141.384155	10	0.000000	2.808614	10.128291
11)	0.000000	3.000000	11	0.000000	11.135444	2.739895
12)	0.000000	30.000000	12	0.000000	INFINITY	87.734566
						468.405121
NO. ITERATIONS=			0			

Figura 7. Resultados y análisis de sensibilidad del modelo con aumento de recursos en LINDO

A continuación en la figura 8, se puede observar el efecto de una política, en la cual se reciben transferencias de gobierno por concepto de pago por servicios ambientales a la zona boscosa de la zona de estudio, en donde el productor se compromete a pastorear al ganado durante dos horas diarias, con el fin de reducir los esquejes del bosque y reducir considerablemente las posibilidades de incendios forestales que afecten fuertemente al ecosistema, aunado a esto, es notorio el impacto positivo que dicha práctica tendrá sobre los costos de alimentación, la fertilización natural del bosque y por supuesto la reducción de riesgo de incendio. Bajo el supuesto, en que el productor reciba un incentivo monetario de \$50 por año por animal pastoreado, se obtendrían los siguientes resultados.

```

IP OPTIMUM FOUND AT STEP      12

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)      78793.30

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
X1      20.889183            0.000000
X2      13.229815            0.000000
X3      16.015039            0.000000
X4      27.852243            0.000000
X5      2.785224            0.000000
X6      2.785224            0.000000
X7      87.734566            0.000000
X8      468.405121            0.000000
X9      0.000000            1283.432251
X10     83.556732            0.000000

      ROW    SLACK OR SURPLUS    DUAL PRICES
2)      3934.906494            0.000000
3)      0.000000            0.787933
4)      7.852244            0.000000
5)      0.000000            2489.218506
6)      0.000000            552.954651
7)      0.000000            1936.263794
8)      5.570449            0.000000
9)      0.000000            4556.191895
10)     0.000000            -1166.567749
11)     0.000000            3.000000
12)     0.000000            30.000000
13)     0.000000            50.000000

      NO. ITERATIONS=      12

      RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

      VARIABLE            CURRENT    OBJ COEFFICIENT RANGES
X1      1476.000000            ALLOWABLE
X2      722.000000            INCREASE
X3      722.000000            ALLOWABLE
X4      194.000000            INCREASE
X5      -306.000000            ALLOWABLE
X6      1365.000000            INCREASE
X7      3.000000            ALLOWABLE
X8      30.000000            INCREASE
X9      -2500.000000            ALLOWABLE
X10     50.000000            INCREASE

      ROW    CURRENT    RIGHTHAND SIDE RANGES
2)      5840.000000            ALLOWABLE
3)      100000.000000            INCREASE
4)      20.000000            ALLOWABLE
5)      0.000000            INCREASE
6)      0.000000            ALLOWABLE
7)      0.000000            INCREASE
8)      0.000000            ALLOWABLE
9)      0.000000            INCREASE
10)     0.000000            ALLOWABLE
11)     0.000000            INCREASE
12)     0.000000            ALLOWABLE
13)     0.000000            INCREASE

```

Figura 8. Resultados y análisis de sensibilidad del modelo con pago de servicios ambientales en LINDO.

Como se puede observar, después de doce iteraciones, se obtiene el valor de la función objetivo, el cual aumenta, sin embargo, el valor de las actividades permanece constante, pero el precio dual de cada restricción se ve aumentado ligeramente.

Conclusiones

La programación lineal, es ampliamente útil para hacer un plan de producción agropecuario, con el fin de maximizar las ganancias de los productores rurales, en especial aquellos de menor escala, puesto que, en su mayoría son los menos capacitados para llevar a cabo una producción con objetivos empresariales.

El pago por servicios ambientales antiincendios resulta una buena estrategia en la cual los dueños de las unidades de producción se pueden ver beneficiados directamente y al mismo tiempo benefician al medio ambiente, mitigando el impacto ambiental y económico que generan los grandes incendios, por la falta de planes de contingencia de incendios.

El uso de Programación Lineal resulta muy importante en el estudio de la economía agrícola como una herramienta útil en la maximización de los ingresos de las unidades de producción agropecuaria. Como se puede observar los multiplicadores de Lagrange (λ) miden la sensibilidad de la función objetivo (Z) ante cambios en las restricciones, es decir, en la disposición de recursos.

Literatura citada

- Alvarado B., J. 2009 La programación lineal aplicación de las pequeñas y medianas empresas. Rev. Reflexiones 88(1): 89-105 ISSN: 1021-1209/2009
- Beneke R. 1973 Programing to Agriculture. The Iowa State University Press ISBN: 0-8138-1035-3
- Braidot N. 2013 Neuromarketing en acción, ¿Por qué los clientes te engañan con otros si dicen que gustan de ti? Editorial Granica ISBN 978-950-641-610-2
- Chiang, A. C. & Wainwright, K. 2006, Métodos fundamentales de economía matemática, 4ta Ed. McGraw-Hill Interamericana. ISBN 10: 970-10-5614-0
- Hazel P., B. R. & Norton, R.D. 1986 Mathematical Programing for Economic Analysis in Agriculture. McMillan Publishing Company, ISBN 0-02-947930-4.
- Howit R. E. 1995 Positive Mathematical Programming, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 77, No. 2 (May, 1995), pp. 329-342 Published by: Oxford University Press on behalf of the Agricultural & Applied Economics Association Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1243543>
- Rasmusen S. 2011 Production Economics. The Basic Theory of Production Optimization Springer ISBN: 978-3-642-14610-7.
- Rodriguez F., J. M.; Medellín A., J.; Valdivia A., R.; Arana C., O. A.; & García S., R. C. 2019 Insights from a Calibrated Optimization Model for Irrigated Agriculture under Drought in an Irrigation District on the Central Mexican High Plains. Journal Water 2019, 11, 858; doi:10.3390/w11040858 Disponible en: www.mdpi.com/journal/water

6. CONCLUSIONES GENERALES

La ovinocultura mexiquense presenta diferentes niveles de viabilidad. En términos financieros, las URP analizadas alcanzan a cubrir los costos de producción, sin embargo, al analizarlos en términos económicos (costos de oportunidad) las unidades no cubren el costo de los factores de producción, además, no garantizan el retorno al capital por el riesgo de practicar dicha actividad, lo que pone en riesgo la permanencia de las empresas a mediano y largo plazo.

Los productores perciben beneficios no considerados en el presente estudio, como son la generación de alimentos y autoempleo, y la reserva de recursos para solventar necesidades económicas, por lo que continúan en la actividad a pesar del pobre desempeño financiero y económico.

Si bien los parámetros técnicos observados se encuentran dentro de los rangos observados a nivel nacional, se encuentran por debajo de aquellas explotaciones bien manejadas, lo que las hace técnicamente ineficientes, por lo que se puede mejorar la situación actual de los parámetros técnicos, mediante capacitación técnica directa a los productores.

El principal componente de la estructura de costos es la alimentación, va del 71% a 92% del total, seguida de la mano de obra. Por lo que, se sugiere hacer modificaciones de la dieta animal, hacia dietas económicamente óptimas, que reduzcan los costos de alimentación, pero sin dejar de lado los requerimientos nutricionales de los animales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la MAPM, las unidades de producción analizadas no son competitivas, presentan impacto ambiental negativo, no generan excedentes, por lo que no contribuyen al desarrollo económico local, ni regional.

Es necesaria la generación de políticas agrícolas que beneficien directa o indirectamente a los productores de ovinos, en apoyo a mejorar los precios de

venta y de esta forma se vean impulsados a mejorar las condiciones de producción, eficiencia y competitividad; y, de esta manera evitar la dependencia de posibles transferencias gubernamentales, sin perder de vista la sustentabilidad del sector. Al ser una actividad ganadera, el impacto ambiental es acumulable durante toda la cadena de producción, por lo que, el productor debe tener como meta de producción, realizar la misma en el menor tiempo posible, reduciendo al mismo tiempo los costos de producción derivados de la alimentación del ganado.

Mediante la programación lineal, es posible el desarrollo de un plan de producción que maximice los ingresos de los productores, sin necesidad de hacer grandes cambios en la estructura del rebaño. Facilitando al productor hacer uso eficiente de los recursos escasos de los que dispone y tomar en cuenta la posibilidad de emplear aquellos recursos que presentan excedentes para emplearlos en otro tipo de actividad productiva que le permita mejorar sus ingresos y al mismo tiempo su bienestar.